

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ



**Azərbaycanın görkəmli alimi və pedaqoqu
Ramin Mahmudzadənin
anadan olmasının 90-cı ildönümünə həsr olunmuş**

**İNFORMASIYA TEXNOLOGİYALARI,
SÜNİ İNTELLEKT, BÖYÜK VERİLƏNLƏR:
MÜASİR TENDENSİYALAR,
PERSPEKTİVLİ TƏDQİQATLAR**

mövzusunda

**RESPUBLİKA ELMİ KONFRANSININ
MATERİALLARI**

Bakı, 25-26 noyabr 2025-ci il

BAKİ-2025

“İnformasiya texnologiyaları, süni intellekt, böyük verilənlər: müasir tendensiyalar, perspektivli tədqiqatlar” mövzusunda Respublika elmi konfransının materialları. Bakı, 25-26 noyabr 2025-ci il. Bakı: BDU Nəşr Evi, 2025. – 608 səh.

ISBN: 978-9952-588-50-7

© Bakı Dövlət Universiteti, 2025

KONFRANSIN TƏŞKİLAT KOMİTƏSİ

Sədr:

Ələkbər Əliyev

Bakı Dövlət Universitetinin (BDU) Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsinin dekanı

Sədr müavini:

Aydın Əliyev

BDU-nun İnformasiya texnologiyaları və proqramlaşdırma kafedrasının müdiri

Üzvlər:

Abbas Mehdiyev

BDU-nun Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsinin tədris işləri üzrə dekan müavini

Yeganə Əşrəfova

BDU-nun İnformatika kafedrasının professoru

Zeynal Camalov

BDU-nun İnformasiya texnologiyaları və proqramlaşdırma kafedrasının dosenti

Nazlı Həsənova

BDU-nun İnformatika kafedrasının dosenti

Tutu Orucova

BDU-nun İnformasiya texnologiyaları və proqramlaşdırma kafedrasının dosenti

KONFRANSIN PROQRAM KOMİTƏSİ

Sədr:

Yusif Məmmədov BDU-nun Riyazi fizika tənlikləri kafedrasının müdiri

Üzvlər:

Ağasi Məlikov Bakı Mühəndislik Universitetinin Elm və innovasiya məsələləri üzrə prorektoru

Mübariz Xəlilov BDU-nun İnformatika kafedrasının müdiri

Ramiz Alıquliyev Azərbaycan Texniki Universitetinin Data Elmi və Süni İntellekt İnstitutunun direktoru

Məsumə Məmmədova Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyinin (ARETN) İnformasiya texnologiyaları İnstitutunun 11 saylı şöbəsinin müdiri

Ramin Rzayev ARETN-nin İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun Qərarların qəbul edilməsini dəstəkləyən informasiya sistemləri laboratoriyasının müdiri

Kamil Mənsimov BDU-nun Riyazi kibernetika kafedrasının müdiri

Rəfiq Tağıyev BDU-nun Optimallaşdırma və idarəetmə kafedrasının müdiri

Həmzəəğa Orucov BDU-nun Tətbiqi riyaziyyat kafedrasının müdiri

Rövşən Əliyev BDU-nun Ehtimal nəzəriyyəsi və riyazi statistika kafedrasının müdiri

Fərhad Mirzəyev BDU-nun İqtisadi kibernetika kafedrasının müdiri

İbrahim Nəbiyev BDU-nun Tətbiqi riyaziyyat kafedrasının professoru

Səxavət Talıbov BDU-nun İnformatika kafedrasının dosenti

XAOS NƏZƏRİYYƏSİ VƏ DAVAMLI İNKİŞAF KONSEPSİYASI: İQTİSADI ELMDƏ TOQQUŞMA VƏ İMKANLAR

Abasov Elçin¹, Çandirova Fatma²

(¹DİA, Dövlət idarəçiliyində informasiya texnologiyaları kafedrası,

²İctimai İlaşə və Xidmət üzrə Bakı Dövlət Peşə Təhsil mərkəzi)

abasov_e@mail.ru, fatma.chandirova@gmail.com

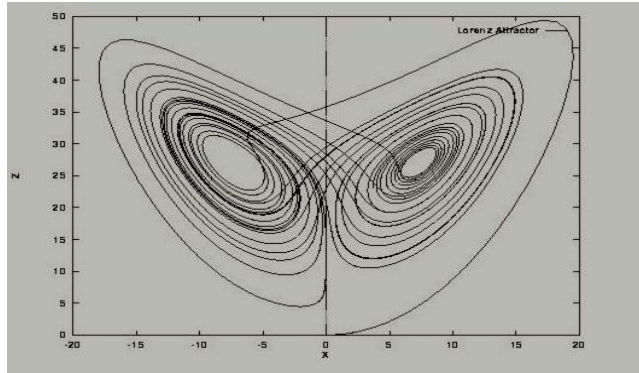
Xülasə: *İqtisadiyyat, ekosistemlər və sosial strukturlar mürəkkəb və dinamik xarakter daşıyır. Bu sahələrdə baş verən kiçik dəyişikliklər bəzən böyük və gözlənilməz nəticələrə gətirib çıxara bilər ki, bu da idarəetməni çətinləşdirir. Xaos nəzəriyyəsi belə hallarda qeyri-xətti və proqnozlaşdırılması çətin prosesləri öyrənərək, kiçik amillərin böyük təsirlər yarada biləcəyini göstərir. Davamlı inkişaf konsepsiyası isə bu dəyişikliklərin ekoloji, sosial və iqtisadi tarazlığı pozmadan idarə olunmasına şərait yaradır və gələcək nəsillərin maraqlarını da nəzərə alır. Hər iki yanaşma bir-birini tamamlayaraq mürəkkəb quruluşlu sistemlərdə adaptiv, çevik və dayanıqlı inkişafın təşkili üçün elmi əsaslar təqdim edir. Bu məqalənin məqsədi xaos nəzəriyyəsi ilə davamlı inkişaf konsepsiyası arasındakı əlaqələri və onların real dünyadakı tətbiq imkanlarını araşdırmaqdır.*

Açar sözlər: *Xaos nəzəriyyəsi, davamlı inkişaf, mürəkkəb sistemlər, iqtisadi dinamika*

Müasir dövrdə iqtisadiyyat, ekosistemlər və sosial sistemlər qarşılıqlı əlaqədə olan mürəkkəb və qeyri-xətti strukturlardır. Qlobal iqlim dəyişiklikləri, texnoloji çevrilmələr və sosial transformasiyalar bu sistemlərdə proqnozlaşdırılması çətin olan dəyişikliklər yaradır. Belə şəraitdə ənənəvi idarəetmə modelləri çox vaxt effektiv olmur. Buna görə də, həm xaos nəzəriyyəsi, həm də davamlı inkişaf konsepsiyası bu sistemlərin təhlilində yeni elmi baxış formalaşdırır. Xaos nəzəriyyəsi sistemlərin proqnozlaşdırılmayan dinamikasını izah edərkən, davamlı inkişaf bu dinamikaya cavab verə bilən uzunmüddətli balanslı inkişafı hədəfləyir. Xaos nəzəriyyəsinə görə, sistemdə baş verən çox kiçik dəyişikliklər uzunmüddətli dövrdə böyük və bəzən gözlənilməz nəticələrə gətirib çıxara bilər. Lorens bu hadisəni “kəpənək effekti” ilə izah etmişdir. Aşağıdakı qrafikdə müşahidə olunan kəpənək formalı strukturlar xaos sistemlərin zamanla müəyyən bir hədd daxilində dəyişsə də, heç vaxt eyni trayektoriyanı təkrarlamadığını göstərir.

İqtisadi sistemlər də bu cür davranış nümayiş etdirir. Məsələn, maliyyə bazarında investorların emosional reaksiyası bəzən kiçik dəyişikliklərin böyük qiymət dalğalanmalarına səbəb olur. Qlobal ticarət sistemində isə bir ölkədə baş verən siyasət dəyişikliyi digər regionlarda iqtisadi balansını poza bilər. Eyni

zamanda, texnoloji inqilablar — xüsusilə süni intellekt və avtomatlaşdırma kimi proseslər — əmək bazarında gözlənilməz struktur dəyişikliklərinə gətirib çıxarır. Beləliklə, iqtisadi sistemlərin sabitliyi yalnız daxili amillərdən deyil, həm də onların bir-biri ilə qarşılıqlı təsirindən asılı olur.



Şəkil 1. Lorens attraktor

Aşağıdakı cədvəl göstərir ki, xaos nəzəriyyəsinin prinsipləri iqtisadi sistemlərin davranışında da özünü göstərir. Kiçik ölçülü dəyişikliklər, məsələn, bazarda yaranan emosional gərginlik, tənzimləyici siyasətlərin dəyişməsi və ya texnoloji innovasiyalar sistemin ümumi sabitliyinə ciddi təsir göstərə bilər. Bu dəyişikliklər çox vaxt xətti əlaqələrdən kənara çıxır və “kiçik səbəblərin böyük nəticələr doğurması” prinsipini təsdiqləyir. Beləliklə, iqtisadi sistemlərin idarə edilməsində adaptiv, çevik və dinamik yanaşmaların tətbiqi zərurətə çevrilir.

Cədvəl 1. Xaotik dəyişikliklərin iqtisadi sistemlərdə təzahür formaları

Sistem sahəsi	Xaotik dəyişiklik nümunəsi	İqtisadi nəticə
Maliyyə bazarları	İnvestor davranışındakı emosional reaksiyalar	Gözlənilməz qiymət dalğalanmaları, bazar volatilliyi
Qlobal ticarət	Siyasət və tənzimləmə dəyişiklikləri	Regional iqtisadi balansın pozulması
Texnoloji inqilab	Süni intellekt və avtomatlaşdırmanın yayılması	Əmək bazarında struktur dəyişiklikləri, işsizlik riski
Ekoloji sistemlər	İqlim dəyişiklikləri və təbii fəlakətlər	İstehsal zəncirlərində fasilələr, resurs çatışmazlığı

Davamlı inkişaf konsepsiyasının əsas məqsədi iqtisadi artım və sosial rifahı ekoloji məhdudiyyətlər çərçivəsində təmin etməkdir. Bu yanaşma hazırkı nəsillərin ehtiyaclarını ödəməklə yanaşı, gələcək nəsillərin imkanlarını məh-

dudlaşdırmamağı nəzərdə tutur. Lakin müasir dövrdə iqtisadi, sosial və ekoloji proseslər sabit deyil, çox vaxt xotik və qeyri-xətti şəkildə inkişaf edir. Bu da ənənəvi planlaşdırma modellərinin səmərəliliyini azaldır və yeni idarəetmə yanaşmalarına ehtiyac yaradır. Xaos nəzəriyyəsi bu baxımdan davamlı inkişafa yeni perspektiv qazandırır, çünki tam sabitlik olmasa da, sistemlərdə dinamik tarazlıq və özünü bərpa etmə qabiliyyəti mövcuddur.

Xaotik mühitdə davamlı inkişafın məqsədi sabitliyi qorumaqdan çox, sistemin adaptivliyini artırmaqdır. Belə şəraitdə davamlılıq, dəyişkən vəziyyətlərə çevik reaksiya vermək, resurslardan səmərəli istifadə və gözlənilməz təsirlərə qarşı dayanıqlı strukturlar yaratmaqla təmin olunur. Bu baxımdan davamlı inkişaf statik sabitliyə deyil, dinamik davamlılığa əsaslanır. Davamlı inkişafın xaotik mühitdə idarə edilməsi iqtisadi, ekoloji və sosial ölçülərdə balanslı qərarlar tələb edir: iqtisadi sahədə risklərin diversifikasiyası və çevik idarəetmə mexanizmləri, ekoloji sahədə ekosistemlərin bərpa qabiliyyətinin artırılması, sosial sahədə isə adaptiv və inklüziv icmaların formalaşdırılması mühüm rol oynayır. Beləliklə, xaos nəzəriyyəsi və davamlı inkişafın kəsişməsi göstərir ki, davamlılıq sabitlik deyil, dəyişkənlik şəraitində tarazlığın qorunmasıdır. Bu yanaşma "idarə olunan xaos" konsepsiyası çərçivəsində qeyri-müəyyənliklər fonunda uzunmüddətli adaptasiya və tarazlığı mümkün edir.

Xaos nəzəriyyəsi və davamlı inkişaf konsepsiyasının integrasiyası mürəkkəb sistemlərin təhlilində və idarə olunmasında bir sıra əhəmiyyətli imkanlar və üstünlüklər təmin edir. İlk növbədə, xaos nəzəriyyəsi sistemlərin qeyri-xətti və gözlənilməz davranışlarını anlamağa imkan verir. Kiçik dəyişikliklərin böyük və bəzən gözlənilməz nəticələr doğura biləcəyini nəzərə alan bu yanaşma, iqtisadi və sosial siyasətin formalaşdırılmasında risklərin daha real və çevik qiymətləndirilməsinə şərait yaradır. Davamlı inkişaf konsepsiyası isə uzunmüddətli dayanıqlığı və balansını təmin edir. Bu yanaşma hazırkı nəsillərin ehtiyaclarını ödəməklə yanaşı, gələcək nəsillərin resurs və imkanlarını məhdudlaşdırmamaq prinsipinə əsaslanır. Beləliklə, sistemin ekoloji, iqtisadi və sosial ölçülərində davamlılığı qoruyur və resursların səmərəli istifadəsini təşviq edir.

Xaos nəzəriyyəsi və davamlı inkişafın integrasiyası mürəkkəb və dəyişkən sistemlərin adaptiv idarə olunmasına imkan verir. İqtisadi sahədə bu yanaşma bazar dalğalanmalarına çevik reaksiya verməyi, risklərin diversifikasiyasını və resursların səmərəli bölgüsünü təmin edir. Ekoloji istiqamətdə adaptiv modellər ekosistemlərin bərpa qabiliyyətini artırır və resursların davamlı istifadəsini dəstəkləyir. Sosial müstəvidə isə öyrənən və çevik icmaların formalaşması qeyri-müəyyən şəraitdə sosial sabitliyi və iştirakçılığı gücləndirir. Bu

integrasiya iqtisadi, ekoloji və sosial sistemlərdə dayanıqlı və balanslı inkişafın təmininə, eləcə də qərar qəbuletmənin daha elmi əsaslarla qurulmasına şərait yaradır. Bununla belə, tətbiq prosesində müəyyən məhdudiyyətlər mövcuddur. Xaos nəzəriyyəsinin qeyri-xətti xarakteri proqnozlaşdırmanı çətinləşdirir, kiçik dəyişikliklərin böyük nəticələr doğurması idarəetmədə əlavə risklər yaradır. Davamlı inkişafın reallaşdırılması isə geniş resurs, vaxt və monitoring tələbləri qoyur. Bundan əlavə, qısa müddətli iqtisadi maraqlarla uzunmüddətli ekoloji-sosial məqsədlər arasındakı ziddiyyətlər və integrasiya olunmuş yanaşmanın multidissiplinar mürəkkəbliyi tətbiqi məhdudlaşdırı bilər. Bu səbəbdən, xaos nəzəriyyəsi və davamlı inkişafın səmərəli birləşdirilməsi üçün çevik, adaptiv və bilik əsaslı idarəetmə mexanizmlərinin qurulması zəruridir.

Nəticə

Xaos nəzəriyyəsi və davamlı inkişaf konsepsiyasının integrasiyası mürəkkəb və qeyri-xətti sistemlərin idarə olunmasında yeni nəzəri və praktik imkanlar təqdim edir. Təhlillər göstərir ki, davamlılıq statik sabitlik deyil, dəyişkən və xaoslu şəraitdə dinamik tarazlığın qorunmasıdır. Bu yanaşma iqtisadi, ekoloji və sosial sistemlərdə qeyri-müəyyənliklərə baxmayaraq uzunmüddətli adaptasiya və dayanıqlığı təmin edir.

Praktik baxımdan, integrasiya olunmuş yanaşma idarəetmədə adaptiv və çevik mexanizmlərin tətbiqinə imkan verir. Məsələn, iqtisadi sahədə risklərin diversifikasiyası, bazar dalğalanmalarına çevik reaksiya və resursların optimal bölüşdürülməsi təmin edilir. Ekoloji sahədə adaptiv idarəetmə ekosistemlərin bərpa qabiliyyətini gücləndirir, sosial müstəvidə isə öyrənən və çevik icmalar formalaşdırır.

Gələcək tədqiqat perspektivləri bu sahədə xüsusilə maraq doğurur. Süni intellekt və böyük verilənlər analitikası vasitəsilə xaoslu iqtisadi sistemlərin proqnozlaşdırılması və adaptiv idarə olunması daha effektiv həyata keçirilə bilər. Həmçinin, sosial-ekoloji integrasiya modellərinin təkmilləşdirilməsi və adaptiv idarəetmə mexanizmlərinin optimallaşdırılması uzunmüddətli dayanıqlı inkişafın təmin edilməsinə əlavə töhfə verə bilər.

Nəticə olaraq, xaos nəzəriyyəsi və davamlı inkişaf konsepsiyasının sintezi iqtisadi elmdə həm risklərin idarəsi, həm də dayanıqlı və balanslı inkişafın təşviqi baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu yanaşma, mürəkkəb və qeyri-müəyyən mühitdə qərar qəbuletməni daha elmi əsaslı, adaptiv və effektiv edir, gələcək nəsillərin ehtiyaclarını qoruyaraq davamlı sosial-iqtisadi inkişafı dəstəkləyir.

Ədəbiyyat

1. L.Zeynalli, I.Rustamov, M.Hasanoglu "Unraveling the Export-Employment Nexus: Empirical Evidence from the Organization of Turkic States". «Theoretical and Practical Research in Economic Fields», [S.l.], v. 16, n. 2, p. 372-383, june 2025. ISSN 2068-7710. Available at: <<https://journals.aserspublishing.eu/tpref/article/view/8929>>. Date accessed: 10 july 2025.
doi: [https://doi.org/10.14505/tpref.v16.2\(34\).08](https://doi.org/10.14505/tpref.v16.2(34).08), pp. 372-384.
2. Abasov E.A., Nəsirli H.M., Bünyatov A.Z., İqtisadi xaos və texnoloji sinqulyarlıq
3. Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (2018). Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence. Harvard Business Review Press.
4. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). The Second Machine Age. W. W. Norton & Company.

DİVERSİFİKASIYA SİYASƏTİNİN GƏLİR BƏRABƏRSİZLİYİNƏ TƏSİRİ

Abbasova Şərqiyə, Qasimova Zenfira

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

sh.abbas@mail.ru, zenfira.gasimova01@gmail.com

Xülasə: Müasir dövrdə iqtisadi inkişafın dayanıqlığını təmin etmək və sosial rifahı artırmaq üçün iqtisadiyyatın diversifikasiyası xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Diversifikasiya siyasəti, ölkənin iqtisadi strukturunu genişləndirərək tək bir sahədən asılılığı azaltmaq və gəlirlərin daha bərabər bölüşdürülməsinə şərait yaratmaq məqsədi daşıyır. Azərbaycanda bu siyasətin əsas məqsədi neftdən asılılığı azaltmaq, qeyri-neft sektorunu inkişaf etdirmək və regionlararası bərabərliyi təmin etməkdir. Məqalənin məqsədi diversifikasiya siyasətinin gəlir bərabərsizliyinə təsirini araşdırmaq və bu istiqamətdə mövcud vəziyyəti təhlil etməkdir.

Açar sözlər: Gəlir bərabərsizliyi, həyat şəraiti, qeyri-neft sektoru, davamlı inkişaf.

Müasir dövrdə sosial-iqtisadi inkişafın əsas məqsədlərindən biri cəmiyyətin bütün təbəqələrinin rifah səviyyəsini yüksəltmək və iqtisadi resursların ədalətli bölgüsünə nail olmaqdır. Lakin global miqyasda iqtisadi artım tempi ilə yanaşı, gəlirlərin əhali arasında bərabər şəkildə paylanmaması problemi də getdikcə aktuallaşır. Bu hadisə iqtisadi ədəbiyyatda gəlir bərabərsizliyi adlanır və cəmiyyətin sosial strukturuna, həyat səviyyəsinə, həmçinin dayanıqlı iqtisadi inkişafa birbaşa təsir göstərən mühüm amillərdən biri hesab olunur.

Bütün bunları nəzərə alaraq, bu araşdırmada gəlir bərabərsizliyini yara-
dan əsas amillər, onların sosial-iqtisadi fəsadları, gəlir bərabərsizliyinin ölçülməsi üçün istifadə olunan metodlar, eləcə də problemin azaldılması istiqamətində mümkün həll yolları araşdırılmışdır.

Gəlir bərabərsizliyinin iqtisadi mahiyyəti və onun yaranma səbəbləri

Gəlir bərabərsizliyi cəmiyyətin sabitliyinə, iqtisadi artım dinamikasına və innovativ inkişaf perspektivlərinə təsir edən ən aktual sosial-iqtisadi problemlərdən biri olaraq qalır. Gəlirlərin bərabər paylanmaması bir çox daxili və xarici amillərlə izah olunur. Əvvəla, əmək bazarındakı struktur fərqləri gəlir bərabərsizliyinin əsas mənbələrindən biridir. Yüksək ixtisaslı və innovativ sahələrdə çalışan şəxslərin əməkhaqqı səviyyəsi, az ixtisaslı və ya qeyri-formal sektorlarda çalışan işçilərlə müqayisədə daha yüksək olur. Bu isə əmək gəlirləri arasında fərqin dərinləşməsinə gətirib çıxarır. Eyni zamanda, regionlar üzrə iqtisadi inkişaf səviyyəsinin fərqli olması da gəlir bölgüsündə bərabərsizliyə səbəb olur. Paytaxt və iri sənaye mərkəzlərində yaşayan əhali daha çox iqtisadi imkanlara sahib olduğu halda, ucqar bölgələrdə məşğulluq səviyyəsi və orta gəlirlər aşağı qalır.

İkinci mühüm amil kapitalın və istehsal vasitələrinin qeyri-bərabər bölgüsüdür. İqtisadi resursların məhdud sayda sahibkar və ya iri şirkətlərin əlində cəmlənməsi gəlirin böyük hissəsinin də bu subyektlər tərəfindən əldə edilməsinə gətirib çıxarır. Kapital gəlirlərinin əmək gəlirlərindən daha sürətlə artması nəticəsində uzunmüddətli dövrdə sosial təbəqələşmə dərinləşir. Bu hal xüsusilə neft kimi təbii resurslara və iqtisadiyatı zəif diversifikasiyaya əsaslanan ölkələrdə — o cümlədən Azərbaycanda — daha qabarıq şəkildə müşahidə olunur. Belə bərabərsizliyin nəticələri çoxşaxəlidir: artan sosial gərginlikdən və istehlakçı tələbinin azalmasından tutmuş beyin axınına və texnoloji modernləşmənin ləngiməsinə qədər.

Nəticə etibarilə, gəlir bərabərsizliyi yalnız iqtisadi göstərici deyil, həm də sosial və psixoloji nəticələr doğurur. Onun dərinləşməsi cəmiyyətdə sosial ədalətsizlik hissini gücləndirir, iqtisadi inkişafa mane olur və dövlət siyasətində inklüzivlik prinsipinin zəruriliyini ön plana çıxarır. Bu baxımdan, gəlir bərabərsizliyinin azaldılması istiqamətində aparılan iqtisadi islahatların effektivliyi bir çox hallarda ölkənin diversifikasiya siyasətinin uğur dərəcəsi ilə bilavasitə əlaqəlidir.

Gəlir bərabərsizliyinin ölçülməsi

Gəlir bərabərsizliyinin iqtisadi və sosial təsirlərinin müəyyən edilməsi üçün onun dəqiq ölçülməsi zəruridir. Bərabərsizliyin ölçülməsi iqtisadi siyasətlərin formalaşdırılması, sosial proqramların effektivliyinin qiymətləndirilməsi və ümumilikdə iqtisadi rifahın təhlili baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır. İqtisadi ədəbiyyatda gəlir bölgüsünü ölçmək üçün bir neçə metod mövcuddur ki, onların arasında ən geniş tətbiq edilənlər Lorenz əyrisi, Cini əmsali və Atkinson indeksi hesab olunur.

Lorenz əyrisi gəlir bölgüsünün vizual təsvirinə əsaslanır. Bu əyri ümumi

əhalinin yığılmış (məcmu) faizinin qazandığı ümumi gəlirin faizini göstərir. Mükəmməl bərabərlik vəziyyətində əhalinin ən kasıb 20%-i ümumi gəlirin 20%-ni, 50% sə 50%-ni qazanmış olar və bu halda Lorenz əyrisi 45° bucaq altında çəkilən bərabərlik xətti boyunca hərəkət edər. Lakin real iqtisadiyyatda bərabərsizlik mövcuddur və nəticədə Lorenz əyrisi bu xəttədən aşağıda yerləşir. Lorenz əyrisinin bərabərlik xəttindən nə qədər çox uzaqlaşması, gəlir bərabərsizliyinin də bir o qədər yüksək olduğunu göstərir.

Lorenz əyrisinə əsaslanaraq hesablanan Cini əmsalı gəlir bərabərsizliyinin ən çox istifadə olunan kəmiyyət göstəricisidir. Cini əmsalı 0 ilə 1 arasında dəyişir:

0 dəyəri gəlirlərin tam bərabər paylandığını, 1 dəyəri isə bütün gəlirin yalnız bir fərd və ya ailə tərəfindən əldə edildiyini göstərir.

Başqa sözlə, Cini əmsalı 0-a nə qədər yaxın olarsa, cəmiyyətdə gəlir bərabərsizliyi bir o qədər az olur. Cini əmsalının hesablanması Lorenz əyrisi altında qalan sahənin bərabərlik xətti altında qalan sahəyə nisbətinin müəyyənləşdirilməsi ilə həyata keçirilir.

İqtisadçılar gəlir bərabərsizliyini qiymətləndirmək üçün Atkinson indeksindən də istifadə edirlər. Atkinson indeksi də 0 ilə 1 arasında dəyişir: 0 — tam bərabərliyi, 1 — maksimum bərabərsizliyi göstərir. Lakin Cini əmsalından fərqli olaraq, Atkinson indeksi cəmiyyətin bərabərsizliyə münasibətini və gəlir bölgüsündə ədalətlik səviyyəsini nəzərə alır. Bu indeks, gəlirin hansı təbəqələrdə cəmlənməsinə daha çox həssaslıq göstərməyə imkan verir. Başqa sözlə, Atkinson göstəricisi gəlir bölgüsünün müxtəlif formalarını fərqli şəkildə qiymətləndirir və iqtisadi siyasətlərin sosial ədalət prinsipinə nə dərəcədə uyğun olduğunu daha aydın göstərir.

Gəlir bərabərsizliyinin ölçülməsində bu göstəricilərin tətbiqi həm məlumatların keyfiyyətindən, həm də iqtisadiyyatın şəffaflıq səviyyəsindən asılıdır. Bir çox inkişaf etməkdə olan ölkələrdə, o cümlədən Azərbaycanda, kölgə iqtisadiyyatının payının yüksək olması və gəlirlərin müəyyən hissəsinin qeyri-rəsmi qalması səbəbindən Cini əmsalı bəzən gəlir bərabərsizliyinin real miqyasını tam əks etdirmir. Kölgə iqtisadiyyatına daxili ticarət, qeyri-qanuni əmək fəaliyyəti və rəsmi qeydiyyatda düşməyən gəlirlər daxildir. Bu kimi hallarda gəlir göstəricilərinin təhrif olunması nəticəsində bərabərsizlik səviyyəsi ya olduğundan az, ya da çox görünə bilər.

Nəticə

İqtisadiyyatın şaxələndirilməsi gəlir bərabərsizliyinə müsbət təsir göstərə bilər: yeni iş yerləri yaratmaq və ümumi rifah səviyyəsini artırmaqla bərabərsizliyi azalda bilər. Ümumilikdə, gəlir bərabərsizliyi iqtisadi sabitlik və so-

sial rifah üçün ciddi təhlükə yaradır. Azərbaycanda gəlir fərqlərinin əsas səbəbləri əmək bazarındakı qeyri-bərabərlik, regionlararası iqtisadi fərqlər və qeyri-formal sektorun payıdır.

Bərabərsizliyin azaldılması üçün əsas istiqamətlər təhsil və məşğulluq imkanlarının genişləndirilməsi, ədalətli vergi və maaş siyasətinin tətbiqi, həmçinin sosial transferlərin şəffaflığının artırılmasıdır.

Bu istiqamətlərdə davamlı islahatlar aparılırsa, ölkədə sosial ədalət güclənər, insan kapitalı inkişaf edər və dayanıqlı iqtisadi artım təmin olunar.

Ədəbiyyat

1. V.İ. Bayramov, Azərbaycanda iqtisadiyyatın diversifikasiyasının maliyyə təminatının gücləndirilməsi məsələləri. Bakı, «Qanun» nəşriyyatı, 2018
2. B.Trendle, G.Shorney, The effect of industrial diversification on regional economic performance. Australasian Journal of Regional Studies. 2003

QEYRİ-SƏLİS ÇOXLUQLARDA NEYTROSOFIK TOPOLOGİYANIN MODELLƏŞDİRİLMƏSİ VƏ TƏTBİQİ

Abdullayev Səbuhi, İmranlı Simarə

(BDU, Mexanika-Riyaziyyat fakültəsi)

sebuhiabdullayev@mail.ru , imranlisimara@gmail.com

Xülasə: *Bu işdə qeyri-səlis çoxluqlar üzərində neytrosifik topologiyanın qurulması və onun modelləşdirilməsi araşdırılmışdır. Əvvəlcə neytrosifik çoxluğun tərifli verilmiş, daha sonra belə çoxluqlar üzərində topoloji strukturun yaranması üçün lazım olan şərtlər göstərilmişdir. Neytrosifik çoxluqların birləşmə və kəsişmə əməliyyatları müəyyən edilmiş və nümunə üzərində bu əməliyyatların tətbiqi izah edilmişdir. Eyni zamanda, neytrosifik topologiyanın klassik və qeyri-səlis topologiyaları özündə ehtiva etdiyi sübut olunmuşdur. Bu nəticələr göstərir ki, neytrosifik topologiya qeyri-müəyyənlik və natamam bilikləri modelləşdirmək üçün daha ümumi və çevik bir struktur təqdim edir.*

Açar sözlər:*Neytrosifik topologiya, qeyri-səlis çoxluqlar, neytrosifik çoxluqlar, topoloji struktur, neytrosifik çoxluqların birləşməsi, neytrosifik çoxluqların kəsişməsi.*

Tərif 1: Tutaq ki, boş olmayan X çoxluğunda A neytrosifik çoxluğu verilmişdir. A neytrosifik çoxluğunun τ alt çoxluqlar sistemini qeyd edək. Əgər τ sistemi üçün aşağıdakı şərtlər ödənilərsə onda ona neytrosifik topoloji struktur deyilir.

- 1) X və $\emptyset$ çoxluğu τ sisteminə daxildir.
- 2) τ sistemindən olan alt çoxluqların istənilən ailəsinin birləşməsi bu sistemə daxildir: $\cup_{\alpha \in I} \tau, \alpha \in I$.

3) τ sistemindən olan alt çoxluqların istənilən sonlu ailəsinin kəsişməsi bu sistemə daxildir: $\bigcap_{\alpha}^n \tau \in \tau, \in I$.

Bu halda (X, τ) cütlüyünə neytrəsofik topoloji fəza deyilir. [1], [2], [6]

Tərif 2: Tutaq ki, X çoxluğu üzərində aşağıdakı qayda ilə A və B neytrəsofik çoxluqları təyin olunmuşdur:

$$A = \{T_A(x), I_A(x), F_A(x)\}, B = \{T_B(x), I_B(x), F_B(x)\}?$$

A və B neytrəsofik çoxluqlarının birləşməsi və kəsişməsi uyğun olaraq aşağıdakı qayda ilə təyin olunur:

$$A \cup B = \{\sup(T_A(x), T_B(x)), \inf(I_A(x), I_B(x)), \inf(F_A(x), F_B(x))\},$$

$$A \cap B = \{\inf(T_A(x), T_B(x)), \sup(I_A(x), I_B(x)), \sup(F_A(x), F_B(x))\} \quad [1], [2], [6]$$

Nümunə: $X = (x_1, x_2)$, $A_1, A_2 \in A$ üçün,

$$A_1 = \{x_1: (0,1; 0,4; 0,3), x_2: (0,5; 0,7; 0,6)\}$$

$$A_2 = \{x_1: (0,9; 0,4; 0,3), x_2: (0,6; 0,4; 0,5)\}.$$

Ayındır ki, $\tau \in \{\emptyset, X, A_1, A_2\}$. A neytrəsofik çoxluğun neytrəsofik topologiya olub olmadığını araşdıraraq:

$$A_1 \cup A_2 = \{x_1: (0,9; 0,2; 0,3), x_2: (0,6; 0,4; 0,5)\} \in \tau,$$

$$A_1 \cap A_2 = \{x_1: (0,1; 0,4; 0,3), x_2: (0,5; 0,7; 0,6)\} \in \tau.$$

Bu halda neytrəsofik topologiyanın (1)-(3) aksiomları ödənilirdiyi üçün A çoxluğu neytrəsofik topoloji fəzadır.

Teorem.1: Tutaq ki, (X, τ) neytrəsofik topologiyadır, əgər aşağıdakı şərtlər ödənilərsə, onda neytrəsofik topologiya qeyri-səlis topologiya olaraq təyin olunur:

$$1) I(x) = 0$$

$$2) F(x) = 1 - T(x). [3], [4]$$

Teorem.2: Neytrəsofik topologiya həm klassik həmdə qeyri-səlis topologiyayı özündə saxlayır. [3], [4]

Klassik topologiya $\rightarrow$ Qeyri-səlis topologiya $\rightarrow$ Neytrəsofik topologiya. [5]

Ədəbiyyat

1. F. Smarandache, Neutrosophic Logic — A Generalization of the Intuitionistic Fuzzy Logic. American Research Press, 1998.
2. F. Smarandache, Introduction to Neutrosophic Measure, Integral, and Probability. Sitech & Education Publishing, 2013.
3. S. Karataş, & B. Davvaz, On Neutrosophic Topological Spaces. Neutrosophic Sets and Systems, Vol. 4, 2014.
4. F. Gallego Lupiáñez, & A. Salama, Neutrosophic Topology and Its Applications. Neutrosophic Sets and Systems, Vol. 12, 2016.
5. R. Das, A Study on Neutrosophic Topological Spaces. International Journal of Neutrosophic Science, 2021.
6. L. A. Zadeh, Fuzzy Sets. Information and Control, 8(3), 338–353, 1965.

SÜNİ İNTELLEKT VƏ VEB 3.0 TEXNOLOGİYALARININ İNFORMATİKA DƏRSLƏRİNDƏ İNNOVATİV TƏTBİQİ

Abdullayeva Zərxanım

(Mingəçevir Dövlət Universiteti)

zerkhanimabdullazadeh@gmail.com

Xülasə: *Bu məqalədə süni intellekt (Sİ) və Veb 3.0 texnologiyalarının informatika dərslərində tətbiqi, onların təlim prosesinə gətirdiyi yeniliklər və interaktiv layihələrin qurulması imkanları təhlil edilmişdir. Sİ alətləri şagirdlərin fərdi öyrənmə tempinə uyğunlaşdırılmış tapşırıqlar yaratmağa, real vaxt analitikası aparmağa və yaradıcı layihələr hazırlamağa imkan verir. Veb 3.0 isə blokçeyn texnologiyası, paylaşılan məlumat mühiti, rəqəmsal identiklik və təhlükəsiz resurs idarəetməsi vasitəsilə təhsil mühitində etibarlılığı və şəffaflığı artırır. Məqalənin əsas nəticəsi ondan ibarətdir ki, Sİ və Veb 3.0 birlikdə informatika dərslərini daha interaktiv, şəffaf və şagirdyönlü edir; müəllimlərə isə kodlaşdırma, layihə əsaslı öyrənmə, data analizi və rəqəmsal bacarıqların inkişafı üçün yeni metodik imkanlar təqdim edir. Təhlil göstərir ki, bu texnologiyaların integrasiyası dərslərin keyfiyyətini yüksəldir və şagirdləri gələcəyin rəqəmsal iqtisadiyyatına daha yaxşı hazırlayır.*

Açar sözlər: *Veb 3.0 texnologiyaları, süni intellekt, blokçeyn, informatika dərsləri, interaktiv layihə, adaptiv öyrənmə*

Giriş.

XXI əsrdə informasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı cəmiyyətin bütün sahələrinə, eyni zamanda təhsil sisteminə də öz dərin izini qoymuşdur. Müasir dövrdə təhsil sistemlərinin inkişafı informasiya texnologiyalarının tətbiqi ilə sıx şəkildə əlaqələnməmişdir. Rəqəmsal transformasiya, süni intellekt və Veb 3.0 texnologiyalarının yaranması tədris prosesində yeni yanaşmaların formalaşmasına səbəb olmuşdur. Xüsusilə, informatika dərslərində bu texnologiyaların tətbiqi tədrisin interaktivliyini artırır, şagirdlərin yaradıcı və analitik düşünmə bacarıqlarını inkişaf etdirir. Süni intellekt təhsildə verilənlərin analizi, fərdi öyrənmə trayektoriyalarının qurulması, avtomatik qiymətləndirmə və öyrənmə məzmununun adaptasiyası kimi imkanlar yaradır. Veb 3.0 texnologiyaları təhsil prosesini mərkəzləşdirilməmiş, şəffaf və təhlükəsiz mühitdə qurmağa imkan verir. Bu iki istiqamətin integrasiyası informatika fənnində interaktiv layihə əsaslı öyrənmə modelinin formalaşmasını təmin edir ki, bu da şagirdlərdə həm texnoloji, həm də analitik və yaradıcı bacarıqları inkişaf etdirir.

Süni intellekt və Veb 3.0 texnologiyalarının elmi-nəzəri əsasları.

Süni intellekt — insan intellektinin əsas funksiyalarını kompüter sistemlərində modelləşdirmək üçün nəzərdə tutulan kompleks elmdir. Bu sahə **maşın öyrən-**

məsi (Machine Learning), dərin öyrənmə (Deep Learning) və təbii dilin emalı (Natural Language Processing) kimi istiqamətləri özündə birləşdirir. Təhsildə süni intellekt əsaslı sistemlər şagirdlərin fəaliyyətinə uyğun tapşırıqlar təqdim edir, öyrənmə tempini analiz edir və fərdi tövsiyələr yaradır [3].

Veb 3.0 isə **“ağıllı internet”** anlayışını ifadə edir. Bu texnologiya blokçeyn sistemləri, semantik veb, kriptografiya və paylanmış məlumat bazaları üzərində qurulur. Onun əsas prinsipləri mərkəzləşdirilməmək, şəffaflıq, məlumatın təhlükəsizliyi və istifadəçi nəzarətidir [1].

Süni intellektin və Veb 3.0 texnologiyalarının təhsil sahəsində rolu. Təhsil prosesində SI texnologiyaları fərdiləşdirilmiş və adaptiv öyrənmə modellərinin formalaşmasına imkan yaradır. Süni intellekt və Veb 3.0 texnologiyaları biri-birini tamamlayan iki əsas istiqamət kimi qarşılıqlı asılılıq münasibətindədir. Süni intellekt verilənləri təhlil edir, modelləşdirir və nəticə çıxarırsa, Veb 3.0 həmin verilənlərin təhlükəsiz saxlanılmasını və şəffaf paylaşılmasını təmin edir. Bu iki texnologiyanın sintezi nəticəsində ağıllı, etibarlı və etik rəqəmsal ekosistemlər formalaşır. Bu integrasiya, xüsusilə təhsil sahəsində, məlumatın həm intellektual, həm də etik aspektlərini təmin edir Belə bir sinerji nəticəsində **“ağıllı təhsil sistemləri”, “rəqəmsal identifikasiya”, “tədris DAO-ları”** və **“blokçeyn əsaslı qiymətləndirmə modelləri”** kimi yeni anlayışlar meydana gəlir. Bu yanaşma, həmçinin, təhsildə etimad və etika mexanizmlərinin formalaşmasına, müəllim və şagird münasibətlərinin rəqəmsal mühitdə tənzimlənməsinə xidmət edir.[1]

Süni intellekt və Veb 3.0 texnologiyalarının informatika dərslərində nəzəri və praktiki tətbiq imkanları. Süni intellekt və Veb 3.0 texnologiyalarının informatika fənnində tətbiqi, fənnin strukturuna və məqsədlərinə uyğun olaraq müxtəlif istiqamətdə reallaşdırıla bilər. **Alqoritmik düşüncə və avtomatlaşdırma** bacarıqlarının inkişafı süni intellektin proqramlaşdırma və alqoritmləşdirmə modullarına integrasiyası ilə mümkün olur. **Məlumat təhlükəsizliyi və etibarlılığı** mövzularının öyrədilməsi zamanı blokçeyn texnologiyasının elmi əsaslarının şagirdlərə izahı mühüm əhəmiyyət daşıyır. **İntellektual sistemlərin modelləşdirilməsi** (chatbotlar, təsnifat sistemləri, avtomatik məsləhətçi proqramlar və s.) vasitəsilə süni intellektin praktiki prinsipləri öyrədilə bilər.[4]

Süni intellekt və Veb 3.0 texnologiyalarının informatika dərslərində tətbiqi pedaqoji baxımdan bir sıra üstünlüklər yaradır:

- **Fərdiləşdirilmiş tədris:** Hər bir şagirdin öyrənmə tempi və tərzinə nəzərə alınır.

- **Aktiv öyrənmə:** Şagirdlər passiv dinləyici deyil, bilavasitə öyrənmə prosesinin iştirakçısına çevrilir.
- **Tədqiqat yönümlü düşüncə:** Şagirdlər yeni texnologiyalar əsasında real problemləri həll etməyi öyrənirlər.
- **Əməkdaşlıq və komanda bacarıqları:** Veb 3.0 platformaları vasitəsilə kollektiv layihələr üzərində iş aparmaq mümkündür.
- **Etik və məsuliyyətli rəqəmsal davranış:** AI və blokçeyn texnologiyalarının tətbiqi zamanı məlumat mühafizəsi, məxfilik və etika prinsipləri şagirdlərdə formalaşır.

Süni intellekt və Veb 3.0 texnologiyalarının tədris prosesinə inteqrasiyası informatika dərslərində **müasir pedaqoji metodların və rəqəmsal innovasiyaların** tətbiqinə geniş şərait yaradır. Bu texnologiyalar vasitəsilə dərs prosesi sadəcə bilik ötürmə mərhələsi deyil, **təcrübəyə əsaslanan tədqiqat, modelləşdirmə və yaradıcı fəaliyyət mühiti** kimi formalaşır. İnformatika dərslərində süni intellekt və Veb 3.0 əsaslı yanaşmalar tədrisin fərdiləşdirilməsi, interaktiv resursların hazırlanması, qiymətləndirmə sistemlərinin avtomatlaşdırılması və rəqəmsal bacarıqların dərinləşdirilməsi baxımından mühüm praktik imkanlar açır.[1][3]

Süni intellekt və Veb 3.0 əsaslı layihələrin tədris prosesinə inteqrasiyası. Süni intellekt texnologiyalarının informatika dərslərinə inteqrasiyası tədris prosesinin adaptiv və fərdiləşdirilmiş şəkildə təşkili üçün imkan yaradır. Şagirdlər Python, Java və ya Scratch kimi proqramlaşdırma dilləri vasitəsilə **sadə neyron şəbəkə modelləri, chatbotlar və təbii dil emalı alqoritmləri** hazırlayırlar. Bu prosesdə məqsəd yalnız kod yazmaq deyil, həm də süni intellektin məntiqini və qərar qəbul etmə mexanizmini anlamaqdır. Belə layihələr şagirdlərdə məlumatların strukturlaşdırılması və emalı, əqli əməliyyatların alqoritmik formada ifadəsi, məlumat analizi və nəticələrin interpretasiyası, süni intellekt etikası və məlumatların təhlükəsiz istifadəsi kimi bacarıqları formalaşdırır.[1]

Nəticə.

Süni intellekt və Veb 3.0 texnologiyalarının informatika dərslərində tətbiqi tədris prosesinin bütün mərhələlərinə köklü təsir göstərir. Bu texnologiyalar sayəsində informatika dərsləri **daha dinamik, şəffaf, tədqiqat yönümlü və adaptiv** xarakter alır. Nəticə etibarilə, bu istiqamət informatika fənninin yalnız texniki biliklərin öyrədildiyi sahə deyil, **yaradıcılıq, tənqidi düşüncə, innovativlik və etik məsuliyyətin inkişaf etdiyi müasir öyrənmə məkanı** kimi formalaşmasına imkan yaradır.

Ədəbiyyat

1. A.Alper & Y.Gülbahar, Eğitimde Web 3.0 araçlarının kullanımı. *Eğitim Teknolojileri Dergisi*, 12(2), 45–60.
2. Challenges of Using Blockchain in the Education Sector: A Literature Review
3. M.İsmayilov, Z.Rzazadə, A.Həsənova. Süni intellektin tədris sistemlərində innovativ tətbiqləri. 167. "Süni intellekt: nəzəriyyədən praktikaya" Beynəlxalq Elmi Konfransı-Naxçıvan Dövlət Universiteti. 2024
4. N.İsmaylova. Təhsildə süni intellektin tətbiqi perspektivləri .210. "Süni intellekt: nəzəriyyədən praktikaya" Beynəlxalq Elmi Konfransı, Naxçıvan Dövlət Universiteti. 2024

BLOKÇEYNDƏ KONSENSUS ALQORİTMLƏRİ VƏ TƏHLÜKƏSİZLİK ÇƏTİNLİKLƏRİ

Abdullazadə Fidan

(BDU, SABAH magistr qrupları)

fidan.abdullazadeh0@gmail.com

Xülasə: Blokçeyn texnologiyası informasiya təhlükəsizliyini, şəffaflığı və effektivliyi təmin etməklə müasir dünyanın əsas texnoloji dayaqlarından birinə çevrilmişdir. DeFi, NFT-lər və metaverse kimi trendlər blokçeyn-in potensialını daha da genişləndirir. Lakin, təhlükəsizlik standartlarının təkmilləşdirilməsi, enerji səmərəliliyi və qanuni çərçivələrin yaradılması kimi çağırışlar hələ də mövcuddur. Gələcəkdə bu texnologiyanın tətbiqi daha çox sahələri əhatə edəcək və innovasiyaların qabaqcılı olacaqdır.

Açar sözlər: Blokçeyn, Konsensus, Sübut işi, İşin sübutu, Təhlükəsizlik, Tətbiq sahələri

Blokçeyn və Konsensus Mexanizmləri

Blokçeyn texnologiyası mərkəzləşdirilməmiş və paylanmış bir sistem kimi fəaliyyət göstərir. Bu sistemdə şəbəkədəki bütün iştirakçılar (qovşaqlar) arasında razılıq olmadan heç bir əməliyyat təsdiqlənə bilməz. Bu razılığın əldə edilməsi üçün blokçeyn şəbəkələri konsensus mexanizmlərindən istifadə edir. Konsensus mexanizmləri, şəbəkədəki qovşaqların yeni blokların yaradılması və əməliyyatların təsdiqlənməsi ilə bağlı ortaq bir qərara gəlməsini təmin edən alqoritməldir. Bu mexanizmlər blokçeynin təhlükəsizliyini, etibarlılığını və davamlılığını qorumaqda mühüm rol oynayır.

Ən çox yayılmış konsensus mexanizmləri:

1.İşin sübutu (Proof of Work - PoW) blokçeyn tarixində ilk istifadə olunan konsensus mexanizmidir və Bitcoin şəbəkəsi tərəfindən məşhurlaşmışdır.

Bu sistemdə qovşaqlar mürəkkəb riyazi tapşırıqları həll edərək yeni bloklar yaradırlar [1].

- İş mexanizmi:

İştirakçılar, kriptografik tapmacaları həll etmək üçün böyük hesablama gücü sərf edirlər. Tapmacanı ilk həll edən iştirakçı yeni bloku blokçeynə əlavə edir və bunun müqabilində mükafat (məsələn, Bitcoin) qazanır. Bu proses "mining" adlanır.

- Üstünlükləri:

Şəbəkəni yüksək dərəcədə təhlükəsiz edir, çünki hücumçuların şəbəkəni ələ keçirməsi üçün çox böyük hesablama resurslarına ehtiyacı var.

Bitcoin kimi şəbəkələrdə uzun müddət sınaqdan keçmiş və etibarlı olduğu sübut edilmişdir.

- Çatışmazlıqları:

Çox yüksək enerji sərfiyyatı tələb edir, bu da ətraf mühitə mənfi təsir göstərir.

Şəbəkənin miqyaslanması çətindir, çünki əməliyyatların təsdiqlənməsi uzun vaxt ala bilər.

2.Sübut Payı (Proof of Stake - PoS), PoW-a alternativ olaraq yaradılmış və enerji sərfiyyatını azaltmağı hədəfləyən bir konsensus mexanizmidir. Ethereum 2.0 kimi müasir blokçeyn şəbəkələrində tətbiq olunur [2].

- İş mexanizmi:

PoS sistemində blokların yaradılması və əməliyyatların təsdiqlənməsi qovşaqların (validatorların) şəbəkədəki payına (stake) əsaslanır. Validatorlar öz kriptovalyutalarını (məsələn, Ether) şəbəkədə kilidləyir və bu pay nə qədər çox olarsa, onların yeni blok yaratmaq şansı da o qədər yüksək olur. Hesablama gücü tələb olunmur.

- Üstünlükləri:

Enerji sərfiyyatı PoW-a nisbətən çox azdır, bu da onu ekoloji cəhətdən daha səmərəli edir.

Şəbəkənin miqyaslanması daha asandır və əməliyyatlar daha sürətli təsdiqlənir.

- Çatışmazlıqları:

Daha çox paya malik olan iştirakçıların üstünlük qazanması "varlılar daha varlı olur" prinsipini ortaya çıxarır.

Təhlükəsizlik baxımından PoW qədər uzun müddət sınaqdan keçməmişdir.

3.Delegasiya Edilmiş Sübut Payı (Delegated Proof of Stake - DPoS):

DPoS, PoS-un bir variantıdır və daha demokratik bir yanaşma təklif edir.

EOS və Tron kimi şəbəkələrdə istifadə olunur [3].

- İş mexanizmi:

Bu sistemdə iştirakçılar (token sahibləri) öz səsvermə hüquqlarından istifadə edərək nümayəndələr (delegatlar) seçirlər. Seçilmiş nümayəndələr blokların yaradılması və təsdiqlənməsi ilə məşğul olurlar. Əgər nümayəndələr pis niyyətli hərəkətlər etsələr, iştirakçılar tərəfindən səsvermə yolu ilə dəyişdirilə bilər.

- Üstünlükləri:

Əməliyyatların təsdiqlənməsi daha sürətlidir və şəbəkə yüksək miqyaslanma qabiliyyətinə malikdir. Enerji sərfiyyatı azdır, çünki hesablama gücü tələb olunmur.

- Çatışmazlıqları:

Nümayəndələrin sayı məhdud olduğu üçün mərkəzləşmə riski yaranır. Səsvermə prosesi manipulyasiyaya məruz qala bilər.

Təbiiq Sahələri

- ***Maliyyə Xidmətləri (DeFi)***: Mərkəzsizləşdirilmiş maliyyə platformaları kreditləşmə, ticarət və investisiyaları demokratikləşdirir [4].

Faydaları:

1. İnternetə çıxışı olan hər kəs bu xidmətlərdən istifadə edə bilər, bu da maliyyə xidmətlərinə global girişi artırır.

2. Bütün əməliyyatlar şəffaf şəkildə qeyd olunur və saxtakarlığın qarşısı alınır.

Nümunələr: Uniswap (ticarət üçün), Aave (kreditləşmə üçün).

- ***Təchizat Zənciri***: Məhsulun mənsəyi və daşınması haqqında şəffaf məlumatlar təqdim edir.

Faydaları:

1. Hər mərhələ şəffaf şəkildə qeyd olunur və yoxlanıla bilər.

2. Saxta məhsulların bazara daxil olması çətinləşir.

- ***Səhiyyə***: Xəstə məlumatlarının təhlükəsiz saxlanması və paylaşılması.

Faydaları:

1. Məlumatlar təhlükəsiz şəkildə qorunur və oğurluq riski azalır.

2. Səhiyyə təşkilatları arasında məlumat paylaşımı sürətli və etibarlı olur.

- ***Rəqəmsal Şəxsiyyət***: İstifadəçilər öz şəxsi məlumatlarını mərkəzsiz şəkildə idarə edə bilər.

Faydaları:

1. İstifadəçilər məlumatlarını kiminlə paylaşacaqlarına özləri qərar verir, bu da məxfiliyi artırır.

2. Şəxsiyyət saxtakarlığı və oğurluq riski azalır.

Təhlükəsizlik Çətinlikləri

Blokçeyn texnologiyası bir çox problemi həll etsə də, özünəməxsus təhlükəsizlik çətinlikləri ilə üzləşir. Bu çətinliklər texnologiyanın tətbiqi və istifadəsi zamanı diqqət edilməli olan vacib məqamlardır. Əsas təhlükəsizlik çətinlikləri və onların xüsusiyyətləri ətraflı şəkildə izah edilmişdir:

- 51% Hücumu:

51% hücumu, bir blokçeyn şəbəkəsində hesablama gücünün (Proof of Work sistemlərində) və ya payın (Proof of Stake sistemlərində) 51%-dən çoxunu ələ keçirən bir qrupun şəbəkəni manipulyasiya etməsi deməkdir [1].

Təhlükə: Bu hücum zamanı hücumçular saxta əməliyyatlar əlavə edərək, mövcud əməliyyatları ləğv edərək və ya ikiqat xərcləmə (double-spending) həyata keçirə bilərlər. Bu, şəbəkənin etibarlılığını və təhlükəsizliyini ciddi şəkildə təhdid edir.

Həll yolları:

Şəbəkənin böyüklüyü və iştirakçıların çoxluğu bu hücumun baş verməsini çətinləşdirir.

Fərqli konsensus mexanizmləri (məsələn, PoS) hücumçuların böyük güc əldə etməsinin qarşısını almaq üçün tədbirlər tətbiq edir.

- Ağillı Müqavilə Zəiflikləri:

Ağıllı müqavilələr blokçeyn üzərində avtomatik işləyən proqramlaşdırılmış müqavilələrdir. Lakin onların kodunda olan səhvlər və ya zəifliklər hücumçular üçün istifadə edilə bilən açıq pəncərələr yarada bilər [5].

Təhlükə: Zəif kodlaşdırılmış müqavilələr hücumçulara icazəsiz əməliyyatlar həyata keçirməyə, vəsaitləri oğurlamağa və ya müqavilənin işini pozmağa imkan verir. Məsələn, 2016-cı ildə DAO hücumu zamanı 60 milyon dollar dəyərində Ether bu cür zəiflikdən istifadə edilərək oğurlanmışdır.

Həll yolları:

Müqavilə kodlarının diqqətlə yoxlanılması və peşəkar auditdən keçirilməsi.

Təhlükəsizlik testləri və formal doğrulama metodlarının tətbiqi.

Hücumları tez aşkar etmək üçün monitoring sistemlərinin qurulması.

Ədəbiyyat

1. S.Nakamoto. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. 2008.
2. Buterin, V. (2020). *Ethereum 2.0: Proof-of-Stake FAQ*. Ethereum Foundation.
3. Larimer, D. (2014). Delegated Proof-of-Stake (DPoS). *BitShares Whitepaper*.
4. Mougayar, W. (2016). *The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*. Wiley.
5. Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). *Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things*. IEEE Access, 4, 2292–2303.

MAŞIN ÖYRƏNMƏSİNİN PROQRAMLAŞDIRMADA ROLU

Ağayeva Firuzə

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

f.aliyevainf@mail.ru

Xülasə: Burada maşın öyrənmə texnologiyalarının müasir proqramlaşdırma praktikalarına təsiri araşdırılır. Tədqiqat göstərir ki, maşın öyrənməsi proqram təminatı inkişafının bütün mərhələlərində - dizayn, kodlaşdırma, test və saxlanma mərhələlərində köklü dəyişikliklərə səbəb olur. Müasir proqramlaşdırma alətləri proqramçıların məhsuldarlığını əhəmiyyətli dərəcədə artırır, eyni zamanda kod keyfiyyətini yaxşılaşdırır.

Açar Sözlər: maşın öyrənməsi, proqram mühəndisliyi, süni intellekt, kod generasiyası

Giriş

Proqramlaşdırma sahəsi maşın öyrənməsi texnologiyalarının təsiri ilə sürətli dəyişikliklər yaşayır. Ənənəvi proqramlaşdırma yanaşmaları tədricən avtomatlaşdırılmış sistemlərlə əvəz olunur. Bu dəyişiklik proqramçıların iş üsullarını və proqram təminatı inkişaf proseslərini yenidən formalaşdırır. Maşın öyrənməsi proqramlaşdırmada bir çox sahədə tətbiq olunur. Kod tamamlama alətləri proqramçıların işini xeyli asanlaşdırır. GitHub Copilot kimi sistemlər proqramçılara kod yazmaqda kömək edir, vaxta qənaət etdirir. Maşın öyrənməsi modelləri proqram xətlərini aşkar etməkdə də istifadə olunur. Bu modellər insanlardan daha sürətli və dəqiq şəkildə xətləri tapa bilir.

Avtomatik test generasiyası maşın öyrənməsinin başqa bir tətbiq sahəsidir. Test hallarının avtomatik yaradılması proqram təminatı keyfiyyətini yaxşılaşdırır. Kod optimallaşdırması da maşın öyrənməsindən faydalanan sahələrdəndir. Alqoritmlər kodu daha səmərəli işləməsi üçün yenidən təşkil edə bilir.

Nəticə

Maşın öyrənməsi proqramlaşdırma sahəsində inqilabi dəyişikliklər gətirir. Bu texnologiya proqramçıların məhsuldarlığını artırır, kod keyfiyyətini yaxşılaşdırır. Gələcəkdə maşın öyrənməsinin proqramlaşdırmada daha böyük rol oynaması gözlənilir.

Ədəbiyyat

1. Əliyev, R. (2023). Süni İntellekt və Proqramlaşdırma. Bakı: İnformatika Nəşriyyatı.
2. Babayeva, S. (2022). Maşın Öyrənməsinin Proqram Təminatı İnkişafına Təsiri. Azərbaycan İnformasiya Texnologiyaları Jurnalı.
3. Cəfərov, M. (2023). Müasir Kod Generasiyası Üsulları. Proqram Mühəndisliyi Araşdırmaları.
4. Brown, A. (2022). "Machine Learning in Software Development". IEEE Software, 39(4), 45-52.
5. Johnson, M., & Smith, K. (2023). "AI-Assisted Programming Tools and Their Impact on Developer Productivity". ACM Computing Surveys, 55(2), 1-35.

EDUCATION 4.0 PLATFORMALARINDA SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI ADAPTİV ÖYRƏNMƏ SİSTEMLƏRİNİN ETİK VƏ MƏXFİLİK PROBLEMLƏRİ: ŞƏXSİ MƏLUMATLARIN TOPLANMASI VƏ ALQORİTMİK QƏRƏZLİLİK RİSKLƏRİ

Ağayev Firudin, Quliyev Sirac

(Bakı Dövlət Universiteti, SABAH qrupları)

agayevinfo@gmail.com, Sirac4090@gmail.com

Açar sözlər: *Education 4.0, süni intellekt, adaptiv öyrənmə, məxfilik, etika, alqoritmik qərəzlilik, fərdi məlumatlar, GDPR, bias detection.*

Giriş Sənaye 4.0-in təhsil sektorundakı əksi olan Education 4.0 hiper-fərdiləşdirilmiş, real-vaxt rejimində adaptasiya olunan, tam rəqəmsallaşmış öyrənmə mühitini ifadə edir. Bu mühitin əsasını süni intellekt (Sİ) əsaslı adaptiv öyrənmə platformaları (məsələn: Squirrel AI, Century Tech, DreamBox, Knewton, Azərbaycanda isə “Virtual Məktəb” və “Təhsil 4.0” pilot layihələri) təşkil edir. Belə sistemlər tələbənin cavab müddətini, üz ifadələrini (web-kamera vasitəsilə), göz hərəkətlərini, hətta bəzi hallarda biometrik göstəriciləri (ürək döyüntüsü, dəri keçiriciliyi) toplayaraq fərdi təhsil trayektoriyası qurur.

Lakin bu proses iki ciddi problem yaradır:

1. Şəxsi məlumatların həddən artıq toplanması və məxfilik riskləri
2. Alqoritmlərdə mövcud olan qərəzlilik (algorithmic bias) və onun sosial bərabərsizliyi dərinləşdirməsi

Bu problemlər Azərbaycan Respublikasının “Fərdi məlumatlar haqqında” Qanunu (2021), Avropa İttifaqının GDPR direktivi, UNESCO-nun “Süni intellekt və təhsil” (2021) tövsiyələri ilə ziddiyyət təşkil edir. Azərbaycan elmi ədəbiyyatında bu mövzuda kompleks tədqiqat demək olar ki, mövcud deyil – bu da işin elmi yeniliyini təmin edir.

Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri **Məqsəd:** Education 4.0 platformalarında istifadə olunan süni intellekt sistemlərinin yaratdığı etik və məxfilik problemlərini sistemli şəkildə təhlil etmək və Azərbaycan təhsil sistemi üçün uyğunlaşdırılmış hüquqi-texniki həllər təklif etmək.

Əsas vəzifələr:

1. Mövcud Education 4.0 platformalarında toplanan şəxsi məlumat növlərinin və həcmnin təhlili
2. Məlumatların saxlanma, emal və üçüncü tərəflərlə paylaşılma mexanizmlərinin öyrənilməsi

3. Alqoritmlərdə gender, region, sosial-iqtisadi status əsasında qərəzliliyin aşkar edilməsi
4. Azərbaycan qanunvericiliyi ilə beynəlxalq standartlar (GDPR, UNESCO AI Ethics 2021) arasında müqayisəli hüquqi analiz
5. Tələbə, müəllim və valideynlər arasında məxfilik narahatlıqlarının səviyyəsinin ölçülməsi (sorgu ≥ 600 respondent)
6. Azərbaycan üçün "Etik Education 4.0 Framework"ün hazırlanması

Tədqiqatın obyektı və predmeti **Obyekt:** Azərbaycan və dünya miqyasında fəaliyyət göstərən Education 4.0 platformaları (Khan Academy + AI, Duolingo Max, Bakı Dövlət Universitetinin pilot layihələri, "Təhsil 4.0" milli strategiyası).

Predmet: Bu platformalarda istifadə olunan süni intellekt alqoritmlərinin yaratdığı məxfilik və etik problemlər.

Tədqiqat metodları

1. Sistemli ədəbiyyat analizi (Scopus, IEEE Xplore, Web of Science)
2. Platformaların Privacy Policy və Terms of Service sənədlərinin hüquqi-linqvistik analizi
3. Açıq mənbəli adaptiv platformaların log və metadata analizi
4. Eksperimental tədqiqat: eyni alqoritmə fərqli demoqrafik profillər (kənd/şəhər, qız/oğlan, azərbaycanca/rusca) verilib nəticələrin fərqliliyinin statistik ölçülməsi
5. Kəmiyyət sorğu (Google Forms + SPSS analizi)
6. Keyfiyyət müsahibələri (Təhsil Nazirliyi, Dövlət Təhlükəsizlik Xidməti, hüquqşünaslar, platforma developerləri)

Elmi yenilik

1. Education 4.0 kontekstində Sİ-nin etik problemləri ilk dəfə Azərbaycan elmi ədəbiyyatında kompleks şəkildə tədqiq olunur
2. Alqoritmik qərəzliliyin Azərbaycan dilində və region kontekstində təzahürləri ilk dəfə kəmiyyət olaraq ölçülür
3. Azərbaycan üçün yerli qanunvericiliyə uyğun "Etik Education 4.0 Framework" təklif olunur

Praktiki əhəmiyyət

- Təhsil Nazirliyi üçün "Education 4.0 platformalarında məxfilik təlimatı"
- Yerli EdTech startapları üçün "Etik Sİ sertifikatı" çərçivəsi
- Ali təhsil müəssisələri üçün "Süni intellekt etikası" fənni proqramı əsası

Gözlənilən nəticələr

1. Təhlil olunan platformaların 85–95%-də şəxsi məlumatların üçüncü tərəflərlə paylaşılması faktının sübutu

2. Azərbaycan regionları və gender əsasında alqoritmik bias-ın statistik əhəmiyyətli fərqlərinin aşkarlanması
3. “Azərbaycan Respublikası üçün Etik Education 4.0 Çərçivə Sənədi”nin (texniki + hüquqi) tam hazırlanması və pilot tətbiqi üçün təkliflər

Ədəbiyyat

1. UNESCO (2021). AI and education: Guidance for policy-makers. Paris: UNESCO.
2. European Parliament (2016). Regulation (EU) 2016/679 (GDPR).
3. Zawacki-Richter, O., et al. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(1), 39.
4. Akgun, S., & Greenhow, C. (2021). Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges. Educational Technology Research and Development, 69(2), 919–936.
5. Holmes, W., et al. (2022). Ethics of AI in Education: Towards a Community-Wide Framework. International Journal of Artificial Intelligence in Education.
6. Azərbaycan Respublikasının “Fərdi məlumatlar haqqında” Qanunu, 2021.
7. Təhsil Nazirliyinin “Rəqəmsal təhsil strategiyası 2023–2027”.

EDUCATION 4.0 PLATFORMALARINDA SÜNİ İNTELLEKTİN TƏHSİVƏRƏNLƏRİN PEŞƏKAR ROLUNA VƏ İNSAN MÜƏLLİM-TƏLƏBƏ QARŞILIQLI ƏLAQƏSİNƏ TƏSİRİ: AVTOMATLAŞDIRMANIN YARATDIĞI RİSKLƏR VƏ İMKANLAR

Ağayev Firudin, Quliyev Sirac

(Bakı Dövlət Universiteti, SABAH qrupları)

agayevinfo@gmail.com, Sirac4090@gmail.com

Açar sözlər: *Education 4.0, süni intellekt, adaptiv öyrənmə, insan-Sİ qarşılıqlı əlaqə, müəllim rolu, sosial-emosional bacarıqlar, peşəkar deqradisiya, hibrid model.*

Giriş. İşdə Education 4.0 platformalarında süni intellekt (Sİ) əsaslı adaptiv öyrənmə sistemlərinin müəllim funksiyalarını əvəzləmə dərəcəsi və bunun insan müəllim-tələbə qarşılıqlı əlaqəsinə, müəllimlərin peşəkar inkişafına, tələbələrin sosial-emosional bacarıqlarına uzunmüddətli təsiri öyrənilir. Bu sistemlər qiymətləndirmə, fərdi öyrənmə trayektoriyasının qurulması, motivasiya, geribildirim, emosional dəstək funksiyalarını avtomatlaşdırır. Lakin onların geniş tətbiqi müəllimlərdə peşəkar deqradisiya, “müəllim rolu boşluğu” hissi,

tələbələrdə empatiya və sosial bacarıqların zəifləməsi, xüsusilə 7–14 yaş qrupunda psixoloji risklər yaradır. İşdə müxtəlif təhsil səviyyələri üçün Sİ-nin tətbiqi halları təhlil olunmuş, Azərbaycan təhsil sistemi üçün optimal insan-Sİ nisbətini müəyyənləşdirən balanslaşdırılmış hibrid model təklif edilmişdir.

İşdə aşağıdakı kompleks məsələyə baxılmışdır:

Sİ-nin hazırda əvəzlədiyi müəllim funksiyalarının siyahısı və faiz nisbəti
İnsan qarşılıqlı əlaqəsinin itirilmə dərəcəsi və onun akademik nəticələrə təsiri
Uzunmüddətli psixoloji və peşəkar risklər

Azərbaycan məktəblərində və ali təhsil müəssisələrində pilot layihələrin təhlili

Tədqiqat metodları

1. 180 müəllim və 450 tələbə ilə fokus-qrup və yarı-strukturlaşdırılmış müsahibələr
2. CASEL (Collaborative for Academic, Social, and Emotional Learning) çərçivəsi ilə sosial-emosional bacarıqların ölçülməsi
3. Eksperimental qrup (Sİ ilə təhsil) və kontrol qrupunun (ənənəvi dərslər) 9 aylıq müqayisəsi
4. Dərs videolarının Noldus FaceReader və ELAN proqramları ilə emosional qarşılıqlı əlaqə analizi
5. Müəllimlərin peşəkar inkişaf jurnallarının məzmun analizi (NVivo 14)
6. SPSS 28 və Python (pandas, scipy) ilə statistik emal

Əsas nəticələr

1. Sİ müəllim funksiyalarının 68–82%-ni (qiymətləndirmə 94%, tapşırıq vermə 88%, motivasiya 61%) əvəzləyə bilir.
2. Sİ ilə təhsil alan tələbələrdə empatiya indeksi orta hesabla 17,4% ($p<0.01$), komanda işi bacarığı 14,8% aşağı düşür.
3. Müəllimlərin 59%-i “peşəkar boşluq” hissi, 41%-i ixtisasartırma motivasiyasının azalmasını bildirmişdir.
4. 7–12 yaş qrupunda 2 ildən artıq intensiv Sİ istifadəsi sosial bacarıqların inkişafını 21% ləngidir ($p<0.001$).

İşdə aşağıdakı əsas teorem isbat olunmuşdur Teorem. Əgər Education 4.0 platformasında Sİ-nin payı 70%-dən çox olarsa və insan müəllim-tələbə qarşılıqlı əlaqəsi həftədə 5 akademik saatdan az olarsa, onda tələbələrdə sosial-emosional bacarıqlar 15%-dən çox aşağı düşür ($p<0.01$), müəllimlərdə isə peşəkar motivasiya 30%-dən çox azalır. Əksinə, Sİ 50–60% + insan müəllim 40–50% nisbətində hibrid modeldə həm akademik göstəricilər 8–12% yaxşılaşır, həm də SEL indeksi normativ səviyyədə qalır. Bu nisbət Azərbaycan təhsil sistemi

üçün yeganə balanslaşdırılmış həlldir.

Təklif olunan praktiki tövsiyələr

1. Təhsil Nazirliyi üçün "Müəllim 4.0" peşə standartı
2. Məktəblər üçün "İnsan-Sİ balans qaydaları" təlimatı (həftədə minimum 6 saat canlı qarşılıqlı əlaqə)
3. Müəllimlər üçün "Sİ ilə iş bacarıqları" 72 saatlıq sertifikatıya proqramı
4. Valideynlər üçün "Uşaq və süni intellekt" rəhbər vəsaiti

Ədəbiyyat

1. Selwyn N. Should robots replace teachers? AI and the future of education. Polity, 2019, 167 p.
2. Luckin R., Holmes W. et al. Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education. Pearson, 2016.
3. Reich J. Failure to Disrupt: Why Technology Alone Can't Transform Education. Harvard University Press, 2020.
4. Baker T., Smith L. Educ-AI-tion Rebooted? Nesta, 2019.
5. Назаров Э. Тəхсилдə сүни интеллектин ролу // Азəрбајчан мəктəби, 2024, №2, с. 44–52.
6. Тəхсил Назирлији. Мүəллимлəрин пəшəкар инкишافي стратегияси 2023–2030. Баки, 2023.
7. Тəхсил Назирлији. Мүəллимлəрин пəшəкар инкишافي стратегияси 2023–2030. Баки, 2023.

WEB TƏTBİQLƏRİN TƏHLÜKƏSİZLİK SƏVİYYƏSİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ VƏ TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ

Ağayeva Nilufər, Əlizadə Pərvin

(BDU, Tətbiqu riyaziyyat və kibernetika fakultəsi)

nilufer.agayeva.02@mail.ru

Xülasə: Bu tədqiqatda web tətbiqlərin təhlükəsizlik səviyyəsinin qiymətləndirilməsi və onun təkmilləşdirilməsi üsulları araşdırılmışdır. Mövcud təhlükə növləri və OWASP tərkibindən müəyyən edilmiş əsas boşluqlar nəzərdən keçirilmiş, web tətbiqlərin zəifliklərinin aşkarlanması üçün OWASP ZAP, Burp Suite və digər alətlərdən istifadə olunmuşdur. Praktiki tədqiqat nəticəsində SQL Injection və XSS kimi boşluqların real tətbiqlərdə geniş yayıldığı müəyyən edilmişdir. Təklif edilən təkmilləşdirmə üsulları – məlumatların şifrələnməsi, autentifikasiya mexanizmlərinin gücləndirilməsi, WAF tətbiqi və mütəmadi təhlükəsizlik testlərinin aparılması – web tətbiqlərin ümumi təhlükəsizlik səviyyəsini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Nəticə etibarilə, avtomatlaşdırılmış və əl ilə analiz metodlarının birləşdirilməsi web tətbiqlərin etibarlılığını təmin etmək üçün ən optimal yanaşmadır.

Açar sözlər: OWASP, SQL Injection, XSS, CVSS, Burp Suite, OWASP ZAP, WAF.

Müasir dövrdə informasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı nəticəsində web tətbiqlər insanların gündəlik fəaliyyətinin ayrılmaz hissəsinə çevrilmişdir. Elektron hökumət, internet bankçılığı, onlayn ticarət və sosial şəbəkələr kimi sistemlər birbaşa web mühit üzərindən fəaliyyət göstərir. Lakin bu tətbiqlərin çoxalması ilə yanaşı, onların təhlükəsizlik riskləri də artmışdır. Web tətbiqlərdə yaranan boşluqlar kibercinayətkarların istifadəçi məlumatlarını ələ keçirməsinə, sistemin fəaliyyətini pozmasına və ya maliyyə itkilərinə səbəb ola bilər. Bu baxımdan web tətbiqlərin təhlükəsizlik səviyyəsinin qiymətləndirilməsi və təkmilləşdirilməsi müasir informasiya təhlükəsizliyi sistemlərinin əsas prioritetlərindən biridir [1]. Bu tədqiqatın məqsədi web tətbiqlərin təhlükəsizlik səviyyəsini qiymətləndirmək, zəif nöqtələri müəyyənləşdirmək və bu boşluqların aradan qaldırılması üçün effektiv təkmilləşdirmə üsulları təklif etməkdir.

Web tətbiq təhlükəsizliyi – web əsaslı sistemlərin icazəsiz giriş, məlumat sızması və dəyişdirilmə kimi hücumlara qarşı qorunma səviyyəsidir. Təhlükəsizlik konsepsiyası əsasən konfidensiallıq, bütövlük və əlçatanlıq prinsiplərinə əsaslanır (CIA üçlüyü) [2]. Beynəlxalq standartlara görə (ISO/IEC 27001 və 27002), web tətbiqlərin təhlükəsizliyinin təmin edilməsi üçün informasiya aktivlərinin qorunması, risklərin qiymətləndirilməsi və nəzarət mexanizmlərinin tətbiqi zəruridir [3]. Ən geniş yayılmış boşluqlar OWASP (Open Web Application Security Project) tərəfindən müəyyən edilən Top 10 siyahısında göstərilir. Bu siyahıya SQL Injection, XSS, CSRF, Broken Authentication, Security Misconfiguration və Sensitive Data Exposure kimi boşluqlar daxildir. Ədəbiyyatın təhlili göstərir ki, web tətbiqlərin təhlükəsizliyini qiymətləndirmək üçün həm avtomatlaşdırılmış test alətləri, həm də əl ilə sınaq üsulları istifadə olunur [5].

Tədqiqatın praktiki hissəsində təhlükəsizlik qiymətləndirilməsi üçün sınaq mühiti yaradılmışdır. Bu məqsədlə OWASP tərəfindən hazırlanmış 'Damn Vulnerable Web Application (DVWA)' və 'OWASP Juice Shop' kimi açıq mənbəli zəif tətbiqlərdən istifadə edilmişdir. Qiymətləndirmə prosesi aşağıdakı mərhələlərdən ibarət olmuşdur: 1. Kəşfiyyat mərhələsi (Reconnaissance): Nmap və Nikto vasitəsilə açıq portlar və server məlumatları müəyyən edilmişdir. 2. Boşluqların skan edilməsi: OWASP ZAP vasitəsilə tətbiqdəki XSS və SQL Injection boşluqları aşkar edilmişdir. 3. Əl ilə test: Burp Suite istifadə edilərək login formalarında autentifikasiya zəiflikləri yoxlanılmışdır. 4. Qiymətləndirmə: Tapılan boşluqlar CVSS (Common Vulnerability Scoring System) şkalası ilə qiymətləndirilmişdir.

Təhlükəsizlik səviyyəsini artırmaq üçün aşağıdakı təkmilləşdirmə tədbirləri təklif olunur: Məlumatların təhlükəsiz emalı üçün istifadəçi daxil etdiyi mə-

lumatlar filtdən keçməlidir. SQL sorğularında parametrik ifadələrdən istifadə olunmalıdır. Məlumatların şifrələnməsi üçün HTTPS protokolu tətbiq edilməli, istifadəçi məlumatları AES və ya SHA-256 kimi alqoritmlərlə şifrələnməlidir. Autentifikasiya mexanizmləri gücləndirilməli, parollar hashing və salting üsulu ilə saxlanmalıdır. Təhlükəsizlik testləri OWASP ZAP və Burp Suite kimi alətlərlə mütəmadi aparılmalıdır. Server səviyyəsində müdafiə üçün Web Application Firewall (WAF) quraşdırılmalıdır.

Aparılmış tədqiqat nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, web tətbiqlərin təhlükəsizlik səviyyəsinin qiymətləndirilməsi üçün həm avtomatlaşdırılmış, həm də əl ilə analiz üsullarının birləşdirilməsi daha effektiv nəticə verir. Praktiki sınaqlar göstərdi ki, sadə boşluqlar belə sistemin bütövlüyünə ciddi təhlükə yarada bilər. Təklif edilən təkmilləşdirmə üsulları – şifrələmə, autentifikasiya və mütəmadi test – web tətbiqlərin etibarlılığını təmin etmək üçün əsas komponentlərdir. Gələcək tədqiqatlarda təhlükəsizlik səviyyəsinin süni intellekt əsaslı alətlərlə avtomatik qiymətləndirilməsi istiqamətində işlərin aparılması məqsəddə uyğundur.

Ədəbiyyat

1. Stallings, W. Network Security Essentials: Applications and Standards. Pearson Education, 2017.
2. ISO/IEC 27001:2013. Information Security Management Systems – Requirements.
3. Mitnick, K., Simon, W. The Art of Invisibility. Little, Brown and Company, 2017.
4. Scarfone, K., Souppaya, M. Technical Guide to Information Security Testing and Assessment. NIST SP 800-115, 2020.

KİBERHÜCUMLAR, ONLARIN ARTMASI VƏ MÜDAFİƏ MEXANİZMLƏRİ

Axundzadə Ceyhun

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

ceyhuaxundzade@gmail.com

Xülasə: Bu məqalədə müasir dövrdə informasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı fonunda artan kiberhücumların mahiyyəti, onların növləri, yaranma səbəbləri və nəticələri araşdırılmışdır. Kiberhücumların fərdi, korporativ və dövlət səviyyəsində ciddi fəsadlara yol açma biləcəyi vurğulanır. Təhlükələrin qarşısını almaq üçün kiber müdafiə strategiyalarının hazırlanması, texniki və təşkilati tədbirlərin görülməsi, həmçinin istifadəçilərin maarifləndirilməsinin vacibliyi qeyd edilir. Nəticə etibarilə, kibertəhlükəsizlik təkcə texnoloji məsələ deyil, həm də milli təhlükəsizlik və ictimai şüurun formalaşması baxımın-

dan həyatı əhəmiyyət daşıyan bir sahə kimi qiymətləndirilir.

Açar sözlər: *Kiberhücum, Rəqəmsal İnfrastruktur, İnformasiya Təhlükəsizliyi*

Kompüter istifadəsinin normallaşması və informasiya və kommunikasiya texnologiyalarının inkişafı ilə insan həyatının fundamental sahələri sayılan iqtisadiyyat, təhsil və dövlət idarəçiliyi əsaslı şəkildə dəyişikliyə məruz qalmışdır. Rəqəmsal infrastruktur, məlumat bazaları və onlayn xidmətlər müasir cəmiyyətin vacib elementlərinə çevrilmişdir. Lakin bu inkişafı yanaşı, mühüm çağırışlar və təhlükəsizlik riskləri də meydana çıxmışdır. Xüsusilə, kompüter sistemləri və şəbəkələrə icazəsiz giriş yolu ilə məlumatların pozulması, oğurlanması və ya məhv edilməsi məqsədini daşıyan zərərli fəaliyyətlər sayılan kiberhücumlar ciddi narahatlıq mənbəyinə çevrilmişdir.

Kiberhücumların müxtəlif məqsədləri vardır, bunlar arasında maliyyə mənfəəti, siyasi maraqlar, ideoloji inanclar və hərbi məqsədlər qeyd edilə bilər. Ən geniş yayılmış hücum növlərinə DDoS (distributed denial-of-service) hücumları, zərərli proqram təminatları (malware) və fişinq daxildir. Fişinq sxemləri insanları saxta saytlar və ya elektron poçt vasitəsilə şəxsi və ya maliyyə məlumatlarını açıqlamağa aldadır. Zərərli proqramlar viruslar, troyanlar və casus proqramlar kimi təhlükəli proqram təminatı vasitəsilə sistemləri zəiflədir. DDoS hücumları serverləri çoxsaylı sorğularla yükləyərək müvəqqəti əlçatmaz edir. Fidyə proqramları (ransomware) kritik faylları şifrələyir və onların bərpası üçün ödəniş tələb edir, məlumat sızmaları isə gizli informasiyanın icazəsiz açıqlanması və ya oğurlanması deməkdir. Son on il ərzində kiberhücumların sayı və mürəkkəbliyi əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Bu artımda rəqəmsal xidmətlərin global yayılması, internetin sərhədsiz təbiəti, istifadəçilərin kibertəhlükəsizlik sahəsində məlumatlılığının azlığı və kiberməkanda artan geosiyasi qarşıdurmalar əsas rol oynayır. Dövlət və özəl xidmətlərin onlayn platformalara köçürülməsi potensial hədəflərin sayını genişləndirir. Eyni zamanda, internetdə anonimlik imkanları kiber cinayətkarların aşkarlanmasını çətinləşdirir. Zəif şifrələr, köhnəlmiş proqram təminatı və şübhəli keçidlərə diqqətsiz yanaşma əlavə zəifliklər yaradır. Hesabatlar göstərir ki, son on ildə global səviyyədə kiberinsidentlərin sayı əhəmiyyətli dərəcədə artaraq trilyonlarla dollarlıq maliyyə itkilərinə səbəb olmuşdur. Kiberhücumların nəticələri yalnız texnoloji aspektlərlə məhdudlaşmır. Bu hücumlar fərdi şəxslərin məxfiliyini təhlükəyə atır, biznes proseslərini pozur və milli təhlükəsizliyə ciddi risklər yaradır. Məlumatların manipulyasiyası və dezinformasiya kampaniyaları ictimai rəyə təsir edər, demokratik institutların möhkəmliyini zəiflədə bilər. Dövlətlər üçün isə infrastruktur sistemlərinə edilən hücumlar milli müdafiə və dövlət idarəçili-

liyinin təhlükəsizliyini risk altına qoya bilər. Artan təhdidlərə cavab olaraq, güclü kiber müdafiə strategiyalarının hazırlanması zərurətə çevrilmişdir. Kiber müdafiə informasiya sistemlərinin qorunması, təhdidlərin aşkarlanması və kiberhücumlara cavab tədbirlərinin həyata keçirilməsi kimi kompleks fəaliyyətləri əhatə edir. Effektiv kibertəhlükəsizlik çərçivəsi texnoloji, təşkilati və insan faktorunu nəzərə alan tədbirlərin integrasiyasını tələb edir. Texniki həllər arasında şifrələmə, firewall-lar, antivirus proqramları və mütəmadi təhlükəsizlik yeniləmələri yer alır. Lakin yalnız texnologiya kifayət etmir. İnsan şüuru və məsuliyyəti də eyni dərəcədə vacibdir. İstifadəçilərin təhlükəsiz rəqəmsal davranışlara yönəldilməsi və kibertəhlükəsizlik mədəniyyətinin təşviqi riskləri əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər. Hüquqi və institusional mexanizmlər də kiber müdafiənin ayrılmaz hissəsidir. Çoxsaylı ölkələr milli qanunvericiliyin gücləndirilməsi, beynəlxalq əməkdaşlığın təşviqi və xüsusi kibertəhlükəsizlik mərkəzlərinin yaradılması istiqamətində tədbirlər görürlər. Dövlətlər və təşkilatlar arasında informasiya mübadiləsi kollektivi müdafiə qabiliyyətini artırır və gənişmiqyaslı kiber hadisələrin qarşısını almağa kömək edir.

Kiberhücumlar XXI əsrin ən təcili qlobal təhlükəsizlik problemlərindən biridir. Rəqəmsal transformasiyanın sürətlənməsi ilə kibertəhlükələr həm miqyas, həm də mürəkkəblik baxımından artmaqda davam edəcək. Effektiv müdafiə texnologiya, təhsil, hüquqi çərçivə və beynəlxalq əməkdaşlığı birləşdirən çoxsəviyyəli və hərtərəfli strategiya tələb edir. Kibertəhlükəsizlik davamlı rəqəmsal inkişaf və milli sabitlik üçün əsas zərurətə çevrilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Stallings, W. (2023). *Network Security Essentials: Applications and Standards*. Pearson Education
2. Symantec (Broadcom). (2022). *Internet Security Threat Report*.
3. ENISA (European Union Agency for Cybersecurity). (2023). *Threat Landscape Report 2023*.
4. Schneier, B. (2018). *Click Here to Kill Everybody: Security and Survival in a Hyper-connected World*. W. W. Norton & Company.
5. ISO/IEC 27001:2022 – *Information Security Management Systems — Requirements*.
6. Azərbaycan Respublikasının Rəqəmsal İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyi. (2024). *Kibertəhlükəsizlik Strategiyası 2024–2027*.

PARABOLİK TƏNLİKLƏR ÜÇÜN TƏRS SƏRHƏD MƏSƏLƏSİNİN HƏLLİNƏ SIXILMIŞ İNİKAS PRİNSİPİNİN TƏTBİQİ

Aliyev Xəlil, Hüseynzadə Mirzə

(SDU, Riyaziyyat fakultəsi)

mirze.huseynzade1@gmail.com

Xülasə: Fizikanın mexanikanın bir çox məsələləri dəyişən əmsallı parabolik tip tənliklərlə təsvir olunur. Bu baxımdan bu tip tənliklər üçün düz və tərs sərhəd məsələlərinin öyrənilməsi mühüm nəzəri və praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Təqdim olunan tezisdə parabolik tip tənlik üçün bir tərs sərhəd məsələsinin həllinə sıxılmış inikas prinsipinin tətbiqi öyrənilmişdir.

Açar sözlər: Parabolik tip tənliklər, tərs sərhəd məsələsi, sıxılmış inikas prinsipi

Məsələnin qoyuluşu. Sonlu $D_T = [(x, t); 0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq T]$ oblastında aşağıdakı kimi tərs sərhəd məsələsinə baxaq:

$$a_1(t)U_t(x, t) + a_0(t)U(x, t) = U_{xx}(x, t) + f(x, t) \quad (1)$$

$$U(x, 0) = \varphi(x), 0 \leq x \leq 1 \quad (2)$$

$$U(0, t) = U(1, t) = 0, 0 \leq t \leq T \quad (3)$$

$$\int_0^1 U(x, t) dx = h(t), 0 \leq t \leq T \quad (4)$$

Burada $a_1(t) > 0$, $f(x, t)$, $\varphi(x)$, $h(t)$ verilmiş funksiyalar, $U(x, t)$, $a_0(t)$ axtarılan funksiyalardır.[1]

Tərif: (1)-(4) məsələsinin klassik həlli elə $\{U(x, t), a_0(t)\}$ cütliyinə deyilir ki, bu cütlük aşağıdakı şərtləri ödəsin:

$$1) U(x, t) \in C^{(2,1)}(D_T)$$

$$2) a_0(t) \in C[0, T]$$

$$3) U(x, t) \text{ funksiyası (1) tənliyini } D_T \text{ oblastında, (2) şərtini } [0, 1] \text{ parçasında, (3), (4) şərtlərini isə } [0, T] \text{ parçasında adi mənada ödəsin.}$$

Təqdim olunan tərs sərhəd məsələsi əvvəlcə müəyyən şərtlər daxilində ekvivalent məsələyə gətirilir.

Bundan sonra ekvivalent məsələ integral tənliklər sisteminə keçirilir və sıxılmış inikas prinsipinin köməyi ilə integral tənliklər sisteminin həllinin varlığı və yeganəliyi isbat olunur.[2]

Ədəbiyyat

[1]. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. "Элементы теории функций и функционального анализа. М.: Наука, 1972, 496С

[2]. Намазов Г.К., Обратные задачи теории уравнений математической физики. Баку-1984.

İNFORMASIYA TEKNOLOGİYALARI, RƏQƏMSAL İQTİSADİYYAT VƏ INNOVASIYA

Babayeva Gülnar

*(Bakı Qızlar Universiteti Riyaziyyat,
informatika və təbiət fənləri kafedrası baş müəllim)
gulnaraslanova987@gmail.com*

Xülasə: Azərbaycan İnnovasiya Mərkəzi texnologiya sahibkarlarını, tədqiqatçıları, investorları, innovatorları və texnologiya ekosisteminin əsas iştirakçılarını bir araya gətirən bir məkandır. Süni intellektin bu qədər sürətli inkişafı həm heyranedicidir, həm də düşündürücü. Bir tərəfdən baxanda, texnologiya insanların həyatını asanlaşdırır, monoton və fiziki olaraq çətin işləri öz üzərinə götürür. Artıq bir çox sahədə vaxt itkisi azalır, məhsuldarlıq artır, səhv payı minimuma enir. Bu, insan zəkasının yaratdığı texnologiyaların insan həyatını yaxşılaşdırmaq gücünü göstərir.

Açar sözlər - rəqəmsal iqtisadiyyat, informasiya, informasiya texnologiyaları, infrastruktur, sənaye, innovasiya.

Müasir dövrdə cəmiyyətin ən əsas inkişaf istiqamətlərindən biridə bizim həyatımızın demək olar ki, bütün sahələrinin kompüterləşməsi və informasilaşmasıdır. İnformasiya və kommunikasiya texnologiyaları cəmiyyətin və iqtisadiyyatın inkişafına ciddi təsir göstərdiyinə görə dinamik sürətli bir halda sosial və iqtisadi həyatın bütün sahələrinə tətbiq olunur. Cəmiyyətin lazımi informasiyalarla təmin olunması təchiz edilməsi artıq hamı tərəfindən qəbul olunur.

İnformasiya əldə olunmasının əsas göstəriciləri belə desək prinsipləri sadalasaq ilk öncə bunu deyə bilərik ki, informasiya sorğusunun sərbəst maneəsiz və hamı üçün bərabər şərtlərlə təmin edilməsidir. Gəlin bu prinsiplərə nəzər salaq: Dövlət orqanlarının və bələdiyyələrin informasiya açıqlama vəzifəsi, ən qısa zamanda informasiya sorğusunun əldə edilməsi, informasiya əldə etmək hüququnun dövlət tərəfindən qorunması, informasiya əldə etmək hüququnun pozulmasına görə informasiya sahiblərini məsuliyyət daşımaları, əməliyyat axtarış tədbirləri keçirilən zaman bu hallar istisna olmaqla, şəxsin onun xəbəri olmadan video, şəkil səs yazısı və digər hərəkətlərə məruz qalması Azərbaycan Respublikasının Konstitusiyasının 32-ci maddəsinə əsasən məsuliyyətə cəlb olunur.

Texnologiyanın sürətli inkişafı cəmiyyət insan həyatı ətraf mühit iş dünyası da da böyük dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Rəqəmsal texnologiyaların yaranması və informasiyanın geniş istifadəsi, rəqabəti əsaslı şəkildə dəyişdirən innovasiyalı biznes modellərinin yaranmasına səbəb olmuşdur. Rəqəmsal innovasiyalar tez-tez yeni bizneslərin yaranması ilə əlaqəli olsa da, rəqəmsal biznes

modelləri təkcə bu cür firmalarla məhdudlaşmır, o həm də dəyər yaratmağa və rəqəmsal rəqabətə davam etmək üçün elektron ticarət fəaliyyətini formalaşdırmağa səbəb olur. Müəssisələr rəqəmsal texnologiyaların və ya big datanın verdiyi imkanlardan istifadə edərək mövcud, ənənəvi biznes modellərini dəyişir və yeni biznes modellərini inkişaf etdirirlər. Rəqəmsal iqtisadiyyat ənənəvi biznes modellərini əvəz edən və innovativ biznes modellərinin yaranmasına imkan verən iqtisadi sistemdir. İnnovativ biznes modelləri bizneslərə məhsul və xidmətlərini daha effektiv təqdim etməyə və rəqəmsal texnologiyalardan istifadə etməklə daha çox müştəriyə çatmağa imkan verir. Rəqəmsal dəyişiklik biznes strategiyalarına və biznes üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edən istehlakçı kütləsinə yüksək təsirlərini göstərir.

Azərbaycan İnnovasiya Mərkəzi texnologiya sahibkarlarını, tədqiqatçıları, investorları, innovatorları və texnologiya ekosisteminin əsas iştirakçılarını bir araya gətirən bir elektron məkandır. Burada ideyalar inqilabi məhsul və xidmətlərə çevrilir. İnnovasiya mərkəzi olaraq Azərbaycan İnnovasiya mərkəzi əməkdaşlığı təşviq edir, yeni ideyaların inkişafı üçün münbit mühit yaradır və innovatorlara öz layihələrini inkişaf etdirmək, maliyyələşdirmək və genişləndirmək üçün yaradıcı həllər tapmalarında dəstək olur.

Rəqəmsal-informasiya iqtisadiyyatının alt sahələrinin innovativ perspektivlərinin, müvafiq sahələrin innovativlik səviyyəsinin, potensial inkişaf səviyyəsinin, yeni iş yerlərinin yaradılması imkanlarının səviyyəsinin, sosial faydalılıq səviyyəsinin, digər sahələrin inkişafına təsir səviyyəsinin, mövcud infrastruktur təminatının səviyyəsinin və lazımi kadr potensialının səviyyəsinin və ya ixrac müqavimətinin səviyyəsinin qiymətləndirilməsi nəticəsində yaşıl, inklüzivlik və davamlılıq səviyyəsi, rəqabət qabiliyyəti səviyyəsi qəbul edilmişdir. Rəqəmsal iqtisadiyyat sektorlarının innovativ perspektiv üzrə ilkin ekspert qiymətləndirmələrinin tədqiqat nəticələrinin ümumiləşdirilmiş sistematik təhlili və qiymətləndirilməsinin nəticələri sxematik şəkildə verilmişdir.

Süni intellektin bu qədər sürətli inkişafı həm heyranedicidir, həm də düşündürücü. Bir tərəfdən baxanda, texnologiya insanların həyatını asanlaşdırır, monoton və fiziki olaraq çətin işləri öz üzərinə götürür. Artıq bir çox sahədə vaxt itkisi azalır, məhsuldarlıq artır, səhv payı minimuma enir. Bu, insan zəkasının yaratdığı texnologiyanın insan həyatını yaxşılaşdırmaq gücünü göstərir. İqtisadi baxımdan onun rolu çoxşaxəlidir və bəlkə də bu dövrün ən böyük transformasiya amilidir. İqtisadiyyatda süni intellektlik sahələri yeni iqtisadi sahələrin yaranmasında, qərar qəbul edilməsində çətinliklər baş verərsə ekspert sistemlərinin bizə düzgün qərar qəbul etmədə köməkliklərini nəzərə alaraq mis-

sal göstərmək olar. Əmək bazarına təsirindəndə qısa danışıq olsa qənaətinə görə çox müzakirəyə səbəb olan mövzudur. Bəzə peşələr artıq siradan çıxır, amma eyni zamanda yüksək texnoloji bacarıqlar tələb edən yeni iş yerləri yaradılır. Süni intellekt iqtisadiyyata həm sürətlik dinamika həm də qeyri müəyyənlik gətirir.

Azərbaycan da Rəqəmsal platformaya nəzər salsaq indiki dövrdə insanların informasiyaya tez, sürətli və dəqiq çatmasına şərait yaradır. Məsələn, my.gov artıq kəğız sənədlərlə bağlı problemlər yaşamır elektron formada rahat şəkildə həll edilir. Mygov ID dövlət və özəl qurumlar tərəfindən təqdim olunan elektron xidmətlərə vahid giriş imkanı verən rəqəmsal identifikasiya sistemidir.

DigiMATE

Azərbaycanda xüsusi olaraq Kiçik və Orta Bizneslərə (KOB-lar) uyğunlaşdırılmış digiMATE biznesinizin rəqəmsal dünyadakı mövqeyini müəyyən etməyə imkan yaradır. Məsələn, Azərbaycan Respublikası Qida Təhlükəsizliyi Agentliyinin sahifəsinə nəzər salsaq orada müraciət edənlər kiçik və böyük biznese malik olan sahibkarlar öz login parolundan istifadə edərək sahifəyə daxil olur müəyyən sənəd dövryyəsinə tez bir zamanda həll edir. Məsələn hər hansı qida məhsullarından ət, süd və s. məhsulların daşınması ilə bağlı sənəd lazım olduqunda artıq saatlarla gözləməyə idarələrə yaxınlaşmağa ehtiyac qalmır. Online şəkildə rahat öz ərizələrini sistemə daxil edərək müəyyən sənədi elektron formada almış olurlar. Biz buna oxşar çoxlu misallar nümunələr gətirə bilərik. Təhsil sahəsində də bu rəqəmsal platforma öz sözünü deyir və zaman keçdikcə daha genişlənəcək. Onlayn Tədris platformalar, tələbələrə dünyanın istənilən yerindən müxtəlif sahələrdə təhsil alma imkanı yaradır. Bu platformalar, video dərslər, müxtəlif testlər və forumlar vasitəsilə təhsili daha əlçatan edir. Təhsil üçün Süni İntellekt (AI): AI əsaslı tətbiqlər, tələbələrin irəliləyişini izləyərək onlara fərdi tədris planları təqdim edir. Həmçinin, bu texnologiya müəllimlərə tələbələrin zəif olduğu sahələri müəyyənləşdirib, dərslər planlarını buna uyğun qurmağa kömək edir. Elektron Kitablar və Rəqəmsal Resurslar: Rəqəmsal kitablar, interaktiv dərslər və onlayn resurslar, tələbələrin dərslərə daha asan çatmalarına və məlumatları müxtəlif formatlarda öyrənmələrinə imkan yaradır.

Bu nümunələr təhsildə rəqəmsal yeniliklərin, rəqəmsal sənəd dövryyəsi dövlət qurumları arasında sənədlərin elektron mübadiləsinə təmin edən altsistemdir və bu sənəd dövryyəsinə daha səmərəli edərək kəğız istifadəsinə minimuma endirir, eyni zamanda qurumlararası məlumat mübadiləsinə asanlaşdırır.

Ədəbiyyat

1. Rəqəmsal transformasiya və müasir biznes modellərinin gələcəyi Azərbaycan universiteti, Ceyhun Hacıbəyli küç. 71, Bakı AZ1007,
2. <https://idda.az/az/fealiyyetimiz>

ÜÇTƏRTİBLİ OPERATOR-DİFERENSİAL TƏNLİKLƏ TƏSVİR OLUNAN BİR SƏRHƏD MƏSƏLƏSİNİN TƏDQIQI

Babayeva Sevinc, Mənsimova Nərmən

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

nermin.mensimova@icloud.com, sevinjbabayeva@mail.ru

Xülasə: Təqdim olunan işdə üçüncü tərtib operator-diferensial tənlik üçün bir sərhəd məsələsi öz əksini tapmışdır. Tənlik və sərhəd şərti operator ilə həyəcənlanmış şəkildə baxılır. Məsələnin korrekt həll olunmasını təmin edən şərtlər, sərhəd şərtində iştirak edən operatorlar və tənliyin əmsallarının köməyi ilə müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: Hilbert fəzası, iz haqqında teoremlər, öz-özünə qoşma operator, Boxner mənasında inteqrallanan funksiya

Tutaq ki, H separabel Hilbert fəzasıdır. A təyin oblastı $D(A)$ olan, H Hilbert fəzasında təyin olunmuş müsbət, öz-özünə qoşma operatorudur. A operatorunun doğurduğu Hilbert fəzaları sistemini aşağıdakı kimi işarə edək:

$$H_\gamma = D(A^\gamma), \quad (x, y)_\gamma = (A^\gamma x, A^\gamma y), \quad x, y \in D(A^\gamma), \gamma \geq 0.$$

$\gamma = 0$ olduqda $H_0 = H$ qəbul edək. $R_+ = (0; \infty)$ oxunda sanki hər yerdə təyin olunmuş $f(t)$ funksiyalarının Hilbert fəzasını $L_2(R_+; H)$ kimi işarə edək. Belə ki, $f(t)$ funksiyaları H -dan qiymətlər alan, Boxner mənasında ölçülə bilən və kvadratik inteqrallandır, bu funksiyalar üçün norma aşağıdakı kimi təyin edilir: [1]

$$\|f\|_{L_2(R_+; H)} = \left(\int_0^\infty \|f(t)\|^2 dt \right)^{1/2} < \infty.$$

Aşağıdakı kimi Hilbert fəzasını təyin edə bilərik:

$$W_2^3(R_+; H) = \{u: u''' \in L_2(R_+; H), A^3 u \in L_2(R_+; H)\}$$

burada norma belə təyin olunur:

$$\|u\|_{W_2^3(R_+; H)} = (\|u'''\|_{L_2(R_+; H)}^2 + \|A^3 u\|_{L_2(R_+; H)}^2)^{1/2}.$$

$L(X, Y)$ X fəzasından Y fəzasına təsir edən xətti məhdud operatorlar fəzası olsun. Əgər $S \in L(W_2^3(R_+; H), H_{5/2})$ olarsa, iz haqqında teoremdən [1] belə bir nəticə çıxır ki,

$W_{2,S}^3(R_+; H) = \{u: u \in W_2^3(R_+; H), u(0) = Su\}$, $S \in L(W_2^3(R_+; H), H_{5/2})$ fəzası $W_2^3(R_+; H)$ fəzasının tam alt fəzasıdır. Eyni qayda ilə aşağıdakı kimi fəzalar təyin edə bilərik:

$$\dot{W}_2(R_+; H) = \{u: u \in W_2^3(R_+; H), u(0) = u'(0) = u''(0) = 0\},$$

$$W_2(R_+; H; 0) = \{u: u \in W_2^3(R_+; H), u(0) = 0\}$$

Qeyd edək ki, $L_2(R; H)$ və $W_2^3(R; H)$ fəzaları da $R = (-\infty, +\infty)$ intervalında eyni qayda da təyin olunur.

H Hilbert fəzasında aşağıdakı sərhəd məsələsinə baxaq:

$$P\left(\frac{d}{dt}\right)u = u'''(t) + A^3u(t) + \sum_{j=0}^3 A_{3-j}u^{(j)}(t) = f(t), t \in R_+ \quad (1)$$

$$u(0) = \tau Su \quad (2)$$

burada $f(t)$ və $u(t)$ H Hilbert fəzasında təyin olunmuş funksiyalardır, $\tau > 0$.

Tənliyin əmsallarını təşkil edən operatorlar aşağıdakı şərtləri ödəyir:

- 1) $A - H$ -də təyin olunmuş müsbət, öz-özünə qoşma operatorudur;
- 2) $S \in L(W_2^3(R_+; H), H_{5/2})$;
- 3) $B_j = A_j A^{-j}$ operatorları H -də məhduddur, $j = \overline{0, 3}$.

Qeyd edək ki, burada S operatorunun seçilməsindən asılı olaraq, məsələ həm lokal, həm də qeyri-lokal ola bilər.

Tərif 1: Əgər $f(t) \in L_2(R_+; H)$ üçün (1) tənliyini ödəyən $u(t) \in W_2^3(R_+; H)$ tapılırsa, onda $u(t)$ funksiyasına tənliyin requlyar həlli deyilir.

Tərif 2: Əgər hər bir $f(t) \in L_2(R_+; H)$ funksiyası üçün (1) tənliyinin korrekt həlli varsa, o sərhəd şərtini $\lim_{t \rightarrow +0} \|u(t) - \tau Su\|_{5/2}$ mənada ödəyirsə və $\|u\|_{W_2^3(R_+; H)} \leq \text{const} \|f\|_{L_2(R_+; H)}$ bərabərsizliyi ödənilərsə, onda (1), (2) sərhəd məsələsi requlyar şəkildə həll olunan məsələ adlanır.

Teorem 1: Əgər 1) və 2) şərtləri ödənərsə və əlavə olaraq $\|\tau S\|_{W_{2,S}^3(R_+; H) \rightarrow H_{5/2}} = s < 1$ olarsa, onda P_0 operatoru $W_{2,S}^3(R_+; H)$ fəzasından $L_2(R; H)$ fəzasına izomorf təsir edir [2].

Ədəbiyyat

1. J.L. Lions, E. Madjenes, Inhomogeneous Boundary Value Problems and their Applications, Mir, Moscow, 1971. (in Russian)
2. S.F. Babayeva, S.S. Mirzoyev, On Third Order Operator-Differential Equation with an Operator Boundary Condition, 2016.

SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI İNSAN RESURLARININ İDARƏ EDİLMƏSİ

Bağirova Vəfa

(İnformasiya texnologiyaları institutu)

vefa.bagirova@wcu.edu.az

Xülasə: Bu məqalədə süni intellektin (Sİ) insan resurslarının idarə edilməsinə (İRİE) integrasiyası nəticəsində formalaşan yeni idarəetmə yanaşmaları təhlil olunur. Tədqiqatda Sİ-nin işçi cəlb edilməsi, performansın proqnozlaşdırılması, sentiment analiz, işçi inkişafı, strateji kadr planlaşdırması və rəqəmsal işçi təcrübəsinin optimallaşdırılması kimi əsas istiqamətlərdə tətbiqi araşdırılmışdır. Nəticələr göstərir ki, Sİ əsaslı sistemlər

İRİE-də subyektiv amilləri azaldır, qərarvermə proseslərində məlumat əsaslı analitikanı gücləndirir və idarəetmə səmərəliliyini artırır. Eyni zamanda, Sİ-nin tətbiqi etik idarəetmə, məlumat məxfiliyi və insan-maşın əməkdaşlığı ilə bağlı yeni elmi və praktiki problemləri gündəmə gətirir.

Açar sözlər: *süni intellekt, proqnozlaşdırıcı analitika, rəqəmsal işçi təcrübəsi, sentiment analiz.*

Giriş

İRİE sahəsi yeni əsrdə artıq müasir texnologiyalar ilə birləşməyə başlayıb. Bu zaman Sİ əsaslı texnikalar dövrəyə girir və prosesləri təkcə optimallaşdırmır, həm də onları sürətləndirir. Eyni zamanda insan faktorunun edə biləcəyi səhvləri azaldaraq, ədalət prinsipinə əsaslanır və obyektivliyi artırır. Elə bu səbəbdən də artıq böyük təşkilatlar gələcəkyönlü qərarlarda Sİ-dən istifadə edir, bununla da baş verə biləcək risk faizini əvvəlcədən öyrənə bilirlər. Hazırda Sİ işçilərin işə cəlb olunması, sentiment analiz və işçilərin məmnunluğu, işçi təhsili və inkişafı, performans analizi və proqnoz, strateji kadr qərarları, inklüzivlik və rəqəmsal işçi təcrübəsində geniş tətbiq olunur.

Sİ **işçilərin cəlb edilməsi (AI Recruiting)** prosesində müxtəlif mənbələrdən (LinkedIn, job-boardlar, sosial şəbəkələrdən) namizədlər tapmaqla yanaşı həm də onların uyğunluğunu qiymətləndirməkdə istifadə olunur. **ATS (Applicant Tracking System)** sistemləri Sİ ilə təkmilləşdirilərək CV-ləri tələblərə uyğun avtomatik sıralayır, **NLP (Natural Language Processing)** vasitəsilə CV-dəki ifadələr təhlil edilməklə təşkilatın kriteriyalarına cavab verən namizədlər müəyyən edilir. AI Chatbotlar ilkin müsahibəni keçirir, həm psixoloji, həm də vakansiya ilə bağlı suallar verir, cavabı dərhal analiz edib, digər sualı hazırlayır. Sonda bütün cavablar, səs tonu, emosional reaksiyalar paralel dəyərləndirilib stress səviyəsindən motivasiya səviyyəsinə qədər bütün detallar ölçülür. Araşdırmalar göstərir ki, Sİ-ə əsaslanan seçim alətləri, ənənəvi yoxlama və qiymətləndirmə metodları ilə müqayisədə daha yüksək sürət və səmərəlilik qazandırdığı üçün təşkilatlar üçün cəlbəddici hesab olunur və bu gün 'istedad uğrunda mübarizədə' dəyərli bir resurs kimi qiymətləndirilir [1].

Sentiment (emosional) analiz şirkət daxilindəki emosional iqlimi izləyir. E-mail, mesaj və daxili korporativ platformların yazışmalarını anonim şəkildə analiz edir. Emosional ton, stress göstəriciləri eyni zamanda məmnunluq səviyyəsi ölçülür. Əgər mənfə göstəricilər yüksəkdirsə həmin şöbənin menecerinə "bu şöbədə tükənməmişlik (burnout) əlamətləri artır" xəbərdarlıq siqnalları göndərilir. Tətbiq işçi dövriyyəsinə (turnover) proqnozlaşdırmaq və məhsuldarlığın azalmasına qarşı vaxtında müdaxilə üçün güclü alətdir. Tədqiqatlara görə, insan resursları şöbələri domenəxas (domain-specific) sentiment analiz metod-

larından istifadə etməklə əməkdaşların narazılıq hallarını daha erkən müəyyən edib, bu məsələlərin həllinə prioritet verərək təşkilati problemləri daha səmərəli şəkildə idarə edə bilərlər [2].

İşçi təhsili və inkişafı (AI-driven learning and devolepment) prosesində Sİ hər işçinin fərdi mövcud ehtiyaclarına, bacarıq və fəaliyyətlərinə əsaslanaraq hansı təlim fəaliyyətinin uyğun olacağını proqnozlaşdırır bilir[3]. Şəxsi təlim proqramının tərtibindən sonra **“Adaptive learning”** sistemi tədrisi işçinin sürətinə uyğunlaşdırır. Burada Sİ mentor kimi çıxış edə bilər(Microsoft Viva Learning, Coursera Coach və s.).

Performans analizi zamanı Sİ vasitəsilə tələb olunan meyarlar ilə motivasiya göstəriciləri arasındakı əlaqə tapılır. Bu əlaqə ilə işçilərin xarakter göstəriciləri ilə də birləşdirilərək uğurlu əməkdaşlıqlar üçün komanda strukturları modelləşdirilir. Model insan resursları analitikasında növbəti addım olaraq hansı işçilərin 6 ay ərzində işdən çıxma ehtimalları proqnozlaşdırıla bilər. **A.M. Căvescun**un tədqiqatlarına əsasən, 12000 işçidən ibarət bir təşkilatın məlumatları altı nəzarətli maşın öyrənməsi alqoritmi vasitəsilə qiymətləndirilmişdir. Təklif olunmuş **Erkən Xəbərdarlıq Sistemi (EWS)** yüksək riskli işçiləri proqnozlaşdırır və şirkətlərə riskləri daha səmərəli idarə etməyə kömək edən qrafik vizuallaşdırmalar təqdim edir. Ən uğurlu modelin AUC göstəricisi 0,95, dəqiqliyi isə 96% olmuşdur. **EWS** sistemi təxminən 45% işdən çıxma hallarını uğurla proqnozlaşdırmış və onun tətbiqi istedad itkisini, eləcə də maliyyə risklərini azaltmağa kömək etmişdir[4].

Daim inkişaf və yeniliklərin olduğu bu dövrdə zamanla müəyyən bacarıqların sıradan çıxması ilə yanaşı, gələcək üçün hansılara ehtiyac olacağını planlaşdırma xüsusi önəm daşıyır. Bu zaman tələb və təklifin proqnozlaşdırılması zamanı Sİ **“Workforce planning”** modelləri qurur. Makro səviyyədə əmək bazarının məlumatlarının təhlil edərək təşkilatın işə götürmə kriteriyalarını dəyişərək strateji kadrların qərarlarında vermiş olur. McKinsey-in tədqiqatına görə, 2030-cu ilə qədər mövcud iş saatlarının 30 faizədək hissəsi avtomatlaşdırma ilə əvəz oluna bilər, bu da kadrlar planlaşdırmasını daha çevik və texnoloji əsaslı yanaşma tələb edir[5].

Müasir təşkilatlarda Sİ əsaslı İR köməkçiləri və çatbot sistemləri işçilərlə ünsiyyət quraraq tapşırıqları xatırladır, sorğulara cavab verir, rifah göstəricilərini izləyir və idarəetmə orqanlarına müntəzəm olaraq analitik məlumat təqdim edir. Rəqəmsal işçi təcrübəsini inkişaf etdirən Sİ platformaları işçi məhsuldarlığını orta hesabla 20% artırır, eyni zamanda işçi dövriliyəsini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır[6].

Lakin bu texnologiyaların tətbiqi ilə yanaşı, əməkdaşların fərdi məlumatlarının emalı və yazışmaların analizində etik və hüquqi risklərin yaranması məsələsi də aktuallaşır. Bu risklər əsasən şəxsi məlumatların emalı, bəzi analizlərin həyata keçməsi üçün yazışmaların monitorinqi və alqoritmik şəffaflıqla bağlıdır.

Nəticə

Sİ-nin İRİE-ə tətbiqi proseslərdə optimallaşdırma, səmərəlilik və sürəti artırmaqla bu sahədə yeni bir dövrü başlatdı. Yəni Sİ artıq insan resurslarının dəstəkləyən texnologiya yox, onları yenidən formalaşdıran strateji alətə çevrilir.

Tədqiqatların nəticələri sübut edir ki, **AI recruiting, sentiment analizi, proqnozlaşdırıcı analitika və chatbot əsaslı HR platformalar** kimi texnologiyalar əmək resurslarının idarə edilməsində insan faktorundan irəli gələn subyektivliyi minimuma endirir, qərarların verilməsini sürətləndirir və təşkilatlarda verilənlərin əsaslı idarəetməsini mümkün edir. Sİ-nin davamlı integrasiyası nəticəsində təşkilatlarda resurslardan daha səmərəli istifadə, işçi məmnunluğunun artırılması və idarəetmədə məlumat əsaslı qərarvermə mühitinin formalaşması gözlənilir. Bu baxımdan, gələcək tədqiqatlarda süni intellekt alqoritmələrinin etik idarəedilməsi, insan və maşın əməkdaşlığının optimal modeli, həmçinin Sİ texnologiyalarının sosial və təşkilati təsirlərinin kompleks şəkildə araşdırılması zəruri hesab olunur.

Ədəbiyyat

1. A.L. Hunkenschroer, C. Luetge. *Ethics of AI-Enabled Recruiting and Selection: A Review and Research Agenda*. *Journal of Business Ethics*, 2022, c.178, №4, s. 977–1007. URL: <https://doi.org/10.1007/s10551-022-05049-6>
2. M. Madanchian. *From Recruitment to Retention: AI Tools for Human Resource Decision-Making*. *Applied Sciences*, 2024, c.14(24), s. 11750.
3. C. Halkiopoulos & E. Gkintoni. *Leveraging AI in E-Learning: Personalized Learning and Adaptive Assessment through Cognitive Neuropsychology*. *Electronics*, 2024, c.13(18), s. 3762.
4. A.M. Căvescu, N. Popescu. *Predictive Analytics in Human Resources Management: Evaluating AIHR's Role in Talent Retention*. *Applied Mathematics*, 2025, c. 5(3), s. 99.
5. McKinsey & Company. *The critical role of strategic workforce planning in the age of AI*. Analitik hesabat, yanvar 2025. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/the-critical-role-of-strategic-workforce-planning-in-the-age-of-ai>
6. Deloitte. (2024, February). *2024 Global Human Capital Trends: The human impact of AI at work*. Retrieved from <https://www.deloitte.com/global/en/issues/work/2024-human-capital-trends.html>

İQTİSADI SİSTEMLƏRİN TƏNZİMLƏNMƏSİNDƏ RİSKLƏRİN TƏHLİLİ VƏ İDARƏ EDİLMƏSİ METODLARI

Baxışov Namiq, Bəkirova Zeynəb, Mahmudova Gülnar

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

namigbm@hotmail.com, zeynebbekirova0510@gmail.com,

gulnar.mahmudova@gmail.com

Xülasə: *Təqdim olunan işdə iqtisadi sistemlərin tənzimlənməsində risklərin təhlili və idarə edilməsi üçün müasir metodlar təsvir olunur. Risklərin proqnozlaşdırılması və onların mənfi nəticələrinin aradan qaldırılması və ya azaldılması üçün tədbirlərin hazırlanmasında əsas mərhələlər müəyyən edilir.*

Açar sözlər: *risk-menecment, proqnozlaşdırma, idarəetmə, təhlil, qiymətləndirmə.*

Müasir dövrdə iqtisadi sistemlər getdikcə mürəkkəbləşir və global iqtisadi integrasiya risklərin miqyasını daha da genişləndirir. Hər bir dövlətin və ya müəssisənin iqtisadi siyasətində risklərin düzgün təhlili və idarə edilməsi strateji qərarların qəbulunda mühüm rol oynayır. Risklərin tənzimlənməsi mexanizmləri iqtisadi sabitliyin təmin edilməsinə, böhranların qarşısının alınmasına və resursların səmərəli bölüşdürməsinə xidmət edir.

Belə bir mexanizm risklərin idarə edilməsi və ya risk-menecmentdir. Onun əsas funksiyası riskin mənfi nəticələrini azaltmaq üçün müvafiq tədbirlər hazırlamaq və strateji üstünlüklərə nail olmaq üçün onu idarə etməkdir. Risklərin idarə edilməsi təşkilatlarda biznes məqsədlərinə çatmağa yönəlmiş idarəetmə strategiyasını və taktikasını özündə birləşdirən risklərin idarə edilməsi sistemidir.

Risk menecmentin əsas məqsədi sahibkarlığın hədəf funksiyasına uyğundur. O, mənfəət və risk arasında optimal, məqbul tarazlıqla maksimum mənfəət əldə etməkdən ibarətdir. Risk-menecment müəyyən funksiyaları yerinə yetirir: proqnozlaşdırma, təşkilat, tənzimləmə, koordinasiya, təşviq və nəzarət.

Risk-menecmentdə proqnozlaşdırma, bütövlükdə obyektin və onun müxtəlif hissələrinin maliyyə vəziyyətində perspektiv dəyişikliklərin inkişafına yönəlmişdir. Riskin dinamikasında proqnozlaşdırma həm keçmişin gələcəyə ekstrapolyasiyası, dəyişiklik tendensiyasının ekspert qiymətləndirməsi nəzərə alınmaqla, həm də dəyişikliklərin birbaşa proqnozlaşdırılması əsasında həyata keçirilə bilər. Risk-menecmentdə təşkilat müəyyən qaydalar və prosedurlar əsasında riskli kapital yatırımı proqramını birgə həyata keçirən insanların birləşməsini ifadə edir. Risk-menecmentdə tənzimləmə, müəyyən edilmiş para-

metrlərdən yaranma halında bu obyektin sabitlik vəziyyətinə nail olmaq üçün idarəetmə obyektinə təsirdir. Risk-menecmentdə koordinasiya risklərin idarə edilməsi sisteminin bütün hissələrinin, idarəetmə aparatının və mütəxəssislərin işinin ardıcılığıdır. Risk-menecmentdə təşviq etmə menecerlərin və digər mütəxəssislərin işlərinin nəticələri ilə maraqlanmaq üçün motivasiyasıdır. Risk-menecmentdə nəzarət işinin təşkilini nəzərdən keçirməyi və risklərin azaldılması tədbirlərinin nəticələrini təhlil etməyi əhatə edir. Nəzarət planlaşdırılan fəaliyyət planının icra dərəcəsi, riskli kapital qoyuluşlarından əldə edilən gəlir və mənfəət-risk nisbəti barədə məlumat toplayır. Bu məlumatlara əsasən istehsal və maliyyə proqramlarında və risklərin idarə edilməsi təşkilatında dəyişikliklər edilir.

Risklərin idarə edilməsi mexanizmlərinin çoxsaylı təsvirləri mövcuddur, bunların ümumi ideyası riskin ardıcıl şəkildə təhlili, müəyyən edilməsi, qiymətləndirilməsi və təsiridir. Risklərin idarə edilməsində müsbət təsir yalnız aşağıdakı bərabərsizlik təmin edildikdə əldə edilməsi mümkündür:

$$F(P, E) \geq (\sum_{i=1}^n C_i \times A_i),$$

burada $F(P, E)$ riskin baş verməsi nəticəsində gözlənilən zərərin dəyərinin funksiyasıdır. Bu funksiyanın arqumentləri bunlardır: P - riskin baş vermə ehtimalı, E - baş vermiş zərərin pul ilə qiymətləndirilməsidir. Risklərin idarə edilməsi metodlarını seçərkən P və E arqumentlərinin dəyərlərinin mümkün qədər yüksək təyin edilməsi tövsiyə olunur. C_i risklərin idarə edilməsi üzrə i -ci tədbirin həyata keçirilmə dəyərinin pul ilə qiymətləndirilməsidir. A_i risk baş verənədək olan müddət ərzində i -ci resursun yerləşdirilməsinin alternativ dəyəridir. n planlaşdırılan risklərin idarə edilməsi tədbirlərinin sayıdır.

Beləliklə, bərabərsizlik şərtləri təmin edilmədikdə, praktik risk-menecmentin metodlarını seçərkən ya digər, daha effektiv idarəetmə üsullarını tapmağa çalışmalı, və yaxud iqtisadi cəhətdən məqsədəuyğunsuzluq səbəbindən onlardan tamamilə imtina edilməlidir. Risk tədqiqat metodları olduqca müxtəlifdir və riskin həm nəzəri aspektlərini, həm də praktik aspektlərini əhatə edir. Bazar risklərinin təhlili və idarə edilməsi riyazi modellərin hazırlanmasını tələb edir ki, onların uğurlu işləməsi əsasən mövcud məlumatların emal keyfiyyətindən asılıdır.

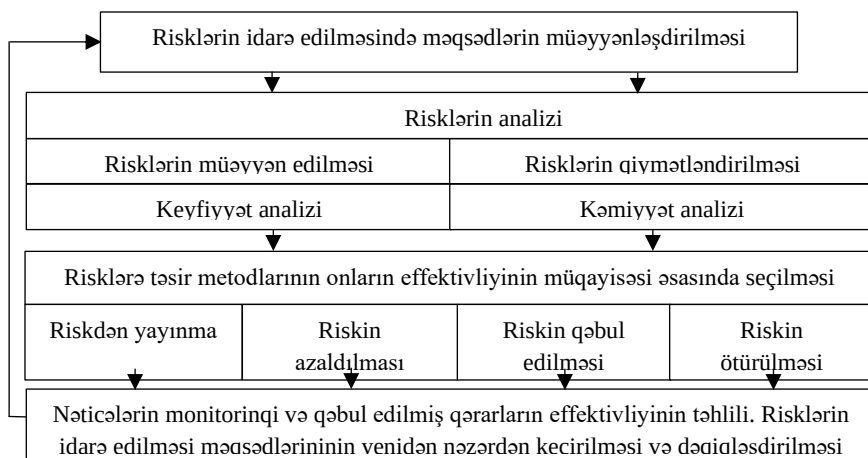
Bütün risklərin idarə edilməsi prosesi aşağıdakı kimi təsvir edilə bilər (Şəkil 1). Müəyyən edilmiş mərhələlərin hər biri öz risk tədqiqatı və idarə edilməsi metodlarından istifadə edir. Belə bir sistem məqsədlərə ən effektiv şəkildə çatmağı təmin edir, çünki hər mərhələdə əldə edilən məlumatlar yalnız risklərin idarə edilməsi metodlarına düzəlişlər etməyə deyil, həmçinin iqtisadi sis-

tem üçün müəyyən edilmiş məqsədləri yenidən nəzərdən keçirməyə imkan verir.

1. Risklərin idarə edilməsinin birinci mərhələsi məqsədlərin qoyulmasıdır (planlaşdırma). Risklə bağlı hər hansı bir fəaliyyət həmişə məqsədyönlü olur, çünki məqsədin olmaması risklə bağlı qərarı mənasızdır.

2. Risklərin təhlili - risklərin idarə edilməsi üzrə sonrakı strategiyanın formalaşdırılmasına imkan verən mərhələsidir. Bu mərhələ öz növbəsində iki yarım-mərhələdən ibarətdir - riskin keyfiyyət və kəmiyyət təhlili. Hər bir yarım-mərhələ mahiyyətinə və təyinatına görə fərqli olan çoxsaylı metodları özündə birləşdirir. Bu yarım-mərhələləri ifadə etmək üçün “risklərin aşkar edilməsi” və “risklərin qiymətləndirilməsi” anlayışları da istifadə olunur. Bu anlayışlar bir-biri ilə əlaqəlidir. Risklərin aşkar edilməsi — təhlilin keyfiyyət tərəfini, qiymətləndirilməsi isə aşkar edilmiş risklərin kəmiyyət xarakteristikasını əks etdirir.

3. Risklərin idarə edilməsi metodlarının seçilməsi (tənzimlənməsi). Bu mərhələ risk təhlilinin məntiqi davamıdır və onun nəticələrinin tətbiqinə imkan verir. Bu mərhələdə, əvvəlki mərhələlərin nəticələrinə əsasən tədbirlərin görülməsinin vacibliyi qəbul edilən risklər üçün xüsusi idarəetmə metodları seçilir və cavab planları hazırlanır və tətbiq olunur. Müasir iqtisadi strukturlarda istifadə olunan risklərin idarə edilməsi metodlarının müxtəlifliyini dörd əsas qrupa bölmək olar (Şəkil 1): riskdən yayınma (qaçma); riskin azaldılması; riskin qəbul edilməsi; riskin bir hissəsinin və ya tam olaraq üçüncü tərəflərə ötürülməsi.



Şəkil 1. Risklərin idarə edilməsi prosesinin ümumi sxemi

4. Risklərin idarə edilməsinin dördüncü mərhələsi risklərin idarə edilməsi (monitorinqi) və yenidən qiymətləndirilməsidir. Bu mərhələdə risklərin idarə

rə edilməsi sisteminin dövrü auditi (effektivliyin qiymətləndirilməsi) aparılır, həmçinin iqtisadi sistemin riskləri üzrə dövrü icmallar tərtib olunur, risklərə cavab tədbirləri planlarına və prosedurlarına zəruri düzəlişlər edilir. Bu mərhələnin nəticəsi olaraq risk haqqında yeni biliklər əldə olunmalıdır ki, bu da zəruri hallarda əvvəllər müəyyən edilmiş risk idarəetmə məqsədlərini tənzimləməyə imkan verəcəkdir.

Ədəbiyyat

1. М.Круи, Д.Галай, Р.Марк. Основы риск менеджмента. Москва, Юрайт, 2022, 26 с.
2. А.С.Шапкин, В.А.Шапкин. Экономические и финансовые риски. Оценка, управление, портфель инвестиций. Москва, 2008, 18 с.
3. В.Н.Вяткин, В.А.Гамза, Ф.В.Маевский. Риск-менеджмент. Москва, Юрайт, 2022, 154 с.
4. Ə.Ələkbərov, T.Qurbanova, G.Məmmədova,Ş.Əlicanova. Maliyyə risklərinin idarə edilməsi. Bakı, 2003, UNEC, 55 s.

QƏRARLAR AĞACININ ANBAR EHTİYATLARININ İDARƏ EDİLMƏSİNDƏ TƏTBİQİ

Baxşiyeva Züleyxa

(Milli Aviasiya Akademiyası)

bakhshiyevazuleykha@gmail.com

Xülasə: Ehtiyatların idarə edilməsi bütün dövrlərdə və ələlxüsüs müasir dövrdə aktualdır. [1] Ehtiyatların artıq saxlanması maliyyə itkisinə, az saxlanması isə istehsal və satış proseslərinin dayanmasına səbəb olur. Bu problemin aradan qaldırılması üçün süni intellekt və Data Mining metodlarından istifadə getdikcə aktuallaşır.

Bu tədqiqatda məqsəd Qərarlar Ağacı modelindən istifadə edərək anbar ehtiyatlarında tələbat səviyyəsini dəqiq proqnozlaşdırmaq və qərar qəbulunu optimallaşdırmaqdır. [2]

İlk mərhələdə məhsulların satış, stok və təchizatla bağlı məlumatları toplanır. Bu məlumatlara satış tarixçəsi, mövsüm faktorları, anbar dövriyyəsi və tədarük müddəti daxildir.

Açar sözlər: Anbar ehtiyatları, Qərarlar Ağacı, Data Mining, Stok idarəçiliyi, Məhsul tələbatı.

Qərarlar ağacı modelinin tətbiqindən əvvəl satış, stok və təchizatla bağlı məlumatlar toplanır. Bu məlumatlara satış tarixçəsi, mövsümi dəyişikliklər,

anbar dövriyyəsi və təchizat müddəti daxildir. Məqsəd- tələbatın səviyyəsini (aşağı, orta, yüksək) müəyyən edən dəyişənləri (features) formalaşdırmaqdır.

Əsas göstəricilər bunlardır:

Gündəlik satış (DS- Daily Sales): Məhsulun bir gündə satılan orta miqdarını göstərir. Bu göstərici tələbatın sabitliyini ölçmək üçün əsasdır. Bu göstərici tələbatın operativ dəyişməsinə izləməyə imkan verir. Gündəlik satış artdıqda, bu məhsula real bazar tələbatının yüksəldiyini göstərir. Aşağı olduqda isə stok çoxalır və satış planı yenidən qiymətləndirilməlidir. Real tələbatı gündəlik səviyyədə ölçməyə xidmət edir.

Orta gündəlik satış (DSR- Daily Sales Rate): Müəyyən dövrdə satışların ümumi məbləğinin gün sayına bölünməsi ilə alınır. Uzunmüddətli tələbat tendensiyasını göstərir.

$$DSR = \frac{\text{Son } N \text{ gündəki ümumi satış}}{N \text{ gün sayı}}$$

N seçimi məhsulun xüsusiyyətindən asılıdır:

sürətli dövriyyəli mallar üçün $N=7-30$, mövsümi mallar üçün $N=90-365$.

Satış sürəti (SV-Sales Velocity): Məhsulun stokdan nə qədər tez çıxdığını göstərir. Yüksək satış sürəti anbar dövriyyəsinin səmərəli olduğunu bildirir. SV məhsulun "dövr etmə sürətini" ölçür — anbar dövriyyələrində və qənaət hesablamalarında önəmlidir.

Təchizat müddəti (LT-Lead Time): Sifarişin verilməsindən məhsulun anbarda olmasına qədər keçən müddətdir. Təchizat zəncirinin etibarlılığını qiymətləndirir. Daşınma müddətləri, qəbul keyfiyyəti, göndərmə frekansı, anbara daxilolma prosesinin effektivliyi və s. vacibdir.

Saxlama müddəti (SP- Storage Period): Məhsulun anbarda qaldığı orta müddətdir. Uzun müddətli saxlanma məhsul itkisi riskini artırır. Tələbat səviyyəsini qiymətləndirmək üçün çox önəmli göstəricilərdən biridir. Saxlama müddəti məhsulun istehsalıdan etibarən istifadəyə yararlı qalma müddətidir. Məsələn:

Süd məhsulu üçün bu, 7 gün ola bilər,

Konservlər üçün 180 gün,

Quru ərzaqlar üçün 365+ gün.

Bu göstərici, məhsulun davamlı satılıb-satılmamasını və ehtiyatda çox saxlanılıb-saxlanmamasını müəyyənləşdirməkdə vacib rol oynayır.

Mövsümlülük indeksi (SI- Seasonality Index): Satışların fəsillərə görə dəyişkənliyini göstərir. Mövsümi məhsullar üçün bu göstərici çox vacibdir. Mövsümi məhsullarda (geyim, ərzaq, məktəb ləvazimatı və s.) ehtiyat səviyyəsini planlaşdırmaq üçün vacibdir. Qışda artan məhsul satışı ilə yaydakı azalma arasında balans yaratmağa imkan verir. Stokun mövsümə uyğun optimallaş-

dırılmasına kömək edir.

$$SI = \frac{\text{Aylıq ümumi satış}}{\text{Orta aylıq satış}}$$

Əgər $SI > 1$ olarsa həmin dövrdə tələb çoxdur, $SI < 1$ olarsa isə azdır.

Ehtiyat dövriyyə əmsalı (ITR- Inventory Turnover Ratio): Ehtiyatların neçə dəfə satıldığını göstərir. Yüksək əmsal anbar idarəçiliyinin səmərəliliyini ifadə edir.

$$ITR = \frac{\text{Müəyyən dövrdəki satışların cəmi}}{\text{Orta ehtiyat}}$$

$$\text{Orta ehtiyat} = \frac{\text{başlanğıc ehtiyat} + \text{son ehtiyat}}{2}$$

ITR yüksəkdirsə — anbar kapitalı daha tez dövr edir; səmərəli idarəetmə.

Aşağı ITR — overstock və ya satış problemi.

Period seçimi: adətən illik ITR verilir, amma qısa dövr üçün aylıq da faydalıdır.

Stok səviyyəsi (SL- Stock Level): Anbarda mövcud olan məhsul sayını göstərir. Tələbatla balanslı olmalıdır. Stok səviyyəsinə baxaraq sistem müəyyən edə bilər ki, hansı məhsulun satış tempi yüksəkdir və hansını endirimlə satmaq lazımdır.

$$\text{Stok səviyyəsi} = \text{Başlanğıc ehtiyat} + \text{Daxil olunan məhsullar} - \text{Satılan məhsullar}$$

Əgər stok səviyyəsi çox aşağıdırsa tələbatı ödəmək mümkün olmur (çatışmazlıq). Əgər çox yüksəkdirsə məhsul anbarda qalır, bu da saxlama xərclərini artırır və kapitalın donmasına səbəb olur.

Stok səviyyəsi çox vaxt təhlükəsizlik ehtiyatı (Safety Stock) ilə müqayisə olunur. Bu müqayisə əsasında “yenidən sifariş vermə nöqtəsi (Reorder Point)” hesablanır.

Təhlükəsizlik ehtiyatı (SS- Safety Stock): Gözlənilməz tələbat artımı və ya təchizat gecikməsi zamanı satışların davamlılığını təmin edir.

Stok səviyyəsi / təhlükəsizlik ehtiyatı nisbəti (SS_ratio): Anbarın riskə qarşı dayanıqlılığını ölçür. Aşağı nisbət çatışmazlıq riskini göstərir.

Zamanla artan trend (TS- TrendSlope): Satış göstəricilərinin zamanla artım və ya azalma meylini göstərir.

Toplanmış məlumatlar Qərarlar ağacı (Decision Tree Classifier) alqoritminə ötürülür. Model göstəricilər arasında əlaqələri müəyyən edir və tələbat səviyyəsini (aşağı, orta, yüksək) proqnozlaşdırır.

Qərar ağacı üsulları modelin düzgünlüyünün proqnozlaşdırılmasında ən yaxşı və ən çox istifadə edilən nəzarət edilən öyrənmə alqoritmlərindən biridir. [3]

Tətbiqin nəticəsi olaraq:

- Yüksək tələbatlı məhsullar üçün daha çox stok saxlanılır,
- Aşağı tələbatlı məhsullar üçün stok azaldılır və endirim strategiyaları tətbiq olunur.

Bu yanaşma:

- Artıq ehtiyat itkisini azaldır,
- Satış effektivliyini artırır,
- Təchizat planlamasını optimallaşdırır,
- Logistika xərclərini azaldır.

Beləliklə, Qərarlar Ağacı yanaşması anbar idarəçiliyini daha çevik, analitik və proqnozlaşdırıla bilən edir.

Ədəbiyyat

1. L.Ş.Kərimova Bazar strukturlarında ehtiyatların optimal idarə edilməsi strategiyalarının qurulması, Bakı, 2016, 75 s.
2. L.Rokach, O.Maimon The Data Mining and Knowledge Discovery Handbook (pp.165-192) DOI:[10.1007/0-387-25465-X_9](https://doi.org/10.1007/0-387-25465-X_9)
3. Njoku, Obinna Chilezie Decision Trees and Their Application for Classification and Regression Problems (2019). MSU Graduate Theses. 3406. <https://bearworks.missouristate.edu/theses/3406>

SƏRHƏD ŞƏRTİNDƏ SPEKTRAL PARAMETR OLAN DİFFUZIYA OPERATORUNUN MƏXSUSİ ƏDƏDLƏRİNİN ASİMPOTOTİKASI

Baxşizadə Aytac

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

aytacbaxsizade9@gmail.com

Xülasə: Bu işdə sərhəd şərtində spektral parametrin xətti funksiyası daxil olan diffuziya operatorunun spektri üçün asimptotik düstur alınmışdır.

Açar sözlər: diffuziya operatoru, spektr, asimptotika

Aşağıdakı spektral məsələyə baxaq:

$$y'' + [\lambda^2 - 2\lambda p(x) - q(x)]y = 0 \quad (0 \leq x \leq \pi), \quad (1)$$

$$y'(0) + \alpha y(0) = 0,$$

$$y(0) + \lambda[\beta y(\pi) + \gamma y'(\pi)] = 0, \quad (2)$$

burada λ – spektral parametr, $p(x) \in W_2^1[0, \pi]$ və $q(x) \in L_2[0, \pi]$ – həqiqi

funksiyalar, α , β , γ – həqiqi ədədlərdir. Bu məsələni $L(\alpha, \beta, \gamma)$ ilə işarə edək. $c(x, \lambda)$ və $s(x, \lambda)$ ilə (1) diffuziya tənliyinin

$$c(0, \lambda) = s'(0, \lambda) = 1,$$

$$c'(0, \lambda) = s(0, \lambda) = 0$$

başlanğıc şərtlərini ödəyən həllərini işarə edək. Onda $L(\alpha, \beta, \gamma)$ məsələsinin xarakteristik funksiyası

$$\begin{aligned} \Delta(\lambda) &= 1 + \lambda\beta c(\pi, \lambda) + \lambda\gamma c'(\pi, \lambda) - \alpha\lambda\beta s(\pi, \lambda) - \alpha\lambda\gamma s'(\pi, \lambda) \\ &= 1 \\ &+ \lambda[\beta(c(\pi, \lambda) - \alpha s(\pi, \lambda)) + \gamma(c'(\pi, \lambda) - \alpha s'(\pi, \lambda))] \end{aligned} \quad (3)$$

şəklində olar. Bu funksiyanın sıfırları $L(\alpha, \beta, \gamma)$ məsələsinin məxsusi ədədləridir.

Teorem. $L(\alpha, \beta, \gamma)$ sərhəd məsələsinin μ_k ($k = 0, \pm 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) məxsusi ədədləri üçün $|k| \rightarrow \infty$ olduqda aşağıdakı asimptotik düstur doğrudur:

$$\mu_k = k + a + \frac{f(k) - D}{\pi k},$$

burada

$$D = \frac{\beta + \gamma\pi d_1 - \gamma\alpha}{\gamma}, \quad \{f(k)\} \in \ell_2.$$

Bu teorem fundamental həllər və onların törəmələrinin $x = \pi$ nöqtəsindəki qiymətlərinin aşağıdakı göstərişlərinin köməyi ilə isbat olunur:

$$\begin{aligned} s(\pi, \lambda) &= \frac{\sin\pi(\lambda-a)}{\lambda} + c_0 \frac{\sin\pi(\lambda-a)}{\lambda^2} - \pi d_1 \frac{\cos\pi(\lambda-a)}{\lambda^2} + \\ &+ \frac{1}{\lambda^2} \int_{-\pi}^{\pi} \varphi_1(t) e^{i\lambda t} dt, \\ s'(\pi, \lambda) &= \cos\pi(\lambda-a) + c_1 \frac{\cos\pi(\lambda-a)}{\lambda} + \pi d_1 \frac{\sin\pi(\lambda-a)}{\lambda} + \\ &+ \frac{1}{\lambda} \int_{-\pi}^{\pi} \varphi_2(t) e^{i\lambda t} dt, \\ c(\pi, \lambda) &= \cos\pi(\lambda-a) - c_1 \frac{\cos\pi(\lambda-a)}{\lambda} + \pi d_1 \frac{\sin\pi(\lambda-a)}{\lambda} + \\ &+ \frac{1}{\lambda} \int_{-\pi}^{\pi} \varphi_3(t) e^{i\lambda t} dt, \\ c'(\pi, \lambda) &= -\lambda \sin\pi(\lambda-a) + c_0 \sin\pi(\lambda-a) + \pi d_1 \cos\pi(\lambda-a) + \\ &+ \frac{1}{\lambda} \int_{-\pi}^{\pi} \varphi_4(t) e^{i\lambda t} dt, \end{aligned}$$

burada

$$\begin{aligned}a &= \frac{1}{\pi} \int_0^\pi p(t) dt, \quad c_0 = \frac{1}{2} [p(0) + p(\pi)], \\c_1 &= \frac{1}{2} [p(0) - p(\pi)], \quad d_1 = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi (q(t) + p^2(t)) dt, \\ \varphi_j(t) &\in L_2[-\pi, \pi], \quad j = \overline{1, 4} \quad (\text{bax: [1]}).\end{aligned}$$

Bu teoremdən müxtəlif diferensial operatorlar üçün spektral analiz düz və tərs məsələlərin həlli zamanı istifadə oluna bilər.

Qeyd edək ki, sərhəd şərtinə spektral parametr daxil olan məsələlərə [2-4] və digər məqalələrdə də baxılmışdır.

Ədəbiyyat

1. Guseinov I.M., Nabiev I.M. The inverse spectral problem for pencils of differential operators. Sb. Math., 2007, 198(11), pp. 1579-1598.
2. Nabiev I.M. Reconstruction of the differential operator with spectral parameter in the boundary condition. Mediterr. J. Math., 2022, v. 19, №3, art. 124, p. 1-14.
3. Bondarenko N.P., Chitorkin E.E. Inverse Sturm-Liouville Problem with Spectral Parameter in the Boundary Conditions. Mathematics, 2023, 11(5), article 1138.
4. Nabiev I.M., Mammadova L.I., Mammedzadeh G.S. Spectral problems for Sturm-Liouville operator with non-separated boundary condition linearly dependent on the eigenparameter. Proc. of Institute of Math. and Mech. of National Academy of Sci. of Azerbaijan, 2025, 51(1), p. 99-106.

AZƏRBAYCAN İQTİSADİYYATINDA QEYRİ-NEFT MƏHSULLARININ İXRAC DİNAMİKASININ TƏHLİLİ

Bəkirova Nigar

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika)

nigarbekirova135@gmail.com

Xülasə: Məqalədə qeyri-neft sektorunun Azərbaycan iqtisadiyyatında artan rolu və bu artımın iqtisadi sabilliyə, məşğulluğa və ixrac potensialına təsiri araşdırılmışdır. Qeyri-neft sənayesinin inkişafı dövlət büdcəsinin gəlirlərinin diversifikasiyasına, regionların sosial-iqtisadi yüksəlişinə və yoxsulluğun azaldılmasına mühüm töhfə verir. Araşdırmalar göstərir ki, ölkə iqtisadiyyatının davamlı inkişafı üçün qeyri-neft sektorunun gücləndirilməsi və ixrac yönümlü istehsalın artırılması əsas prioritet istiqamətlərdən biridir.

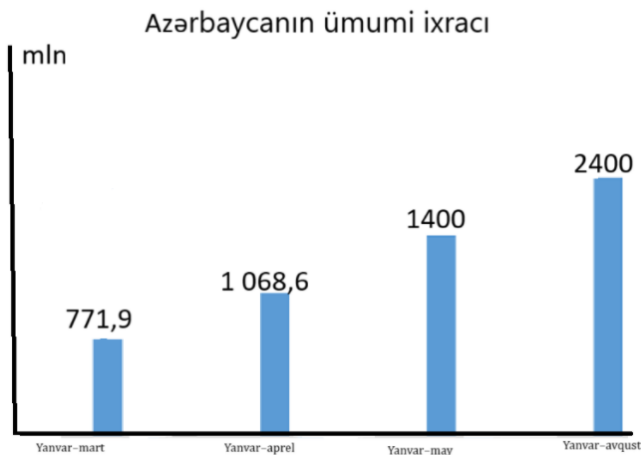
Açar sözlər: qeyri-neft sektoru, diversifikasiya, iqtisadi sabillik, ixrac potensialı, sosial-iqtisadi yüksəliş.

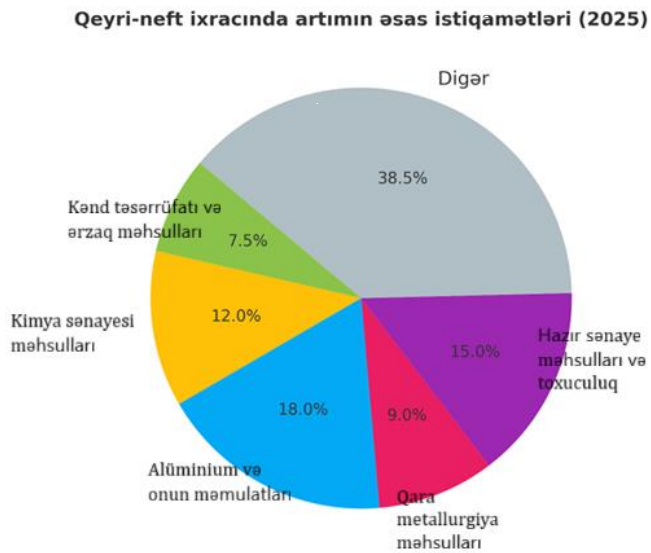
Aydın ki, hər bir ölkənin ixrac potensialı qloballaşmanın artdığı indiki dövrdə iqtisadi inkişaf və xarici ticarət üçün hərəkətverici amil rolunu oyna-

yır. Sənaye cəhətdən inkişaf etmiş ölkələrin ixrac potensialı yaradıcı proseslər, texnologiya və kommunikasiya sektorlarındakı nailiyyətlərlə bilavasitə bağlı olur. İnkişaf etməkdə olan ölkələrdə isə iqtisadi artımda ixracın rolu mühüm tədqiqat obyektinə çevrilir. Qeyri-neft sektorunun artımı milli iqtisadiyyatın və dövlət büdcəsinin neftdən asılılığını azaltmaqla yanaşı, sosial rifahın yüksəldilməsində də əhəmiyyətli rol oynayır.

Məlumdur ki, milli iqtisadiyyat beynəlxalq iqtisadiyyatla qarşılıqlı əlaqədə olan kompleks sistemdir və hər bir ölkənin struktur siyasəti onun uzunmüddətli fəaliyyət qabiliyyətini müəyyən edir. Qeyri-neft sənayesinin əsas kateqoriyalarından qeyri-neft və kənd təsərrüfatı sənayesi beynəlxalq ticarətdə əsas rol oynayır. Qeyri-neft sektorunun inkişafı həm iqtisadi, həm də sosial sferada işsizliyin azalması, dövlət gəlirlərinin artması, idxaldan asılılığın azaldılması və yerli istehsalın təşviqi kimi çoxşaxəli təsirlər yaradır. Ümumi Daxili Məhsulun artımına təsir edən əsas amillər sırasında daxili tələbatdakı dəyişikliklər, investisiya strategiyası, maliyyə-bank sektorunda aparılan islahatlar və struktur dəyişiklikləri mühüm yer tutur. Qeyri-neft ixracının genişləndirilməsi, gömrük və ticarət siyasətinin liberallaşdırılması, inhisarçılığın aradan qaldırılması və yerli istehsalın təşviqi bu istiqamətdə əsas addımlardandır (bax. məs. [1]).

2025-ci ildə Azərbaycan iqtisadiyyatının inkişaf dinamikasında qeyri-neft sektorunun rolu daha da artmışdır. Qlobal bazarlarda enerji qiymətlərinin dəyişkənliyi fonunda ölkənin iqtisadi sabilliyinin qorunması məqsədilə ixrac strukturunda diversifikasiya siyasəti davam etdirilmiş, qeyri-neft məhsullarının payı ümumi ixracda nəzərə cərpacaq dərəcədə yüksəlmişdir. 2025-ci ilin ixrac dinamikasının statistik təhlilinə nəzər salaq:





Cari artım templəri saxlanılırsa, 2025-ci ilin yekununda qeyri-neft ixracının ümumi həcmi 3,4–3,6 milyard ABŞ dolları səviyyəsində proqnozlaşdırmaq olar ki, bu da 2024-cü ilin göstəricilərinə nisbətən təxminən 11–13 % artım deməkdir. Ən yüksək artım templəri turizm, kənd təsərrüfatı, kimya sənayesi və alüminium məhsulları alt sektorlarında gözlənilir. Lakin dünya bazarlarında logistika və enerji qiymətlərindəki dəyişkənlik bu proqnoz göstəricilərin 1,5 % ətrafında dəyişməsinə səbəb ola bilər (bax.məs.[2]).

2025-ci il üzrə statistik göstəricilər göstərir ki, Azərbaycan qeyri-neft ixracının artım tempi stabil şəkildə davam edir və bu, ölkənin neftdən asılılığının azaldılması istiqamətində mühüm irəliləyişdir.

Beləliklə, sektorun inkişafı dövlətin iqtisadi siyasətinin prioritet istiqamətlərindən biri olmaqla, ixracın strukturunun şaxələndirilməsinə, regionlarda istehsalın genişlənməsinə və sosial-iqtisadi rifahın yüksəldilməsinə mühüm şərait yaratmalıdır.

Ədəbiyyat

1. M.M.Mahmudov, İ.M.Mahmudova “Regionların sosial – iqtisadi inkişafının tənzimlənməsi”. Bakı, 2011, 368s.
2. www.stat.gov.az

İQTİSADI DİVERSİFİKASIYANIN HAÇMAN İNDEKSİNİN QEYRİ-SƏLİS ÖLÇÜLMƏSİ

Bəkirova Nigar

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi)

nigarbekirova135@gmail.com

Xülasə: Regional iqtisadi diversifikasiyanın qiymətləndirilməsi iqtisadi sabitlik və dayanıqlı inkişafın əsasını təşkil edir. Klassik metodlardan biri olan Haçman İndeksi regionun sənaye tərkibinin istinad regionu ilə bənzərliyini dəqiq kəmiyyət göstəriciləri (ÜDM payları) əsasında ölçür. Lakin real iqtisadi sistemlərin qeyri-müəyyənliyi, məlumatlardakı subyektivlik səbəbindən klassik Haçman indeksinin nəticələri bəzən qeyri-adekvat ola bilər. Bu məqalədə, iqtisadiyyatın keyfiyyət xüsusiyyətlərini və qeyri-müəyyənliyini nəzərə almaq üçün qeyri-səlis məntiq (Fuzzy Logic) əsasında qeyri-səlis Haçman İndeksinin tətbiqi üçün konseptual çərçivə təklif edilir.

Açar sözlər: Haçman indeksi, iqtisadi diversifikasiya, qeyri-səlis məntiq, regional iqtisadiyyat, qeyri-səlis Haçman indeksi.

Regional iqtisadiyyatın təhlilində əsas məqsəd bölgənin resurslardan istifadə səmərəliliyini və xarici təsirlərə qarşı dözümlülüyünü artırmaqdır. Bu məqsədə çatmaq üçün iqtisadi şaxələnmə (diversifikasiya) kritik əhəmiyyət daşıyır. Şaxələnmə regionun riskini azaldır və iqtisadi stabilliyi təmin edir.

Haçman İndeksi (HI) regional iqtisadi diversifikasiyanı ölçmək üçün ən çox istifadə olunan klassik vasitələrdən biridir. O, regionun sənaye paylarının istinad iqtisadiyyatının paylarına nə dərəcədə yaxın olduğunu göstərərək, iqtisadiyyatın nə qədər dar ixtisaslaşdığını və ya müxtəlif olduğunu kəmiyyətləşdirir. Lakin, Haçman İndeksi tamamilə dəqiq, kəmiyyət məlumatlarına (məsələn, məşğulluğun və ya ÜDM-in faizi) əsaslanır. Regional iqtisadiyyatda isə "yüksək şaxələnmə", "orta ixtisaslaşma", "güclü asılılıq" kimi lingvistik ifadələr və qeyri-müəyyənliklər qaçılmazdır.

Məhz bu qeyri-müəyyənliyi modelləşdirmək üçün Lütfi Zadə tərəfindən irəli sürülmüş qeyri-səlis məntiq ideal bir yanaşmadır. Qeyri-səlis məntiq 0 və 1 arasındakı dərəcələri nəzərə almaqla, qismən həqiqətləri və lingvistik dəyişənləri riyazi sistemə daxil etməyə imkan verir (bax.məs.[2]).

Məlumdur ki, Haçman indeksinin klassik düsturu aşağıdakı kimidir:

$$HI = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{S_i^r}{S_i^0} \right) \times S_i^r \right]} \quad (1)$$

Burada S_i^r seçilmiş regionda məşğulluğun i-ci sektorda payını, S_i^0 ölkə üzrə

məşğulluğun i-ci sektorda payını, N isə sektorların və ya sənaye sahələrinin sayını göstərir. İndeks 1-ə bərabər olarsa bu o deməkdir ki, hesablama üçün seçilmiş regionda məşğulluğun sektorlar üzrə bölgüsü bütün ölkə üzrə bölgüsü ilə eynilik təşkil edir, sıfır olduqda isə bu bölgünün tam fərqli olduğu başa düşülür.

Haçman indeksinin əsas məhdudiyyətləri ondan ibarətdir ki, məlumatların mütləq dəqiq olduğunu fərz edir, keyfiyyət amillərini nəzərə almır və kiçik dəyişikliklərin əhəmiyyətli dərəcədə fərq yarada biləcəyini qiymətləndirmir (bax.məs.[1]).

Parametrlərin qiyməti dəqiq bilinmirsə, düsturu və nəticələri qeyri-səlis şəkildə təqdim etmək daha effektivdir. Yəni, qiyməti dəqiq olmayan klassik məşğulluq paylarını üçbucaq şəkilli qeyri-səlis çoxluqlarla əvəz etmək olar.

$$\widetilde{S}_i^r = (S_{i_{min}}^r, S_i^r, S_{i_{max}}^r)$$

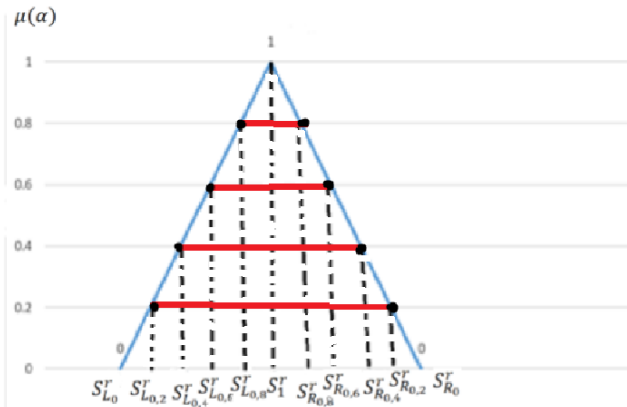
$$\widetilde{S}_i^{\bar{o}} = (S_{i_{min}}^{\bar{o}}, S_i^{\bar{o}}, S_{i_{max}}^{\bar{o}})$$

Burada, $S_{i_{min}}^r$ seçilmiş regionda məşğulluğun i-ci sektorda minimum payını, $S_{i_{max}}^r$ isə maksimum payını göstərir. Eyni ilə, $S_{i_{min}}^{\bar{o}}$ ölkə üzrə məşğulluğun i-ci sektorda minimum payını, $S_{i_{max}}^{\bar{o}}$ maksimum payını göstərir.

$$\widetilde{HI}_{min} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{S_{i_{min}}^r}{S_{i_{min}}^{\bar{o}}} \right) \times S_{i_{min}}^r \right]} \quad \widetilde{HI} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{S_i^r}{S_i^{\bar{o}}} \right) \times S_i^r \right]} \quad \widetilde{HI}_{max} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{S_{i_{max}}^r}{S_{i_{max}}^{\bar{o}}} \right) \times S_{i_{max}}^r \right]}$$

1.Mənsubiyyət funksiyalarının α səviyyələri verilir ($\alpha \in [0; 1]$);

2.Hər səviyyə üçün intervallar aşağıdakı kimi üçbucaq şəkilli qrafiklərlə təyin edilir. $[S_{L\alpha}^r; S_{R\alpha}^r], [S_{L\alpha}^{\bar{o}}; S_{R\alpha}^{\bar{o}}]$;

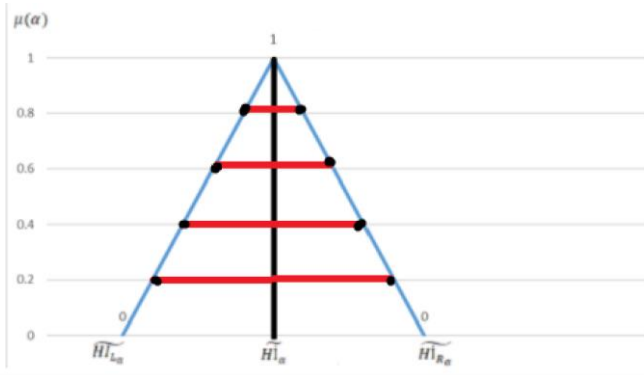


Analoji olaraq, $S_i^{\bar{o}}$ üçün də yuxarıdakı üçbucaq şəkilli qrafiki çəkmək olar. Burada, $S_{L\alpha}^r$ ($S_{R\alpha}^r$) yuxarıdakı yazılışa əsasən $S_{i_{min}}^r$ ($S_{i_{max}}^r$) deməkdir. Sol və sağ sərhədləri təyin etmək üçün işarə olunub.

3.Haçman indeksinin hər bir α səviyyəsi üçün sol və sağ sərhədlər (1)

düsturundan, uyğun göstəricilərin sol və sağ sərhədlərindən istifadə etməklə hesablanır.

$$\widetilde{HI}_{L\alpha} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{S_{L\alpha}^r}{S_{L\alpha}^0} \right) \times S_{L\alpha}^r \right]} \quad \widetilde{HI}_{R\alpha} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{S_{R\alpha}^r}{S_{R\alpha}^0} \right) \times S_{R\alpha}^r \right]}$$



Nəticə

Qeyri-səlis Haçman İndeksi regional iqtisadi diversifikasiyanın qiymətləndirilməsində irəliyə doğru atılan mühüm addımdır. O, Haçman İndeksinin klassik formulunu saxlayaraq, regional iqtisadi sistemlərə xas olan qeyri-müəyyənliyi və mürəkkəbliyi modelə daxil edir. Xüsusilə Azərbaycan kimi iqtisadiyyatı enerji sektoru kimi məhdud sahədə cəmləşən ölkələrin regionları üçün FHI, şaxələnmə siyasətlərinin səmərəliliyini keyfiyyət və kəmiyyət amillərini əhatə edən daha dəqiq bir göstərici ilə qiymətləndirməyə imkan yarada bilər (bax. məs.[2]).

Ədəbiyyat

1. F.Hachman Bureau of Business and Economic Research, University of Utah, 1994.
2. L.A.Zadeh "Fuzzy Sets". Information and Control, 1965, v.8, p.338-353.

AUTENTİFİKASIYA VƏ GİRİŞƏ NƏZARƏT TEXNLOGİYALARI

Camalov Zeynal, Məmmədova Aysel

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

zjamalov@gmail.com, maysel353@gmail.com

Xülasə: Autentifikasiya və girişə nəzarət texnologiyaları müasir informasiya sistemlərinin təhlükəsizliyində əsas rol oynayır. Bu texnologiyalar istifadəçilərin sistemə girişini təsdiqləyir və icazəsiz girişlərin qarşısını alır. Müxtəlif autentifikasiya metodları, o cümlədən parol, biometrik və çoxfaktorlu autentifikasiya, məlumatların qorunmasını

təmin edir. Girişə nəzarət mexanizmləri isə istifadəçi hüquqlarının idarə olunmasına imkan verir və təhlükəsizlik siyasətləri ilə uyğunluğunu təmin edir.

Açar sözlər: *Autentifikasiya, girişə nəzarət, çoxfaktorlu giriş*

Müasir dövrdə informasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi hər bir təşkilat üçün ən vacib məsələlərdən biridir. Məlumatların icazəsiz girişdən, dəyişiklikdən və oğurluqdan qorunması üçün tətbiq edilən əsas mexanizmlərdən biri **autentifikasiya** və **girişə nəzarət texnologiyalarıdır [1]**. Bu texnologiyalar istifadəçinin kimliyini təsdiqləmək, sistemdəki resurslara giriş icazəsini tənzimləmək və təhlükəsizlik səviyyəsini qorumaq üçün yaradılmışdır.

Autentifikasiya üsulları istifadə edilən faktorlara əsasən üç əsas qrupa bölünür:

1. **Bilməyə əsaslanan autentifikasiya** — Bu üsulda istifadəçinin **bilgisi** əsas götürülür — yəni sistemə daxil olmaq üçün istifadəçi yalnız özü tərəfindən bilinən məlumatı daxil edir. Ənənəvi və ən çox yayılmış autentifikasiya üsuludur.

Ən çox istifadə olunan formalar:

- **Parol və ya şifrə (password):** Ən sadə, lakin ən riskli üsuldur. Zəif parollar ("12345", "qwerty" və s.) asanlıqla sındırıla bilər. Güclü parollar azı 12 simvoldan ibarət olmalı, böyük-küçək hərflər, rəqəmlər və simvollar daxil etməlidir.
 - **PIN (Personal Identification Number):** Qısa 4-6 rəqəmli kod. Mobil cihazlarda və bank kartlarında geniş istifadə olunur.
 - **Gizli suallar və cavablar:** Məsələn, "Ən sevdiyiniz uşaq filminin adı?" kimi. Lakin sosial mediada şəxsi məlumatlar asanlıqla tapıla bildiyi üçün bu üsul artıq etibarlı sayılmır.
2. **Sahiblik faktoruna əsaslanan autentifikasiya** — Bu üsulda istifadəçinin sahib olduğu bir fiziki və ya rəqəmsal vasitə kimlik təsdiqi üçün istifadə olunur. Məqsəd — yalnız istifadəçinin əlində olan unikal bir vasitə ilə identifikasiyanı təmin etməkdir. Əsas nümunələr aşağıdakılardır:
 - Smart kartlar: İşçi və dövlət sistemlərində tez-tez istifadə olunur. Kartın daxilində kriptografik açar saxlanılır və giriş zamanı bu açar vasitəsilə identifikasiya aparılır.
 - Tokenlər (hardware və ya software token): Məsələn, RSA SecurID kimi cihazlar hər 30 saniyədə bir dəfəlik giriş kodu yaradır.
 - Mobil tətbiqlər (Authenticator apps): Google Authenticator, Microsoft Authenticator, Authy kimi proqramlar eyni prinsiplə birdəfəlik kodlar yaradır.
 - SMS və e-poçt kodları: İki faktorlu autentifikasiyada tez-tez istifadə olunur, amma SIM kart dublikatı və ya e-poçt sındırılması hallarında risk yarada

bilər.

3. **Biometrik autentifikasiya** — Bu üsuldə istifadəçinin **bədənə və ya davranışa aid unikal xüsusiyyətləri** əsas götürülür. Biometrik məlumatlar insana xas və təkrarlanmayan olduğuna görə ən güvənli autentifikasiya formalarından biridir. **Əsas növləri:**

- **Barmaq izi tanıma:** Ən geniş istifadə olunan üsuldur. Smartfonlarda, notbuklarda və giriş sistemlərində tətbiq edilir.
- **Üz tanıma:** Apple Face ID, Samsung Face Unlock kimi sistemlər 3D kamera və dərinlik sensorları ilə işləyir.
- **Göz bəbəyi (iris) və retina tanıma:** Yüksək təhlükəsizlik tələb edən obyektlərdə (banklar, laboratoriyalar) istifadə olunur.
- **Səs tanıma:** Telefon bankçılığında və səs köməkçilərində (məsələn, Alexa, Google Assistant) tətbiq edilir.
- **Davranış biometrikası:** İstifadəçinin klaviatura vuruş sürəti, siçan hərəkətləri, yazı üslubu və hətta gəzinti tərzini təhlil edir.

Autentifikasiyadan sonra növbəti mərhələ girişə nəzarətdir. Bu mərhələ sistemə daxil olmuş istifadəçinin hansı məlumat və resurslara çıxış əldə edə biləcəyini müəyyən edir. Əsas girişə nəzarət modelləri bunlardır:

1. DAC (Discretionary Access Control) – İxtiyari girişə nəzarət: İstifadəçi və ya fayl sahibi digər şəxslərə icazə verə bilər. Bu model sadədir, lakin təhlükəsizlik baxımından zəifdir.
2. MAC (Mandatory Access Control) – Məcburi girişə nəzarət: İcazələr mərkəzi idarəetmə tərəfindən təyin olunur. Hər bir istifadəçi müəyyən təhlükəsizlik səviyyəsinə malik olur (məsələn, “Gizli”, “Çox gizli”). Hərbi və dövlət sistemlərində geniş istifadə olunur.
3. RBAC (Role-Based Access Control) – Rol əsaslı girişə nəzarət: İstifadəçilər sistemdə müəyyən rollara malikdir və həmin rola uyğun icazələr alır. Bu model müəssisələrdə daha çox istifadə edilir, çünki idarəetmə asandır.
4. ABAC (Attribute-Based Access Control) – Atribut əsaslı nəzarət: İcazə qərarları istifadəçinin atributlarına (vəziyyəti, yeri, cihaz növü və s.) əsaslanır. Məsələn, bir işçi şirkət şəbəkəsinə yalnız ofisdə olarkən daxil ola bilər.

Son illərdə inkişaf edən **parolsuz autentifikasiya, süni intellekt əsaslı davranış analitikası, blokçeyn texnologiyası** və **FIDO2 standartları** bu sahəyə yeni imkanlar gətirir [2]. Bu yanaşmalar həm təhlükəsizliyi artırır, həm də istifadəçi təcrübəsini sadələşdirir.

- Risk əsaslı autentifikasiya – sistem istifadəçinin davranışını təhlil edir (məsələn, fərqli ölkədən giriş cəhdi olarsa əlavə təsdiq tələb edir).

- Parolsuz autentifikasiya – e-poçt linki, biometrika və ya kriptografik açarlarla giriş imkanı yaradır.
- Blockchain əsaslı identifikasiya – mərkəzləşdirilməmiş və dəyişdirilə bilməyən identifikasiya mexanizmi təqdim edir.
- FIDO2 və WebAuthn – müasir parolsuz giriş standartları.

Bu texnologiyalar həm təhlükəsizliyi, həm də istifadə rahatlığını artırır.

Nəticə etibarilə, autentifikasiya və girişə nəzarət texnologiyalarının məqsədi yalnız sistemin qorunmasını təmin etmək deyil, həm də **etibarlı, şəffaf və davamlı təhlükəsizlik infrastrukturunu** yaratmaqdır[3]. İnformasiya təhlükəsizliyi strategiyalarında bu texnologiyaların düzgün seçilməsi və tətbiqi istənilən qurumun rəqəmsal dövrdə etibarlılığını və nüfuzunu qorumaqda mühüm rol oynayır.

Ədəbiyyat

1. Tanrıöver, M. *Siber Güvenlik ve Kimlik Yönetimi*, 2020
2. Birch, D. *Digital Identity Management: Technological, Business, and Social Implications*, 2019
3. Chapple, M. *Access Control and Identity Management*, 2020

MAGİSTR TƏLƏBƏ MƏLUMATLARININ İDARƏ OLUNMASI ÜÇÜN MÜASİR PROQRAM VASİTƏLƏRİNİN ANALİZİ

Camalov Zeynal, Namazova Əsli

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

zjamalov@mail.ru, namazovaasli8@gmail.com

Xülasə: *Bu tezis magistr tələbələrinin məlumatlarının idarə olunması üçün istifadə edilən müasir proqram vasitələrinin analizinə həsr olunmuşdur. Tədqiqat SIS sistemlərinin tətbiqi, onların magistr proseslərinə dəstəyi və məlumat təhlili (Data Analytics) imkanlarını araşdırır. Nəticələr göstərir ki, təhsil müəssisələri strateji qərar qəbulu və akademik nəticələrin yaxşılaşdırılması üçün inteqrasiya olunmuş və analitik funksionallığa malik sistemlərə keçidi sürətləndirməlidir.*

Açar sözlər: *SIS (Tələbə Məlumat Sistemi), Data Analytics (Məlumat Təhlili), Predictive Analytics (Proqnostik Təhlil), Magistr İdarəetməsi, Proqram Vasitələri, Təhsil Texnologiyaları*

Magistr tələbələrinin idarə olunması sistemləri (SIS) akademik proseslərin optimallaşdırılmasında həlledici rol oynayır. Magistr pilləsi elmi-tədqiqat prosesinin izlənməsi və rəhbərlə intensiv koordinasiya kimi spesifik funksio-

nallıq tələb edir, bu da sistemlərin integrasiya səviyyəsini zəruri edir [1].

Müasir dövrdə bu proseslərin səmərəli idarə olunması universitetlərin akademik keyfiyyətini və beynəlxalq rəqabət qabiliyyətini birbaşa müəyyən edir. SIS sistemlərinin tətbiqi təhsil texnologiyaları sahəsində əsas mövzulardan biridir [2].

Problemin əsas mahiyyəti ondan ibarətdir ki, universitetlərdə istifadə olunan ənənəvi SIS sistemləri modulların integrasiyası və böyük həcmli məlumatların emalı baxımından çatışmazlıqlara malikdir. SIS sistemlərinin tətbiqi zamanı ortaya çıxan əsas çətinliklərdən biri də məlumatların keyfiyyətinin və əlçatanlığının aşağı olmasıdır [2].

Bu köhnə sistemlər əsasən inzibati hesabatlar üçün istifadə olunur və tələbənin proqnozlaşdırılan uğurunu müəyyən etmək üçün lazım olan proqnostik analitikaya (Predictive Analytics) dəstək vermir [3].

Tədqiqatın məqsədi bu problemləri müəyyən etmək və müasir proqram vasitələrinin bu tələblərə necə cavab verdiyini təhlil etməkdir [1, 3].

SIS sistemlərinin funksionallığı təkcə qeydiyyatı deyil, həm də daha geniş Enterprise Resource Planning (ERP) ehtiyaclarını əhatə edir. SIS sistemlərinin qəbulu və tətbiqi zamanı uğurlu integrasiya sistemin səmərəliliyi üçün kritik əhəmiyyət kəsb edir [2].

Magistr pilləsi üçün SIS-dən tələb olunan ən vacib funksiya tezis prosesinin idarəedilməsi (Workflow Management) moduludur. Bu modul tələbənin təklif, icmal, və yekun təqdimat mərhələlərini dəstəkləməli və sənədləşdirməlidir [1].

Həmçinin, sistemlər elmi rəhbər və tələbə arasında iki tərəfli kommunikasiyanı, sənəd mübadiləsini və tələbənin elmi işi üzrə irəliləyişi izləməyi dəstəkləyən integrasiya olunmuş mentorluq platformasına malik olmalıdır. Bu, magistr təhsilinin keyfiyyətini artırmaq üçün əsas tələbdir [1].

Data Analytics müasir proqram vasitələrinin ən böyük strateji imkanıdır. Təhsil sahəsindəki analitika (Educational Data Mining - EDM) tələbə məlumatlarından istifadə edərək strateji qərar qəbulətməni dəstəkləyir [3].

Proqnostik Təhlil (Predictive Analytics) modelləri maşın öyrənməsi (Machine Learning) alqoritmlərindən istifadə edərək, tələbənin akademik göstəriciləri əsasında onun uğursuzluq riskini və ya məzuniyyət müddətini proqnozlaşdırır. Bu cür proqnozlar təhsil müəssisələrinə riskli tələbələrə proaktiv dəstək göstərmək üçün imkan verir [3].

Proqnostik analitika modellərini SIS platformasına integrasiya etmək müasir proqram vasitələrinin ən əsas funksional üstünlüklərindən biridir.

Analitik tətbiqlərin nəticələri əsasında inzibati heyət strategiyaları daha effektiv planlaya bilər [3].

SIS həllərinin texniki dayanıqlığı və miqyaslanma bilməsi API (Application Programming Interface) vasitəsilə digər universitet sistemləri ilə maneəsiz integrasiya imkanlarından asılıdır. Uğurlu tətbiq üçün sistemin digər ERP modulları ilə funksional integrasiyası vacibdir [2].

Proqram vasitələrinin istifadəçi tərəfindən qəbulu onun istifadəçi təcrübəsi və interfeysi (UX/UI) ilə birbaşa əlaqəlidir. Tətbiq prosesində sistemin istifadə rahatlığı və intuitiv olması təmin edilməlidir, çünki bu, istifadəçilərin müqavimətini azaldır [2].

Tələbə məlumatlarının həssaslığı səbəbindən, sistemlər məlumatların təhlükəsizliyini və məxfiliyini tam təmin etməlidir. Sistemin təhlükəsizliyi SIS tətbiqində həmişə kritik bir amil olmuşdur [2].

Tədqiqatın nəticəsi olaraq, müəyyən edilir ki, magistr tələbələrinin idarə olunmasında optimal səmərəlilik yalnız inzibati funksionallıqla güclü Proqnostik Analiz imkanları birləşdirən sistemlərlə əldə edilə bilər [1, 3].

Köhnə (Legacy) SIS sistemləri məhdudiyyətləri səbəbindən strateji qərarlar qəbul etmək üçün lazım olan analitik məlumat bazasını təqdim edə bilmir [2, 3].

Ali təhsil müəssisələrinə əsas tövsiyə, mövcud sistemlərə ya güclü Predictive Analytics modullarını integrasiya etmək, ya da bu imkanlara malik yeni platformalara keçidi sürətləndirməkdir [3].

Həmçinin, tələbə və rəhbər arasındakı qarşılıqlı əlaqəni və elmi işin mərhələlərini dəstəkləmək üçün SIS daxilində xüsusi Magistr Workflow Modulu yaradılmalıdır [1].

Ədəbiyyat

1. Maguire, G., & Thompson, P. (2019). Enhancing Postgraduate Student Management with Integrated Systems. *Journal of Higher Education Policy and Management*, **G.Maguire & P.Thompson** (2019).
2. Wali, E., & Teo, T. (2020). The Adoption of Student Information Systems (SIS) in Higher Education: A Systematic Review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, **E.Wali & T.Teo** (2020).
3. Agasisti, T., & Bowers, A. J. (2017). Data Analytics in Higher Education: A Systematic Review of Recent Literature. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, **T.Agasisti & A.J.Bowers** (2017).

SQL İLƏ AVTOMATLAŞDIRILMIŞ MƏLUMAT ÇƏKMƏ VƏ EMAL SİSTEMİNİN DİZAYNI VƏ OPTİMALLAŞDIRILMASI

Canqayeva Fatima

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi)

canqayevafatima@gmail.com

Xülasə: Bu işdə SQL əsaslı avtomatik məlumat çəkmə və emal sisteminin nəzəri və praktiki aspektləri araşdırılmışdır. ETL prosesləri, skriptlər, DBMS müqayisəsi (PostgreSQL, MySQL, SQL Server), SQL funksiyaları (SELECT, JOIN, GROUP BY), optimallaşdırma texnikaları, xarici alətlərlə integrasiya (Python, Apache Spark), təhlükəsizlik tədbirləri (şifrələmə, giriş kontrolu) və performans qiymətləndirməsi nəzərdən keçirilmişdir. Tədqiqat nəticəsində sistemin dizaynı, inkişafı və optimallaşdırılması üçün metodologiya təklif olunmuşdur. Bu üsullar real vaxt emalı və xarici API integrasiyasını dəstəkləyir, performansını əhəmiyyətli dərəcədə artırır.

Açar sözlər: SQL, ETL, DBMS, avtomatlaşdırma, optimallaşdırma, təhlükəsizlik.

Müasir məlumat idarəetməsində avtomatik məlumat çəkmə və emal sistemləri böyük əhəmiyyət kəsb edir. SQL bu proseslərdə əsas rol oynayır, çünki strukturlaşdırılmış məlumatların effektiv idarəetməsini təmin edir. İşin əsas məqsədi SQL ilə avtomatik məlumat çəkmə və emal üzrə ədəbiyyatı öyrənmək, nəzəri çərçivə qurmaq və praktiki sistem dizayn etməkdir. Tədqiqat zamanı mövcud avtomatik məlumat çəkmə metodlarının icmalı aparılmış, ETL prosesləri (Extract-Transform-Load) SQL skriptləri, cron jobs və alətlər (Apache Airflow) vasitəsilə avtomatlaşdırılır [1].

Məlumat baza sistemləri üzrə müqayisəli təhlil göstərir ki, PostgreSQL açıq mənbəli, yüksək etibarlılıq və materialized views kimi xüsusiyyətlərlə üstün olsa da, öyrənməsi mürəkkəbdir; MySQL sadəliyi və sürətinə görə yaxşıdır, lakin miqyaslılıqda məhdudiyyətləri var; SQL Server isə integrasiya alətləri ilə böyük müəssisələr üçün güclü olsa da, bahalıdır. Avtomatlaşdırma alətləri üzrə aparılan araşdırma pg_cron və SQL Server Agent kimi mexanizmləri əhatə edir. SQL-in əsas funksiyaları – SELECT, JOIN və GROUP BY – avtomatlaşdırma üçün əsas potensialı yaradır. Məlumat emalı üçün sorğuların optimallaşdırılması indexlər, query plans və partitioning tətbiq edilməklə həyata keçirilir ki, bu da performansı 10-100 dəfə artırır [4].

Xarici alətlərlə integrasiya imkanları genişdir, belə ki, Python (xüsusən pandas və SQLAlchemy) SQL sorğularının avtomatlaşdırılmasında əsas rol oynayır, Apache Spark isə böyük məlumatların paylanmış emalını təmin edir və Spark SQL vasitəsilə SQL ilə birləşir. Praktiki mərhələdə SQL əsaslı sistem layihə-

ləndirilmiş, burada stored procedures və triggers məlumat çəkilməsi prosesini avtomatlaşdırır. Təhlükəsizlik OWASP standartlarına (SQL Injection, Broken Access Control) əsasən müəyyən edilmişdir. Sistemə əlavə funksionallıqlar da integrasiya olunmuşdur, o cümlədən real vaxt emalı üçün Kafka və RabbitMQ, eləcə də xarici API-lərlə əlaqə qurmaq üçün Python skriptləri. Performans optimallaşdırılması sorğu sürəti (milisaniyə), CPU və RAM istifadəsi (%) kimi metrikalarla ölçülmüşdür. Təhlükəsizlik tədbirləri sırasında məlumatların AES ilə şifrələnməsi və rol əsaslı giriş kontrolu (Role-Based Access Control) daxildir.

Tədqiqat nəticəsində ER diaqramları, users və transactions kimi nümunə cədvəlləri də daxil olmaqla, tam SQL əsaslı sistem dizaynı təklif olunmuşdur ki, bu da sintetik məlumat generasiyası ilə dəstəklənir. ETL planı (extraction, transformation, load) məlumatların təmizlənməsi və strukturlaşdırılmasını sistemləşdirir. DBMS müqayisəsi PostgreSQL-i açıq mənbəli, yüksək etibarlılıq və materialized views funksionallığına görə balanslı seçim kimi müəyyən edir, halbuki MySQL sadəlik və sürət, SQL Server isə integrasiya alətləri ilə böyük müəssisələr üçün güclüdür [3].

Sistemin avtomatlaşdırılması üçün stored procedures və triggers kimi mexanizmlər, həmçinin PostgreSQL üçün pg_cron və SQL Server üçün SQL Server Agent kimi xüsusi alətlər araşdırılmışdır. SQL-in əsas funksiyaları (SELECT, JOIN, GROUP BY) avtomatik məlumat emalı üçün əsas potensialı təmin edir. Sistemin performansını artırmaq üçün indexlər, query plans və partitioning kimi optimallaşdırma texnikaları tətbiq edilmiş, bununla da sorğu effektivliyi 10-100 dəfə artırılmışdır; bu performans sorğu sürəti (ms) və CPU/RAM istifadəsi (%) metrikaları ilə ölçülmüşdür. Miqyaslılıq xarici alətlərlə integrasiya olunur: Python (pandas, SQLAlchemy) SQL sorğularını avtomatlaşdırır, Apache Spark isə Spark SQL vasitəsilə böyük məlumatların paylanmış emalını təmin edir. Real vaxt emalı integrasiyası (Kafka və RabbitMQ, xüsusilə Kafka connector-ları) dinamik məlumat axınlarını dəstəkləyir.

Təhlükəsizlik OWASP standartlarına (SQL Injection, Broken Access Control) əsasən müəyyən edilmişdir. Təhlükəsizlik tədbirləri sırasında məlumatın AES şifrələnməsi və rol əsaslı giriş kontrolu (RBAC) mövcuddur ki, bu da potensial təhdidləri minimuma endirir.

Ədəbiyyat

1. – ACM Digital Library.
2. "PostgreSQL vs MySQL vs SQL Server: A Comprehensive Comparison" – Database Journal.
3. "SQL Query Optimization Techniques" – Oracle Documentation.

İRİ HƏCMLİ NƏSR ƏSƏRLƏRİNİN TƏDRİSİNDƏ MÜASİR PEDAQOJİ TEKNOLOGİYALAR VƏ İNFORMASIYA-KOMMUNİKASIYA TEKNOLOGİYALARI (İKT)-NİN ROLU

Cavadlı Gülay

(MDU, Pedaqoji fakültəsi)

gulaycavadli8@gmail.com

Xülasə: Orta məktəbdə iri həcmli nəsr əsərlərinin tədrisi şagirdlərin analitik, tənqidi və yaradıcı bacarıqlarının inkişafında vacib rol oynayır. Müasir pedaqoji texnologiyalar və İKT dərs prosesini interaktiv və səmərəli edir, şagirdlərin fəal öyrənməsini təmin edir. İnteraktiv təlim üsulları, layihə və problem əsaslı öyrənmə, rollu oyunlar və tərsinə sinif modeli şagirdlərin mövzunu dərinlən mənimsəməsinə kömək edir. İKT vasitələri – interaktiv lövhələr, elektron dərsliklər, rəqəmsal testlər və platformalar, eləcə də süni intellekt alətləri – dərsi daha maraqlı edir, fərdiləşdirilmiş öyrənmə imkanları yaradır və şagirdlərin yaradıcı fəaliyyətini dəstəkləyir. Nəticədə, müasir pedaqoji texnologiyalar və İKT inteqrasiyası dərsləri interaktiv, səmərəli və şagird yönümlü edir, müəllimlərə isə dərsi optimallaşdırmaq imkanı verir.

Açar sözlər: İri həcmli nəsr, Müasir pedaqoji texnologiyalar, İnformasiya-kommunikasiya texnologiyaları (İKT), Şagird fəaliyyəti, İnteraktiv tədris metodları, Yaradıcı və tənqidi düşünmə.

1. Müasir pedaqoji texnologiyalar və tədris metodları

Müasir təhsil mühiti sürətlə dəyişən informasiya və texnologiya aləmi ilə sıx bağlıdır. Orta məktəbdə ədəbiyyat fənni, xüsusən iri həcmli nəsr əsərlərinin tədrisi, şagirdlərin analitik, tənqidi düşünmə, problem həll etmə və yaradıcılıq bacarıqlarının inkişafında mühüm rol oynayır. Ənənəvi dərs üsulları şagirdləri passiv öyrənən kimi saxlayır və onların fərdi bacarıqlarını tam şəkildə inkişaf etdirməyə imkan vermir. Bu səbəbdən, müasir pedaqoji texnologiyalar və İKT dərs prosesini daha interaktiv və səmərəli etmək üçün vacib vasitə kimi çıxış edir. İKT-nin tətbiqi yalnız texnoloji vasitələrin istifadəsi deyil, həm də şagirdin öyrənmə prosesində fəal iştirakını təmin edən və onun analitik, tənqidi və yaradıcı bacarıqlarını inkişaf etdirən pedaqoji yanaşmaların inteqrasiyasıdır[2]. Müasir pedaqoji texnologiyalar dərsin məqsədyönlü planlaşdırılması, metod və vasitələrin sistemli tətbiqini əhatə edir. İnteraktiv təlim üsulları şagirdin dərsə aktiv cəlb olunmasını təmin edir və onların dərs zamanı daha çox iştirak etməsinə səbəb olur. Bu yanaşma şagirdlərin tənqidi düşüncə, problem həll etmə və yaradıcı analiz bacarıqlarını inkişaf etdirir. Məsələn, müəllim iri həcmli nəsr əsərinin müəyyən fəsilərini şagirdlərlə birlikdə təhlil edərək hadi-

sələrin məntiqi ardıcılığını izah edir, müzakirələr vasitəsilə şagirdlərin fərdi və qrup təhlil bacarıqlarını inkişaf etdirir [1].

Layihə və problem əsaslı öyrənmə metodları şagirdlərə əsərləri təkcə oxumaq yox, həm də onları tətbiq etmək və yaradıcı şəkildə təqdim etmək imkanı verir. Qrup layihələri vasitəsilə şagirdlər əsərin mövzularını araşdırır, müxtəlif perspektivlərdən təhlil edir və nəticələri sinifdə təqdim edirlər. Bu proses həm həmkarlar arasında əməkdaşlıq, həm də fərdi məsuliyyət və öyrənmə motivasiyasını artırır. Rollu oyunlar şagirdlərin emosional və sosial bacarıqlarını inkişaf etdirir və əsərdəki personajların davranışlarını daha yaxşı anlamağa kömək edir. Tərsinə sinif modeli (Flipped Classroom) ilə şagirdlər mövzunu evdə öyrənir, dərstdə isə tətbiqi və diskussiya həyata keçirirlər. Bu yanaşma şagirdlərə mövzunu dərinlən mənimsəmək, fərqli fikir mübadiləsi aparmaq və öz təhlillərini təqdim etmək imkanı verir. Həmçinin, dərslər zamanı şagirdlərin fərdi sualları və təhlil bacarıqları inkişaf etdirilir. Müasir pedaqoji texnologiyaların tətbiqi dərslərin interaktivliyini artırır, şagirdlərin motivasiyasını gücləndirir və onların özünüifadə bacarıqlarını yüksəldir.

2. İKT imkanları və dərslərin səmərəliliyi

İKT vasitələri dərslərin vizual və interaktivliyini artırır və şagirdlərin məlumatı daha yaxşı mənimsəməsinə imkan yaradır (Rzayeva, 2022). İnteraktiv lövhələr müəllimə hadisələrin ardıcılığını, xarakterlərin əlaqələrini və əsərin əsas konfliktlərini vizual şəkildə təqdim etməyə imkan verir. Bu, şagirdlərin hadisələri daha yaxşı anlamağına və mövzular arasında əlaqələri qavramasına kömək edir. Rəqəmsal xəritələr, timeline-lar, qrafiklər və interaktiv təqdimatlar şagirdlərin diqqətini cəlb edir və dərsləri maraqlı edir. Kahoot, Quizizz, Google Forms və digər rəqəmsal platformalar vasitəsilə şagirdlərin nəzəri bilikləri dərhal yoxlanılır və geribildirim təmin olunur. Bu yanaşma şagirdlərin dərslər prosesinə aktiv cəlb olunmasını təmin edir və onların bilik səviyyəsini izləməkdə müəllimə geniş imkan yaradır [4].

Müəllim nəticələrə əsasən dərsləri fərdiləşdirə, əlavə tapşırıqlar verə və zəif tərəfləri gücləndirə bilər. Bu fərdiləşdirmə şagirdlərin öyrənmə prosesinə daha çox maraq göstərməsini təmin edir. Video dərslər, e-dərslilər və rəqəmsal resurslar şagirdlərin evdə də mövzunu mənimsəməsinə imkan verir. Flipped Classroom modeli ilə şagird mövzunu evdə öyrənir, dərstdə isə tətbiqi və diskussiya həyata keçirir. Bu yanaşma şagirdlərə müstəqil öyrənmə və özünü inkişaf etdirmə imkanı verir. Eyni zamanda, rəqəmsal platformalar şagirdlərə qrup işləri, müzakirələr və kollaborativ layihələrdə daha aktiv iştirak etməyə şərait yaradır.

İKT şagirdlərin kreativ bacarıqlarını da inkişaf etdirir. Prezentsiya, video, animasiya və qrafik dizayn vasitəsilə şagirdlər əsərin təhlilini vizual şəkildə təqdim edə bilirlər. Bu metod şagirdlərin yaradıcı düşünmə bacarıqlarını artırır, onların özünüifadə imkanlarını genişləndirir və dərsi daha maraqlı edir. Süni intellekt alətləri, məsələn, ChatGPT və LMS sistemləri, şagirdlərə yazı işləri, analiz və layihə tapşırıqlarında dəstək verir, müəllimlərə isə vaxtına qənaət etməyə imkan yaradır. Müasir tədris metodları və İKT birləşdirildikdə dərsin effektivliyi daha da artır.[2] Şagirdlər yalnız məlumat alıcı deyil, həm də aktiv öyrənən və yaradıcı təhlilçi rolunda iştirak edir. İKT vasitələrinin inteqrasiyası dərsləri interaktiv və maraqlı edir, şagirdlərin əməkdaşlıq və özünüifadə bacarıqlarını gücləndirir, müəllimlərə isə dərsi fərdiləşdirmək imkanı yaradır.

Böyük verilənlərin analizi müəllimə dərs prosesini optimallaşdırmaq və fərdi yanaşmaları tətbiq etmək üçün əlavə imkanlar təqdim edir.

Nəticə olaraq, iri həcmli nəsr əsərlərinin tədrisində müasir pedaqoji texnologiyalar və İKT şagird fəaliyyətini fəallaşdırır, analitik və yaradıcı bacarıqların inkişafına töhfə verir. İKT imkanlarının tətbiqi dərsləri interaktiv edir, şagirdlərin müstəqil öyrənmə qabiliyyətini gücləndirir və dərs prosesində fərdi yanaşma tətbiqinə şərait yaradır.

Gələcəkdə süni intellekt və böyük verilənlərin analizinin dərslərə inteqrasiyası ilə tədrisin fərdiləşdirilməsi və daha səmərəli təşkili mümkün olacaq. Bu yanaşma orta məktəb təhsilində ədəbiyyat fənninin müasir tələblərə uyğunlaşdırılmasına xidmət edir və şagirdlərin akademik bacarıqlarının inkişafını təmin edir.[1]

Ədəbiyyat

1. Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi. Təhsildə rəqəmsallaşma strategiyası. Bakı, 2022
2. A. Rzayeva. İKT vasitələrinin orta məktəb dərslərində tətbiqi. Bakı: Təhsil və innovasiya, 2022.
3. S. Əliyeva. Müasir pedaqoji texnologiyalar və onların tətbiqi.
4. Ş. Q. Kərimova. Tədrisdə informasiya-kommunikasiya Texnologiyalarının tətbiqi. Bakı: Təhsil, 2021.

KORPORATİV ŞƏBƏKƏLƏRDƏ ZERO-TRUST NETWORK ACCESS (ZTNA) MODELƏRİNİN TƏTBİQİ VƏ SƏMƏRƏLİLİK ANALİZİ

Cəbrayilov İlkin

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi)

ilkin.cebrayilov.2003@gmail.com

Xülasə: Müasir korporativ şəbəkələrdə təhlükəsizlik tələblərinin artması və perimetr əsaslı müdafiə modelinin zəifləməsi Zero-Trust yanaşmasını zəruri etmişdir. Zero-Trust Network Access (ZTNA) identitetə və cihaz etibarlılığına əsaslanan dinamik giriş nəzarəti tətbiq edərək yalnız konkret tətbiqlərə icazə verir və bununla lateral hərəkət risklərini minimuma endirir. VPN-lə müqayisədə ZTNA daha aşağı gecikmə, daha yaxşı genişləndirəlik və mərkəzləşdirilmiş idarəetmə imkanları ilə fərqlənir. Bu model həm təhlükəsizlik səviyyəsini yüksəldir, həm də idarəetmə proseslərini xeyli sadələşdirir. Nəticə etibarilə, ZTNA korporativ şəbəkələr üçün müasir tələblərə cavab verən daha effektiv və etibarlı giriş idarəetmə mexanizmi kimi qiymətləndirilir.

Açar sözlər: Zero-Trust Network Access (ZTNA), korporativ şəbəkə təhlükəsizliyi, identitetə əsaslanan giriş nəzarəti, network micro-segmentation

Zero Trust Network Access (ZTNA) əvvəlcədən müəyyən edilmiş giriş siyasətləri əsasında tətbiqlərə və korporativ xidmətlərə təhlükəsiz uzaqdan qoşulmanı təmin edən müasir şəbəkə təhlükəsizliyi texnologiyasıdır. Ənənəvi VPN-lərdən fərqli olaraq, ZTNA istifadəçiyə şəbəkənin tamamına deyil, yalnız ona icazə verilmiş konkret resurslara çıxış yaradır. Uzaqdan işləyən istifadəçilərin sayının artması fonunda ZTNA-nın təmin etdiyi təhlükəsizlik üstünlüklərini və boşluqları anlamaq təşkilatlar üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.[1]

ZTNA necə işləyir - ZTNA köhnə perimetr əsaslı uzaqdan giriş modellərindən daha təhlükəsiz yanaşma təqdim edir və müasir bulud yönümlü iş mühiti üçün nəzərdə tutulub. Artıq istifadəçilər müxtəlif məkanlardan işlədiyi və tətbiqlər buluda daşındığı üçün ənənəvi “daxili etibarlı, xarici etibarsız” modeli öz aktuallığını itirib. ZTNA identitet, məkan və cihazın təhlükəsizlik vəziyyətinə əsasən giriş icazəsini dinamik şəkildə tənzimləyir və həm idarə olunan, həm də idarə olunmayan cihazları dəstəkləyir. Sistem istifadəçi ilə resurs arasında təhlükəsiz tunellər yaradır və hər bir giriş qərarını real vaxt atributlarına əsasən qiymətləndirir. Nəticə etibarilə, ZTNA istər yerli məlumat mərkəzində, istərsə də buludda yerləşən şirkət resursları üçün təhlükəsiz giriş mühiti təmin edir.[2]

Niyə ZTNA vacibdir - Bulud əsaslı xidmətlərin genişlənməsi, uzaqdan iş-

ləmənin normallaşması və idarə olunmayan cihazların şəbəkəyə qoşulması ənənəvi perimetr əsaslı təhlükəsizlik modelini funksional baxımdan qeyri-adekvat etmişdir. Bu şəraitdə Zero Trust Architecture hər bir giriş sorğusunu kontekstdən asılı olaraq dinamik şəkildə doğrulayan və minimal icazə prinsipi ilə riskləri azaldan strateji yanaşma təqdim edir. Modelin tətbiqi hibrid, çoxbuludlu və yerli infrastrukturda ardıcıl və dayanıqlı təhlükəsizlik nəzarətini təmin edərək genişlənən hücum səthinə qarşı effektiv müdafiə mexanizmi formalaşdırır.[1]

ZTNA Arxitekturasını necə tətbiq etmək olar - Zero Trust Architecture (ZTA) tətbiqi təhlükəsizlik proseslərini mərhələli şəkildə yenidən qurmağı tələb edən sistemli yanaşmadır.[1]

1. *İnventar Aktivləri* - Yerli infrastrukturda bulud xidmətlərinə qədər bütün aktivlərin siyahısı hazırlanmalı və onların dəyəri, kritikliyi və zəiflikləri qiymətləndirilməlidir.[1]

2. *Şəxsiyyətləri və Cihazları Doğrula* - Bütün istifadəçilərin və cihazların kimliyi təsdiqlənməli, MFA və davranış analitikası kimi mexanizmlərlə onların etibarlılığı davamlı şəkildə yoxlanmalıdır.[1]

3. *İş Axınlarını Xəritələşdirin* - Hər istifadəçinin hansı resursa, hansı şəraitdə və hansı məqsədlə giriş əldə edə biləcəyi müəyyənəşdirilməli, minimal icazə prinsipinə uyğun siyasətlər formalaşdırılmalıdır.[1]

4. *Siyasətləri Müəyyənəşdirin və Avtomatlaşdırın* - Kontekst məlumatlarına əsaslanaraq dinamik giriş siyasətləri yaradılmalı və onların tətbiqi firewall və digər təhlükəsizlik sistemləri vasitəsilə avtomatlaşdırılmalıdır.[1]

5. *Test edin, Monitoring Edin və Baxın* - Model yerləşdirilməzdən əvvəl test olunmalı, tətbiqdən sonra isə istifadəçi davranışı və sistem fəaliyyəti davamlı monitoring edilməli, təhlükəsizlik mexanizmləri mütəmadi yenilənməlidir.[1]

Ssenari – Uzaqdan işləyən əməkdaşların daxili resurslara təhlükəsiz çıxışı üçün ZTNA tətbiqi

Müasir şirkətlərdə hibrid və uzaqdan işləmə modelinin genişlənməsi nəticəsində daxili resurslara təhlükəsiz və nəzarətli girişə olan tələbat xeyli artmışdır. Təsəvvür edək ki, şirkətin 50 əməkdaşı müxtəlif regionlardan ev şəraitində çalışır və gündəlik olaraq ERP, CRM və sənəd idarəetmə sistemləri kimi daxili tətbiqlərə qoşulmalıdır. Ənənəvi VPN infrastrukturunu yüksək gecikmə, məhdud genişlənəbilərlik və istifadəçilərə şəbəkəyə tam giriş verməsi səbəbindən həm performans, həm də təhlükəsizlik baxımından ciddi problemlər yaradır. Bu vəziyyət lateral hərəkət imkanlarının genişlənməsi, kompromisləşmiş hesabların bütün şəbəkə üzrə hərəkət etməsi və təhlükəsizlik insidentlərinin

aşkarlanmasının çətinləşməsi kimi riskləri artırır. Bu səbəbdən şirkət istifadəçilərə yalnız ehtiyac duyduqları tətbiqlərə giriş verən, cihaz etibarlılığını yoxlayan və identitetə əsaslanan icazə mexanizmini tətbiq edən Zero-Trust Network Access (ZTNA) modelinə keçidi nəzərdən keçirir. ZTNA tətbiqi nəticəsində əməkdaşlar şəbəkəyə deyil, birbaşa yalnız onlara aid tətbiqlərə qoşulur və giriş hər sorğuda yenidən yoxlandığı üçün şirkət mühitində həm təhlükəsizlik, həm də idarəetmə səmərəliliyi əhəmiyyətli dərəcədə yüksəlir.

ZTNA həllərinin təhlili (Cloudflare Zero Trust və Zscaler ZPA)

Uzaqdan işləyən əməkdaşların daxili resurslara təhlükəsiz və idarəolunan girişinin təmin edilməsi üçün şirkət müasir ZTNA platformaları arasından Cloudflare Zero Trust və Zscaler Private Access (ZPA) həllərini qiymətləndirmişdir.

Cloudflare Zero Trust – Cloudflare Zero Trust identitetə əsaslanan və cihaz etibarlılığını yoxlayan tətbiq səviyyəli giriş modeli təqdim edir. Bu model uzaq istifadəçilər üçün həm yüksək təhlükəsizlik, həm də stabil performans təmin edir. Əsas xüsusiyyətlər:[3]

- Arxitektura: global edge şəbəkəsi üzərində “identity-aware proxy”.
- Access siyasətləri: istifadəçi identiteti, cihaz statusu və lokasiya əsasında dinamik qiymətləndirmə.
- Device Trust: OS versiyası, antivirus və təhlükəsizlik agentlərinin yoxlanması.
- Authentication flow: IdP → cihaz yoxlanışı → Cloudflare Access → tətbiqə giriş.

Zscaler Private Access (ZPA) – ZPA şəbəkəyə tam giriş vermədən, istifadəçi ilə tətbiq arasında qısaömürlü təhlükəsiz tunel yaradan bulud əsaslı ZTNA həllidir. Əsas xüsusiyyətlər:[4]

- Arxitektura: Zscaler buludunda broker vasitəsilə tətbiqlərə birbaşa və məhdud giriş.
- Access siyasətləri: application-level segmentation; istifadəçi yalnız icazəli tətbiqləri görür.
- Device Trust: Client Connector cihazın təhlükəsizlik vəziyyətini davamlı qiymətləndirir.

Ədəbiyyat

1. <https://www.paloaltonetworks.com/cyberpedia/extending-zero-trust-to-the-endpoint>
2. <https://www.catonetworks.com/zero-trust-network-access/#:~:text=Choose%20a%20ZTNA%20Model:%20ZTNA.solution%20is%20performing%20as%20intended.>
3. <https://www.cloudflare.com/zero-trust/>
4. <https://www.zscaler.com/products/zscaler-private-access>

SÜNİİNTELLEKT ETİKASI

Cəfərov Zəfər

(AzTU, İnformasiya texnologiyaları və telekommunikasiya fakultəsi)

zafar.cafarov@aztu.edu.az

Xülasə: *Məqalədə süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının inkişafı fonunda ortaya çıxan etik problemlər və onların tənzimlənməsi prinsipləri elmi-fəlsəfi və tətbiqi aspektlərdə araşdırılmışdır. Tədqiqatın məqsədi süni intellektin etik idarəciliyi üçün universal prinsipləri (ədalət, şəffaflıq, məsuliyyət, muxtariyyət və davamlılıq) sistemləşdirmək, onların milli və beynəlxalq səviyyədə tətbiq imkanlarını müəyyənləşdirməkdən ibarətdir. Tədqiqat metodologiyası analitik, müqayisəli və sistemləşdirmə yanaşmalarına əsaslanmışdır. Aparılan təhlillər nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, süni intellekt etikası yalnız texnologiyanın məsuliyyətli istifadəsi deyil, həm də insan hüquqlarının, sosial ədalətin və ictimai rifahın qorunması üçün strateji mexanizmdir. Məqalədə etik nəzarət, təhsil sistemində inteqrasiya və milli çərçivə modellərinin formalaşdırılması üzrə praktiki tövsiyələr verilmişdir.*

Açar sözlər: *süni intellekt, etika, rəqəmsal etika, məsuliyyətli texnologiyalar, Montreal Bəyannaməsi*

Bu tədqiqat konseptual və analitik xarakter daşıyır və süni intellektin etik aspektlərinin elmi-fəlsəfi, normativ və tətbiqi səviyyədə sistemləşdirilməsini məqsəd qoyur. Tədqiqatın məqsədi süni intellekt etikası ilə bağlı mövcud beynəlxalq prinsipləri elmi və fəlsəfi baxımdan təhlil etmək, onların tətbiq mexanizmlərini müəyyənəşdirmək və bu prinsiplərin milli kontekstdə həyata keçirilməsi üçün konseptual çərçivə təklif etməkdir. Etika insanların cəmiyyətdə bir-birləri ilə necə qarşılıqlı əlaqədə olduqları, qərarlarını necə qəbul etdikləri və həyatlarını necə yönləndirdikləri barədə düşüncə tərzimizi və fəaliyyətimizi müəyyən edir [1]. Rəqəmsal etika kiber məkanda davranışı təmin edən əxlaqi prinsiplər və dəyərlər toplusuna aiddir. Texnologiya inkişafa və gündəlik həyatımızda getdikcə daha çox rol oynamağa davam etdikcə, rəqəmsal mühitdə fəaliyyətimizin etik nəticələrini nəzərə almaq vacibdir [2]. Rəqəmsal texnologiyaya tətbiq edilən etika üzrə əsas kateqoriyalar aşağıdakılardır: layihə etikası, istifadə etikası, sosial etika. Rəqəmsal etika makroskopik səviyyədə rəqəmsal texnologiyanın cəmiyyətə təsirlərini araşdırır.

Süni intellekt hadisəsi. 1956-cı ildə keçirilmiş Dartmut Seminarı tərəfindən akademik fənn kimi tanınan Süni İntellekt (Artificial Intelligence, AI) termini həm əməliyyat, həm də sosial nəticələr baxımından düşünüən maşınların bütün konseptualaşmalarını əhatə edir. Süni intellektin fəlsəfəsini ilk açan şəxs

məşhur ingilis məntiqçisi və riyaziyyatçısı Alan Turingdir. 1950-ci ildə, Dartmut konfransından altı il əvvəl Turing Mind fəlsəfə jurnalının avqust sayında "Hesablama Maşınları və Zəka" adlı məqalə dərc etdi. Bu məqalədə Turing soruşur: "Maşınlar düşünə bilərmidi?" O, sualı diqqətlə fəlsəfi müzakirəyə açdı və maşınların düşünə biləcəyi iddiasına qarşı etirazları rədd etdi [3].

Süni intellekt etikası. Süni intellekt etikası, intellektual sistemlərinə xas olan rəqəmsal texnologiya etikasının qoludur. Bəzən bu, həmin sistemləri layihələndirən, hazırlayan, təqdim və istifadə edən ayrı-ayrı insanların mənəvi və rəqəmsal etikasında maşınların davranışı ilə bağlı narahatlıqlara bölünür. O, həmçinin superintellektual süni intellekt sayəsində mümkün sinqulyarlıq məsələsini də əhatə edir. Süni intellekt etikası, onun faydalarını təbliğ edərkən sui-istifadə məqamlarını müəyyənləşdirməyə və qarşısını almağa çalışan etik məqsədlərindən biridir [4].

Süni intellekt etikası, onun inkişafı və istifadəsinə tətbiq olunan standartlar və dəyərlər toplusudur. Beləliklə, bu, etikanın məhdud tətbiq sahəsidir, lakin süni intellekt texnologiyaları sosial münasibətləri poza və çox dərin zərərli nəticələrə səbəb ola biləcəyindən, bu etika sahəsi həlledici hesab edilir və böyük inkişaf mərhələsindədir.

Nəhayət, etik süni intellekt ictimai (yəni, onunla razılaşmayan şəxslər üçün məqbul bir həll tələb edən ictimai mübahisələrə tətbiq edilən) etikanın bir hissəsidir. Bu, ekoloji etika və ya bioetikaya da aiddir.

Süni intellektlə bağlı əsas etik problemlərdən bəziləri bunlardır [5]: qərəz və ayrı-seçkilik; şəffaflıq və izah edilə bilənlik: məxfilik və məlumatların qorunması; hesabatlılıq və məsuliyyət; təhlükəsizlik və etibarlılıq; insan nəzarəti və muxtariyyət.

Süni intellektin məsuliyyətli inkişafı üçün Montreal bəyannaməsi. Süni intellektin etik problemlərin həlli müxtəlif maraqlı tərəflər, o cümlədən Süni intellekt tərtibatçıları, siyasətçilər, etika mütəxəssisləri və vətəndaş cəmiyyəti təşkilatları arasında əməkdaşlıq tələb edir. Süni intellekt etikasını təşviq etmək və məsuliyyətli süni intellekt inkişafı və tətbiqi üçün təlimatlar və standartlar hazırlamaq üçün bir sıra təşkilatlar və təşəbbüslər yaradılmışdır.

Montréal Universitetinin fəlsəfə professoru Christine Tappolet və Kvebek Araşdırma Fondu ilə birgə süni intellektin gətirdiyi yeni norma və dəyərlər "Süni intellektin məsuliyyətli inkişafı üçün Monreal Bəyannaməsi"nin ("The Montreal Declaration for a Responsible Development of Artificial Intelligence") bir hissəsini təşkil edəcəklər. 2017-ci ilin noyabrında Montrealda keçirilən Süni İntellektin Sosial Məsuliyyətli İnkişafı (Socially Responsible Development of

Artificial Intelligence) üzrə Forum iştirakçıları ictimaiyyəti məsuliyyətli Si məsələlərinin müzakirəsinə töhfə verməyə dəvət edən bəyannamənin preambulasını hazırlayıb. Preambula süni intellektin etik problemlərini qeyd etmişdir. Süni intellektin inkişafı üçün etik kodeksi və onu daxilində rəqəmsal keçidi başa çatdırmaq üçün təlimatlar təklif etmək üçün tövsiyələr vətəndaşlar, ekspertlər, siyasətçilər, sənayenin maraqlı tərəfləri, qeyri-hökumət təşkilatları və peşəkar cəmiyyətlərlə məsləhətləşmələr əsasında bir il ərzində aparılan araşdırmalar və tədqiqatlar nəticəsində hazırlanıb.

Bu müzakirə prosesinin marağı üçqatdır: süni intellektə dair etik və ictimai mübahisələri kollektiv şəkildə arbitraj etmək; süni intellekt üzərində məsuliyyətin əks etdirmə keyfiyyətini artırmaq; süni intellekt üçün təkliflər üzrə məsuliyyətin legitimliyini gücləndirilməsi. Süni intellektin təklif olunan etik prinsipləri: Rahatlıq prinsipi; Muxtarlıq prinsipinə hörmət; Məxfiliyin qorunması prinsipi; Həmrəylik prinsipi; Demokratik iştirak prinsipi; Ehtiyatlılıq prinsipi; Daxili müxtəliflik prinsip; Ədalət prinsipi; Məsuliyyət prinsipi; Davamlı inkişaf prinsipi.

Prinsiplər iyerarxik deyil. Sonuncu prinsip birinci qədər əhəmiyyətlidir. Şəraitdən asılı olaraq bir prinsipə digərinə nisbətən daha çox əhəmiyyət vermək və ya bir prinsipin digərindən daha aktual olduğunu hesab etmək olar. Onu da vurğulamaq lazımdır ki, bunlar idarəçilik qaydaları deyil hüquqi normalar qalmaqla etik prinsiplərdir. Süni intellektin Montreal etik prinsiplərinə əsaslanaraq, rəqəmsal keçidin təşkili üçün təlimatların təklif edilməsi məqsədilə tövsiyələr hazırlanmışdır: Müstəqil təşkilat; Audit və sertifikatlaşdırma; Avtomatlaşdırma; Təhsil və Etika; Inklüziv inkişaf; Demokratiyanın qorunması; Ətraf mühitə təsir; Beynəlxalq inkişaf.

Tədqiqat nəticəsində belə qənaətə gəlinmişdir ki: süni intellekt etikası yalnız texnoloji inkişafı tənzimləyən mexanizm deyil, həm də cəmiyyətin dəyərlər sisteminin qorunması və insan yönümlü gələcəyin təminatı üçün əsas strateji vasitədir. Etik prinsiplərin tətbiqi, süni intellektin insan rifahına xidmət edən, məsuliyyətli və dayanıqlı inkişaf modelinə çevrilməsini təmin edəcəkdir. Ali təhsil proqramlarında "Süni intellekt etikası" fənninin tətbiqi gələcək mühəndis və proqramçılar üçün etik düşüncə mədəniyyətinin formalaşmasına töhfə verəcəkdir.

Ədəbiyyat

1. Agar, N. (2020). How to Treat Machines That Might Have Minds. *Philosophy & Technology*, 33(2): 269–82.
2. Altman, M. C. (2011). *Kant and Applied Ethics: The Uses and Limits of Kant's*

- Practical Philosophy. Malden, NJ: Wiley-Blackwell.
3. Anderson, E. (2017). Private Government: How Employers Rule Our Lives (and Why We Don't Talk about It). Princeton, NJ: Princeton University Press.
 4. Anderson, M., and Anderson, S. (2011). Machine Ethics. Cambridge: Cambridge University Press.
 5. Anderson, S. L. (2011). Machine Metaethics. In M. Anderson and S. L. Anderson (Eds.), Machine Ethics, 21–27. Cambridge: Cambridge University Press.
 6. Angwin, J., Larson, J., Mattu, S., and Kirchner, L. (2016). Machine Bias. In ProPublica, May 23. <https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing>.

SÜNİ INTELLEKTDƏ KIBERTƏHLÜKƏSİZLİK

Dadaşova İradə

(Bakı Dövlət Universiteti, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

iradadadashova2@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə süni intellektə mövcud olan əsas təhlükəsizlik riskləri və onların qarşısını almaq üçün istifadə olunan müdafiə mexanizmləri təqdim olunur. Təhlükəsiz və etibarlı süni intellektin qurulması üçün və süni intellekt sistemlərinin etibarlı, şəffaf və məsuliyyətli şəkildə cəmiyyətin inkişafına xidmət etməsi üçün məlumatların qorunması zəruridir. Burada süni intellektə kibertəhlükəsizlik metodları və risklər öz əksini tapmışdır.

Açar sözlər: kibertəhlükəsizlik, kibertəhlükəsizlik metodları, müdafiə mexanizmləri, texnoloji təhlükə, təhlükəsizlik riski, təhlükəsizlik metodları.

Giriş

Artıq Süni intellektin (Sİ) sürətli inkişafı bir çox sahələrdə - sənayedə, səhiyyədə, təhsildə və dövlət idarəçiliyində geniş tətbiq olunur. Lakin bu texnologiyaların tətbiqi ilə yanaşı, təhlükəsizlik problemləri də aktuallaşır. Sİ sistemləri böyük həcmdə məlumat üzərində öyrədildiyi və müstəqil qərarlar qəbul etdiyi üçün həm kibertəhlükəsizlik, həm də etik və sosial məsuliyyət aspektindən ciddi risklər daşıyır.

Sİ-də kibertəhlükəsizlik, süni intellekt sistemlərinin icazəsiz giriş, məlumat oğurluğu, model manipulyasiyası, zərərli hücumlar və etimadın itirilməsi kimi təhdidlərdən qorunması üçün həyata keçirilən texniki prosesdir. Sİ sistemləri müasir dövrdə qərar qəbul etmənin, məlumat emalının və avtomatlaşdırılmış idarəetmənin əsas komponentinə çevrilmişdir. Lakin bu sistemlərin geniş

tətbiqi ilə yanaşı, kibertəhlükəsizlik riskləri də artmaqdadır. Kibertəhlükəsizlik digital sistemləri, şəbəkələri, proqramları və məlumatları kiber hücumlarından, zərərli proqramlardan və digər təhlükələrdən qorumaq üçün olan texnologiyalar, proseslər və təlimatlardır.

Kibertəhlükəsizlik yalnız texnoloji vasitələrlə məhdudlaşmır. Bu sahə həmçinin istifadəçilərin və təşkilatların məlumat təhlükəsizliyini təmin etmək üçün hansı qaydalara əməl etməli olduğunu da müəyyən edir. Kibertəhlükəsizlik yalnız texnoloji təhlükələrin qarşısını almaqla deyil, həm də hücum zamanı necə reaksiya vermək, zərər görmüş sistemləri necə bərpa etmək və gələcək hücumların qarşısını almaq məsələləri ilə də məşğul olur.

Sİ sahəsində təhlükəsizlik anlayışı, şəbəkə, məlumat və proqram təminatının qorunmasına yönələn kibertəhlükəsizlikdən daha mürəkkəbdir. Ona görə ki, Sİ sistemləri 1. böyük həcmdə məlumat toplayır və emal edir, 2. avtomatik öyrənmə qabiliyyətinə malikdir və 3. öz qərarlarını özü qəbul edə bilər. Amma bu xüsusiyyətlər Sİ-i həm müdafiə vasitəsi, həm də hücum obyektidir. Yəni, süni intellekt kiberhücumların aşkarlanması üçün istifadə oluna bilər, lakin eyni zamanda, hücumçular tərəfindən manipulyasiya edilə bilər [1].

1. Süni intellektdə əsas təhlükəsizlik riskləri.

- Məlumat zəhərlənməsi (Data Poisoning)

Modelin öyrədildiyi məlumat toplusuna qəsdən saxta və ya manipulyasiya olunmuş nümunələrin daxil edilməsi nəticəsində, modelin qərarvermə prosesi pozulur. Bu cür hücumlar modelin nəticələrinin yanlış olmasına, sistemin etibarlılığının azalmasına və təhlükəsizlik risklərinin artmasına səbəb olur.

- Adversarial-qarşıdurma hücumlar

Adversarial hücumlar süni intellekt modellərinə çox kiçik, lakin məqsədyönlü dəyişikliklər edilərək onların yanlış nəticə çıxarmasına səbəb olur. Bu dəyişikliklər insan gözü üçün nəzərə çarpmır, lakin model üçün tam fərqli bir təsir yaradır. Məsələn, üz tanıma sisteminə bir neçə pikselin dəyişdirilməsi nəticəsində şəxsiyyətin səhv tanınması mümkündür.

- Məlumatların məxfiliyi və sızması

Sİ sistemləri çox vaxt şəxsi və həssas məlumatlar üzərində öyrədilir. Əgər bu məlumatların qorunması təmin edilməzsə, məlumat sızması (data leakage) baş verə bilər. Bu, həm istifadəçilərin məxfilik hüququnun pozulmasına, həm də təşkilatın reputasiyasına ciddi zərər vurur.

- Model uğurluğu və təhrif olunması

Modelin strukturu və parametrləri icazəsiz əldə olunduqda və ya dəyişdirildikdə, sistemin davranışı nəzarətdən çıxır. Bu cür hücumlar intellektual mülkiyyətə

tin pozulması ilə yanaşı, qərarların manipulyasiyasına da gətirib çıxarır.

- Qərəz və etik risklər

Sİ-nin öyrədildiyi məlumatlar sosial, cinsi və ya irqi qərəz daşıyarsa, model də bu qərəzi davam etdirir. Nəticədə sistem tərəfindən qəbul edilən qərarlar ədalətsiz və diskriminasiyaya səbəb ola bilər. Bu, xüsusilə insan resursları, təhsil və hüquq sahələrində ciddi etik problemlər yaradır.

- Avtomatlaşdırılmış qərarların nəzarətsizliyi

Tam avtomatlaşdırılmış Sİ sistemlərində insan nəzarətinin olmaması qərarların səhv və ya təhlükəli nəticələr doğurmasına səbəb ola bilər. Bu, həm hüquqi məsuliyyət, həm də sosial etimad baxımından ciddi risk daşıyır.

- Kibertəhlükəsizlik boşluqları

Sİ modelləri serverlərdə və bulud infrastrukturlarında saxlanıldığından, ənənəvi kiberhücumlara da məruz qala bilər. Buraya DDoS hücumları, sistemə icazəsiz giriş, məlumat oğurluğu və zərərli proqramların yerləşdirilməsi kimi hallar daxildir.

2. Süni intellektə kibertəhlükəsizliyin əsas məqsədləri

- Məlumatların qorunması – təlim və işləmə mərhələsində istifadə olunan məlumatların gizliliyinin və bütövlüyünün təmin edilməsi.

- Modelin etibarlılığı – modelin zərərli müdaxilələrə qarşı dayanıqlığının artırılması.

- Sistem bütövlüyü – Sİ sisteminin icazəsiz dəyişikliklərdən, koda müdaxilədən və təhriflərdən qorunması.

- Məxfiliyin qorunması – şəxsi məlumatların sızmasının qarşısının alınması.

- Etimad və şəffaflıq – istifadəçilərin Sİ sistemlərinin qərarlarına etibar edə bilməsi üçün şəffaf mexanizmlərin yaradılması.

3. Süni intellektə kibertəhlükəsizlik risklərinin növləri

- Model oğurluğu (Model stealing) - Hücumçuların Sİ modelini kopyalaması və icazəsiz istifadə etməsi.

- Məlumat sızması (Data leakage) - Məxfi və şəxsi məlumatların təlim və ya istifadə mərhələsində ifşası.

- Məlumat zəhərlənməsi (Data poisoning) - Təlim məlumatlarının manipulyasiyası nəticəsində modelin yanlış qərarlar verməsi.

- Adversarial hücumlar - Modelin çıxışını dəyişdirmək üçün məqsədyönlü şəkildə yaradılmış girişlər.

- Etik və sosial risklər - Qərəzli və ədalətsiz qərarların verilməsi nəticəsində etimadın itməsi.

4. Süni intellektə kibertəhlükəsizliyin təmini metodları

1. Texniki müdafiə tədbirləri

- Məlumat şifrələnməsi (Encryption) – həm təlim, həm də nəticə mərhələsində.
- Differensial məxfilik (Differential privacy) – fərdi məlumatların qorunması üçün riyazi səs əlavə olunur.
- Adversarial təlim – modelin hücumlara qarşı dözümlülüyünü artırır.
- Modelin su nişanlanması (Watermarking) – oğurlanmış modelləri aşkar etməyə imkan verir.
- Təhlükəsiz API və autentifikasiya mexanizmləri – modelə çıxışın məhdudlaşdırılması.

2. İnfrastruktur səviyyəsində müdafiə

- Bulud və şəbəkə təhlükəsizliyi;
- İcazələrin idarə olunması (Access control);
- Monitoring və audit sistemləri – sistem fəaliyyətinin izlənməsi;
- Yeniləmələrin müntəzəm tətbiqi (patch management).

3. Etik və təşkilati tədbirlər

- Etik AI siyasətləri – məsuliyyətli və şəffaf SI istifadəsini tənzimləyir.
- İnsan nəzarəti – mühüm qərarlarda insan müdaxiləsinin saxlanması.
- Təhlükəsizlik auditı və risk qiymətləndirilməsi – potensial təhdidlərin mütəmadi analiz edilməsi.

Süni intellekt ancaq müdafiəyə ehtiyacı olan sistem deyil, o həm də kiber-təhlükəsizliyin inkişaf etdirilmiş aləti ola bilər, yəni [2]: a) AI əsaslı sistemlər zərərli fəaliyyətləri erkən aşkarlaya, b) anomaliyaları avtomatik təhlil edə, c) və hücumların proqnozlaşdırılmasında mühüm rol oynaya bilər.

Ədəbiyyat

1. James Graham, Richard Howard, Ryan Olson. Cybersecurity Essentials, ISBN-13: 978-1-4398-5126-5, (Ebook-PDF). 2021, 331p.
[https://wcu.edu.az/uploads/files/Cyber%20Security%20Essentials%20\(%20PDFDrive%20\).pdf](https://wcu.edu.az/uploads/files/Cyber%20Security%20Essentials%20(%20PDFDrive%20).pdf)
2. Introduction to Cybersecurity.pdf.
<https://www.1gcyber.com/files/Introduction%20to%20Cybersecurity.pdf>

LƏNKƏRAN DÖVLƏT UNIVERSİTƏTİNDƏ ƏMƏKDAŞLARIN İNFÖRMASİYA BAZASININ TƏDQİQİ VƏ OPTİMAL İNFÖRMASİYA SİSTEMİNİN QURULMASI

Dəmirov Asəf, Ağazadə Sevinc

(LDU, Aqrar və Mühəndislik fakültəsi)

asef.demirov@gmail.com, aghazadastar@gmail.com

Xülasə: *Təqdim olunan tədqiqat işində Lənkəran Dövlət Universitetində əməkdaşların məlumatlarının saxlanması, idarə olunması və yenilənməsi proseslərinin optimallaşdırılması üçün müasir informasiya texnologiyalarına əsaslanan konseptual model təqdim olunur. Tədqiqatın əsas məqsədi mövcud əməkdaş məlumatlarının idarə edilməsində mövcud olan problemləri (məlumat təkrarlanması, axtarış çətinliyi, təhlükəsizlik boşluqları) aradan qaldırmaq və lokal-bulud integrasiyalı, təhlükəsiz və avtomatlaşdırılmış informasiya sistemi yaratmaqdır[1,2].*

Açar sözlər: *İnformasiya sistemi, əməkdaş bazası, məlumatların idarə edilməsi, avtomatlaşdırma, məlumat təhlükəsizliyi.*

Müasir dövrdə universitetlərdə insan resurslarının idarə edilməsi və məlumat axınlarının optimallaşdırılması rəqəmsal idarəetmə sistemlərinin yaradılmasını zəruri edir. Lənkəran Dövlət Universitetində əməkdaş məlumatlarının saxlanması prosesi əsasən ayrı-ayrı sənədlər və qeydlər əsasında aparıldığı üçün, məlumatların təkrarlanması, çevik axtarışın olmaması və təhlükəsizlik riskləri kimi problemlər yaranır[1].

Təklif olunan sistem **Python (Flask framework), PostgreSQL, IPFS, və Pandas kitabxanası** kimi texnologiyalardan istifadə etməklə qurulur. Sistem həm lokal server, həm də bulud əsaslı mühitdə fəaliyyət göstərə bilər. Məlumatların emalı və analizi Pandas və Matplotlib vasitəsilə aparılır, nəticələr isə idarəetmə panelində vizuallaşdırılır. Bu yanaşma universitetdə əməkdaş məlumatlarının mərkəzləşdirilmiş, təhlükəsiz və çevik idarə olunmasını təmin edir [3,4].

Bu tədqiqatın məqsədi bu problemləri aradan qaldırmaq üçün **optimal informasiya sistemi** qurmaq və həmin sistemin texnoloji əsaslarını müəyyənləşdirməkdir.

Tədqiqat çərçivəsində sistemin texnoloji əsasları aşağıdakı ardıcılıqla formalaşdırılmışdır:

1. Əməkdaşlara dair məlumatlar (ad, şöbə, vəzifə, elmi dərəcə və s.) PostgreSQL verilənlər bazasında saxlanılır. Məlumatlar həmçinin **CSV forma-**

tında ehtiyat nüsxə kimi arxivləşdirilir.

2. IPFS texnologiyası vasitəsilə arxiv məlumatları buludda saxlanılır, beləliklə sistemin miqyaslanma qabiliyyəti artır.
3. Pandas kitabxanası ilə əməkdaşların yaş, təhsil və şöbə üzrə analitik təhlili aparılır. Nəticələr Matplotlib ilə qrafik şəklində təqdim olunur.
4. Flask framework vasitəsilə yaradılmış veb interfeys sistem administratoruna məlumat əlavə etmək, redaktə və axtarış aparmaq imkanı yaradır.
5. Məlumatlar SHA256 alqoritmi ilə şifrələnir, istifadəçi girişi isə JWT (JSON Web Token) ilə autentifikasiya olunur[2,3,4,5].

Təklif olunan sistemin fərqliliyi və üstünlükləri

1. **Hibrid saxlama modeli:** Lokal və IPFS bulud sistemlərinin birləşdirilməsi məlumat itkisinin qarşısını alır.
2. **Avtomatik sinxronizasiya:** Yeni məlumat əlavə olunduqda sistem onu həm lokal, həm də bulud mühitinə ötürür.
3. **Açıq mənbə texnologiyalar:** Lisenziya xərci olmadan çevik inkişaf və miqyaslanma imkanı.
4. **Analitik imkanlar:** Pandas və Matplotlib ilə real vaxtlı təhlil və vizuallaşdırma.
5. **Təhlükəsizlik:** Kriptoqrafik qoruma və rol əsaslı giriş idarəetməsi[5].

Nəticə

Bu tədqiqat işi Lənkəran Dövlət Universitetində əməkdaşlara aid məlumatların idarə edilməsini daha səmərəli və təhlükəsiz formaya gətirəcəkdir. İnformasiyanın mərkəzləşdirilməsi və avtomatlaşdırılması nəticəsində idarəetmə prosesləri sürətlənəcək, qərar qəbulətmə üçün etibarlı analitik baza formalaşacaqdır. Təklif olunan model digər ali təhsil müəssisələrində də tətbiq edilə biləcək çevik və dayanıqlı bir platforma kimi dəyərləndirilə bilər.

Ədəbiyyat

1. Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*. Pearson.
2. Connolly, T., & Begg, C. (2015). *Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management*. Pearson Education.
3. Python Software Foundation. (2023). *Pandas Documentation*. <https://pandas.pydata.org>
4. IPFS Project. (2024). *InterPlanetary File System Documentation*. <https://ipfs.tech>
5. Muradova, V.X. (2024). *İnformasiya sistemlərinin təhlükəsizliyində müasir yanaşmalar*, LDU Elmi Əsərlər Jurnalı, №3, s.45-53.

MAŞIN YARADICILIĞI: GENERATİV AI MODELLƏRİNİN MƏTN VƏ ŞƏKİL YARATMA TEXNOLOGİYALARI

Əhmədli Fatimə

(MDU, İnformasiya texnologiyaları və sistemləri mühəndisliyi)

fatima.ahmadli.itm24@mdu.edu.az

Xülasə: Bu məqalə generativ süni intellektin (AI) mahiyyətini, texnologiyasını və tətbiq sahələrini izah edir. Generativ AI sistemləri böyük həcmli məlumatlardan öyrənərək yeni mətn, şəkil, musiqi və digər yaradıcılıq məhsulları yarada bilir. Onların əsasını transformer arxitekturası, öz-diqqət mexanizmi, dil modellərinin təlim mərhələləri və difuziya əsaslı şəkil generasiya üsulları təşkil edir.

Generativ AI bu gün incəsənət, dizayn, ədəbiyyat, kino, musiqi, reklam, təhsil və elmi tədqiqat kimi sahələrdə geniş tətbiq edilir. Gələcəkdə daha güclü, çoxmodlu və real zamanlı generasiya imkanlarına malik modellərin yaranacağı gözlənilir. Bu texnologiyalar insan yaradıcılığını tamamlayaraq yeni innovativ əməkdaşlıq formaları yaradır.

Açar sözlər: Generativ AI, süni intellekt, maşın öyrənməsi, ChatGPT, Midjourney, mətn generasiyası, şəkil yaradıcılığı, AI texnologiyaları.

Giriş: Rəqəmsal Yaradıcılığın Yeni Çağırışları

Generativ AI texnologiyaları hazırda dünya üzrə tədqiqatçıların diqqət mərkəzində dayanır. Bu texnologiyalar təkcə maşınların hesablama qabiliyyətlərini deyil, həm də onların yaradıcılıq istiqamətlərini inkişaf etdirir. Müasir dövrdə AI sistemləri incəsənət əsərləri yaradır, ədəbi mətnlər yazır, hətta musiqi kompozisiyaları bəstələyir. Bu inkişaf bir çox sənaye sahələrində köklü dəyişikliklərə səbəb olur. Təhsildən sağlamlığa, reklamdan əyləncə sənayesinə qədər geniş spektrdə tətbiqlər nəzərə çarpır.

I Bölmə: Generativ AI-nın Fundamental Prinsipləri

Generativ AI sistemləri əsasən iki fundamental prinsip əsasında işləyir. Bu prinsiplər maşınların yaradıcılıq proseslərini idarə edir və onların insanlarla rəqabət aparmasını təmin edir. Birinci prinsip kəşf etmə və öyrənmə qabiliyyətidir. İkinci prinsip isə yaratma və inkişaf etdirmə qabiliyyətidir. Bu sistemlər böyük həcmdə məlumatları emal edərək mürəkkəb nümunələri müəyyən edir. Daha sonra bu nümunələr əsasında tamamilə yeni və orijinal məzmunlar yaradır.

Generativ AI-nın tarixi inkişaf yolu bir neçə mərhələdən ibarətdir. Hər bir mərhələ özünəməxsus texnoloji yeniliklər gətirir. İlk mərhələdə əsasən sadə alqoritmlər və əsas qayda sistemləri istifadə olunurdu. İkinci mərhələdə neyron şəbəkələrinin inkişafı ilə daha mürəkkəb modellər yaradıldı. Üçüncü mərhələ-

də transformer arxitekturasının kəşfi ilə inqilabi dəyişikliklər baş verdi. Müasir dövrdə isə böyük miqyaslı dil modelləri və çoxmodlu sistemlər üstünlük təşkil edir.

II Bölmə: Mətn Generasiya Sistemlərinin Texnologiyaları

Transformer arxitekturası müasir dil modellərinin əsasını təşkil edir. Bu arxitektura bir çox texniki yeniliklər birləşdirir. Öz-diqqət mexanizmi ən mühüm komponent kimi çıxış edir. Bu mexanizmin köməyi ilə modellər sözlər arasındakı mürəkkəb əlaqələri müəyyən edir. Paralel emal qabiliyyəti digər mühüm üstünlükdür. Bu xüsusiyyət modellərin böyük həcmdə məlumatları sürətlə işləməsinə imkan yaradır.

Mətn yaratma prosesi bir neçə ardıcıl mərhələdən ibarətdir. İlk mərhələdə istifadəçi sorğusu tokenlərə bölünür. Hər bir token mətnin ən kiçik vahidini təmsil edir. İkinci mərhələdə kontekst analizi həyata keçirilir. Bu mərhələdə sözlər arasındakı semantik və sintaktik əlaqələr müəyyən edilir. Üçüncü mərhələdə ehtimal hesablamaları aparılır. Dördüncü mərhələdə ən yüksək ehtimala malik token seçilir. Son mərhələdə isə seçilmiş tokenlər birləşdirilərək yekun mətn formalaşdırılır.

III Bölmə: Şəkil Generasiya Sistemlərinin Texnologiyaları

Difuziya modelləri statistik fizikanın prinsipləri əsasında işləyir. Bu modellər şəkil yaratmağı termodinamik proses kimi təsvir edir. İrəli difuziya prosesi entropiyanın artmasına bənzəyir. Tərs difuziya prosesi isə nizamın bərpa-sını xatırladır. Hər bir addım riyazi dəqiqliklə hesablanır. Bu hesablamalar çox-mərhələli optimallaşdırma alqoritmləri tələb edir.

Yüksək keyfiyyətli şəkillərin yaradılması bir çox amillərdən asılıdır. Model arxitekturasının optimallığı birinci amildir. Təlim məlumatlarının keyfiyyəti ikinci amildir. Generasiya parametrlərinin düzgün tənzimlənməsi üçüncü amildir. Hər bir amil diqqətlə nəzərə alınmalıdır. Bu amillərin birləşməsi yekun nəticənin keyfiyyətini müəyyən edir.

IV Bölmə: Praktiki Tətbiqlər və İstifadə Sahələri

Generativ AI texnologiyaları incəsənət dünyasında geniş tətbiq sahələri tapır. Rəssamlar və dizaynerlər bu texnologiyalardan aktiv şəkildə istifadə edir. Ədəbiyyat sahəsində yazıçılar yaradıcılıq proseslərində AI köməkçilərindən faydalanır. Musiqi sənayesində kompozitorlar AI vasitəsilə yeni melodiyalar yaradır. Film sənayesində rejissorlar AI generasiya edilmiş görüntülərdən istifadə edir.

Təhsil müəssisələri generativ AI texnologiyalarını müxtəlif formada tətbiq edir. Tədris materiallarının hazırlanması prosesi sürətlənir. Fərdiləşdirilmiş öyrənmə proqramları hazırlanır. Tədqiqatçılar elmi məqalələrin yazılma-

sında AI köməkçilərindən istifadə edir. Tələbələr öyrənmə proseslərində AI sistemlərindən dəstək alır.

Nəticə: Gələcək Perspektivlər və İnkişaf İstiqamətləri

Generativ AI texnologiyaları sürətlə inkişaf etməyə davam edir. Gələcəkdə daha inkişaf etmiş modellərin yaradılması gözlənilir. Bu modellər daha yüksək keyfiyyətli məzmunlar generasiya edəcək. Çoxmodlu sistemlər daha geniş yayılacaq. Real zamanlı generasiya qabiliyyətləri təkmilləşdiriləcək. Şəxsi modellərin yaradılması asanlaşacaq.

Generativ AI texnologiyaları insanlığın gələcəyini formalaşdırır. Bu texnologiyaların potensialı hələ tam aşkar edilməyib. Yeni kəşflər və ixtiralar gələcəyi daha da maraqlı edir. Tədqiqatçıların işi davam edir. İnkişafın ardı-arası kəsilmir.

Ədəbiyyat

1. **Azərbaycan Dövlət İnformatika İnstitutu** (2023). "Süni İntellektin İnkişafı". Yerli AI tədqiqatları
2. **Bakı Dövlət Universiteti** (2023). "Maşın Öyrənməsinin Əsasları". Ali təhsildə AI tədrisi
3. **OpenAI Texniki Sənədlər** (2023) <https://openai.com/research>

HƏNDƏSİ SILSİLƏNİN BİR ÜMUMİLƏŞMƏSİ HAQQINDA

Əhmədov Əli, Əbdülzadə Vidadi

(BDU, Mexanika - riyaziyyat fakültəsi)

ali.akhmedov@rambler.ru, vidadiebdulzadeh@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə, elmin bir çox sahələrində (biologiya, fizika və riyaziyyat) ortaya çıxma biləcək problem və məsələlərin müəyyən edilməsi və onları araşdırmaq, habelə həll yollarını müəyyənləşdirmək üçün qayıdan ardıcılıqlar (returned sequences) haqqında məlumat öz əksini tapmışdır.

Açar sözlər: həndəsi silsilə, qayıdan ardıcılıqlar, yığılma, dağılma, limit, skalyar

Tərif: Fərz edək ki, $q_1, q_2, q_3, \dots, q_m$ ($q_l \neq 0$, $l = \overline{1, m}$) skalyar (həqiqi və ya kompleks) ədədlərdir və aşağıdakı münasibətləri ödəyir

$$b_{n+m} = q_1 b_n + q_2 b_{n+1} + \dots + q_m b_{n+m-1} \quad (1)$$

Burada, $\{b_n\}_{n=1}^{\infty}$ ardıcılığı skalyar ədədlər ardıcılığıdır. Bu formada olan (1) ardıcılığına qayıdan ardıcılıq deyəcəyik. Məqsədimiz $\{b_n\}_{n=1}^{\infty}$ ardıcılığının sonsuzluqda özünü necə aparmasını tədqiq etməkdir.

Sadəlik üçün bu məsələni $q_1 > 0$ və $b_n > 0$ hallarında baxaq.

Sonrakı həddə baxaq:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} b_{n+m} = \lim_{n \rightarrow \infty} (q_1 b_n + q_2 b_{n+1} + \dots + q_m b_{n+m-1}) \quad (2)$$

Əgər $\{b_n\}_{n=1}^{\infty}$ ardıcılığının limiti varsa, başqa sözlə $\lim_{n \rightarrow \infty} b_n = b$, (2) –dən alırıq ki,

$$b = b(q_1 + q_2 + \dots + q_m)$$

Bu halda $b = 0$ və ya $q_1 + q_2 + \dots + q_m = 1$

Sadəlik üçün, $m = 2$ olan halına baxaq. Nəzərə alaq ki,

$$b_{n+2} = q_2 b_{n+2} + q_1 b_n \quad n \geq 1 \quad (3)$$

$b_n > 0, n = \overline{1, +\infty}, q_1 > 0, q_2 > 0$ və $q_1 + q_2 = 1$.

Əgər $b_1 = b_2 = T$,

$$b_3 = q_2 b_2 + q_1 b_1 = (q_2 + q_1)T$$

$$b_4 = q_2 b_3 + q_1 b_2 = (q_2 + q_1)T$$

Göründüyü kimi bu ardıcılıq sabit ardıcılıqdır. Bu səbəbdən də biz $b_2 \neq b_1$ götürəcəyik. Ümumiliyi pozmadan $b_2 > b_1$ olduğunu nəzərə alsaq, göstərə bilərik ki,

$$b_3 = q_2 b_2 + q_1 b_1 < q_2 b_2 + q_1 b_2 = (q_2 + q_1) b_2 = b_2,$$

$$b_3 < b_2,$$

$$b_3 = q_2 b_2 + q_1 b_1 > q_2 b_2 + q_1 b_2 = (q_2 + q_1) b_1 = b_1$$

$$b_3 > b_1 \quad \text{və} \quad b_1 < b_3 < b_2$$

Beləliklə aşağıdakı münasibəti göstərə bilərik.

$$b_{2n-3} < b_{2n-1} < b_{2n-2}; \quad b_{2n-1} < b_{2n} < b_{2n-2}, \quad n \geq 2.$$

Aşağıdakı hökmlər doğrudur.

Teorem: Fərz edək ki, $\{b_n\}$ qayıdan ardıcılıqdır və $m = 2$ olsun, $b_n > 0, n \in N, q_1 > 0$ və $q_2 > 0$. Onda aşağıdakı mülahizələr doğrudur.

1) Əgər $q_1 + q_2 < 1$ olarsa, onda $\{b_n\}_{n=1}^{\infty}$ ardıcılığı sıfıra yığılır.

2) Əgər $q_1 + q_2 = 1$ olarsa, onda $\{b_n\}_{n=1}^{\infty}$ ardıcılığı $\frac{b_2 + q_1 b_1}{1 + q_1}$ -ə yığılır.

3) Əgər $q_1 + q_2 > 1$ olarsa, onda $\{b_n\}_{n=1}^{\infty}$ ardıcılığı dağılır.

Alınan nəticələr ([1], [2]) –dən məlum olan nəticələrin ümumiləşməsidir.

Ədəbiyyat

- [1] Akhmedov A.M. On recurrent processes and associated with them spectral problems Proceedings of the 6-th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications, 11-13 July, **2018**, Baku, Azerbaijan, v. 1, p.44-46
- [2] Akhmedov A.M, Shukur A.A, Shelash H.B. Weighted graphs with an application to returned sequence, Advanced Studies: Euro-Tbilisi Mathematical Journal, supplement issue 1, **2023**, v. 16, p. 7-12

VERİLƏNLƏRİN EMALI VƏ PARALEL HESABLAMA METODLARININ TƏHLİLİ

Əhmədov Səbuhi

(Odlar Yurdu Universiteti, MBA)

Ehmedovsebuhi22@gmail.com

Xülasə: *Tədqiqatın əsas məqsədi böyük verilənlər dövründə (Big Data) verilənlərin səmərəli emalı proseslərini təhlil etmək və bu səmərəliliyi artıran paralel hesablama metodlarının nəzəri və praktik əsaslarını araşdırmaqdan ibarətdir. İşdə verilənlərin emalı prosesinin mərhələləri, çağdaş kompüter sistemlərində verilənlər axınının təşkili və idarəetmə prinsipləri öyrənilir. Paralel hesablama əsasında konstruktiv modellər (məsələn, MIMD, SIMD) və paralel alqoritmlərin (məsələn, MapReduce) performans göstəriciləri təhlil edilir. Tədqiqatın əsas hissəsi verilənlərin emalı sistemlərində proqramlaşdırma ardıcılığına və performansın inkişafına yönəlmişdir.*

Açar sözlər: *Verilənlərin Emalı, Paralel Hesablama, Böyük Verilənlər (Big Data), Paralel Alqoritmlər, MapReduce*

Verilənlərin emalı prosesinin prinsipləri və pillələri (toplama, yoxlama, emal, saxlama) izah edilir. Çağdaş kompüter sistemlərində verilənlər axını (Data Streams) və onun idarəetmə metodları araşdırılır. Həmçinin verilənlərin emalı sistemlərinin tərkibi (aparət və proqram təminatı) və onların müxtəlif sənaye sahələrində tətbiq edilmə xüsusiyyətləri müəyyənləşdirilir.

Paralel hesablama sistemlərinin konstruktiv modelləri (Flynn taksonomiyası əsasında MIMD, SIMD, MISD) təhlil edilir. Paralel alqoritmlərin tətbiqi üsulları (parçalama, funksional paralellik) və onların performans göstəriciləri (sürətlənmə Speedup, effektivlik Efficiency) analiz edilir. Fəsil elmi tədqiqatlarda (məsələn, iqlim modelləşdirilməsi, genom analizi) və qlobal verilənlər analizində MapReduce və digər paralel hesablama texnologiyalarının tətbiqinin əhəmiyyətini əsaslandırır.

Verilənlərin emalı sistemlərində performansın inkişafının təmin olunması üçün keş yaddaşının optimallaşdırılması, iş yükünün balansı kimi mexanizmlər təklif olunur. Paralel hesablama proqramlaşdırma ardıcılığı (məsələn, MPI, OpenMP, CUDA) və müxtəlif platformalar üçün alqoritmlərin effektiv şəkildə necə yazılması təsvir edilir.

Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, böyük həcmli verilənlərin emalı yalnız mərkəzləşdirilmiş sistemlərdə qeyri-mümkündür və paralel hesablama metodları bu problemin əsas həll yoludur.

Əsas Təkliflər:

- Paralel Proqramlaşdırma Təlimi: Ali təhsil müəssisələrində və sənaye sahələrində paralel proqramlaşdırma dilləri və freymvorkları (məsələn, CUDA, MPI) üzrə biliklərin artırılması.
- Hibrid Hesablama: Verilənlərin emalı prosesində CPU və GPU-ları birləşdirən hibrid hesablama arxitekturalarının tətbiqinin genişləndirilməsi.
- Proqram Təminatının Optimizasiyası: Mövcud verilənlərin emalı proqram təminatının paralel alqoritmlərə uyğun olaraq dəyişdirilməsi və optimallaşdırılması.

Ədəbiyyat

1. Həsənov, E. Verilənlərin Strukturlaşdırılması və Paralel Emalı, 2024, s 41
2. Patterson, D., & Hennessy, J. Computer Architecture: A Quantitative Approach 2018, s. 450
3. Akl, S. Parallel Computation: Models and Methods 2016 s, 15
4. Codd, E. F. The Relational Model for Database Management: Version
5. Dean, J., & Ghemawat, S. MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters 2008, p 3

**QEYRI-LOKAL SƏRHƏD ŞƏRTLİ DÖRD TƏRTİBLİ ADI DİFERENSİAL
TƏNLİK ÜÇÜN QOYULMUŞ SƏRHƏD MƏSƏLƏNİN
MƏXSUSİ ƏDƏDLƏRİNİN TAPILMASI HAQQINDA**

Əhmədov Saleh, Əyyubova İlahə

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

eyyubovailahe8@gmail.com, salehmedov0@gmail.com

Xülasə: İşdə kompleks parametri qeyri-lokal sərhəd şərtlili spektral məsələyə baxılır. Uyğun xarakteristik çoxhədli qurulur və bu çoxhədlinin kökləri tapılır. Məlum qaydada parametrdən asılı tənliyin fundamental həllər sistemi axtarılır və spektral məsələnin məxsusi ədədləri tapılır.

Açar sözlər: Qeyri-lokal, spektral məsələ, məxsusi ədəd, xarakteristik tənlik.

$$y^{IV}(x, \lambda) + \lambda^4 y(x, \lambda) = \varphi(x) \quad (1)$$

$$L_1(y) \equiv \alpha_1 y(0, \lambda) + \beta_1 y(1, \lambda) = 0 \quad (2)$$

$$L_2(y) \equiv \alpha_2 y'(0, \lambda) + \beta_2 y'(1, \lambda) = 0$$

$$L_3(y) \equiv \alpha_3 y''(0, \lambda) + \beta_3 y''(1, \lambda) = 0$$

$$L_4(y) \equiv \alpha_4 y'''(0, \lambda) + \beta_4 y'''(1, \lambda) = 0$$

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \frac{\sqrt{2}}{2}(1+i), & \theta_2 &= \frac{\sqrt{2}}{2}(-1+i) \\ \theta_3 &= \frac{-\sqrt{2}}{2}(1+i), & \theta_4 &= \frac{\sqrt{2}}{2}(1-i)\end{aligned}$$

Bunlar (1)-ə uyğun xarakteristik tənliyin kökləridir.

$y_k(x, \lambda) = e^{\theta_k \lambda x}$ $k = 1, 2, 3, 4$ (1)-ə uyğun bircins tənliyin fundamental həllər sistemidir.

(1), (2) məsələlərinin xarakteristik determinantı aşağıdakı şəkildədir:

$$\Delta(\lambda) = \begin{vmatrix} L_1(y_1) & L_1(y_2) & L_1(y_3) & L_1(y_4) \\ L_2(y_1) & L_2(y_2) & L_2(y_3) & L_2(y_4) \\ L_3(y_1) & L_3(y_2) & L_3(y_3) & L_3(y_4) \\ L_4(y_1) & L_4(y_2) & L_4(y_3) & L_4(y_4) \end{vmatrix}$$

Aşağıdakı kimi işarələnməni qəbul edək:

$$L(\alpha, \beta, \gamma, \delta) = \begin{vmatrix} \alpha_1 & \beta_1 & \gamma_1 & \delta_1 \\ \theta_1 \alpha_2 & \theta_2 \beta_2 & \theta_3 \gamma_2 & \theta_4 \delta_2 \\ \theta_1^2 \alpha_3 & \theta_2^2 \beta_3 & \theta_3^2 \gamma_3 & \theta_4^2 \delta_3 \\ \theta_1^3 \alpha_4 & \theta_2^3 \beta_4 & \theta_3^3 \gamma_4 & \theta_4^3 \delta_4 \end{vmatrix}$$

$$M_1 = L(\beta, \alpha, \alpha, \alpha) + L(\beta, \beta, \alpha, \beta)$$

$$M_2 = L(\alpha, \beta, \alpha, \alpha) + L(\beta, \beta, \beta, \alpha)$$

Asanlıqla yoxlamaq olar ki, məxsusi ədədlər λ kompleks müstəvisində 4 rübün hər birində yerləşir. Bu rüblərdən hər hansı birində məxsusi ədədlərin tapılması zəruridir. Məsələn, 1-ci rübdə məxsusi ədədlər aşağıdakı kimi tapılır:

$$\sqrt{2}\lambda_n = \ln \left| \frac{M_2}{M_1} \right| + i \left(\arg \left(-\frac{M_2}{M_1} \right) + 2\pi n \right) + O\left(\frac{1}{n}\right), n \rightarrow \infty$$

Burada, $M_1 \neq 0, M_2 \neq 0$

Ədəbiyyat

1. М.А.Наймарк линейные дифференциальные операторы, М. Наука, 1969
2. М.Л.Расулов "Метод Контурного Интеграла"

BİR NÖQTƏDƏ YÜKLƏNMƏYƏ MALİK PARABOLİK TİP DİFFERENSİAL TƏNLİK ÜÇÜN BİR QARIŞIQ MƏSƏLƏNİN HƏLLİ

Əhmədov Saleh¹, Xankişiyeva Aygül¹, Nəzərov Xəlid²

(¹BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəs ²AZTU,
Biotibbi Mühəndislik İnstitutu)

salehmedov0@gmail.com, aygulxankisiyeva02@gmail.com khalid.nazarov@aztu.edu.az

Xülasə: Baxılan məsələ yüklənmiş istilik keçirmə tənliyi üçün qarışıq məsələdir. Sərhəd şərtləri Dirixle sərhəd şərtləri olmasına baxmayaraq yüklənmiş hissə həm məslənin çətinliyini, həm də prosesin mürəkkəbliyini artırır.

Açar sözlər: yüklənmiş parabolik tənlik, spektral məsələ, qarışıq məsələ.

Giriş: İstilikkeçirmə (diffuziya) tənliklərinə daxil olan yüklənmələr fiziki baxımdan onu göstərir ki, istiliyin yayılması (diffuziya axını) müəyyən vaxtdan sonra axtarılan funksiyanın müəyyən qiyməti ilə xətti bağlıdır. Məsələn, məişətdə su ilə istilik mübadiləsinin təmin olunması. Bu da öz növbəsində prosesin müəyyən nizamla getməsinə səbəb olur. Bu məsələlər istilikkeçirmə (diffuziya) proseslərində [1],[2] olduqca mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu baxımdan məsələnin öyrənilməsi aktualdır.

Metodologiya: Əvvəlcə baxılan məsələnin özəyi olan xüsusi törəməli tənliyə uyğun baş hissəyə və sərhəd şərtlərinə Furienin dəyişənlərinə ayırma üsulu tətbiq olunaraq spektral məsələ qurulmuşdur. Spektral məsələyə uyğun məxsusi ədədlər və məxsusi funksiyalar qurulmuş, məxsusi funksiyaların bazisliyindən istifadə etməklə başlanğıc funksiyanın və yüklənmə əmsalının arasında asılılıq tapılmışdır. Eyni zamanda məsələnin həlli müntəzəm yığılan sıra şəklində qurulmuşdur.

$x \in (0, 1), t \in (0, T)$ oblastında yüklənmiş tənlik üçün aşağıdakı qarışıq məsələyə baxılır.

$$u_t = u_{xx} + \mu u(x, 1) \quad 0 < x < 1, \quad t > 0 \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} u(0, t) &= 0 \\ u(1, t) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$u(x, 0) = \varphi(x) \quad (3)$$

Burada (1) yüklənmiş parabolik tənlik, (2) Dirixle sərhəd şərti, (3) başlanğıc şərtidir. Fərz olunur ki, $\varphi(x)$ funksiyası $[0, 1]$ parçasında kəsilməzdir. Bu qarışıq məsələyə uyğun spektral məsələ

$$y'' = -\lambda^2 y$$

$$y(0)=0$$

$$y(1)=0$$

şəklidə tapılır.

Bu spektral məsələnin məxsusi ədədləri $\lambda_n = \pi n$, $n \in N$, məxsusi funksiyaları isə $y_n(x) = \sqrt{2} \sin \pi n x$, $n \in N$ şəklindədir.

Məxsusi funksiyalar $C[0,1]$ -də tam sistem əmələ gətirir. Ona görə də $u(x, t)$ funksiyalarını məxsusi funksiyalar üzrə sıraya ayırmaq olar:

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} u_n(t) y_n(x) \quad (4)$$

(4) bərabərliyini (1) tənliyində nəzərə alaraq:

$$\sum_{n=1}^{\infty} u'_n(t) y_n(x) = \sum_{n=1}^{\infty} u_n(t) y''_n(x) + \mu \sum_{n=1}^{\infty} u_n(1) y_n(x)$$

Buradan alırıq ki,

$$u'_n(t) + \lambda_n^2 u_n(t) = \mu u_n(1) \quad (5)$$

$$u_n(0) = \varphi_n \quad (6)$$

φ_n üçün aşağıdakı bərabərlik doğrudur.

$$\varphi_n = \sqrt{2} \int_0^1 \sin \pi n x \varphi(x) dx$$

(4),(5) məsələsi birtərtibli xətti diferensial tənlik üçün Koşi məsələsidir. Bu məsələnin həlli aşağıdakı şəkildə tapılır.

$$u_n(t) = e^{-\lambda_n^2 t} \left[\varphi_n + \frac{1}{\lambda_n^2} \mu u_n(1) (e^{\lambda_n^2 t} - 1) \right]$$

kimi tapılır. Sonuncu bərabərlikdə $t = 1$ götürək:

$$u_n(1) = e^{-\lambda_n^2} \left[\varphi_n + \frac{1}{\lambda_n^2} \mu u_n(1) (e^{\lambda_n^2} - 1) \right]$$

Bu bərabərliyin hər tərəfini $e^{-\lambda_n^2}$ -ə vuraq və $u_n(1)$ -ləri bərabərliyin sol tərəfində yazaq:

$$\left[e^{\lambda_n^2} - \frac{1}{\lambda_n^2} \mu (e^{\lambda_n^2} - 1) \right] u_n(1) = \varphi_n$$

Buradan

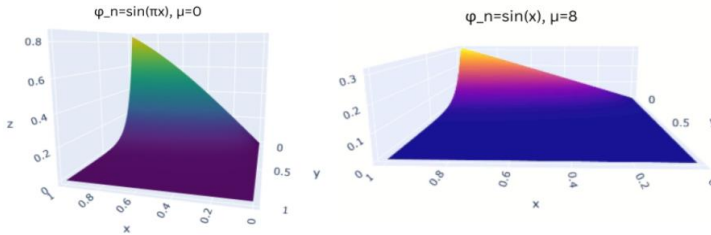
$$u_n(1) = \frac{\lambda_n^2 \varphi_n}{\lambda_n^2 e^{\lambda_n^2} - \mu (e^{\lambda_n^2} - 1)}$$

alırıq. Sonuncu kəsrin mənası olması üçün məxrəcindəki ifadə 0-dan fərqli olmalıdır. Yəni,

$$\mu \neq \frac{\lambda_n^2 e^{\lambda_n^2}}{\lambda_n^2 e^{\lambda_n^2} - 1}$$

$u_n(1)$ üçün aldığımız ifadəni $u_n(t)$ -nin ifadəsində nəzərə almaqla, $y_n(x)$ və $u_n(t)$ funksiyalarının ifadəsini $u(x,t)$ -üçün tapılan sırada nəzərə alsaq, məsələnin həllini tapırıq.

Müzakirə və yekun nəticələr: Burada bir nöqtədə yüklənməyə malik parabolik tip qarışıq məsələ üçün spektral məsələ quruldu. Bu məsələyə uyğun məxsusi ədəd və məxsusi funksiyalar tapılaraq, Furiyenin dəyişənlərinə ayırma üsulu tətbiq olunmuşdur. Məsələyə daxil olan μ parametri üçün məhdudiyyət şərti tapılaraq, (1)-(3) qarışıq məsələnin həllini yığılan qüvvət sırası şəklində tapmaq mümkün oldu. Bu öz növbəsində istilikkeçirmə və diffuziya proseslərində praktiki əhəmiyyətə malikdir.



Şəkil 1.

Soldakı qrafikdə başlanğıc funksiyası $\varphi_n = \sin(\pi x)$ üçün $\mu = 0$ halında həllin səth paylanması göstərilmişdir. Sağdakı qrafik isə eyni başlanğıc funksiyada yüklənmə parametri $\mu = 8$ olduqda həllin həndəsi davranışını təsvir edir. Göründüyü kimi, yüklənmənin artması həllin səthində qeyri-xətti lokal dəyişikliklər və kəskin meyillilik yaradır. Bu isə məqalədə yüklənmə əmsalının (μ parametrinin) prosesə əhəmiyyətli dərəcədə təsirini göstərir.

Ədəbiyyat

- [1] S. Z. Ahmedov, R. A. Gasimov, and V. M. Habibov, "Solution of the mixed problem for the non-homogeneous parabolic equation with time derivative in the boundary condition," *Advances in Mathematical Models and Applications*, vol. 10, no. 1, 2025.
- [2] E. Sh. Isgandarov, S. Z. Ahmadov, and H. I. Ahmadov, "On Finding a Solution of One Problem for the Heat Equation on a Semi-Axis," *Journal of Physical Mathematics & its Applications*, vol. 3, no. 5, pp. 1–5, 2025. ISSN: 3033-3652.

KVANT KOMPÜTER SİMULYASIYALARI: SHOR ALQORİTMİ VƏ KLASSİK ALQORİTMLƏRLƏ MÜQAYİSƏ

Əhmədova Ayten

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

ayten.ehmedova1@icloud.com

Xülasə: Bu məqalədə kvant kompüter simulyasiyalarının əhəmiyyəti, Shor alqoritmının prinsipləri və onun klassik faktorizasiya alqoritmləri ilə müqayisəsi təqdim olunur. Kvant kompüterlər superpozisiya və dolaşıqlıq kimi kvant mexanikası xüsusiyyətlərindən istifadə edərək hesablamaları paralel şəkildə aparır və bu, müəyyən tapşırıqlarda klassik kompüterlərə nisbətən böyük üstünlük yaradır. Shor alqoritmı tam ədədlərin faktorizasiyası problemini polinomial vaxtda həll etməklə müasir kriptografik sistemlər üçün təhlükəsizlik baxımından yeni çağırışlar doğurur.

Açar sözlər: kvant kompüter, Shor alqoritmı, faktorizasiya, kriptografiya, kvant simulyasiyası.

Kvant kompüterlər klassik hesablamadan fərqli olaraq, məlumatı kubitlər vasitəsilə emal edir. Kubitlər eyni anda həm "0", həm də "1" vəziyyətində ola bildiyi üçün paralel hesablamalar aparmaq mümkündür. Bu, kvant kompüterlərə mürəkkəb riyazi məsələlərin həllində üstünlük verir [1].

Tam funksional kvant kompüterlər hələ inkişaf mərhələsində olsa da, kvant simulyasiyaları vasitəsilə bu sistemlərin işləmə prinsiplərini araşdırmaq mümkündür. Bu simulyasiyalar kvant alqoritmlərinin real sistemlərdə tətbiq imkanlarını dəyərləndirmək üçün mühüm vasitədir. Ən çox diqqət çəkən alqoritmlərdən biri Shor alqoritmıdır, hansı ki, böyük ədədlərin çarpanlara ayrılması problemini klassik üsullardan qat-qat sürətli həll edir [2].

Shor alqoritmı 1994-cü ildə Piter Shor tərəfindən təklif olunmuşdur. Alqoritm mod NNN üzrə müəyyən bir funksiyanın periodunu tapmaqla faktorizasiyanı təmin edir. Kvant Fourier çevrilməsi bu periodun yüksək dəqiqliklə tapılmasına imkan yaradır. Beləliklə, klassik faktorizasiya üsullarının eksponential vaxt mürəkkəbliyinə qarşı, Shor alqoritmı polinomial mürəkkəbliklə nəticə əldə edir.

Klassik metodlarda – sadə bölmə, Fermat və Kvadratik süzgəc üsullarında – böyük ədədlərin çarpanlara ayrılması çox vaxt aparır. Bu səbəbdən, Shor alqoritmının işləməsi kvant üstünlüyünü nümayiş etdirir və RSA kimi kriptografik sistemlər üçün potensial təhlükə yaradır [3].

Son tədqiqatlarda Shor alqoritmı müxtəlif kvant kompüter simulyatorla-

rında sınaqdan keçirilmişdir. GPU əsaslı sistemlərdə aparılan sınaqlar nəticəsində 40 kubitə qədər modellərdə uğurlu faktorizasiya müşahidə edilmişdir [4]. Simulyasiya nəticələri göstərir ki, alqoritm orta hesabla 50%-dən artıq uğur ehtimalına malikdir.

Bununla yanaşı, texnoloji məhdudiyyətlər – dekoherensiya, səsə qarşı həssaslıq və xəta düzəltmə problemləri – hələ də mövcuddur. Bu səbəbdən, Shor alqoritmının real kvant cihazlarında tam tətbiqi gələcəkdə daha sabit və xətasız kubit texnologiyalarının inkişafından asılıdır.

Kvant hesablamanın tətbiqi yalnız faktorizasiya ilə məhdudlaşmır. Kvant sistemləri optimallaşdırma, kimyəvi modelləşdirmə və süni intellekt sahələrində də yeni imkanlar açır. Lakin bu potensialdan tam istifadə etmək üçün kvant alqoritmlərinin simulyasiya səviyyəsində öyrənilməsi mühüm mərhələdir.

Nəticə

Aparılan təhlil göstərir ki, kvant kompüter simulyasiyaları Shor alqoritm kimi kvant alqoritmlərinin səmərəliliyini qiymətləndirmək üçün əsas vasitədir. Nəticələr bu alqoritmın klassik faktorizasiya üsullarından əhəmiyyətli dərəcədə sürətli olduğunu sübut edir. Kvant texnologiyalarının inkişafı ilə informasiya təhlükəsizliyi sahəsində köklü dəyişikliklər gözlənilir. Gələcəkdə sabit kvant prosessorların yaranması kriptografiya sistemlərinin yenidən qurulmasını zəruri edəcəkdir.

Ədəbiyyat

1. A.Mustafayeva. *Kvant hesablamaya giriş*. Bakı, Elm nəşriyyatı, 2024, 280 s.
2. P.Shor. *Algorithms for quantum computation: Discrete logarithms and factoring*. SIAM Journal of Computing, 1997, 26(5), s. 1484–1509.
3. M.Nielsen, I.Chuang. *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge University Press, 2010.
4. R.Smith, J.Martinez. *Simulating Shor's algorithm on GPU-based quantum systems*. Journal of Quantum Simulation, 2023, 18(2), s. 112–124.

İDARƏETMƏDƏ OYUNLAR NƏZƏRİYYƏSİ: ÜSTÜNLÜK MÜNASİBƏTLƏRİ

Əhmədova Nəzrin

(BDU, Tətbiqi Riyaziyyat və Kibernetika fakültəsi, Sabah)

ahmadovanazrin@gmail.com

Xülasə: Bu işdə oyunlar nəzəriyyəsinin idarəetmədəki tətbiqləri, xüsusilə üstünlük münasibətlərinin riyazi və davranış əsaslı modelləşdirilməsi sistemli şəkildə təhlil olunur. Üstünlük münasibətlərinin aksiomatik xüsusiyyətləri, faydalılıq funksiyaları, risk altında qərar qəbulu və qrup qərarlarının optimallaşdırılması kimi aspektlər ətrafı araş-

dırılmışdır. Tədqiqat, üstünlük münasibətlərinin idarəetmədə strateji qərar qəbulu və təşkilati davranışların təhlili üçün metodoloji baza təmin etdiyini göstərir. Praktiki nümunələr vasitəsilə bu modellərin real həyat ssenarilərində tətbiqi nümayiş etdirilir.

Açar sözlər: Oyun nəzəriyyəsi, üstünlük münasibətləri, qərar qəbulu, faydalılıq funksiyası, Pareto optimallığı

Giriş

Oyunlar nəzəriyyəsi idarəetmə elmində qərar qəbulu proseslərinin modeləşdirilməsində mühüm rol oynayır. Üstünlük münasibətləri, oyunçuların (idarəetmə kontekstində menecerlər, işçilər və ya təşkilatlar) qərarlarının riyazi və davranış əsaslı təhlilini təmin edən əsas anlayışlardan biridir. Bu münasibətlər, rasionallıq, tamlıq və tranzitivlik kimi aksiomlara əsaslanaraq, qərar qəbulunun strukturunu müəyyənləşdirir. Müasir idarəetmədə üstünlük münasibətləri təkcə riyazi optimallaşdırma üçün deyil, həm də sosial, psixoloji və etik dinamikaların öyrənilməsi üçün istifadə olunur. Bu işdə üstünlük münasibətlərinin riyazi tərif, aksiomatik xüsusiyyətləri, praktiki tətbiqləri və idarəetmədəki rolu sistemli şəkildə təhlil edilir.

1. Üstünlük Münasibətlərinin Riyazi Əsasları və Tətbiqləri

Üstünlük Münasibətlərinin Tərif və Aksiomatik Xüsusiyyətləri

Oyunlar nəzəriyyəsində oyunçunun qərarları onun üstünlük münasibətləri ilə müəyyənləşir. Zəif üstünlük münasibəti ikili münasibət kimi təyin olunur[1]: x variantı y variantından zəif üstündür və ya ona bərabərdir ($x \geq y$). Üç əsas hal mövcuddur:

Ciddi üstünlük: $x > y$, yəni x variantı y -dən qəti şəkildə üstündür.

İndifferensiya: $x \sim y$, yəni oyunçu x və y arasında fərq qoymur.

Zəif üstünlük: $x \geq y$, yəni x ya y -dən üstündür, ya da bərabərdir.

Rasional qərar qəbulu üçün üstünlük münasibətləri aşağıdakı aksiomlara cavab verməlidir:

Tamlıq: Hər iki variant (x, y) üçün ya $x \geq y$, ya da $y \geq x$ olmalıdır.

Tranzitivlik: Əgər $x \geq y$ və $y \geq z$, onda $x \geq z$.

Davamlılıq: Münasibət davamlı olmalıdır ki, faydalılıq funksiyası təyin oluna bilsin. Bu aksiomlar Von Neumann – Morgenstern nəzəriyyəsinin əsasını təşkil edir və idarəetmədə rasional qərar qəbulu üçün baza yaradır (Gubko və Novikov, 2005).

Faydalılıq Funksiyası və Çoxkriteriyalı Qərarlar

Əgər üstünlük münasibəti tam, tranzitiv və davamlıdırsa, Debreu teoreminə əsasən real qiymətli faydalılıq funksiyası $u(x)$ mövcuddur[2]. Çoxkriteriyalı qərar qəbulunda çəkili cəm modeli istifadə olunur: $u(x) = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots +$

$w_n x_n$, burada w_i kriteriyaların çəkilibiridir. Məsələn, bir layihənin seçilməsində keyfiyyət, qiymət və vaxt kimi kriteriyalar çəkilibirlə qiymətləndirilir (Kelly, 2011).

Risk Altında Qərar Qəbulu

Riskli vəziyyətlərdə qərarlar loteriya kimi modelləşdirilir. Loteriya $L = (p_1, x_1; p_2, x_2; \dots; p_n, x_n)$ üçün gözlənilən faydalılıq: $EU(L) = p_1 u(x_1) + p_2 u(x_2) + \dots + p_n u(x_n)$. Riskdən qaçma əmsalı (Arrow-Pratt) qərar qəbul edənin riskə münasibətini müəyyənləşdirir:

- $R(x) > 0$: Riskdən qaçma.
- $R(x) = 0$: Riskə laqeydlilik.
- $R(x) < 0$: Risk sevmə.

Pareto Optimalı və Qrup Qərarları

Çox oyunçu ssenarilərində Pareto optimalı mühüm rol oynayır. Bir nəticə Pareto optimaldır, əgər heç bir oyunçunun vəziyyətini yaxşılaşdırmadan digərinin vəziyyəti pisləşdirilə bilməz [6]. Məsələn, resurs bölgüsü zamanı Pareto sərhədi bütün mümkün optimal həlləri müəyyənləşdirir (Невежин, 2014).

Strateji Oyunlar və Nash Tarazlığı

Strateji oyunlarda üstünlük münasibətləri dominant strategiyalar və Nash tarazlığı ilə təhlil edilir. Dominant strategiya oyunçunun digər oyunçuların seçimindən asılı olmayaraq ən yaxşı nəticəni təmin edir. Nash tarazlığı isə heç bir oyunçunun strategiyasını dəyişmək istəmədiyi vəziyyətdir. Məsələn, reklam strategiyası oyununda (2×2 matris) Nash tarazlığı (Reklam, Reklam) $\rightarrow (40, 40)$ kimi təyin oluna bilər.

Praktiki Tətbiqlər

- İnvestisiya Qərarı: Layihələrin seçilməsində faydalılıq funksiyası istifadə olunur. Məsələn, iki layihə (P_1, P_2) üçün gözlənilən faydalılıq hesablanır: $EU(P_1) = 0.7 \cdot u(90) + 0.3 \cdot u(10)$, $EU(P_2) = 0.3 \cdot u(60) + 0.7 \cdot u(30)$
- Heyət Motivasiyası: İşçilərin üstünlükləri (məsələn, maaş və iş şəraiti) nəzərə alınaraq optimal motivasiya paketi tərtib edilir.
- AHP Metodu: Çoxkriteriyalı qərar qəbulunda analitik iyerarxiya prosesi (AHP) istifadə edilərək kriteriyaların çəkilibirləri hesablanır.

2. İdarəetmədə Üstünlük Münasibətlərinin Transformasiyası

Müasir idarəetmədə üstünlük münasibətləri təkcə riyazi modellərlə məhdudlaşmır, həm də davranış və psixoloji faktorlarla inteqrasiya olunur. Məsələn, Condorcet paradoksu kimi dövrü üstünlüklər qrup qərarlarında qeyri-sabitliyi göstərir və menecerlərə komanda dinamikalarını anlamağa kömək

edir. Rəqəmsal texnologiyalarla dəstəklənən qərar ağacları və simulyasiya modelləri isə mürəkkəb ssenariləri real vaxtda təhlil etməyə imkan verir[3]. Son tədqiqatlar (məsələn, Shi, 2024; Gautam və Ben-Idris, 2023) üstünlük münasibətlərinin yaşıl təchizat zənciri və enerji sistemlərində tətbiqini vurğulayır.

Nəticə

1. Üstünlük münasibətləri idarəetmədə qərar qəbulunun riyazi və davranış əsaslı təhlilini təmin edir.
2. Tamlıq və tranzitivlik aksiomları rəşional qərar qəbulunun əsasını təşkil edir.
3. Faydalılıq funksiyaları və çoxkriteriyalı modellər (AHP, çəkili cəm) mürəkkəb qərarları strukturlaşdırır.
4. Risk altında qərar qəbulunda gözlənilən faydalılıq və Arrow-Pratt əmsalı effektiv alətlərdir.
5. Pareto optimalı və Nash tarazlığı qrup qərarları və strateji oyunlar üçün metodoloji baza yaradır.
6. Praktiki tətbiqlər (investisiya, motivasiya, reklam) üstünlük münasibətlərinin idarəetmədə funksionallığını göstərir.
7. Oyunlar nəzəriyyəsi və üstünlük münasibətləri idarəetmədə integral və adaptiv yanaşma təklif edir.

Ədəbiyyat

1. Gubko, M.V., Novikov, D.A. *Game Theory in Management: Models and Applications*. Moscow: Nauka, 2005.
2. Неужин, В.Р. *Introduction to Game Theory and Decision Making*. Moscow: URSS, 2014.
3. Kelly, A. *Decision Making Using Game Theory: An Introduction for Managers*. Cambridge University Press, 2011.
4. Shi, Ruomeng. *Game-Theoretic Analysis of Operational Decisions in Green Supply Chain: Impact of Consumer Preferences*. SHS Web of Conferences, Vol. 208, 2024, pp. 1–9.
5. Gautam, Mukesh, Ben-Idris, Mohammed. *Coalition Game Theory in Energy Systems: Applications, Challenges, and Future Directions*. arXiv preprint arXiv:2302.06767, 2023, pp. 1–25.
6. Xu, Yuecheng. *Application of Game Theory in Business Decision Making*. SHS Web of Conferences, Vol. 188, 2024, pp. 1–4.

İSTİLİKKEÇİRMƏ TƏNLIYI ÜÇÜN QARIŞIQ MƏSƏLƏSİNİN HƏLLİNİN MİNİMUMLAŞDIRILMASI

Əhmədova Nuranə, Əhmədov Saleh

(Bakı Dövlət Universiteti, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi,
nuranakhmedova@gmail.com, salehmedov0@gmail.com)

Xülasə: İstilikkeçirmə tənliyi üçün qarışıq məsələnin həllində başlanğıc funksiyanın ixtiyari olması məsələnin həllini, yəni temperaturun yayılmasını bu funksiya vasitəsilə idarə etmək mümkün olur. Bu funksiyayı elə seçmək mümkündür ki, istilik miqdarının sərfiyyatı minimum olsun.

Açar sözlər: funksional, funksiyalar sinfi, sərhəd şərtləri, Furiye əmsalları, qarışıq məsələ

Uzunluğu $l = 1$ olan bir çubuqda istiliyin yayılma prosesinə baxaq. Çubuğun uclarında temperatur sıfır saxlanılır, başlanğıcda isə müəyyən bir temperatur paylanması verilir. Tutaq ki, biz müəyyən zaman anlarında çubuğun bütün nöqtələrindəki temperaturu ölçmək imkanına maliklik və istəyirik ki, bu temperatur dəyərləri verilmiş rejimdən mümkün qədər az kənara çıxsın. Aydındır ki, bu məqsədə düzgün başlanğıc temperatur seçimi ilə nail olmaq mümkündür. Məhz bu məsələ aşağıdakı işdə araşdırılır.

Təsvir olunan məsələnin riyazi forması aşağıdakı şəkildə yazaq [1]. Belə ki, minimallaşdırılan funksional aşağıdakı kimidir:

$$J(\Phi) = \sum_{j=0}^m \alpha_j u(t_j, x, \Phi) - \varphi_j(x)_{L_2(0,1)}^2 \quad (1)$$

burada $u(t, x, \Phi)$ aşağıdakı məsələnin həllidir:

$$u_t = a^2 u_{xx}, \quad 0 < x < 1, t > 0 \quad (2)$$

$$u(t, 0) = u(t, 1) = 0, \quad (3)$$

$$u(0, x) = \Phi(x) \quad (4)$$

burada $\alpha_0 \geq 0$, $\alpha_j > 0$ ($j = 1, \bar{m}$) və t_j ($0 = t_0 < t_1 < \dots < t_m$) verilmiş ədədlərdir,

$\varphi_j(x) \in L_2(0,1)$ ($j = 0, \bar{m}$) isə verilmiş funksiyalardır.

Qəbul edilən başlanğıc funksiyalar sinfi $\Phi(x) \in L_2(0,1)$ kimi götürülür. Məsələnin (2)–(4) həlli dedikdə elə bir $u(t, x, \Phi)$ funksiyası nəzərdə tutulur ki,

1. $u(t, x, \Phi) \in C^{1,2}(t > 0, 0 \leq x \leq 1) \cap L_2(t \geq 0, 0 \leq x \leq 1)$;
2. $u(t, x, \Phi)$ tənliyə (2) və sərhəd şərtlərinə (3) nöqtəvi mənada cavab verir;
3. başlanğıc şərti (4)-ü aşağıdakı mənada ödəyir:

$$\lim_{t \rightarrow 0} \int_0^1 |u(t, x, \Phi) - \Phi(x)|^2 dx = 0. \quad (5)$$

Nəzəriyyədən məlumdur ki, (2)-(4) qarışıq məsələnin həlli aşağıdakı kimi tapılır [2], [4]

$$u(t, x, \Phi) = \sqrt{2} \sum_{k=1}^{\infty} \Phi_k e^{-a^2 k^2 \pi^2 t} \sin(k\pi x), \quad (6)$$

burada

$$\Phi_k = \sqrt{2} \int_0^1 \Phi(x) \sin(k\pi x) dx. \quad (7)$$

Asanlıqla göstərmək olar ki, (6) şəklində tapılmış həll yeganədir.

İşdə əsas nəticə nəticə olaraq aşağıdakı teoremlər isbat edilmişdir.

Teoremlər. Əgər $\alpha_j > 0$ ($j = 0, \bar{m}$) və $\varphi_j(x) \in L_2(0,1)$ olarsa, onda funksionalın (1) minimal qiyməti $L_2(0,1)$ sinfində yeganə bir $\Phi^*(x)$ funksiyasında əldə edilir.

Bu funksiya (8) düsturu ilə ifadə olunur və onun minimal qiyməti (9) bərabərliyi ilə müəyyən olunur [3].

$$\Phi^*(x) = \bar{2} \sum_{k=1}^{\infty} \left(\sum_{j=0}^m \alpha_j e^{-2a^2 k^2 \pi^2 t_j} \right) - 1 \left(\sum_{j=0}^m \alpha_j e^{-a^2 k^2 \pi^2 t_j} \varphi_{jk} \right) \sin k\pi x \quad (8)$$

$$\min_{\Phi(x) \in L_2(0,1)} J(\Phi) = \sum_{k=1}^{\infty} \left(\sum_{s=0}^m \alpha_s e^{-2a^2 k^2 \pi^2 t_s} \right) - 1. \quad (9)$$

Bundan əlavə,

$$\min_{\Phi(x) \in L_2(0,1)} J(\Phi) = 0$$

yalnız və yalnız o halda baş verir ki, funksiyaların $\varphi_j(x)$ ($j = 0, \bar{m}$) Furye əmsalları (10) əlaqəsini ödəsinlər.

Bu halda $\Phi^*(x) = \varphi_0(x)$ olar.

$$\varphi_{jk} = e^{-a^2 k^2 \pi^2 t_j} \varphi_{0k} \quad (j = 1, 2, \dots, m) \quad (10)$$

Ədəbiyyat

1. Wang, Y, Yang, D-H, Yong, J, Yu, Z: Exact controllability of linear stochastic differential equations and related problems. Math. Control Relat. Fields 7(2), 305-345 (2017)
2. В.П.Михайлов. Дифференциальные уравнения в частных производных. М., «Наука», 1976.
3. F. Tröltzsch and A. Unger. Fast solution of optimal control problems in the selective cooling of steel. ZAMM, 81:447-456, 2001.
4. С.К.Годунов. Уравнения математической физики. М., «Наука», 1971.

MAKENXOUPT TIPLİ ÇƏKİLİ FƏZALARDA ÜMUMİLƏŞMİŞ SÜRÜŞMƏ İLƏ BAĞLI BÜKMƏ TIPLİ OPERATORLARIN MƏHDUDLUĞU

Əkbərov Asim, Qasimova Sabrina

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

akbarovasim1980@mail.com, sabrina.qasimova06@mail.ru

Xülasə: İşdə Laplas-Bessel diferensial operatorunun doğurduğu ümumiləşmiş sürüşmə ilə bükmə tipli operatorların kafi qədər geniş sinfi olan $K_v(p, q)$ sinfinə baxılır. Bu sinfdən olan operatorlar üçün təkcə bir fəza dəyişənindən asılı olan müsbət çəkirlərlə ikiçəkili $L_{p,v}$ qiymətləndirmələri alınır.

Açar sözlər: Sinqulyar inteqrallar, potensiallar, çəkili qiymətləndirmələr, ümumiləşmiş sürüşmə operatoru.

Tutaq ki, R_m – m ölçülü Evklid fəzasıdır,

$$R_m^+ = \{x: x = (x_1, \dots, x_m), x_m > 0\},$$

$$T^s u(x) = C_v \int_0^\pi u\left(x' - s', \sqrt{x_m^2 - 2x_m s_m \cos \alpha + s_m^2}\right) \sin^{2v-1} \alpha d\alpha$$

-isə ümumiləşmiş sürüşmə operatorudur, burada $x = (x', x_m)$, $s = (s', s_m)$, $x', s' \in R_{m-1}$, $v > 0$, C_v - sabitdir.

Fərz edək ki,

$$L_{p,v} \equiv L_{p,v}(R_m^+) = \left\{ f \text{ ölç.} : \|f\| \stackrel{\text{def}}{=} \left(\int_{R_m^+} |f(x)|^p x_m^{2v} dx \right)^{\frac{1}{p}} < +\infty \right\}$$

burada $1 \leq p < \infty$, $dx = dx_1 \dots dx_m$.

Tərifə görə [1] $1 < p < \infty$ olduqda $K_v(p, q)$ ilə elə

$$(Au)(x) \stackrel{\text{def}}{=} \int_{R_m^+} K(s) T^s u(x) s_m^{2v} ds \quad (1)$$

operatorlar sinfini işarə edək ki,

$$|K(s)| \leq c_k |s|^{-(m+2v-\alpha)}, \quad s \neq 0, \quad \alpha = (m+2v) \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{q} \right)$$

şərti ödənsin və A operatoru $L_{p,v}$ -dən $L_{q,v}$ -yə məhdud təsir etsin.

Aşkardır ki, $K_v(p, q)$ sinfi $p = q$ olduqda sinqulyar inteqral operatorları, $p \neq q$ olduqda isə Riss və Bessel potensiallarını özündə saxlayır.

Teorem [2]. Tutaq ki, $A \in K_v(p, q)$, ω və ω_1 isə

$$\sup_{t > 0} \left(\int_0^t \left(\omega_1(\xi) \xi^{\frac{a_i+1}{q}} \right)^q \frac{d\xi}{\xi} \right)^{\frac{1}{q}} \left(\int_t^{+\infty} \left(\omega(\xi) \xi^{\frac{a_i+1}{p}} \right)^{-p} \frac{d\xi}{\xi} \right)^{\frac{1}{p}} < +\infty \quad (2)$$

şərtini ödəyən müsbət azalan funksiyalardır. Onda $u \in L_{p,v}(\omega(|x_i|), R_m^+)$ funksiyalar üçün $Au \in L_{q,v}(\omega_1(|x_i|), R_m^+)$ və u -dan asılı olmayan elə $c > 0$ sabiti var ki,

$$\|Au: L_{q,v}(\omega_1(|x_i|), R_m^+)\| \leq c \|u: L_{p,v}(\omega(|x_i|), R_m^+)\|$$

qiymətləndirmələri doğrudur, burada

$$a_i = \begin{cases} 2v, & i = m \\ 0 & i = \{1, \dots, m-1\} \end{cases}, \quad p' = \frac{p}{p-1},$$

$$L_{p,v}(\omega(|x_i|), R_m^+) \stackrel{\text{def}}{=} \left\{ u: \text{ölç.} : \|u\|_{L_{p,v}(\omega, R_m^+)}^p = \int_{R_m^+} (|u(x)|\omega(|x_i|))^p d\mu(x) < +\infty \right\},$$

$$d\mu(x) = \begin{cases} dx_i, & i = \{1, \dots, m-1\} \\ x_m^{2v}, & i = m. \end{cases}$$

Ədəbiyyat

1. С.К.Абдуллаев, А.А.Акперов. Весовые оценки сингулярных и слабо сингулярных интегралов, порожденных обобщенным сдвигом. Вестник Бакинского Университета, серия физико-математических наук, 2008, № 3, с. 65-75.
2. А.Ə.Əkbərov, S.E.Qasimova. Ümumiləşmiş sürüşmə ilə bağlı bükmə tipli operatorların bəzi struktur xassələri. Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 102-ci ildönümünə həsr olunmuş "Təbiiqi riyaziyyatın müasir problemləri" mövzusunda Respublika elmi konfransının materialları, 12-13 may, 2025, s. 99-100.

BULUD TEXNOLOGİYALARINDA REAL VAXT MƏLUMATLARININ İDARƏ EDİLMƏSİ: ANALİTİK YANAŞMALAR VƏ İNTEQRASIYA MODELƏRİ

Əkbərova Aygün

Mingəçevir Dövlət Universiteti

aygun.akbarova.itm24@mdu.edu.az

Xülasə: Müasir rəqəmsal iqtisadiyyatda real vaxt rejimində məlumatların idarə olunması müəssisələrin qərar qəbul etmə sürətini və əməliyyat çevikliyini müəyyən edən əsas amillərdən birinə çevrilmişdir. Bulud texnologiyalarının inkişafı bu istiqamətdə yeni imkanlar açaraq, böyük həcmli məlumatların (Big Data) toplanması, saxlanması və emalında elastik və miqyaslanı bilən infrastruktur təmin edir. Məqalədə bulud texnologiyalarının real vaxt rejimində məlumatların idarə edilməsində rolu, analitik yanaşmaların təbiiqi və integrasiya modellərinin formalaşması araşdırılır. Xüsusilə, Platform as a Service (PaaS) və Infrastructure as a Service (IaaS) modellərinin məlumat axınlarının idarə edilməsində funksional üstünlükləri, həmçinin Apache Kafka, Amazon Kinesis və Google Cloud

Dataflow kimi sistemlərin performans göstəriciləri müqayisəli şəkildə təhlil edilir. Tədqiqatda həmçinin məlumatların təhlükəsizliyi, gecikmələrin minimallaşdırılması və real vaxt analitikalarının tətbiqi məsələləri elmi-praktik baxımdan araşdırılır. Nəticələr göstərir ki, bulud əsaslı integrasiya modellərinin tətbiqi müəssisələrdə məlumat axınlarının avtomatlaşdırılmasını, operativ qərarların qəbulunu və resursların səmərəli istifadəsini təmin edir. Beləliklə, real vaxt rejimində məlumat idarəçiliyi üzrə bulud həlləri rəqəmsal transformasiyanın mühüm komponenti kimi çıxış edir və gələcəkdə süni intellektlə integrasiya olunmuş hibrid arxitekturaların formalaşması üçün zəmin yaradır.

Açar sözlər: *Bulud texnologiyaları, real vaxt məlumat idarəçiliyi, analitik modellər, integrasiya sistemləri, rəqəmsal transformasiya.*

Bulud texnologiyaları müasir informasiya sistemlərinin əsas arxitektura sütunlarından biri hesab olunur və rəqəmsal iqtisadiyyatın transformasiyasında aparıcı rol oynayır. Onun nəzəri əsasları paylanmış hesablama, virtualizasiya və xidmət yönümlü arxitektura prinsiplərinə əsaslanır. Bu prinsiplər məlumatların saxlanması, emalı və paylaşımını mərkəzləşdirilmiş serverlərdən çıxaraq çevik, miqyaslı bilən və coğrafi baxımdan asılı olmayan mühitdə həyata keçirməyə imkan verir. Bulud texnologiyasının mahiyyəti, istifadəçilərin istənilən vaxt və məkandan hesablama resurslarına — prosessor gücünə, yaddaşa, tətbiqlərə və məlumat bazalarına — xidmət kimi çıxış imkanı qazanması ilə müəyyən olunur.

Real vaxt rejimində məlumat idarəçiliyi isə bulud mühitində bu prinsiplərin dinamik və sinxron şəkildə tətbiqini zəruri edir. Ənənəvi məlumat emalı sistemlərindən fərqli olaraq, real vaxt rejimində emal edilən məlumatlar yüksək tezlikdə daxil olur və dərhal analiz edilməlidir. Bu, xüsusilə maliyyə bazarları, nəqliyyat axınlarının idarə olunması, enerji paylanması və tibbi monitorinq kimi sahələrdə operativ qərar qəbulunu mümkün edir. Real vaxt məlumat idarəçiliyi konsepsiyası “stream processing” və “event-driven architecture” kimi modellər üzərində qurulur. Bu modellər məlumatların daxil olma anından etibarən emal olunmasını və nəticələrin gecikmədən istifadəçiyə çatdırılmasını təmin edir. [2]

Bulud infrastrukturunda bu proseslərin həyata keçirilməsi “Infrastructure as a Service” (IaaS), “Platform as a Service” (PaaS) və “Software as a Service” (SaaS) kimi xidmət səviyyələri üzərində qurulur. İaaS fiziki serverlər və şəbəkə resurslarının idarəsini, PaaS tətbiqlərin işlədilməsi üçün mühitin təminini, SaaS isə istifadəçilərə birbaşa proqram təminatına çıxış imkanı yaradır. Bu çoxsəviyyəli struktur real vaxt məlumat axınlarının ardıcıl şəkildə qəbul, emal və saxlanmasına şərait yaradır.

Praktik baxımdan, bu konseptual çərçivə Apache Kafka, Amazon Kinesis,

Google Cloud Dataflow kimi platformalar vasitəsilə reallaşdırılır. Bu sistemlər “publish-subscribe” prinsipi ilə işləyərək müxtəlif mənbələrdən daxil olan məlumatların paralel və fasiləsiz axın şəklində ötürülməsini təmin edir. Burada məlumatların ardıcılığı, itkisiz ötürülməsi və sinxronlaşdırılması prioritet təşkil edir. Real vaxt rejimində məlumat idarəçiliyi yalnız texnoloji infrastrukturun deyil, həm də müasir analitik yanaşmaların effektiv tətbiqini tələb edən çoxşaxəli bir prosesdir. Bu istiqamətdə əsas məqsəd məlumatların daxil olduğu andan etibarən təhlil edilməsi, nəticələrin dərhal formalaşdırılması və qərar qəbul etmə sistemlərinə ötürülməsidir. Elmi baxımdan bu yanaşmalar “stream analytics”, “complex event processing (CEP)” və “predictive analytics” modelləri üzərində qurulur. Bu modellər məlumatların axın şəklində emalını, anomaliyaların aşkarlanmasını və hadisələrin proqnozlaşdırılmasını təmin etməklə sistemin intellektual idarəçiliyini formalaşdırır. “Stream analytics” real vaxt məlumat emalı prosesinin əsasını təşkil edir. Bu yanaşmada məlumatlar toplu şəkildə deyil, davamlı axın şəklində emal olunur. Məsələn, Apache Spark Streaming və Flink platformaları hadisələrin saniyələr içində emalını və nəticələrin vizuallaşdırılmasını təmin edir. Burada modelləşdirmə “micro-batching” və “window-based processing” prinsiplərinə əsaslanır. Bu üsullar məlumat axınlarının təhlilində həm çeviklik, həm də dəqiqlik yaradır. “Complex event processing” (CEP) isə çoxsaylı hadisələri real vaxtda əlaqələndirərək daha mürəkkəb nümunələri aşkarlamağa imkan verir. Bu, xüsusilə maliyyə əməliyyatlarında fırlıdaqçılıq aşkarlanması və enerji sistemlərində yüklənmə anomaliyalarının izlənməsi kimi praktiki sahələrdə tətbiq edilir. [1]

Analitik yanaşmaların elmi əsaslarından biri də proqnozlaşdırıcı modelləşdirmədir. “Predictive analytics” süni intellekt və maşın öyrənməsi (machine learning) alqoritmlərinə əsaslanaraq gələcək hadisələrin ehtimalını müəyyənləşdirir. Məsələn, “regression analysis”, “time series forecasting” və “neural networks” metodları real vaxt məlumatları üzərində işləyərək riskləri və tendensiyaları öncədən müəyyən edir. Bu metodologiya bulud əsaslı sistemlərdə AWS Machine Learning, Azure ML və Google Vertex AI kimi platformalar üzərindən həyata keçirilir və məlumat axınlarının avtomatik proqnozlaşdırılmasını təmin edir.

Praktik səviyyədə isə real vaxt analitik modellərin tətbiqi müəssisələrdə qərar qəbul etmə prosesini köklü şəkildə dəyişir. Enerji sektorunda sensorlardan gələn məlumatların dərhal analiz olunması, səhiyyədə pasiyentlərin vəziyyətinin onlayn monitorinqi, nəqliyyatda trafik axınlarının idarə olunması kimi nümunələr bu yanaşmaların səmərəliliyini göstərir.

Elmi nəticələr göstərir ki, real vaxt məlumat idarəçiliyində optimal anali-

tik model yalnız texnoloji resurslara deyil, həm də məlumat keyfiyyətinə, emal arxitekturasına və alqoritmik çevikliyə əsaslanmalıdır. Bu baxımdan “hybrid analytical frameworks” – yəni toplu və axın emalı modellərinin inteqrasiyası – ən effektiv həll yolu kimi qəbul olunur. Beləliklə, analitik yanaşmaların elmi təhlili və modelləşdirilməsi bulud texnologiyalarının əsas üstünlüklərindən – miqyaslanma bilmə, adaptivlik və resurs optimallaşdırılmasından – tam şəkildə yararlanmağa şərait yaradır. [4]

Bulud əsaslı inteqrasiya modelləri real vaxt rejimində məlumatların idarə edilməsində həm texnoloji, həm də təşkilati baxımdan əsas rol oynayır. Bu modellər fərqli məlumat mənbələrinin — sensorlar, IoT cihazları, onlayn tətbiqlər və müəssisədaxili məlumat bazalarının — vahid sistemdə birləşdirilməsini təmin edir. Nəticədə, məlumat axınları arasında sinxron əlaqə yaradılır, gecikmələr minimuma endirilir və analiz nəticələrinin operativ şəkildə istifadəçiyə çatdırılması mümkün olur. İnteqrasiya modellərinin praktik tətbiqi müəssisələrə yüksək çeviklik, resurs səmərəliliyi və strateji qərarvermədə üstünlük qazandırır.

Elmi-praktik baxımdan bulud inteqrasiyası əsasən üç model üzərində qurulur: mərkəzləşdirilmiş (centralized integration), paylanmış (distributed integration) və hibrid (hybrid integration) yanaşmaları. Mərkəzləşdirilmiş modeldə bütün məlumatlar vahid serverdə emal olunur, bu isə daha güclü nəzarət və təhlükəsizlik təmin etsə də, gecikməyə səbəb ola bilər. Paylanmış modeldə isə məlumat axınları müxtəlif bulud qovşaqlarında paralel şəkildə emal edilir, bu da sistemin performansını artırır. Hibrid model hər iki yanaşmanın üstünlüklərini birləşdirərək həm çeviklik, həm də etibarlılıq təmin edir.

Təcrübəvi tədqiqatlar göstərir ki, bulud əsaslı inteqrasiya modelləri ənənəvi on-premise sistemlərə nisbətən məlumat emal sürətini 30–45% artırır, gecikməni isə 60%-ə qədər azalda bilər. Bundan əlavə, belə sistemlərdə məlumat itkisi minimum səviyyəyə endirilir və məlumat təhlükəsizliyi üçün avtomatik şifrələmə mexanizmləri tətbiq olunur. [3]

Ədəbiyyat

1. Gürbüz, A., & Yıldırım, F. (2022). Bulut bilişimde gerçek zamanlı veri yönetimi: Mimariler ve performans analizleri. *Anadolu Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 58–71.
2. Hasanov, R. (2023). Bulud texnologiyalarında məlumat axınlarının idarə edilməsi və inteqrasiya modelləri. Bakı: Azərbaycan Texniki Universiteti Nəşriyyatı.
3. Mammadov, E., & Aliyeva, S. (2024). Bulud hesablama mühitində real vaxt analitik sistemlərinin optimallaşdırılması. *Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti Elmi Xəbərləri*, 12(3), 122–135.
4. Zhang, Q., Cheng, L., & Boutaba, R. (2018). Cloud computing: State-of-the-art and research challenges. *Journal of Internet Services and Applications*, 9(1), 1–23.

SİĞORTADA EKSTREMAL HADİSƏLƏRİN MODELLEŞDİRİLMƏSİ

Ələkbərov Toğrul, Ağayeva Mirvari

(BDU, Sabah qrupları, Ehtimal nəzəriyyəsi və riyazi statistika)

togrul.alakbarov.arif@bsu.edu.az

Xülasə: *Təqdim olunan işdə sığorta və maliyyə sistemlərində ekstremal hadisələrin modelləşdirilməsi, ehtimal və statistik üsulların integrasiyası, həmçinin Monte-Karlo simulyasiyası vasitəsilə riskin ölçülməsi məsələləri tədqiq edilmişdir.*

Açar sözlər: *Ekstremal dəyərlər nəzəriyyəsi, risk modelləri, Monte-Karlo simulyasiyası, Value-at-Risk, sığorta*

Müasir iqtisadiyyatın mürəkkəb strukturunda risklərin təbiəti və intensivliyi xüsusilə maliyyə və sığorta sektorlarında daha kəskin formada təzahür edir. Bu səbəbdən, nadir və yüksək zərər potensialına malik hadisələrin modelləşdirilməsi iqtisadi təhlükəsizlik və dayanıqlığın təmin edilməsində mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Ekstremal Dəyərlər Nəzəriyyəsi (EDN) belə hadisələrin ehtimal paylanmasını müəyyənləşdirmək üçün əsas elmi-metodoloji çərçivə hesab olunur [3, s. 211].

Ekstremal hadisələrin modelləşdirilməsi zamanı təsadüfi dəyişənlərin maksimum və minimum dəyərlərinin limit paylanması tədqiq edilir. Bu məqsədlə, Gumbel, Fréchet və Weibull paylanmalarını birləşdirən Ümumi Ekstremal Dəyər (GEV) modeli geniş tətbiq olunur. Model aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$G(x) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\}, \quad 1 + \xi \frac{(x - \mu)}{\sigma} > 0$$

Burada

μ – orta,

σ – miqyas,

ξ – forma parametridir.

Bu parametrlərin paylanmanın quyruq qalınlığını, yəni hadisənin ekstremallıq dərəcəsini müəyyənləşdirir [1, s. 229].

Sığorta sistemlərində ekstremal modellər, xüsusilə Monte-Karlo simulyasiyası vasitəsilə, yüksək zərər risklərinin ehtimal paylanmasını proqnozlaşdırmaq üçün effektiv alət kimi çıxış edir. Simulyasiya nəticəsində əldə edilən VaR (Value-at-Risk) və ES (Expected Shortfall) göstəriciləri kapital adekvatlığının və risk zonalarının təyininə imkan verir. Məsələn, 99% etimad səviyyəsində VaR göstəricisi 1 milyon AZN-lik sığorta portfelində təqribən 150 000 AZN səviyyə-

sində risk ehtimalı göstərir ki, bu da müəssisələrin maliyyə sabitliyinin qorunmasında strateji əhəmiyyət daşıyır [2, s. 11].

Ekstremal hadisələrin modelləşdirilməsində Maksimum ehtimallıq metodu (MLE) və Pickands təxmini kimi statistik üsulların tətbiqi modellərin empirik sabitliyini artırır. Copula yanaşması isə müxtəlif risk kateqoriyalarının – məsələn, təbii fəlakət və valyuta risklərinin – qarşılıqlı asılılığını modelləşdirərək daha real çoxölçülü nəticələr əldə etməyə imkan yaradır. Nəticə etibarilə, ekstremal modellərin sığorta və maliyyə sektoruna integrasiyası risklərin idarə olunmasında yeni riyazi əsasların formalaşmasına xidmət edir.

Bu istiqamətdə aparılan son tədqiqatlar göstərir ki, ekstremal modellərin integrasiyası sığorta şirkətlərinin qərar qəbul etmə mexanizmlərinə bilavasitə təsir edir. Belə ki, Monte-Karlo simulyasiyası və GEV paylanma modelləri sayəsində şirkətlər mümkün zərər həcmələrini əvvəlcədən proqnozlaşdıraraq risk fondlarını daha optimal formalaşdırma bilirlər. Bu yanaşma, xüsusilə iqlim dəyişiklikləri, texnogen fəlakətlər və makroiqtisadi dalğalanmalar fonunda artan zərər intensivliyinin idarə edilməsində mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Məsələn, təbii fəlakətlər üzrə sığorta portfellərində Fréchet paylanmasının tətbiqi nəticəsində, gözlənilən itki səviyyəsinin 15–18% arası dəqiqliklə proqnozlaşdırıldığı müəyyən olunmuşdur ki, bu da klassik normallıq fərziyyəsi ilə müqayisədə 2–3 dəfə daha yüksək proqnoz dəqiqliyi deməkdir [4, s. 8].

Digər tərəfdən, ekstremal modellər yalnız riskin ölçülməsi deyil, həm də onun transfer və diversifikasiya strategiyalarının elmi əsaslandırılmasında əvəzsiz alətdir. Copula əsaslı çoxölçülü modellər sığorta və maliyyə riskləri arasında struktur asılılıqları aşkarlayaraq, “portfel riski” anlayışını daha çevik və real formada təyin etməyə imkan verir. Bu isə reassürans müqavilələrinin strukturlaşdırılması, kapital buferlərinin ölçülməsi və aktuar qiymətlənmə mexanizmlərinin təkmilləşdirilməsi kimi praktiki qərarların qəbulunu asanlaşdırır [5, s. 9].

Nəticə etibarilə, ekstremal hadisələrin modelləşdirilməsi sığorta sistemlərində yalnız statistik və riyazi yanaşma kimi deyil, həm də strateji idarəetmə aləti kimi çıxış edir. Bu yanaşma sayəsində sığorta şirkətləri həm maliyyə sabitliyini qoruyur, həm də kapitalın səmərəli bölgüsünü təmin edir, riskə məruz dəyərləri daha real proqnozlaşdırmaqla sistemin dayanıqlığını gücləndirir.

Nəticə:

Aparılmış tədqiqat göstərir ki, ekstremal hadisələrin modelləşdirilməsi yalnız nəzəri riyazi yanaşma deyil, eyni zamanda sığorta və maliyyə sistemlərində risklərin ölçülməsi, proqnozlaşdırılması və optimallaşdırılması üçün praktiki vasitədir. Bu modellərin tətbiqi milli sığorta bazarında kapital adekvat-

lğının qiymətləndirilməsini, risk ehtiyatlarının formalaşdırılmasını və maliyyə sabitliyinin təmin edilməsini elmi əsaslara söykənən istiqamətə çevirir.

Ədəbiyyat

1. Abdullayev S.R. *Ehtimal paylanmaları və statistik metodlar*. Bakı: Təhsil, 2018.
2. Əliyev Q.Q. *Riyazi statistika və risk modelləri*. Bakı: UNEC, 2020.
3. Embrechts P., Klüppelberg C., Mikosch T. *Modelling Extremal Events for Insurance and Finance*. Springer, 2023.
4. Gilli M., Kellezi E. *Applications of Extreme Value Theory for Measuring Financial Risk. Computational Economics*, 2022.
5. Rocco M. *Extreme Value Theory for Finance: A Contemporary Survey. Università degli Studi di Bergamo*, 2022.
6. Rövşən Əliyev. *Ehtimal nəzəriyyəsi və riyazi statistika, Təsadüfi kəmiyyətin paylanması*, 2022.
7. Rövşən Əliyev və Vəli Bayramov. *Sığorta riski proseslərinin ehtimal xarakteristikaları*, 2022.

BULUD ƏSASLI ERP SİSTEMLƏRİNİN İSTEHSALAT PROSESLƏRİNDƏ TƏTBİQİ: ÜSTÜNLÜKLƏR VƏ MƏHDUDİYYƏTLƏR

Əliosmanov Qəhrəman

(BDU, SABAH fakultəsi)

gahramanaliosmanov@gmail.com

Xülasə: Bu tədqiqatda bulud əsaslı ERP sistemlərinin istehsalat proseslərində tətbiqi və onların ənənəvi (yerində quraşdırılmış) ERP sistemlərinə nisbətən üstünlükləri və məhdudiyyətləri araşdırılmışdır. Məqsəd bulud əsaslı ERP texnologiyalarının istehsal proseslərinə tətbiqi imkanı və təsirini müəyyənləşdirmək olmuşdur. Tədqiqat zamanı ədəbiyyat icmalı, müqayisəli təhlil və pilot müəssisə nümunələrinin qiymətləndirilməsi istifadə olunmuşdur. Nəticələr göstərir ki, bulud əsaslı ERP sistemlərinin istehsal proseslərinə tətbiqi ilkin investisiya xərclərini azaldır, tətbiq müddətini qısaldır və müəssisələrə uzaqdan idarəetmə imkanı verir. Eyni zamanda, məlumatların mərkəzləşdirilmiş saxlanması, avtomatik yenilənmələr və təhlükəsizlik təminatı müəssisələrin rəqəmsal transformasiyasını sürətləndirir və idarəetmə çevikliyini artırır. Lakin bəzi istehsal mərhələlərinin, real vaxt əməliyyatlarda və IoT integrasiyasında gecikmələr yaranması, xüsusi avadanlıq interfeyslərinin bütün funksiyalarının bulud üzərindən işləməməsi və internet bağlantısına asılılıq kimi faktorlar ənənəvi ERP sistemlərinin bəzi istehsal mərhələlərində əhəmiyyətini qoruduğunu göstərir. Araşdırma göstərir ki, bulud əsaslı ERP sistemləri istehsalat müəssisələrinin rəqəmsal transformasiyasında mühüm rol oynayır, səmərəliliyi artırır, amma sistemin hər bir mərhələyə universal tətbiqi məhduddur və müəssisə spesifikasiyası nəzərə alınmalıdır.

Açar sözlər: Bulud əsaslı ERP, ERP integrasiyası, İstehsal prosesləri, Əməliyyat səmərəliliyi, Rəqəmsal transformasiya.

Müasir istehsalat müəssisələrində rəqabət mühitinin dinamikliyi və əməliyyat proseslərinin mürəkkəbliyi daha çevik, miqyaslana bilən və real vaxt rejimində işləyən idarəetmə sistemlərinə olan ehtiyacı artırır. Bu kontekstdə bulud əsaslı ERP (Enterprise Resource Planning) sistemləri ənənəvi yerli (on-premise) ERP arxitekturalarına alternativ olaraq üstünlük qazanmağa başlamışdır. Bulud ERP sistemləri SaaS (Software-as-a-Service) modelinə əsaslanaraq hesablama gücü, məlumat emalı və saxlanması kimi funksiyaları mərkəzləşdirilmiş bulud infrastrukturunda həyata keçirir ki, bu da istehsalat prosesləri üçün həm texniki, həm də iqtisadi səmərəliliyi artırır.

Bulud əsaslı ERP-nin istehsalat mühitlərində tətbiqi müəssisələrə ilkin investisiya xərclərini azaltmağa, tətbiq və konfigurasiya müddətini qısaltmağa və resursların uzaqdan real vaxt idarə edilməsini təmin etməyə imkan verir. Bu sistemlər çoxsəviyyəli arxitektura (multi-tier architecture), API əsaslı integrasiya mexanizmləri və avtomatlaşdırılmış yenilənmə modulları ilə fəaliyyət göstərərək məlumatların fasiləsiz axınına, mərkəzləşdirilmiş idarəetməyə və yüksək səviyyəli təhlükəsizlik protokollarına şərait yaradır. Məlumatların bulud mühitində saxlanması həm əməliyyatların şəffaflığını artırır, həm də müəssisələrə rəqəmsal transformasiya prosesini sürətləndirmək imkanı verir.

Bununla belə, bulud əsaslı ERP sistemlərinin üstünlükləri ilə yanaşı, istehsalatın texnoloji strukturu nəzərə alınmadan həyata keçirilən tətbiq strategiyası müxtəlif texniki məhdudiyyətlər yarada bilər. Ən kritik məhdudiyyətlərdən biri gecikmə (latency) problemidir. Çünki bir çox istehsalat xətti PLC (Programmable Logic Controller), SCADA, DCS və digər real vaxt nəzarət sistemləri ilə idarə olunur və bu sistemlərin bulud üzərindən sinxron şəkildə işləməsi yüksək gecikmə riskinə səbəb ola bilər. Bu cür əməliyyatlar üçün millisekund dəqiqliyi tələb olduğundan bəzi xüsusi istehsal mərhələlərinin on-premise ERP ilə integrasiyası daha stabil nəticə verir. Bu səbəbdən müəssisələrdə tez-tez hibrid ERP modeli tətbiq olunur: kritik real vaxt əməliyyatları yerli serverdə, analitika, planlaşdırma, satış, maliyyə və inventar idarəçiliyi isə bulud mühitində icra edilir.

İntegrasiya məhdudiyyətləri də bulud ERP-nin istehsal mühitində tətbiqini mürəkkəbləşdirən mühüm faktorlardan biridir. IoT cihazları, robotik avadanlıqlar, sənaye sensorları və avtomatlaşdırma sistemlərinin bulud ERP ilə tam uyğun işləməsi API, middleware və message-broker texnologiyalarından asılıdır. Lakin bəzi avadanlıqlar yalnız lokal şəbəkə üzərindən təhlükəsiz protokollarla işlədiyinə görə bulud integrasiyası əlavə adaptasiya modulları tələb edir. Bundan başqa, məlumatların internet bağlantısından asılı olması müəssisənin fəaliyyətinə risk yarada bilər. İnternetdə yaşanan qısa fasilələr belə isteh-

sal proseslərinin dayanmasına, logistika planlaşdırmasının pozulmasına və monitorinq sistemlərinin qeyri-sabitliyinə səbəb ola bilər. Bu baxımdan, bulud ERP-nin tətbiqi zamanı təkrar bağlantı mexanizmləri, lokal keşləmə sistemləri və offline işləmə modulları nəzərə alınmalıdır.

Bulud ERP sistemlərinin üstünlükləri arasında ən önəmli məqam avtomatik yenilənmə və təhlükəsizlik protokollarının mərkəzləşdirilmiş şəkildə idarə olunmasıdır. Sənaye müəssisələrində kibertəhlükəsizlik riskləri artdığından məlumatların buludda şifrələnmə səviyyəsi, çoxfaktorlu identifikasiya, giriş nəzarəti və audit loglarının aparılması sistemin etibarlılığına müsbət təsir edir. Bununla yanaşı, vendor tərəfindən təmin edilən SLA (Service Level Agreement) ilə sistemin fasiləsiz işləməsi, məlumatların ehtiyat nüsxələrinin çıxarılması və fəvqəladə bərpa mexanizmləri müəssisələrə əməliyyat təhlükəsizliyi baxımından rahatlıq verir.

Aparılan araşdırmalar göstərir ki, bulud əsaslı ERP sistemləri istehsalat müəssisələrində əməliyyatların avtomatlaşdırılması, resursların optimallaşdırılması və qərarvermə proseslərinin gücləndirilməsi baxımından əhəmiyyətli nəticələr yaradır. İlkən xərclərin azalması, sürətli tətbiqetmə, uzaqdan idarəetmə, miqyaslanma imkanı və real vaxt analitikası rəqəmsal transformasiya prosesini sürətləndirən əsas faktorlar kimi qiymətləndirilir. Bununla belə, sistemin hər istehsal mərhələsində universal tətbiqi mümkün deyil və müəssisənin texniki infrastrukturunu, real vaxt tələbləri və avadanlıq xüsusiyyətləri nəzərə alınmalıdır.

Ədəbiyyat

1. Al-Mashari, M., & Zairi, M. (2000). *Supply-chain re-engineering using enterprise resource planning (ERP) systems*. Business Process Management Journal, 6(3), 163–175.
2. Ali, M., & Miller, L. (2017). *ERP system implementation in the cloud: A comparative analysis*. Journal of Enterprise Information Management, 30(2), 325–350.
3. Bondar, S., Hsu, P., & Xu, H. (2020). *Cloud-based ERP systems in manufacturing: Adoption factors and performance outcomes*. International Journal of Production Economics, 227, 107–138.
4. Chang, H. H., & Ku, P. W. (2021). *Real-time data integration in cloud ERP for smart manufacturing*. Computers in Industry, 131, 103–145.
5. Gupta, A., & Kohli, A. (2006). *Enterprise resource planning systems and its implications for operations function*. Technovation, 26(5), 687–696.
6. Marnewick, C., & Labuschagne, L. (2005). *A conceptual model for enterprise resource planning (ERP)*. Information Management & Computer Security, 13(2), 144–155.
7. Velcu, O. (2022). *ERP and cloud integration for digital transformation in manufacturing industries*. Journal of Industrial Information Integration, 28, 100–160.

İSTEHSALATDA ERP SİSTEMLƏRİNİN PROSES AVTOMATLAŞDIRILMASINDA ROLU: MƏLUMAT AXINI VƏ SENSOR İNTEQRASIYASI

Əliosmanov Qəhrəman

(BDU, SABAH fakultəsi)

gahramanaliosmanov@gmail.com

Xülasə: Bu tədqiqatda istehsalat müəssisələrində ERP sistemlərinin proses avtomatlaşdırılmasında rolu, xüsusilə real vaxt məlumat axını və sensor inteqrasiyası çərçivəsində araşdırılır. Tədqiqat zamanı müasir ERP arxitekturasının sensor məlumatlarını toplamaq, emal etmək və istehsal modulları ilə sinxron şəkildə işlətmək imkanları təhlil olunmuşdur. Nəticələr göstərir ki, ERP–sensor inteqrasiyası istehsal proseslərinin şəffaflığını artırır, xətalara minimuma endirir və avtomatlaşdırılmış qərarvermə mexanizmləri vasitəsilə əməliyyat səmərəliliyini yüksəldir. Bununla belə, texniki infrastrukturun uyğunlaşdırılması, məlumat təhlükəsizliyi və inteqrasiya xərcləri kimi bəzi məhdudiyyətlər qalmaqdadır. Tədqiqat nəticəsində ERP sistemlərinin sensor əsaslı istehsalat mühitlərində effektiv avtomatlaşdırma platforması kimi strateji əhəmiyyətə malik olduğu müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: ERP inteqrasiyası, İstehsal prosesləri, istehsalat, sensor inteqrasiyası, IoT.

Müasir istehsalat müəssisələrində rəqəmsal transformasiya sürətlə dərinləşir və proseslərin avtomatlaşdırılması rəqabət üstünlüyünün əsas amillərindən birinə çevrilir. Bu inkişafı bağlı əsas komponentlərdən biri ERP (Enterprise Resource Planning) sistemlərinin istehsalat mühitində tətbiqi və bu sistemlərin IoT sensorları ilə sinxronlaşdırılmasıdır. IoT texnologiyaları istehsalat avadanlıqlarından real vaxt məlumat toplamağa imkan verir və ERP platformaları bu məlumatları mərkəzləşdirilmiş şəkildə idarə edərək istehsal proseslərinin daha çevik, şəffaf və optimallaşdırılmış idarə olunmasını təmin edir. Belə inteqrasiya istehsalat xətlərində əməliyyatların dərhal monitorinqini, avtomatik qərarverməni və resursların optimal koordinasiyasını mümkün edir. Xüsusilə avadanlıqların vəziyyətinin proqnozlaşdırılması və texniki xidmət intervallarının optimallaşdırılması istehsal xətlərində nasazlıqların qarşısının alınmasına xidmət edir [1].

ERP sistemlərində proses avtomatlaşdırılması istehsalatın bütün funksional sahələrində məlumat axınının standartlaşdırılmış və ardıcıl şəkildə idarə olunmasını nəzərdə tutur. Bu, xammal sifarişindən başlayaraq məhsulun istehsalına, anbarda saxlanmasına və maliyyə hesabatına qədər bütün mərhələləri əhatə edir. Məlumatlar insan müdaxiləsi olmadan toplanır, işlənir və digər modul və bölmələrə yönləndirilir, beləliklə gecikmələr minimuma endirilir və qə-

rarvermə sürətlənir. Müasir ERP sistemləri MRP-II, SCM və CRM modullarını birləşdirərək istehsalat müəssisələrinə tam rəqəmsal ekosistem təqdim edir, bu isə əməliyyatların optimallaşdırılmasında əsas rol oynayır [3].

IoT sensorlarının ERP sistemlərinə integrasiyası istehsalat proseslərinin daha yüksək səviyyədə avtomatlaşdırılmasını təmin edir. Sensorlar temperatur, vibrasiya, enerji sərfiyyatı, avadanlıq yüklənməsi və digər parametrləri real vaxtda ölçür və IoT gateway vasitəsilə ERP və ya MES/SCADA sistemlərinə ötürür [5]. Bu integrasiya istehsal xətlərində baş verən dəyişikliklərin dərhal monitorinqini və real vaxt məlumat axınının təmin edilməsini mümkün edir. Sensor məlumatlarının ERP platformasına integrasiyası Predictive Maintenance tətbiqlərini dəstəkləyir, beləliklə avadanlıq nasazlıqlarının baş vermə ehtimalı azaldılır, dayanma müddətləri optimallaşdırılır və istehsal fasilələri minimuma endirilir. Eyni zamanda, xammal ehtiyatlarının avtomatik yenilənməsi, istehsal tempinin real vaxtda izlənməsi və sistemin dərhal optimallaşdırılmış qərarlar təqdim etməsi istehsalatın çevikliyini artırır.

ERP və sensor integrasiyasının istehsalat effektivliyinə təsiri birbaşa əməliyyat performansını göstəricilərinə təsir edir. OEE (Overall Equipment Effectiveness) kimi metriklər ERP + IoT integrasiyasının nəticəsində artım göstərir, çünki avadanlıqların əlçatanlığı, performans və məhsul keyfiyyəti yüksəlir. İnsan müdaxiləsi azaldığı üçün istehsal proseslərinin sabitliyi təmin olunur və məhsulun keyfiyyət göstəriciləri daha nəzarətli olur. ERP sistemi Lean Manufacturing prinsiplərini dəstəkləyərək WIP səviyyəsinin azalmasına, dövrü müddətinin qısalmasına və material israfının minimuma endirilməsinə kömək edir. Real rəqəmsal transformasiya müəssisələrə bazar dəyişikliklərinə tez uyğunlaşmaq və əməliyyat çevikliyini artırmaq imkanı verir. Praktiki nümunələr göstərir ki, ERP + IoT sistemlərini tətbiq edən istehsalat müəssisələrində məhsuldarlıq 15–30%, avadanlıq dayanma müddətləri isə 20–40% arasında yaxşılaşır [4].

Bu yanaşmanın texniki üstünlükləri yalnız real vaxt məlumat axını ilə məhdudlaşmır; o, həm də istehsalat planlamasında daha dəqiq resurs paylanmasını, əməliyyat risklərinin azaldılmasını və optimal istehsal cədvəllərinin hazırlanmasını təmin edir. Avadanlıq və enerji resurslarının istifadəsinin monitorinqi ERP vasitəsilə avtomatlaşdırıldığından, müəssisələr enerji sərfiyyatını izləyə, xərcləri azalda və dayanıqlı istehsal modellərinə uyğunlaşa bilər [2]. Eyni zamanda, ERP sistemlərinin modul strukturu və API integrasiya imkanları IoT və digər rəqəmsal texnologiyalarla çevik birləşməyə şərait yaradır, bu da yeni texnologiyaların tez tətbiqinə imkan verir.

Ümumilikdə, ERP sistemləri və sensor integrasiyası istehsalat müəssisələrində əməliyyatların tam avtomatlaşdırılmasını, resursların optimal istifadəsini və proseslərin şəffaflığını təmin edən strateji texnoloji həll kimi çıxış edir. Bu integrasiya həm əməliyyat səmərəliliyini artırır, həm də rəqabət üstünlüyünü gücləndirir. Müasir rəqəmsal istehsalat mühitində ERP + IoT yanaşması, davamlı inkişaf və Lean prinsipləri ilə birləşərək müəssisələrin uzunmüddətli dayanıqlılıq və bazar çevikliyini təmin edən əsas texnoloji komponentə çevrilir.

Ədəbiyyat

1. **Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015).** A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23.
2. **Zhang, Y., Qian, C., Lv, C., & Liu, X. (2019).** Sensor-driven data integration model for smart manufacturing using ERP–IoT interoperability. *Journal of Industrial Information Integration*, 15, 23–35.
3. **Monostori, L. (2014).** Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. *Procedia CIRP*, 17, 9–13.
4. **Kumar, A., & Shankar, R. (2021).** Real-time analytics and ERP enhancement through IoT-enabled sensor networks in production lines. *Computers & Industrial Engineering*, 156, 107–125.
5. **Rabasová, A., & Kolberg, D. (2020).** Integrating IoT sensor data with ERP systems for predictive maintenance in manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 108(1–2), 85–102.

İNFORMASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİ ÜZRƏ TƏDRİSİN KOMPETENSIYA YÖNÜMLÜYÜNÜN TƏMİN OLUNMASINA RİSKLƏRİN EMALİ ÜÇÜN BİR YANAŞMA

Əliyev Elçin

(informasiya təhlükəsizliyinin menecmenti üzrə ekspert)

elchinaa@gmail.com

Xülasə: Bu məqalədə – informasiya təhlükəsizliyinin menecmentinə informasiya təhlükəsizliyi ixtisası üzrə ali tədrisin təsirlərinə aid müəyyən məsələlər (“issues”) qaldırılır, o cümlədən aşağıdakı kateqoriyalı risk faktorları identifikasiya olunur:

- informasiya təhlükəsizliyinin menecmenti üçün “insan kapitalı ilə təchizat zənciri”;
- tədrisin kompetensiya yönümlülük prinsipinin təmin olunmasına təhdidlər;
- təhdidlərin tədrisin menecmentinə təsir imkanları, tədrisin menecmentində istifadə edilə biləcəyi zəifliklər;
- tədrisin menecmentinə və informasiya təhlükəsizliyinin menecmentinə ola bilən fəsadlar;

- tədrisin menecmentinə və informasiya təhlükəsizliyinin menecmentinə risklərin emal yolları.

Açar sözlər: informasiya təhlükəsizliyi, risk, təhdid, fəsad, insan kapitalı, təchizat zənciri, tədris, təhsil, Blum taksonomiyası, kompetensiya, kvalifikasiya, menecment sistemi, məqsədlər iyerarxiyası, proseslər kataloqu, ölçmə metrikası, 6H formulu.

Giriş

Bu məqalədə əsas məqsəd informasiya təhlükəsizliyinin menecmenti sahəsində kadrlarla təminat zəncirini, "Təhsil haqqında" Qanunda təhsil üçün təyin olunmuş əsas məqsədə (*sistəmləşdirilmiş bilik, bacarıq və vərdişlərin – kompetensiyaların mənimsənilməsinin və ixtisasın daim artırılmasının təmin edilməsinə, təhsilənlərin ictimai həyata və səmərəli əmək fəaliyyətinə hazırlanmasına*) nail olunmasına təsir edən problemləri (fəsadları), onların səbəblərini (təhdid və zəiflikləri) identifikasiya etmək, bu risklərin həlli üçün yanaşma və mexanizm təqdim etməkdir.

İnformasiya təhlükəsizliyinin menecmenti sistemi (İTMS) və Tədrisin menecmenti sistemi (TMS), digər menecment sistemləri kimi, müvafiq standartlarla müəyyən olunan tələblərə və "SMART" ("*Specific; Measurable; Achievable; Relevant; Timely*") modeli üzrə müəyyən olunan hədəflərə uyğun olaraq formalaşdırılır.

Bu məqalədə informasiya təhlükəsizliyinin menecmentinə informasiya təhlükəsizliyi ixtisası üzrə ali tədrisin təsirlərinə aid qaldırılan məsələlər ("*issues*") ölkəmizdə həyata keçirilən "Azərbaycan Respublikasının informasiya təhlükəsizliyi və kibertəhlükəsizliyə dair 2023 – 2027-ci illər üçün Strategiyası"nda (bundan sonra – Strategiya) [1] qoyulmuşdur və müvafiq mərhələlər üzrə həll olunur. Ali təhsilin bakalavriat səviyyəsində "İnformasiya təhlükəsizliyi" üzrə ixtisasın (şifr 050615) Təhsil proqramı (bundan sonra – Təhsil proqramı) tətbiq olunur [2], eyni ixtisasın (şifr 7006017) magistratura səviyyəsinə Təhsil proqramı hazırlanır.

Məqalənin əhatə sahəsi və mövcud vəziyyət

İnformasiya təhlükəsizliyi sahəsi üzrə "kadrlarla təminat zənciri"ndə olan komponentlər aşağıdakı ardıcılıqla müəyyən olunur:

a) informasiya təhlükəsizliyi sahəsində trendlər və çağırışlar → dövlət və özəl qurumlarda İTMS üzrə məqsədlər → bu məqsədləri təmin edən İTMS-lər → İTMS üçün proseslər → proseslər üçün rollar → rollar üçün aktorlar (struktur bölmələr, ştat vahidləri) → aktorlar üçün kompetensiya tələbatları →

c) kompetensiyalar üçün təməl olan kvalifikasiya tələbatları → kvalifikasiyalar üçün təhsil proqramları və tədris metodları → tədris metodları üçün

praktiki alətlər, laboratoriyalar və ixtisaslaşmış poliqonlar →

d) qazanılmış kompetensiyalar (o cümlədən kvalifikasiyalar) → kompetensiyaları təsdiqedicə sənədlər (o cümlədən sertifikatlar, diplomlar) → kompetensiyalı insan kapitalı → hədəflərə nail olmaq, prosesləri icra etmək üçün adekvat kadrlar heyəti → TMS-in İTMS-ə (əmək bazarına) səmərəsi →

e) TMS üçün davamlı yaxşılaşdırma strategiyası, proqramı və layihələri ("project"lər).

İnformasiya təhlükəsizliyini idarəetmə üçün müvafiq menecment sistemləri müəyyən olunur və tətbiq edilir, bunun üçün onlar və onların komponentləri arasında asılılıq (koordinasiya, subordinasiya) və ortaqlıq (integrasiya, kooperasiya) əlaqələri qurulur, aşağıda göstərilən məsələlər dəqiqləşdirilir:

- İTMS və onunla əlaqəli olan fəaliyyət sahələrinə aid digər menecment sistemləri;

- İTMS-də fəaliyyət imkanları;

- informasiya təhlükəsizliyinə aidiyyəti olan fəaliyyətin əhatə sahələri;

- tələbat olan qabiliyyətlərin (*Blum taksonomiyasının affektiv bloku üzrə*)

siyahısı;

- məqsədlər iyerarxiyası və cavabdehlik bölgüsü;

- tədrisdə dərinliyin (*Blum taksonomiyasının koqnitiv bloku üzrə*) səviyələrini və informasiya təhlükəsizliyinə "6H" formulu üzrə (*Hal ← {Hüdudlar → Hədəflər → Həllər → Hədlər → Hesabatlar}*) amillər iyerarxiyasının laylarını uzlaşdırma;

- informasiya təhlükəsizliyinə aid tələbat olan peşəkar fəaliyyət istiqamətləri;

- risklərin və insidentlərin menecmenti üçün kompetensiyalar və rollar.

İTMS risklərin menecmenti və insidentlərin menecmenti altsistemlərdən ibarətdir. İTMS fəaliyyət keyfiyyətinin və davamlılığının menecment sistemlərinə xidmət göstərir, aşağıdakı menecment sistemlərindən xidmətlər alır, həmin sistemlər ilə ortaq seqmentlərə malik olur:

- İKT layihələrin menecmenti sistemi;

- İKT xidmətlərin menecmenti sistemi;

- informasiya təminatının, sənəd dövriyyəsinin menecmenti sistemi;

- insan kapitalının (kompetensiyaların) menecmenti sistemi;

- fiziki təhlükəsizliyin menecmenti sistemi;

- satınalma və təchizatın menecmenti sistemi;

- fəaliyyət proseslərinin audit sistemi

İTMS aşağıda göstərilən fəaliyyət imkanlarını ("*operational capabilities*")

təqdim edir:

- rəhbərliketmə və risklərin idarə edilməsi (*"governance and risk management"*);
- aktivlərin idarə edilməsi (*"asset management"*);
- informasiya mühafizəsi (*"information protection"*);
- insan resurslarının təhlükəsizliyi (*"human resource security"*);
- fiziki təhlükəsizlik (*"physical security"*);
- sistem və şəbəkə təhlükəsizliyi (*"system and network security"*);
- tətbiqi proqram vasitələrinin təhlükəsizliyi (*"application security"*);
- təhlükəsiz konfigurasiya (*"secure configuration"*);
- identifikasiya və müraciəti (girişi) idarəetmə (*"identity and access management"*);
- təhdidlərin və zəifliyin idarə edilməsi (*"threat and vulnerability management"*);
- davamlılıq (*"continuity"*) – əməliyyatların davamlılığı (*"continuity of operations"*) və böhranların idarə edilməsi (*"crisis management"*);
- təchizatçı münasibətlərinin təhlükəsizliyi (*"supplier relationships security"*);
- hüquqi aktlara uyğunluq (*"legal and compliance"*);
- informasiya təhlükəsizliyi hadisələrinin və insidentlərin idarə edilməsi (*"information security event and insident management"*);
- informasiya təhlükəsizliyinə etimad/ əminlik (*"information security assurance"*).

İnformasiya təhlükəsizliyi üzrə fəaliyyət aşağıda (konsentrik model üzrə) göstərilən sahələri **əhatə edir**:

- proqram, proqram-texniki, texniki və mühəndis təminatı vasitələrinə texniki qulluqlar göstərmə (inzibatçılıq);
- işgüzar fəaliyyət (biznes) proseslər üçün təşkilati və texniki xidmətləri idarəetmə;
- mühəndis və texniki təminat infrastrukturlarının, rəqəmsal informasiya sistemlərinin və resursların həyat tsiklini idarəetmə;
- proqram və proqram-texniki təminat vasitələrinin həyat tsiklini idarəetmə, həllər və alqoritmlər hazırlama;
- korporativ informasiya məkanlarında informasiya təminatını idarəetmə;
- milli informasiya məkanında, global informasiya məkanının milli seqmentində informasiya təminatını idarəetmə.

İnformasiya təhlükəsizliyi üzrə fəaliyyət üçün (*Blum taksonomiyası* üzrə

affektiv bloka aid) aşağıda göstərilən əsas **qabiliyyətlər** tələb olunur:

- dürüstlük, çeviklik, komandada işləmək və etik ünsiyyət qabiliyyətləri;
- peşəkar məsuliyyət, təşəbbüskarlıq, inkişaf və özünə inam, özünü idarə etmə qabiliyyətləri;
- nəzəriyyə və təcrübəni əlaqələndirmə qabiliyyətləri;
- təhlil, qiymətləndirmə, modelləşdirmə və layihələndirmə qabiliyyətləri;
- sistemli, risk yönümlü və strateji yanaşma qabiliyyətləri.

İnformasiya təhlükəsizliyinə aid **bacarıqlar** “*strategiya, missiya, məqsədlər, hədəflər, vəzifələr, tapşırıqlar*” iyerarxiyasına uyğun aşağıdakı ranqlar üzrə müəyyən olunur:

1) iş (vəzifə təlimatı, plan) üzrə tapşırıqları, konkret hərəkətləri (“*task*”) icra etmə səviyyəsində işləri təmin etmə – tənzimləyici, təmirçi, operator, istifadəçi (“*regulator, repairer, operator, user*”) bacarığı;

2) fəaliyyət proseslər üzrə vəzifələri, tələb olunan tədbirləri (“*objective*”) yerinə yetirmə səviyyəsində işləri təmin etmə – mühəndis, mütəxəssis, inzibatçı (“*engineer, specialist, administrator*”) bacarığı;

3) fəaliyyət mərhələləri, proseslər qrupu üzrə hədəfləri, nəzərdə tutulan nəticələri (“*goal*”) təmin etmə səviyyəsində işləri təmin etmə – təhlilçi, layihəçi, nəzarətçi, layihə idarəetmə (“*analyst, “designer”, “supervisor”, “project management*”) bacarığı;

4) əlaqəli fəaliyyət istiqamətləri (sahələri, menecment sistemləri) üzrə məqsədlərə, niyyətlərə (“*purpose*”) nail olma səviyyəsində işləri təmin etmə – proqram idarəetmə (“*program management*”) bacarığı;

5) korporativ missiya səviyyəsində işləri təmin etmə – rəhbərlik etmə (“*governance*”) bacarığı.

6) milli strategiyada, milli maraqlar səviyyəsində işləri təmin etmə – strateq (“*strategist*”) bacarığı.

İnformasiya təhlükəsizliyi sahəsində **təhsilin dərinlik səviyyələri** (*Blum taksonomiyası üzrə koqnitiv/ əqli bloka aid*) müvafiq ranqlar üzrə, “6H” formulu üzrə ($Hal \leftarrow \{Hüdudlar \rightarrow Hədəflər \rightarrow Həllər \rightarrow Hədlər \rightarrow Hesabatlar\}$) amillər iyerarxiyasını nəzərə almaqla, aşağıdakı kimi müəyyən olunur:

1) **bilik, yaddaş** (“*knowledge, memory*”) – İTMS, onun funksionallıq arxitekturası, əhatə dairəsi (*hüdudları*), İTMS ilə əlaqəli olan menecment sistemlərinin siyahısı və onların təyinatları, onlara aid əsas məqsədlər, əsas hədəflər və İTMS ilə ortaq seqmentləri barədə bilik toplama/ yadda saxlama

2) **dərketmə** (“*understanding*”) – İTMS aid təməl anlayışları, prinsipləri və tələbləri, *hədəfləri*, kompetensiyalara və rollara aid tələbatları dərketmə,

izah etmə

3) **tətbiqetmə** (“*application*”) – İTMS üzrə hədəflərə uyğun olan və risklərə adekvat olan prosesləri (*halləri*), bu prosesləri təmin edən informasiya resurslarını, subyektləri və obyektləri, İTMS-in funksionallıq arxitekturasını qurmaq yollarını müəyyən etmə

4) **analiz** (“*analysis*”) – İTMS üzrə informasiyanın struktur komponentlərini, prioritetləri, kritiklik dərəcələrini, məqbul *hədləri*, ölçmə göstəricilərini, amil, meyar və dəlilləri müəyyən etmə

5) **sintez** (“*synthesis*”) – İTMS üzrə məqbul (baza) vəziyyətini (*halını*), proseslər arasında səbəb-nəticə əlaqələrini, tərəflər arasında məsuliyyət və səlahiyyət bölgülərini, proseslərə lazım olan və digər proseslərə təqdim olunan informasiyanı, davamlı yaxşılaşdırma mexanizmini müəyyən etmə, strukturlaşdırma və layihələndirmə

6) **dəyərləndirmə** (“*evaluation*”) – İTMS-in səmərəliliyini meyarlar əsasında dəyərləndirmə üçün onun xidmət göstərdiyi menecment sistemlərinə təsirini, kritik aspektləri, insidentləri, qalıq riskləri aşkarlama mexanizmlərini müəyyən etmə, nəticə çıxartma, *hesabat* vermə

İnformasiya təhlükəsizliyinə aid tələbat olan **peşəkar fəaliyyətin** kateqoriyaları müvafiq ranqlar üzrə aşağıdakı kimi müəyyən olunur:

- 1) xidmət və təchizat fəaliyyətləri;
- 2) təşkilati idarəetmə və konsaltinq fəaliyyətləri;
- 3) kadrları (kompetensiyaları) idarəetmə və pedaqoji fəaliyyətlər;
- 4) işləyib hazırlama, quraşdırma və sınaq fəaliyyətləri;
- 5) analitika və layihələndirmə fəaliyyətləri;
- 6) tədqiqat və təhqiqat fəaliyyətləri.

İnformasiya təhlükəsizliyi üzrə risklərin və insidentlərin menecmenti üçün tələbat olan əsas **kompetensiyalar** aşağıdakılardır:

- a) risklər üzrə:
 - informasiya təhlükəsizliyi üzrə məqbul hədləri təyin etmə;
 - bu idarəetmənin əhatə sahəsinə aid İKT alətləri layihələndirmə və texniki sənədləşdirmə;
 - texniki layihə sənədlərinin ekspertizası;
 - bu alətlərin texniki layihəyə və funksional tələbatla uyğunluğunu sertifikatlaşdırma (verifikasiya və validasiya testləri);
 - bu alətlərə etimad dərəcələrini ölçmə;
 - təhdidləri müəyyən etmə;
 - riskləri qiymətləndirmə, əməl həllərini müəyyən etmə, nəzarətdə saxlama;

- dayanıqlığın sınaqları;
- nüfuzetmə testləri ("*penetration tests*");
- təhdid kəşfiyatçısı, kiber əks-kəşfiyyat ("*threat & cyber intelligence*");
- audit və dəyərləndirmə ("*audit*" & "*evaluation*");
- informasiya təhlükəsizliyinin monitorinqi üçüm mərkəzləşmiş qeydiyyatlara inzibatçılıq (*aktivlərin reyestrinə, təhdidlərin uçotuna, risklərin reyestrinə və s.*).

b) informasiya təminatı üzrə:

- informasiya-sorğu xidmətləri;
- informasiya-axtarış xidmətləri;
- informasiya-təhlil xidmətləri;
- informasiya təminatı üzrə yeni texnologiyaları tədqiq və tətbiqetmə;
- kriptografiya xidmətləri;
- kriptozanaliz xidmətləri.

c) insidentlər üzrə:

- monitorinq üçün mənbələrdən qeydiyyatları mərkəzləşmiş toplama və idarəetmə;

- informasiya təhlükəsizliyinin real vaxt rejimində monitorinqi, təyin olunmuş hədlərə uyğunluğu davamlı ölçmə;

- uyğunsuzluqları və insidentləri aşkaretmə;

- kontr-cavab sxemlərini formalaşdırma;

- kiber-təhqiqat/ kriminalistika və sübutları/ dəlilləri toplama ("*cyber-forensics*" & "*collection of evidence/ findings*");

- fəaliyyət nəticələrinə aid mərkəzləşmiş qeydiyyatları (*insidentlərin uçotunu, biliklər bazasını/ həllər fondunu və s.*) formalaşdırma;

- informasiya təhlükəsizliyi üzrə struktur vahidini – Təhlükəsizliyin monitorinq əməliyyatları mərkəzini ("*SOC, Security Operation Centre*") formalaşdırma, davamlı təkmilləşdirmə.

İnformasiya təhlükəsizliyi üzrə risklərin və insidentlərin menecmenti üzrə əsas **rollar** aşağıdakılardır:

a) risklər üzrə:

- informasiya təhlükəsizliyi auditoru;
- informasiya təhlükəsizliyi üzrə analitik;
- təhdid kəşfiyatçısı/ kiber əks-kəşfiyyatçı;
- verifikasiya, nüfuzetmə və validasiya sınaqçısı;
- İKT üzrə psixoanalitik (davranış analitiki);
- İKT layihə meneceri;

- İKT arxitektör;
- informasiya təhlükəsizliyi üzrə hüquqşünas.

b) insidentlər üzrə:

- informasiya təhlükəsizliyi üzrə insident menecer;
- əks-hücum mühəndisi;
- informasiya təhlükəsizliyi üzrə təhqiqatçı, o cümlədən proqram təminatının mənbə (ilkin) kodu üzrə, veb proqram təminatı üzrə, texniki təminat üzrə, mobil cihazlar üzrə, bulud texnologiyaları üzrə təhqiqatçılar.
- kiber kriminalist.

TMS üçün həllər

Kadrlarla təminat zəncirinin TMS-ə aid komponentləri aşağıdakı **istiqamətlər üzrə tələbat**lardan asılı olaraq müəyyən olunur:

- əmək bazarında korporativ İTMS-ləri təşkil etmə – İTMS-i təşkil etmə və nəzarətdə saxlama, İTMS-ə xidmət etmə üçün fəaliyyət sahələrinə və bu sahələr üçün proseslərə tələbatlar;

- kompetensiyalar fondunu yaratma – fəaliyyət proseslərinin icrası üçün rollara tələbatlar, rollar üçün kompetensiyalara (*bilik və bacarıqları hədəflərə nail olmaq, prosesləri icra etmək üçün məqsədyönlü tətbiq etmə qabiliyyətlərinə*) tələbatlar;

- kompetensiyaları formalaşdırma – kompetensiyalar üçün təməl ola bilən kvalifikasiyalara tələbatlar, kvalifikasiyalar üçün təhsil proqramlarına, o cümlədən tədris fənlərinə, onların və əlaqəli fənlərin ortaq mövzularına, mövzuların əhatəlik və dərinlik hədlərinə, dərslər saatlarına, dərslər vəsaitlərinə, ixtisaslaşmış poliqonlara və praktiki alətlərə tələbatlar, təhsil proqramları üçün tədris metodlarına tələbatlar;

- tədrisi dəyərləndirmə – məzunlar üçün təhsildə formalaşdırılan kompetensiyaları qiymətləndirmə metodlarına tələbatlar, tədris metodları üçün səmərəliyi dəyərləndirmə metodlarına tələbatlar, tədrisin əmək bazarına təsirini – nəticələri, problemləri (qalıq riskləri) müəyyən etmə metodlarına tələbatlar;

- tədrisin menecmentini təkmilləşdirmə – tədrisdə səmərəlik, kompetensiya yönümlük üçün optimallaşdırma tələbatları, tədrisin menecmenti sistemini müvafiq dövrlər üzrə davamlı yaxşılaşdırma strategiyasına, proqramına və layihələrinə (*"project"lərinə*) tələbatlar.

TMS-in İTMS-ə (əmək bazarına) səmərəsinin *"GAP-analysis"* və *"SWOT-analysis"* modelləri üzrə mütəmadi qiymətləndirmə və dəyərləndirmənin təmin olunması, davamlı yaxşılaşdırma planının müəyyən olunması, bu plan üçün *[Yaxşılaşdırma tələbat] = [Zəruri vəziyyət] - [Mövcud vəziyyət]* formulu üzrə

korrektiv və preventiv təkliflərin sintezi və təqdim olunması standart mexanizmdir və məqsəduyğun hesab olunur.

Kompetensiya tələbatlarının təmin olunmasını TMS və İTMS, onların komponentləri arasında əlaqələndirmə üçün aşağıdakı seqmentləri olan çoxölçülü matrisanın, habelə tədrisin menecmentinə və sahənin menecmentinə cavabdehlik bölgüsü matrisasının tərtib və tətbiq edilməsi vacibdir və mümkündür:

- fəaliyyət prosesləri, təşkilati və texniki idarəetmə alətləri (*"control"*lar) və rollar arasında;
- rollar və aktorlar arasında;
- aktorlar və təyinat, təcrübəkeçmə yerləri arasında;
- təyinat, təcrübəkeçmə yerləri və kompetensiyalar arasında;
- kompetensiyalar və kvalifikasiyalar arasında;
- kompetensiyalar, kvalifikasiyalar və tədris proqramları arasında;
- tədris proqramları və tədris fənləri, mövzular arasında (məzmunlar, fənlərarası əlaqələri nəzərə almaqla);
- kompetensiyalar və kompetensiya tələbatlarını təminetmə alətləri (məsələn, ixtisaslaşmış laboratoriyalar, texniki poliqonlar) arasında;
- kompetensiya tələbatlarını təminetmə alətləri və aktorlar arasında.

Nəticə

Kadrlarla təminat zəncirində İTMS, o cümlədən onun prosesləri mövcud vəziyyətdə "zəif bənd"lərdir. Əmək bazarında sifarişçi tərəflərin (dövlət və özəl qurumların) kompetensiyalı insan kapitalına ehtiyacları müəyyən olunmalıdır, bu kompetensiyalara tələbatlar və bunun üçün həmin tələbatları müəyyən edən İTMS üzrə proseslər formalaşdırılmalı və kompetensiyaları təmin edən tədrisdə praktiki iştirakları təmin olunmalıdır.

Sifarişçilər tərəfindən İTMS-lərin qlobal trendlərə, standartların tələblərinə və qabaqcıl təcrübələrə, o cümlədən fəaliyyət proseslərinin məqbul mükəmməllik hədlərinə uyğunlaşdırılması təmin olunmalıdır.

Ədəbiyyat

- [1] "Azərbaycan Respublikasının informasiya təhlükəsizliyi və kibertəhlükəsizliyə dair 2023 – 2027-ci illər üçün Strategiyası";
- [2] Ali təhsilin bakalavriat səviyyəsində "İnformasiya təhlükəsizliyi" üzrə (sifr 050615) ixtisasın Təhsil proqramı;
- [3] ISO/IEC-27001 *"Information technology. Security techniques. Information security management systems – Requirements"* və 27000* standartlar ailəsi.
- [4] ISO/IEC 27021 *"Competence requirements for information security management systems professionals"*

MARKETİNG KOMPLEKSİNDƏ İNNOVATİV DƏYİŞİKLİKLƏRİN TƏDQIQI VƏ ONLARIN EFFEKTİVLİYİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Əliyev Həbib

(Odlar Yurdu Universiteti, MBA)

Aliyev.hebib4848@gmail.com

Xülasə: *Marketing kompleksində innovativ dəyişikliklərin tədqiqına həsr olunmuş bu işdə 4P-dən 4E (Təcrübə, Hər yerdə olmaq, Mübadilə, Emosiya) istiqamətindəki transformasiya təhlil edilir. Tədqiqat Süni İntellekt (Sİ) və Böyük Verilənlər (Big Data) əsasında qurulan dinamik qiymətləndirmə və Omnichannel paylama mexanizmlərinin müştəri təcrübəsinə təsirini araşdırır.*

Açar sözlər: *Marketing innovasiyası, rəqəmsal transformasiya, süni intellekt (Sİ), Omnichannel, effektivliyin qiymətləndirilməsi*

Marketing fəaliyyətindəki innovativ dəyişikliklər klassik 4P (Product, Price, Place, Promotion) modelindən istehlakçının tələbatına cavab verən 4E (Experience, Everywhere, Exchange, Emotion) konsepsiyasına doğru davamlı keçidi zəruri edir. Bu transformasiya, şirkətin strateji marketing fəaliyyətində təkcə məhsul və ya təşviq deyil, həm də rəqəmsal mühitdə yaradılan dəyəri əsas hədəf seçən innovasiyaların prioritetləşdirilməsini tələb edir.

Marketing kompleksinin əsas elementləri olan qiymətləndirmə və paylama fəaliyyətləri Süni İntellekt (Sİ) və Böyük Verilənlər (Big Data) analitikası sayəsində köklü şəkildə dəyişir. Sİ-nin tətbiqi şirkətlərə real-vaxt rejimində istehlakçı davranışına və bazar şərtlərinə əsaslanan dinamik qiymətləndirmə strategiyaları qurmağa imkan verir. Eyni zamanda, Böyük Verilənlərin analizi əsasında qurulan proqnozlaşdırıcı logistika modelləri Omnichannel paylama kanallarında səmərəliliyi maksimallaşdırır və müştəri təcrübəsini yüksəldir.

Marketing innovasiyalarına yatırılan investisiyaların real səmərəliliyini ölçmək üçün ənənəvi ROI (Gəlir üzərindən Geri Dönüş) göstəricisi qeyri-kafi hesab olunur. Tədqiqat kəmiyyət (satış həcmi, xərc optimallaşdırılması) və keyfiyyət (müştəri təcrübəsi — CX, brend loyallığı, müştəri həyat boyu dəyəri — CLV) göstəricilərini birgə nəzərə alan kompleks metodikanın tətbiqini təklif edir. Bu yanaşma, innovativ dəyişikliklərin uzunmüddətli strateji dəyərini tam şəkildə qiymətləndirməyə imkan yaradır.

Marketing innovasiyalarının tətbiqi zamanı yaranan texnoloji uyğunsuzluq və sürətli köhnəlmə riskləri effektiv idarə olunmalıdır. Bu risklərin minimuma endirilməsi üçün Çevik (Agile) Marketing İdarəetmə Modelinin tətbiqi və

daimi sınaq (Pilot Testing) məsləhət görülür.

Marketing fəaliyyətində innovasiyaların mütəmadi olaraq təmin edilməsi və gələcək proqnozlaşdırmanın yüksək dəqiqliklə aparılması üçün Sİ və Böyük Verilənlərin integrasiya gücünün artırılması tələb olunur. Bunun üçün daxili innovasiya qabiliyyətlərinin gücləndirilməsi, həmçinin xarici tərəfdaşlarla əməkdaşlığı nəzərdə tutan Açıq İnnovasiya (Open Innovation) yanaşmasının tətbiqi şirkətlərin rəqabət qabiliyyətini qorumaq üçün əsas strateji məsləhətlərdir.

Ədəbiyyat

1. Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2021). Marketing 5.0: Technology for Humanity. Wiley. (Marketing trendləri, Sİ)
2. Rust, R. T. (2020). The Customer Centricity Playbook. Columbia University Press. (Müştəri təcrübəsi)
3. Keller, K. L. (2022). Strategic Brand Management. Pearson. (Brend, dəyər)
4. Ries, E. (2011). The Lean Startup. Crown Business. (Çevik yanaşma, Risk)

EVKLİD FƏZASINDA P-ÖLÇÜLÜ SƏTHLƏRİN DİFERENSİALLANAN İNİKASI

Əliyev Nəcəf, Qurbanlı Lamiyə

(BDU, Mexanika riyaziyyat fakültəsi)

lamiyaa02@mail.ru, nacafaliyev@bsu.edu.az

Xülasə: Təqdim olunan işdə E_n və $\bar{E}_n$ fəzalarına baxılmış, bu fəzalarda qeyd olunmuş şərtlər nəzərə alınmaqla nəticə kimi alınan teoremlər öz əksini tapmışdır.

Açar sözlər: difeomorfizm, inikasin qrafiki, baş normal.

E_n və $\bar{E}_n$ fəzalarına baxaq, belə ki, $E_n \cap \bar{E}_n = \{0\}$, $E_n \perp \bar{E}_n$, $E_n, \bar{E}_n \subset E_{2n}$. Fərz edək ki, V_p və $\bar{V}_p$ p-ölçülü səthlər olub $V_p \subset E_n$, $\bar{V}_p \subset \bar{E}_n$. $T : V_p \rightarrow \bar{V}_p$ difeomorfizminə baxaq. $\forall x_1 \in V, T(x_1) = x_2 \in \bar{V}_p$. Bu halda $\vec{x} = \vec{x}_1 + \vec{x}_2$, $\vec{Ox}_1 = \vec{x}_1$, $\vec{Ox}_2 = \vec{x}_2$, $\vec{Ox} = \vec{x}$ radius vektorlarıdır[2]. $\vec{x}$ vektoru E_{2n} -də V_p^* səthi doğurur və bu səth T inikasının qrafiki adlanır[1]. Hərəkətli reper və Kartanın xarici formalar metodlarından istifadə edərək aşağıdakı nəticə alınmışdır:

Teorem 1. $\sum_p < V_p$ (və ya $\overline{\sum_p} = T(\sum_p)$) şəbəkələri T inikasının əsası olar o vaxt və yalnız o vaxt ki, $\vec{n}_i \parallel \vec{N}^i$, $\vec{n}_i \parallel \vec{N}^i$.

Belə ki, burada $\vec{n}_i$ və $\vec{N}^i$ $N_p(x_1)$ və $N_p(x_2)$ müstəvilərinin baş normallarıdır. $\vec{N}^i = \gamma^{ij} \vec{n}_j$, $\vec{N}^i = \bar{\gamma}^{ik} \bar{n}_k$. γ_{ij} və $\bar{\gamma}_{ij}$, V_p və $\bar{V}_p$ səthlərinin metrik tenzorlarıdır.

Ədəbiyyat

1. B.T.Базылев К геометрии отображений евклидовой плоскости. МТПН 1970 ст. 41-45.
2. N.Y.Əliyev, L.Ə.Qurbanlı E_3 -də əyrilər, Bertran əyriləri // Azərbaycanın Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 102-ci ildönümünə həsr olunmuş respublika elmi konfransının materialları, Bakı, 12-13 may, 2025, s. 115-116

YARADICI SÜNİ İNTELLEKT ALƏTLƏRİNİN STEAM TƏLİM PROSESİNƏ İNTEQRASIYASI

Əliyeva Fatma, Şirinova Şəhla

(Mingəçevir Dövlət Universiteti)

fatma.aliyeva@mdu.edu.az, shahla.shirinova.imm24@mdu.edu.az

Xülasə; *Son illərdə süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının inkişafı təhsil sistemində fundamental dəyişikliklər gətirmişdir. Xüsusilə yaradıcı süni intellekt (AI Art) alətləri — mətn və şəkil yaradan generativ modellər — tədris prosesinə yeni yanaşma qazandırır. Bu məqalədə AI Art texnologiyalarının STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) təlim modelinə integrasiyası, onların pedaqoji və metodoloji imkanları elmi baxımdan təhlil edilir.*

Tədqiqat nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, yaradıcı süni intellekt alətləri təlim prosesində həm müəllim, həm də şagird üçün interaktiv və vizual öyrənmə mühiti yaradır. Belə alətlər vasitəsilə şagirdlər elmi anlayışları təsəvvür və yaradıcılıq yolu ilə daha dərinlən qavrayır, eləcə də fənlərarası əlaqələr (riyaziyyat – incəsənət, mühəndislik – dizayn və s.) möhkəmlənir.

Eyni zamanda, AI Art alətləri təlimdə fərdiləşmə, yaradıcılıq, estetik düşüncə və problem həll etmə bacarıqlarını inkişaf etdirir. Məqalədə bu alətlərin istifadəsində meydana çıxan etik məsələlər-müəlliflik hüquqları, kontent etibarlılığı və AI savadlılığı — da diqqət mərkəzində saxlanılır.

Nəticə etibarilə, yaradıcı süni intellektin STEAM təhsilinə integrasiyası XXI əsr bacarıqlarının (yaradıcılıq, tənqidi təfəkkür, əməkdaşlıq, rəqəmsal savadlılıq) formalaşması baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu istiqamətdə aparılan tədqiqatlar süni intellektin pedaqoji potensialını daha dərinlən araşdırmaq üçün yeni imkanlar açır.

Açar sözlər: *Süni intellekt, AI Art, STEAM təhsili, yaradıcı təlim, rəqəmsal pedaqogika, etik süni intellekt*

Giriş. Süni intellektin (Sİ) sürətli inkişafı bir çox sahələrdə, o cümlədən təhsildə əsaslı dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Bu inkişafı öyrənmə prosesini zənginləşdirmək, tələbələrdə yaradıcılıq, tənqidi düşüncə və daxili motivasiya-

nı gücləndirmək üçün geniş imkanlar yaratmışdır. Müxtəlif SI texnologiyaları arasında xüsusilə ChatGPT kimi generativ süni intellekt modelləri, tədris mühitlərində tətbiq potensialına görə son illərdə böyük maraq doğurur. [3].

Generativ süni intellektin təhsil üçün digər əhəmiyyətli tərəfi “prompt mühəndisliyi” (yəni göstərişlərin yaradılması və optimallaşdırılması) anlayışı ilə bağlıdır. Müasir generativ modellər çoxsaylı mətn–şəkil cütləri üzərində öyrədilir və onların effektiv istifadəsi üçün düzgün “prompt”ların formalaşdırılması əsas bacarıq hesab olunur. [3], [4]. Təhsil kontekstində “prompt mühəndisliyinin” tətbiqi müxtəlif öyrənmə mühitlərində – məsələn, oyun əsaslı və veb əsaslı öyrənmə sistemlərində – tələbələrin öyrənmə nəticələrini, özünüidarəetmə bacarıqlarını və yaradıcılıq qabiliyyətlərini əhəmiyyətli dərəcədə inkişaf etdirdiyi sübut edilmişdir. Beləliklə, “prompt mühəndisliyi” şəkil yaradan SI-nin STEAM dərslərinə integrasiyasında əsas komponent kimi çıxış edir və tələbələrin öyrənmə təcrübəsini daha dərin və mənalı edə bilər.

Hazırkı tədqiqat şəkil yaradan süni intellektin, xüsusilə Stable Diffusion modelinin, incəsənət yönümlü STEAM dərslərinə integrasiyasının potensial imkanlarını araşdıran ilkin araşdırmaadır. Bu məqsədlə biz STEAM təhsilinin fənlərarası xarakterini şəkil yaradan süni intellektin yaradıcı potensialı ilə birləşdirmişik. Tədris fəaliyyətinin dizaynı zamanı tələbələr Stable Diffusion alətinə istifadə edərək yaradıcı vizual əsərlər hazırlamış və həmin şəkillərdən ilhamlanaraq təsəvvüri gündəliklər yazmışlar.

STEM-dən STEAM-ə keçid- elmi və texnoloji biliklərin yaradıcılıqla integrasiyası:STEM təhsili, elmi və riyazi biliklərin mühəndislik və texnologiya strategiyaları ilə birləşdirilərək real problemlərin həllinə yönəldilməsini nəzərdə tutur. [1]. Sanders (2009) bu yanaşmanı STEM təhsilinin əsas modeli kimi təqdim etmiş və bir neçə STEM sahəsinin digər tədris fənləri ilə integrasiyasının vacibliyini qeyd etmişdir. Bu çevik model STEM fənlərinin incəsənət, dil və tarix kimi sahələrlə birləşdirilməsinə geniş imkan yaradır. Bu integrasiyanı daha da zənginləşdirmək məqsədilə bir çox tədqiqatçılar STEM-ə “A” (Arts – İncəsənət) komponentini əlavə edərək STEAM konsepsiyasını formalaşdırmışlar. İncəsənətin daxil edilməsi elmi və texnoloji biliklərin fərdi yaradıcılıq vasitəsilə ifadəsini təmin edir. [2].

Beləliklə, STEAM təhsili elmi fənlərə incəsənət yönümlü pedaqoji metodların integrasiyasına əsaslanan bir yanaşmadır. STEAM- elm, texnologiya, mühəndislik, incəsənət və riyaziyyatın fənlərarası birləşməsidir və bu yanaşma tələbələrə gündəlik problemləri yaradıcı şəkildə həll etməyə imkan verir. STEAM təhsili tələbələrdə yaradıcılıq, intuisiya, emosional ifadə və bədii zövq kimi

keyfiyyətləri inkişaf etdirməklə yanaşı, onların elm və texnologiyaya olan marağını da artırır. Erkən yaşlardan tətbiq olunan STEAM təhsili tənqidi və yaradıcı düşünmə bacarıqlarını inkişaf etdirərək gələcək innovator və sahibkar nəsillərin formalaşmasına zəmin yaradır.

Son illərdə süni intellekt texnologiyalarının inkişafı ilə təhsildə süni intellekt (AIED) sahəsi də genişlənmiş və müxtəlif pedaqoji nəzəriyyə, metod və məqsədləri özündə birləşdirmişdir [5]. AIED üzrə aparılan tədqiqatların çoxu əsasən proqramlaşdırıla bilən robotlar və kompüter proqramları vasitəsilə STEM yönümlü biliklərin öyrədilməsinə fokuslanır. AIED məzmununun əhəmiyyətini və STEM təhsilinin metodoloji səmərəliliyini vurğulamış, həmçinin STEAM və AIED əlaqəsinin gücləndirilməsinin vacibliyini qeyd edərək K-12 təhsili üçün STEAM əsaslı AIED modelini təklif etmişlər. Bununla belə, STEAM yönümlü AIED üzrə tədqiqatlar hələ də məhduddur və xüsusilə generativ süni intellektin STEAM təhsilində tətbiqi istiqamətində daha çox araşdırmaya ehtiyac var.

Təhsildə “prompting” — yəni öyrənəni müəyyən bacarıq və ya bilik sahəsini mənimsəməyə istiqamətləndirən ipuçlarının və göstərişlərin verilməsi mühüm rol oynayır. Bu tədqiqatda təbii dildə yazılmış mətn göstərişləri süni intellekt modellərinə daxil edilərək istifadəçilərlə əsas qarşılıqlı əlaqə vasitəsinə təşkil edir. Belə göstərişlərin hazırlanması təcrübə, intuisiya və dil bacarığı tələb edir [3].

Prompting metodları — eyni vaxtda prompting, gecikmiş prompting və toxunma əsaslı prompting- müxtəlif təhsil sahələrində, o cümlədən xüsusi təhsildə geniş tətbiq olunur. Məktəb mühitində sistemli prompting prosedurlarını qiymətləndirərək müəyyən edilmişlər ki, bu üsullar xüsusi təhsil ehtiyacı olan tələbələrin nəticələrini yaxşılaşdırır, lakin müəllimlər onların tətbiqində çətinliklərlə üzləşirlər. Eyni vaxtda prompting və kompüter əsaslı təlim autizm və idrak çətinlikləri olan tələbələrdə hekayə yazma bacarıqlarını əhəmiyyətli dərəcədə inkişaf etdirir. Buna baxmayaraq, bu texnikaların müəllim hazırlığında daha səmərəli şəkildə tətbiqi istiqamətində əlavə tədqiqatlara ehtiyac qalır. Prompting yanaşması oyun əsaslı öyrənmə mühitlərində də səmərəli nəticələr göstərmişdir. Düzgün strategiyalarla birləşdirildikdə, prompting tələbələrin öyrənmə nəticələrini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırı bilər. Dərs zamanı verilən rəsmetmə promptingləri tədrisin effektivliyini və yaradıcılıq keyfiyyətini artırır. Reflektiv promptinglərin müəllimlərin dərs dizaynı və özünürefleksiya bacarıqlarını gücləndirdiyi göstərir, özünə inam və metakognitiv stimullar refleksiyanı və strategiya biliklərini aktivləşdirərək problem həll etmə bacarığını artırır [4].

Ümumilikdə, bu tədqiqatlar göstərir ki, prompting yanaşmaları müxtəlif təhsil kontekstlərində öyrənmə nəticələrini və özünüidarəetmə bacarıqlarını inkişaf etdirmək üçün güclü bir vasitədir. Gələcək tədqiqatlar prompting metodlarının öyrənmə nəticələrinə təsir mexanizmini və onların tədrisdə daha səmərəli tətbiq üsullarını araşdırmağa yönəlməlidir.

Ədəbiyyat

1. Z.Həsənov *STEM təlim metodologiyası və onun təhsildə tətbiqi*. Dərs vəsaiti. Bakı, ADPU Nəşriyyatı, 2020, 164 s.
2. L.Məmmədova *STEAM təhsilində yaradıcı təlim və innovativ yanaşmalar*. Dərs vəsaiti. Bakı, Elm və Təhsil, 2022, 148 s.
3. R.Əliyev, Ə.Abbasov *Rəqəmsal pedaqogika və süni intellekt texnologiyalarının təhsildə tətbiqi*. Bakı, Təhsil Nəşriyyatı, 2021, 192 s.
4. F.Rzayeva *Süni intellekt və təhsildə etik məsələlər*. "Elm və İnnovasiya" jurnalı, №3, 2023, s. 45–53.
5. Ş.Ələkbərova *STEAM və AIED modellərinin integrasiyası: Müasir yanaşmalar*. "ADPU Elmi Əsərləri", №2, 2022, s. 78–85.

YÜKLƏNMİŞ PARABOLİK TIP XƏTTİ DİFERENSİAL TƏNLİK ÜÇÜN BİR MƏSƏLƏNİN SONLU FƏRQLƏR ÜSULU İLƏ HƏLLİ

Əliyeva Fidan

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

eliyevaf993@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə yüklənmiş parabolik tip xətti diferensial tənlik üçün sərhəd şərtlərində məchul funksiyanın fəza dəyişəninə və zamana görə xüsusi törəmələri iştirak edən bir məsələnin həllinə sonlu fərqlər üsulu tətbiq edilir. Məsələni ikinci tərtib dəqiqliyi ilə ap-proksimasiya edən fərq məsələsi qurulur və bu məsələnin həll alqoritmı verilir.

Açar sözlər: yüklənmiş parabolik tip tənlik, fərq məsələsi, approksimasiya.

1. Məsələnin qoyuluşu

Yüklənmiş istilikkeçirmə tənliyi üçün aşağıdakı məsələyə baxaq:

$$\frac{\partial u(x, t)}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} + bu(x, t) + b_1 u(x, \bar{t}_1) + b_2(x, \bar{t}_2) + f(x, t),$$

$$0 < x < l, 0 < t \leq T \quad (1)$$

tənliyinin

$$\left[\frac{\partial u}{\partial t} + \alpha_0 u + \alpha_1 \frac{\partial u}{\partial x} \right]_{x=0} = \mu_1(t),$$

$$0 \leq t \leq T, \quad (2)$$

$$\left[\frac{\partial u}{\partial t} + \beta_0 u + \beta_1 \frac{\partial u}{\partial x} \right]_{x=l} = \mu_2(t),$$

sərhəd şərtlərini və

$$u(x, 0) = \varphi(x), 0 \leq x \leq l, \quad (3)$$

başlangıç şərtini ödəyən həllini tapmalı.

Burada $a > 0, b, b_1, b_2, \alpha_0, \alpha_1, \beta_0, \beta_1$ - həqiqi ədədlər, $\bar{t}_1, \bar{t}_2 \in (0, T)$,

$f(x, t), \mu_1(t), \mu_2(t)$ və $\varphi(x)$ - məlum kəsilməz funksiyalardır.

2. Fərq məsələsinin qurulması

$\bar{D} = \{0 \leq x \leq l, 0 \leq t \leq T\}$ qapalı oblastında şəbəkə oblastını təyin edək. Tutaq ki, N və j_0 – qeyd olunmuş natural ədədlərdir. $[0, l]$ parçasını N bərabər hissəyə, $[0, T]$ parçasını isə j_0 bərabər hissəyə bölək. Fərz edək ki, $\bar{t}_1$ və $\bar{t}_2$ nöqtələri də, bu bölgədə, bölgü nöqtələri arasındadır. $[0, l]$ parçasının bölgü nöqtələrini $x_n = nh, n = 0, 1, \dots, N, x_0 = 0, x_N = Nh = l$ ilə, $[0, T]$ parçasının bölgü nöqtələrini isə $t_j = j\tau, j = 0, 1, \dots, j_0, t_0 = 0, t_{j_0} = j_0\tau = T$, ilə işarə edək.

$\bar{D}$ oblastında təyin olunan şəbəkə oblastını $\bar{\omega}_{h\tau}$ ilə işarə edəcəyik:

$$\bar{\omega}_{h\tau} = \{(x_n, t_j), x_n = nh, n = 0, 1, \dots, N, t_j = j\tau, j = 0, 1, \dots, j_0, Nh = l, j_0\tau = T\}$$

Tutaq ki, $\bar{t}_1 = j_1\tau, \bar{t}_2 = j_2\tau$.

Fərz edək ki, (1) tənliyinin həlli olan $u = u(x, t)$ funksiyası baxılan $D = \{0 < x < l, 0 < t \leq T\}$ oblastında X dəyişəninə nəzərən dördüncü, t dəyişəninə nəzərən üçüncü tərtibədək məhdud xüsusi törəmələrə malikdir. Eyni zamanda bu tənlik $\bar{D}$ oblastının $x = 0$ və $x = l$ sərhədləri üzərində də ödənilir. Onda təyin etdiyimiz $\bar{\omega}_{h\tau}$ şəbəkə oblastında (1)-(3) məsələsini $O(h^2 + \tau^2)$ dəqiqliyi ilə aşağıdakı fərq məsələsi ilə approksimasiya edə bilərik [1]:

$$\left(1 - \frac{\alpha_1 h}{2a^2}\right) \frac{y_0^{j+1} - y_0^j}{\tau} + \left(\alpha_0 - \frac{\alpha_1}{h} + \frac{\alpha_1 b h}{2a^2}\right) \frac{y_0^{j+1} + y_0^j}{2} + \frac{\alpha_1}{h} \frac{y_1^{j+1} + y_1^j}{2} +$$

$$+ \frac{\alpha_1 b_1 h}{2a^2} y_0^j + \frac{\alpha_1 b_2 h}{2a^2} y_0^j = f_0^j,$$

$$\frac{y_n^{j+1} - y_n^j}{\tau} = \frac{a^2}{2} \left(\frac{y_{n+1}^{j+1} - 2y_n^{j+1} + y_{n-1}^{j+1}}{h^2} + \frac{y_{n+1}^j - 2y_n^j + y_{n-1}^j}{h^2} \right) + b \frac{y_n^{j+1} + y_n^j}{2} +$$

$$\begin{aligned}
 & + b_1 y_n^{j_1} + b_2 y_n^{j_2} + f_n^j, \quad n=1,2,\dots, N-1, \\
 & \left(1 - \frac{\beta_1 h}{2a^2}\right) \frac{y_N^{j+1} - y_N^j}{\tau} - \frac{\beta_1}{h} \frac{y_{N-1}^{j+1} + y_{N-1}^j}{2} + \left(\beta_0 - \frac{\beta_1}{h} + \frac{\beta_1 b h}{2a^2}\right) \frac{y_N^{j+1} + y_N^j}{2} - \\
 & - \frac{\beta_1 b_1 h}{2a^2} y_N^j - \frac{\beta_2 b_2 h}{2a^2} y_N^j = f_N^j, \quad j=0,1,2,\dots, j_0-1.
 \end{aligned} \tag{4}$$

Burada $y_n^{j_1}$ və $y_n^{j_2}$ ilə, uyğun olaraq, $u(x_n, \bar{t}_1)$ və $u(x_n, \bar{t}_2)$ məhçullarının təqribi qiymətləri işarə edilib. Eyni zamanda, qeyd etmək lazımdır ki, (4) fərq tənliklərinin sağ tərəflərində iştirak edən f_n^j , $n=0,1,\dots, N$, kəmiyyətləri

$$\begin{aligned}
 f_0^j &= \mu_1(t_j + 0,5\tau) - \frac{\alpha_1 h}{2a^2} f(0, t_j + 0,5\tau), \\
 f_n^j &= \frac{f(x_n, t_{j+1}) + f(x_n, t_j)}{2}, \quad n=1,2,\dots, N-1, \\
 f_N^j &= \mu_2(t_j + 0,5\tau) - \frac{\beta_1 h}{2a^2} f(l, t_j + 0,5\tau),
 \end{aligned}$$

bərabərlikləri ilə təyin olunurlar.

(4) fərq tənliklərinə (3) başlanğıc şərtinnən alınan

$$y_n^0 = \varphi(x_n), \quad n=0,1,\dots, N, \tag{5}$$

başlanğıc şərtlərini də qoşaq.

Beləliklə biz (1)-(3) məsələsini $O(h^2 + \tau^2)$ dəqiqliyi ilə approksimasiya edən (4)-(5) fərq məsələsini qurduq.

3. Fərq məsələsinin həlli

Qurduğumuz (4)-(5) fərq məsələsini həll etmək üçün onu aşağıdakı matris şəklində yazaq:

$$Ay^{j+1} + By^j + D_1 y^{j_1} + D_2 y^{j_2} = F^j, \quad j=0,1,\dots, j_0-1. \tag{6}$$

$$y^0 = \varphi. \tag{7}$$

Burada iştirak edən A və B matrisləri üçdiaqonallı matrislər, D_1 və D_2 diaqonal matrislər, F^j və φ isə vektorlardır. (4) fərq tənliklərindən istifadə etməklə bu matrisləri asanlıqla təyin etmək olar [2].

(6) fərq tənliklərini, (7) başlanğıc şərtlərini nəzərə almaqla aşağıdakı şəkildə yazaq: və

$$\begin{aligned}
 Ay^1 + D_1 y^{j_1} + D_2 y^{j_2} &= F^0 - B\varphi, \\
 Ay^2 + By^1 + D_1 y^{j_1} + D_2 y^{j_2} &= F^1, \\
 Ay^3 + By^2 + D_1 y^{j_1} + D_2 y^{j_2} &= F^2,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \overset{\dots}{A}y^{j_0-1} + \overset{\dots}{B}y^{j_0-2} + \overset{\dots}{D}_1y^{j_1} + \overset{\dots}{D}_2y^{j_2} = F^{j_0-2}, \\ & \overset{\dots}{A}y^{j_0} + \overset{\dots}{B}y^{j_0-1} + \overset{\dots}{D}_1y^{j_1} + \overset{\dots}{D}_2y^{j_2} = F^{j_0-1}. \end{aligned} \quad (8)$$

A matrisi diaqonal üstünlüyünə malik olduğundan, onun tərsi var. Ona görə axırıncı tənliklərin birincisindən y^1 dəyişənini, ikincisindən y^2 dəyişənini və s. axırıncısından y^{j_0} dəyişənini $D_1 y^{j_1} + D_2 y^{j_2}$ cəmi vasitəsilə ifadə etmək olar:

[illegible]

Bu bərabərliklərdən ikisini, sol tərəflərində y^{j_1} və y^{j_2} iştirak edən bərabərlikləri ayıraraq, onları uyğun olaraq, soldan D_1 və D_2 matrislərinə vurub, tərəf-tərəfə toplasaq, alınmış bərabərlikdən $D_1 y^{j_1} + D_2 y^{j_2}$ cəmini tapa bilərik.

Daha sonra işə bu cəmin ifadəsini (9) bərabərliklərinin sağ tərəflərində yerinə yazmaqla, $y^1, y^2, \dots, y^{j_0}$ məchullarının qiymətlərini tapa bilərik.

Ədəbiyyat

1. А.А.Самарский. Введение в теорию разностных схем. Москва, издательство «Наука», 1971, 552 с.
2. З.Ф.Ханкишиев. Решение одной задачи для линейного нагруженного дифференциального уравнения параболического типа с интегральными условиями. Вестник Бакинского Университета, серия физико-математических наук, 2021, № 4, с.25-38.

SÜNİ İNTELLEKT VƏ STEM: FƏRDİLƏŞDİRİLMİŞ ÖYRƏNMƏYƏ DOĞRU

Əliyeva Məhsəti, Əliyeva Fatma

(Mingəçevir Dövlət Universiteti, Mühəndislik fakültəsi)

mahsati.aliyeva@mdu.edu.az, aliyeva.fatma@mdu.edu.az

Xülasə: Bu məqalədə STEM (Elm, Texnologiya, Mühəndislik və Riyaziyyat) təhsilində süni intellektin (Sİ) tətbiqi və fərdiləşdirilmiş öyrənmə modellərinin formalaşmasında onun rolu araşdırılır. Müasir təhsil mühitində Sİ texnologiyaları tədris prosesini avtomat-

laşdırmaqla yanaşı, fərdi öyrənmə ehtiyaclarını müəyyənləşdirməyə və adaptiv öyrənmə mühitləri yaratmağa imkan verir. Məqalədə süni intellektin STEM fənlərinin tədrisində tətbiq sahələri, fərdiləşdirilmiş öyrənmə sistemlərinin alqoritmik əsasları və pedaqoji effektivliyi nəzərdən keçirilir. Eyni zamanda, bu yanaşmaların tələbə motivasiyası, yaradıcılıq və tənqidi düşünmə bacarıqlarına təsiri təhlil olunur. Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, Sİ əsaslı fərdiləşdirilmiş öyrənmə modelləri müəllimlərin yükünü azaldaraq, tələbələrin fərdi potensialının aşkarlanmasına və STEM sahələrinə marağın artırılmasına şərait yaradır. Məqalə həm elmi-nəzəri, həm də praktiki aspektlərdə süni intellektin təhsil prosesi-nə integrasiyasının perspektivlərini təqdim edir.

Açar sözlər: Süni intellekt, STEM təhsili, fərdiləşdirilmiş öyrənmə, rəqəmsal təhsil, adaptiv sistemlər.

Giriş: XXI əsrdə elmin, texnologiyanın və rəqəmsal innovasiyaların sürətli inkişafı təhsilin mahiyyətinə və metodologiyasına ciddi təsir göstərmişdir. Bu dəyişikliklər fonunda STEM (Elm, Texnologiya, Mühəndislik və Riyaziyyat) təhsili yeni bacarıqların formalaşdırılması, yaradıcı və analitik düşünmənin inkişafı üçün əsas istiqamətlərdən birinə çevrilmişdir. Müasir dövrdə təhsil sistemləri qarşısında duran əsas məqsədlərdən biri fərdi öyrənmə tələblərinə cavab verən, çevik və adaptiv tədris mühitlərinin yaradılmasıdır. Bu baxımdan süni intellekt (Sİ) texnologiyaları tədris prosesinin fərdiləşdirilməsi, öyrənmə nəticələrinin analizi və adaptiv təlim modellərinin qurulmasında mühüm alət kimi çıxış edir [4]. Süni intellekt sistemləri öyrənənlərin bilik səviyyəsini, maraq dairəsini və öyrənmə sürətini analiz edərək fərdi tədris planları hazırlamağa imkan yaradır. Bu yanaşma həm müəllimlərə tələbələrin inkişaf dinamikasını izləməyə, həm də tədris resurslarını səmərəli idarə etməyə şərait yaradır [5]. Digər tərəfdən, Sİ-nin STEM təhsili ilə integrasiyası, xüsusilə proqramlaşdırma, mühəndis dizaynı, data analitikası və robototexnika kimi sahələrdə tətbiqi bacarıqların formalaşmasına təkan verir. Məqalənin məqsədi STEM təhsilində süni intellektin tətbiq istiqamətlərini təhlil etmək, fərdiləşdirilmiş öyrənmə modellərinin elmi əsaslarını və onların tədris prosesinə gətirdiyi yenilikləri müəyyənləşdirməkdir.

Süni intellektin STEM təhsilində rolu: Süni intellektin (Sİ) təhsil sistemlərinə integrasiyası XXI əsrin ən mühüm texnoloji tendensiyalarından biridir. Bu texnologiya xüsusilə STEM təhsili sahəsində yeni öyrənmə imkanları yaradır, çünki Sİ alqoritmləri tədris prosesini adaptiv şəkildə idarə etməyə və fərdi öyrənmə ehtiyaclarını müəyyənləşdirməyə imkan verir [2]. STEM fənlərinin xarakterik xüsusiyyəti tətbiq yönümlülük və problem həll etməyə əsaslanmasıdır. Bu xüsusiyyətlər Sİ texnologiyalarının öyrənmə mühitinə integrasiyasını

daha səmərəli edir. Sİ sistemləri tədris prosesində müəllimlərin rolunu tam əvəz etmir, lakin onların fəaliyyətini dəstəkləyən “ağıllı köməkçi” kimi çıxış edir. Məsələn, süni intellekt əsaslı tədris platformaları tələbələrin bilik səviyyəsini real vaxtda qiymətləndirir, zəif tərəfləri müəyyən edir və uyğun tapşırıqlar təqdim edir [3]. Sİ texnologiyaları müəllimlər üçün analitik alətlər təqdim edir. Böyük verilənlər analizi vasitəsilə tələbə nailiyyətləri, iştirak faizi və tapşırıq nəticələri analiz olunur. Bu məlumatlar pedaqoqlara dərs planlarını yenidən formalaşdırmaq və daha fərdi yönümlü təlim strategiyaları hazırlamaq imkanı verir [4]. Sİ-nin STEM fənlərindəki praktiki rolu robototexnika, proqramlaşdırma və riyazi modelləşdirmə kimi istiqamətlərdə özünü göstərir. Süni intellektlə idarə olunan robotlar və simulyasiya proqramları tələbələrə mühəndislik problemlərinin real modellərini qurmaq imkanı verir. Bu cür təcrübələr tələbələrin tənqidi düşünmə, analitik təhlil və yaradıcı həll bacarıqlarını inkişaf etdirir.

Fərdiləşdirilmiş öyrənmə modelləri və süni intellektin tətbiq mexanizmləri: Fərdiləşdirilmiş öyrənmə tələbələrin bilik səviyyəsinə, maraqlarına və öyrənmə tərzinə uyğunlaşdırılmış tədris prosesini nəzərdə tutur. Süni intellekt texnologiyaları bu prosesdə əsas alət kimi çıxış edir və adaptiv öyrənmə sistemlərinin qurulmasına imkan verir [5]. Süni intellekt əsaslı fərdiləşdirilmiş öyrənmə modelləri tələbə məlumatlarını real vaxtda analiz edir və nəticələrə əsasən öyrənmə yollarını dinamik şəkildə formalaşdırır. Bu modellərdə istifadə olunan əsas mexanizmlər aşağıdakılardır: Öyrənmə analitikası: tələbə fəaliyyətləri, tapşırıq nəticələri və iştirak məlumatları əsasında performans qiymətləndirilir. Adaptiv alqoritmlər: fərdi bilik səviyyəsinə uyğun tədris materialları və tapşırıqlar təqdim edilir. Avtomatik rəy sistemi: tələbəyə dərhal geri bildirim verilir, zəif tərəfləri aşkar edilir və növbəti addımlar təklif olunur [4]. Dünyada geniş istifadə olunan platformalar (ALEKS, Smart Sparrow, Knewton) bu prinsiplərə əsaslanır. Azərbaycan təhsil sistemi üçün də bu modellərin tətbiqi perspektivlidir. Virtual laboratoriyalar və rəqəmsal simulyasiyalar tələbələrə fərdi bacarıqlarına uyğun təcrübələr qura bilməyə imkan verir [2].

Nəticə və tövsiyələr: Süni intellekt texnologiyaları STEM təhsilində fərdiləşdirilmiş öyrənmə modellərinin yaradılmasında mühüm rol oynayır [3]. Bu yanaşma öyrənmə prosesini effektivləşdirməklə yanaşı, müəllimlərin yükünü azaldır və dərslərin keyfiyyətini artırır. Fərdiləşdirilmiş öyrənmə modelləri tələbələrin analitik, yaradıcı və tənqidi düşünmə bacarıqlarının inkişafına şərait yaradır [4]. Bununla belə, texnoloji infrastruktur, müəllim bacarıqları və etik məsələlər diqqət tələb edir [5]. Tövsiyələr: Sİ əsaslı STEM öyrənmə platformalarının yaradılması. Müəllimlər üçün ixtisasartırma proqramlarının hazırlan-

ması. Böyük verilənlərin təhlili və SI modelləri üçün infrastruktura sərmayə artırılması. Etik və məxfilik prinsiplərinə əsaslanan məlumat idarəetmə siyasətinin hazırlanması.

Ədəbiyyat

1. Holmes W., Bialik M., Fadel C. (2019). Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. Center for Curriculum Redesign. <https://curriculumredesign.org/portfolio/artificial-intelligence-in-education/>
2. Luckin R. (2018). Machine Learning and Human Intelligence: The Future of Education for the 21st Century. UCL Institute of Education Press. <https://www.routledge.com/Machine-Learning-and-Human-Intelligence-The-Future-of-Education-for-the/Luckin/p/book/978113855516>
3. Woolf B.P. (2021). Building Intelligent Interactive Tutors. Morgan Kaufmann. <https://www.elsevier.com/books/building-intelligent-interactive-tutors/woolf/978-0-12-818154->
4. OECD (2023). AI and the Future of STEM Education. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/education/ai-and-the-future-of-stem-education.htm>

SOFT MODULLARIN ZƏNCİR KOMPLEKSLƏRİNİN KATEQORİYASI

Əliyeva Nərgiz, Bayramov Sədi

(BDU, Mexanika-Riyaziyyat fakültəsi)

neliyeva876@gmail.com, baysadi@gmail.com

Xülasə: Soft modulların zəncir komplekslər kateqoriyası qurulur və onların xassələri öyrənilir.

Açar sözlər: Soft modul, zəncir kompleksi, kateqoriya, funktor

$\{(F_n, A)\}_{n \in \mathbb{Z}}$ ilə $\{M_n\}_{n \in \mathbb{Z}}$ üzərində soft modulların ailəsini göstərsək və $n \in \mathbb{Z}$, $(\partial_n, 1_A): (F_n, A) \rightarrow (F_{n-1}, A)$ onların morfizmi olsun.

Tərif 1. Əgər $\forall a \in A$ üçün $\{(F_n(a)), \partial_n|_{F_n(a)}(a): F_n(a) \rightarrow F_{n-1}(a)\}$ modulların zəncir kompleksi isə onda $\{(F_n, A), (\partial_n, 1_n)\}$ ardıcılığına soft modulların zəncir kompleksi deyilir. $\{(F_n, A), \partial_n\}, \{(G_n, B), \partial'_n\}$ soft modulların zəncir kompleksi, $\{f_n: M_n \rightarrow N_n\}$ modulların homomorfizmini və $g: A \rightarrow B$ çoxluqların inikası olsun. Əgər $\forall a \in A$ üçün

$$\begin{array}{ccc} F_n(a) & \xrightarrow{\partial_n} & F_{n-1}(a) \\ f_n \downarrow & & \downarrow f_{n-1} \end{array}$$

$$G_n(g(a)) \xrightarrow{\partial_n} G_{n-1}(g(a))$$

Diagramı kommutativdirsə, onda $(\{f_n\}, g)$ ailəsinə zəncir komplekslərin morfizmi deyilir.

Teorem 1. Soft modulların zəncir kompleksləri və onların morfizmləri kateqoriya təşkil edir

Tərif 2. $(\{\varphi_n\}, g), (\{\psi_n\}, g): (F_n, A, \partial_n) \rightarrow (G_n, B, \partial'_n)$ morfizmlər olsun.

Əgər $\varphi_n - \psi_n = D_{n-1} \cdot \partial_n + \partial_{n+1} \cdot D_n$ şərtini ödəyən (1)

$D = \{(D_n, g): (F_n, A) \rightarrow (G_{n+1}, B)\}$ homomorfizmlər ailəsi varsa, onda D ailəsinə zəncir homotopya deyilir.

Teorem 2. Zəncir homotopya ekvivalentlik münasibətidir və superpozisiya görə invariantdır. (F_n, A, ∂_n) zəncir kompleksi üçün $H_n(F, a) = \ker \partial_n / \text{Im } \partial_{n+1}$ homoloji modul olsun. (2)

Teorem 3. $(F_n, A, \partial_n) \rightarrow H_n(F, A)$ qarşı gəlməsi funktordur.

Teorem 4. Zəncir komplekslərin homoloji funktoru homotopya münasibətinə görə invariantdır.

Ədəbiyyat

- [1] Sun Q.M., Zhang Z.L., Lia.J., Soft Sets and soft modules, lecture Notes in Conpat Sci 5009(2008), 403-409
- [2] Bayramov S.A., Fuzzy and fuzzy soft structure in algebras, Lambert Academic Publishing, 2012

X OPERATORUNUN HİPERƏVƏZETMƏLƏR VASİTƏSİLƏ TƏYİN OLUNMASI

Əsəd zadə Əminə

(BDU, Mexanika-Riyaziyyat fakültəsi)

esedzadeemine0@gmail.com

Xülasə: X operatoru hiperəvəzetmələr vasitəsilə təyin edilir və onun xassələri öyrənilir.

Açar sözlər: Hiperəvəzetmə, törəmə cəbri, operator, tənliklər sinfi, qapanma

İlk öncə hiperəvəzetmənin tərifini verək:

Tərif: Tutaq ki, $\alpha: \{f_i: i \in I\} \rightarrow W_\tau(X)$ inikası verilmişdir. Burada $f_i - \tau$ tip $n_i -$ arlı əməliyyat simvoludur. Bu şəkildə verilən α inikası τ tip hiperəvəzetmə adlanır.

İndi isə mühüm operatorlardan biri olan X operatorunu hiperəvəzet-

mələr vasitəsilə təyin edək. Əgər Σ - τ tip tənliklər sinfi və $\omega_1 \approx \omega_2 \in \Sigma$ olarsa, onda aşağıdakıları yazı bilərik:

$$X[\omega_1 \approx \omega_2] : \{\hat{\alpha}[\omega_1] \approx \hat{\alpha}[\omega_2] : \alpha - \tau \text{ tip əvəzetmədir}\}.$$

$$X[\Sigma] := \bigcup_{\omega_1 \approx \omega_2 \in \Sigma} X[\omega_1 \approx \omega_2]$$

Eyni ilə X operatorunu cəbrlər və cəbrlər sinifləri üzərində də təyin edə bilirik. Tutaq ki, $A = (A: (f_i^A)_{i \in I})$ cəbri, $T \subseteq \text{Alg}(\tau)$ və α hiperəvəzetməsi verilmişdir. Onda aşağıdakı tərif verə bilirik:

$$\alpha[A] := (A: (\alpha(f_i^A))_{i \in I}),$$

$$X[A] := \{\alpha[A] : \alpha - \tau \text{ tip hiperəvəzetmədir}\}$$

$$X[T] := \bigcup_{A \in T} X[A]$$

Burada $\alpha[A]$ -da τ tip cəbrdir və A -nın törəmə cəbri adlanır. $X[A]$ isə A -nın bütün törəmə cəbrlər çoxluğudur.

İndi isə X operatorunun bəzi xassələrini göstərək. (1)

Xassə 1: Tutaq ki, α və $\beta - \tau$ tip hiperəvəzetmələrdir. Onda $\lambda = \hat{\alpha} \circ \beta$ - da hiperəvəzetmədir və $\hat{\lambda} = (\hat{\alpha} \circ \beta)^{\wedge} = \hat{\alpha} \circ \hat{\beta}$

İsbatı: Bilirik ki, $\lambda = \hat{\alpha} \circ \beta : \{f_i : i \in I\} \rightarrow W_{\tau}(X)$ hiperəvəzetmədir. Əgər $t_i = x$ olarsa, onda $(\hat{\alpha} \circ \beta)^{\wedge} [x] = x = \hat{\alpha} [x] = \hat{\alpha} [\hat{\beta} [x]] = (\hat{\alpha} \circ \hat{\beta}) [x]$, $t_i = f_i(t'_1, \dots, t'_{n_i})$, $i \in I$. Fərz edək ki, $(\hat{\alpha} \circ \beta)^{\wedge} [t'_j] = (\hat{\alpha} \circ \hat{\beta}) [t'_j]$, $j \in \{1, \dots, n_i\}$. Onda yazı bilirik:

$$\begin{aligned} (\hat{\alpha} \circ \beta)^{\wedge} [f_i(t'_1, \dots, t'_{n_i})] &= (\hat{\alpha} \circ \beta) (f_i) (\hat{\alpha} \circ \beta)^{\wedge} [t'_1], \dots, (\hat{\alpha} \circ \beta)^{\wedge} [t'_{n_i}] = \hat{\alpha} (\hat{\beta} (f_i)) ((\hat{\alpha} \circ \hat{\beta}) \\ &[t'_1], \dots, (\hat{\alpha} \circ \hat{\beta}) [t'_{n_i}]) = \hat{\alpha} [\hat{\beta} (f_i) (\hat{\beta} [t'_1], \dots, \hat{\beta} [t'_{n_i}])] = \hat{\alpha} [\hat{\beta} [f_i(t'_1, \dots, t'_{n_i})]] = \\ &= (\hat{\alpha} \circ \hat{\beta}) [f_i(t'_1, \dots, t'_{n_i})] \end{aligned}$$

Xassə 2: X operatoru Σ -tənliklər sinfi və τ tip cəbrlərin T sinfi üzərində qapanma operatorunun bəzi xassələrinə malikdir. Belə ki,

- I. $\Sigma \subseteq X[\Sigma]$,
- II. $\Sigma' \subseteq \Sigma \Rightarrow X[\Sigma'] \subseteq X[\Sigma]$,
- III. $X[X[\Sigma]] = X[\Sigma]$

Eyni ilə, (2)

- I. $T \subseteq X[T]$
- II. $T' \subseteq T \Rightarrow X[T'] \subseteq X[T]$
- III. $X[X[T]] = X[T]$

İsbatı: I. $\alpha(f_i) = f_i(x_1, \dots, x_{n_i})$, $i \in I$ ilə təyin olunan $\alpha_{id} : \{f_i : i \in I\} \rightarrow W_{\tau}(X)$ eynilik inikası hiperəvəzetmədir. Buna görə də hər bir $\omega_1 \approx \omega_2$ eyniliyi üçün alırıq ki, $\omega_1 = \hat{\alpha}_{id}[\omega_1] \approx \hat{\alpha}_{id}[\omega_2] = \omega_2 \in X[\omega_1 \approx \omega_2]$ və belə ki, $\Sigma \subseteq X[\Sigma]$.

- II. Fərz edək ki, $\hat{\alpha}[\omega_1] \approx \hat{\alpha}[\omega_2] \in X[\Sigma']$, $\omega_1 \approx \omega_2 \in \Sigma' \subseteq \Sigma$. Onda, $\hat{\alpha}[\omega_1] \approx \hat{\alpha}[\omega_2] \in X[\Sigma]$.

III. I və II- yə əsasən $X[\Sigma] \subseteq X[X[\Sigma]]$. Əksini fərz etsək $\hat{\alpha}[\omega_1] \approx \hat{\alpha}[\omega_2] \in X[X[\Sigma]]$, belə ki, $\omega_1 \approx \omega_2 \in X[\Sigma]$. Onda elə β hiperəvəzetməsi və t_1, t_2 parametrləri var ki, $\omega_1 = \hat{\beta}[t_1]$, $\omega_2 = \hat{\beta}[t_2]$ və $t_1 \approx t_2 \in \Sigma \Rightarrow \hat{\alpha}[\omega_i] = \hat{\alpha}[\hat{\beta}[t_i]]$, $i=1,2$. Onda xassə 1-ə əsasən $\hat{\lambda}[t_i] = \hat{\alpha}[\hat{\beta}[t_i]] = \hat{\alpha}[\omega_i]$, $(i=1,2)$ və $\hat{\alpha}[\omega_1] \approx \hat{\alpha}[\omega_2] \in X[\Sigma]$.

Ədəbiyyat

- [1] Denecke Klaus, Shelly L. Wismath. Hyperidentities and Clones. Overseas Publishers Association, 2000
- [2] O.M.Məmmədov Cəbrə giriş. Dərs vəsaiti. 2-ci nəşri. Bakı: "Bakı Universiteti" nəşriyyatı, 2017, 430 s.

BİR EKOLİOJİ PROBLEMİN HƏLLİNƏ DİFERENSİAL TƏNLİKLƏRİN TƏTBİQİ

Əsgərli Rəhilə, Abbasova Ayyun

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

esgerova2512@gmail.com, aygun_abbasova@bk.ru

Xülasə: *İşdə bir diferensial tənliyin köməyi ilə real ekoloji və bioloji problemin-temperatur əsaslı zaman təyini, yəni bədən hərəkətinin dəyişməsinə görə ölüm vaxtının hesablanması məsələsi təqdim olunmuşdur.*

Açar sözlər: *diferensial tənliklər, ekoloji problemlərin riyazi modelləşdirilməsi, Nyutonun soyuma qanunu, ədədi üsullar, Nyuton üsulu.*

Qeyd etmək lazımdır ki, Nyutonun soyuma qanunu ekoloji və bioloji problemlərin modellənməsində praktiki alət kimi təqdim edilir. Baxılan məsələ konkret bir situasiyaya tətbiq olunur: meşədə tapılmış ceyran cəsədinin nə vaxt öldürüldüyünü müəyyən etmək üçün cismin vaxt üzrə temperatur dəyişməsi modelləşdirilir.

Situasiya: Qoruğu gəzərkən meşəbəyi öldürülmüş bir ceyran cəsədini görür. Müşahidə apararkən aydın oldu ki, ceyran brakonyer tərəfindən dəqiq atəşlə vurulub öldürülmüşdü. Yaxınlıqda iki nəfər saxlanılır, lakin onların bu əməli törətdiklərini aydınlaşdırmaq üçün heyvanın nə vaxt öldürüldüyünü müəyyənləşdirmək lazımdır.

Bu məsələni Nyutonun soyuma qanununun köməyi ilə həll etmək olar. Qanuna görə havada cismin soyuma sürəti cismin temperaturu ilə havanın temperaturu arasındakı fərqlə mütənəsbidir, yəni

$$\frac{dy}{dt} = -k(y - a), \quad (1)$$

Burada y -zamanın t anında cəsədin temperaturu, a –havanın temperaturu, k –mütanasiblik əmsalıdır. Məsələnin həlli tənliyin həllinin tədqiqindən asılıdır. Nəzərə almaq lazımdır ki, ceyran öldürüldükdən sonra havanın temperaturu dəyişməyə bilər, amma vaxt keçdikcə dəyişə də bilər. Birinci halda tənliyin həlli aşağıdakı kimidir:

$$\ln \frac{y-a}{y_0-a} = -kt, \quad x \neq a, \quad (2)$$

Burada y_0 $t=0$ anında bədənənin temperaturudur. Əgər naməlum şəxslərin saxlanıldığı zaman ceyranın cəsədinin temperaturu $y = 31^\circ C$, bir saatdan sonra isə $y = 29^\circ C$, onda bədənənin temperaturu atəş açılan zaman $y = 37^\circ C$, havanın temperaturu isə $a = 21^\circ C$, naməlumların saxlanması anını $t = 0$ nəzərə alsaq atəşin açılma vaxtını təyin etmək olar. Verilənləri nəzərə alsaq, sonuncu ifadədən alırıq:

$$k = \ln \frac{31-21}{29-21} = \ln 1,25 \approx 0,223 \quad (3)$$

(3)-ü (2)-də k – nın yerinə yazsaq və $y = 37^\circ C$ nəzərə alsaq, alırıq

$$t = -\frac{1}{0,223} \ln \frac{37-31}{31-21} = -\frac{1}{0,223} \ln 1,6 \approx -2,106,$$

yəni atəşin açıldığı anla naməlum şəxslərin saxlanıldığı anadək 2 saat 6 dəqiqə zaman keçmişdi

Havanın temperaturu zamanla dəyişdikdə isə cismin soyuma qanunu xətti qeyri-bircins diferensial tənliklə ifadə olunur:

$$\frac{dy}{dt} + ky = kb(t), \quad (4)$$

burada $b(t) - t$ anında havanın temperaturudur.

Fərz edək ki, şübhəlinin saxlandığı an ceyranın cəsədinin temperaturu $30^\circ C$ idi. Həmçinin məlumdur ki, hadisə günü havanın temperaturu günortadan sonra hər saat $1^\circ C$ enmiş və cəsədin tapıldığı anda $0^\circ C$ olmuşdur. Fərz edək ki, cəsəd tapıldıqdan bir saat sonra onun temperaturu $25^\circ C$, havanın temperaturu isə $-1^\circ C$ olmuşdur. Atəş açılma anını $t = 0$ qəbul edək və ceyranın həmin anda bədən temperaturunun $y_0 = 37^\circ C$ olduğunu nəzərə alaq. Öldürülmüş ceyranın tapılma vaxtı $t = t_1$, onda $b(t) = t_1 - t$.

Məlumdur ki, (4) -xətti qeyri-bircins tənlikdir. Sabitin variasiyası üsulunu tətbiq etsək, (1) tənliyinin həlli aşağıdakı kimi olar:

$$y = \left(y_0 - t - \frac{1}{k}\right) e^{-kt} + t_1 - t + \frac{1}{k}. \quad (5)$$

Nəzərə alsaq ki, $t = t_1$ anında $y_0 = 30^\circ C$ və $t = 1 + t_1$ üçün $y_0 = 25^\circ C$ (5) bərabərliyindən aşağıdakı münasibətləri alırıq:

$$\begin{aligned} \left(37 - t_1 - \frac{1}{k}\right)e^{-kt} + \frac{1}{k} &= 30, \\ \left(37 - t_1 - \frac{1}{k}\right)e^{-k(t_1+1)} + \frac{1}{k} &= 26. \end{aligned}$$

Son iki tənlikdən k -ya nəzərən transsendent tənlik alırıq:

$$\left(30 - \frac{1}{k}\right)e^{-k} - 26 + \frac{1}{k} = 0 \quad (6)$$

Bu tip tənlikləri cəbri üsullarla həll etmək olmur, ona görə də (6) tənliyinin həllinə ədədi üsullarda birini, Nyutonun ardıcıl yaxınlaşma üsulunu tətbiq edirik. Bunun üçün (6) tənliyini aşağıdakı şəkə gətiririk:

$$30k - 1 + (1 - 26k)e^k = 0, \quad (7)$$

Sonuncu tənlik

$$(ak + b)e^{ak} + ck + d = 0 \quad (4)$$

şəkildədir.

Bizim halda: $a = -26$, $b = 1$, $c = 30$, $d = -1$.

Alınan nəticələr əsasında ceyranın təxminən onun cəsədinin tapılmasından 1 saat 12 dəqiqə əvvəl öldürüldüyü müəyyən edilmişdir [1].

Ədəbiyyat

1. В. В. Амелькин. Дифференциальные уравнения в приложениях. Москва, Наука, 169 с., 1987.
2. X.M. Həməzəyev, Q.Q. İsmayilov. Ekoloji problemlərdə riyazi modelləşdirmə. Dərs vəsaiti, Bakı Azərb.DNSU-nun nəşri, 2002, 84 səh
3. V.Ə. Kərimov Ekoloji və iqtisadi sistemlərin analizi üçün bəzi hesablama üsulları. Metodiki vəsait. Bakı. Qanun, 2010, 84 səh
4. Вольтера В. Математическая теория борьбы за существование. М., Наука, 1976, 288 стр.

MAŞIN ÖYRƏNMƏYƏ ƏSASLANAN EMOSİONAL ZƏKA: TƏBİİ DİLİN SEMANTİK ANALİZİNDƏ YENİ YANAŞMALAR

Əsgərova Aysu

(Mingəçevir Dövlət Universiteti, Mühəndislik fakültəsi)

aysu.asgarova.itm24@mdu.edu.az

Xülasə: Müasir süni intellekt sistemlərində insan duyğularını anlama və proqnozlaşdırma bacarığı -emosional zəka getdikcə daha çox önəm qazanır. Bu məqalədə, təbii dilin semantik analizində maşın öyrənməyə əsaslanan emosional zəkanın tətbiq imkanları nəzəri baxımdan təhlil edilir. Ənənəvi maşın öyrənmə modelləri kiçik datasetlərdə sürətli və qənaətvərici nəticələr versə də, dərin semantik və kontekstual əlaqələri öyrənməkdə məhdudiyyətlərə

malikdir. Müasir dərin öyrənmə modelləri və kontekstual transformerlər bu problemi aradan qaldırmaq üçün effektiv yanaşmalar təqdim edir. Məqalədə həmçinin transfer öyrənmə və multimodal analiz metodlarının emosional mətn təsnifatında performansını artırdığı nəzəri cəhətdən izah olunur. Aparılan təhlil göstərir ki, maşın öyrənməyə əsaslanan emosional zəka sistemləri, insan–kompüter qarşılıqlı əlaqəsini daha empatik və kontekstual olaraq zəngin hala gətirmək üçün perspektivli istiqamətlərdən biridir.

Açar sözlər : emosional zəka, maşın öyrənmə, təbii dilin email, (nlp), semantik analizdərin öyrənmə, kontekstual modellər, mətn təsnifatı.

Süni intellektin inkişafında insan davranışlarını və duyğularını anlama qabiliyyəti, xüsusilə emosional zəka, elmi və texnoloji baxımdan prioritet sahələrdən birinə çevrilmişdir [1]. Ənənəvi maşın öyrənmə modelləri yalnız mətnin strukturunu və sadə statistik nümunələri öyrənmək üçün istifadə olunurdu, lakin insan dilindəki çoxmənəlilik, kontekstual dəyişkənlik və affektiv məlumatların təhlili yeni yanaşmalar tələb edir. Təbii dilin semantik analizində emosional zəkanın modelləşdirilməsi sistemlərin yalnız məntiqi nəticələr çıxarmasını deyil, həm də insanın emosional vəziyyətini və niyyətlərini anlamaq imkanını artırır. Bu məqsədlə, dərin öyrənmə modelləri (LSTM, BERT, GPT) və transformerlər sözlərin və cümlələrin kontekstual əlaqələrini öyrənərək mətnin emosional yükünü dəqiqliklə qiymətləndirə bilər.

Məqalənin məqsədi, təbii dilin semantik analizində maşın öyrənməyə əsaslanan emosional zəkanın tətbiq imkanlarını nəzəri baxımdan araşdırmaq və gələcək tədqiqat istiqamətləri üçün perspektivli strategiyaları müəyyən etməkdir.

Emosional zəka insanın özün və başqalarının duyğularını tanımaq və idarə etmək bacarığı süni sistemlərdə maşın öyrənmə metodları vasitəsilə modelləşdirilə bilər [2]. NLP sahəsində bu yanaşma əsasən üç mərhələdən ibarətdir: məlumatların emalı (preprocessing), emosiya xüsusiyyətlərinin çıxarılması (feature extraction) və emosiya təsnifatı (emotion classification).

Klassik maşın öyrənmə modelləri, məsələn Naive Bayes, SVM və Random Forest, kiçik datasetlər üçün sürətli və qənaətvərici nəticələr təmin edir. Lakin semantik və kontekstual analizdə bu modellərin performansı məhdud qalır. Bu səbəbdən, dərin öyrənmə modelləri, xüsusilə LSTM, CNN və Transformer arxitekturaları, emosional mətnin təhlilində daha üstün nəticələr göstərir. Transformer modelləri (BERT, RoBERTa) sözlərin yalnız lüğəvi mənasını deyil, həm də cümlə daxilindəki kontekstual əlaqələri öyrənir, beləliklə mətnin emosional yükünü dəqiqliklə müəyyən edir. Transfer öyrənmə və multimodal analiz (mətn + səs + vizual siqnallar) isə sistemlərin daha empatik və realistik qərarlar

verməsinə imkan yaradır [3].

Azərbaycan Dilində Emosional Zəka və NLP Tətbiqləri

Son illərdə Azərbaycanda təbii dilin emalı və emosional zəka sahəsində aparılan tədqiqatlar, yerli dilin özünəməxsus xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq maşın öyrənmə metodlarının tətbiq imkanlarını qiymətləndirməyə yönəlib [4]. Azərbaycan dilində mətnlərin morfoloji və sintaktik xüsusiyyətləri, həmçinin emosional ifadələrin çoxşaxəli olması, beynəlxalq modellərin birbaşa tətbiqini çətinləşdirir. Bu səbəbdən yerli tədqiqatçılar lokal yanaşmaların və adaptasiya edilmiş modellərin inkişafına üstünlük vermişlər.

Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi (2023) qeyd edir ki, emosional zəkanın təhsildə tətbiqi yalnız psixoloji və pedaqoji aspektləri ilə deyil, həm də süni intellekt əsaslı analitik sistemlər vasitəsilə şagirdlərin emosional vəziyyətinin qiymətləndirilməsi baxımından perspektivli sahədir. R. Əliyev (2022) göstərir ki, Azərbaycan dilində emosional mətnlərin təsnifatı üçün klassik maşın öyrənmə metodları ilkin mərhələdə məqbul nəticələr verir, lakin dərin semantik və kontekstual məlumatların öyrənilməsində müəyyən məhdudiyyətlər mövcuddur [5]. T. Hüseynov (2021) isə overfitting risklərini minimuma endirmək üçün transfer öyrənmə və hibrid yanaşmaların vacibliyini vurğulamışdır [6]. M. Quliyev (2020) göstərir ki, lokal dil xüsusiyyətlərini nəzərə alan modellər texnoloji və sosial sahələrdə praktik əhəmiyyət daşıyır [7].

Ümumilikdə, Azərbaycanda aparılan nəzəri tədqiqatlar və ilkin tətbiq işləri göstərir ki, lokal dil xüsusiyyətləri və kiçik datasetlər nəzərə alınmaqla hazırlanmış maşın öyrənmə modelləri, Azərbaycan dilində emosional zəkanın təhlili üçün etibarlı baza yaradır.

Aparılan nəzəri təhlil göstərir ki, maşın öyrənməyə əsaslanan emosional zəka sistemləri insan-kompüter qarşılıqlı əlaqəsini daha empatik və kontekstual olaraq zənginləşdirir. Dərin öyrənmə və kontekstual modellər, semantik və emosional məlumatları öyrənməkdə ənənəvi modellərdən daha yüksək performans nümayiş etdirir. Bununla belə, emosional təhlilin dəqiqliyi dil müxtəlifliyi, mədəni fərqliliklər və etik məhdudiyyətlər səbəbindən hələ də məhduddur. Gələcək tədqiqatlarda aşağıdakı istiqamətlər tövsiyə olunur:

1. Az resurslu dillərdə emosional analiz üçün lokal təlim modellərinin hazırlanması;
2. Multimodal yanaşmaların inteqrasiyası ilə dəqiqliyin artırılması;
3. İnsan və maşın arasında empatik qarşılıqlı əlaqəni gücləndirən interaktiv NLP sistemlərinin inkişaf etdirilməsi.

Bu istiqamətlər süni intellektin emosional aspektlərinin inkişafını sürətlən-

dirərək gələcəyin emosional cəhətdən ağıllı sistemlərini formalaşdıracaq.

Ədəbiyyat

1. D.Goleman (1995). Emotional Intelligence: Why It Can Matter More Than IQ. Bantam Books.
2. S.Raschka (2014). Python Machine Learning. Packt Publishing.
3. H.Idrees (2024). Transfer Learning for Small Datasets. Journal of Artificial Intelligence Research, 58(2), 123–145.
4. Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi (2023). Azərbaycan dilində emosional zəka və onun təhsildə tətbiqi. Bakı: Təhsil Nazirliyi.
5. R.Əliyev (2022). Təbii dilin emalı və emosional analiz: Azərbaycan dilində tətbiq imkanları. Bakı Dövlət Universiteti Elmi Əsərləri, 58(2), 45–59.
6. T.Hüseynov (2021). Maşın öyrənmə metodları ilə Azərbaycan dilində emosional mətnlərin təhlili. Azərbaycan İnformasiya Texnologiyaları Jurnalı, 19(1), 34–47.
7. M.Quliyev (2020). Azərbaycan dilində emosional zəka sistemlərinin inkişafı və tətbiqi. Bakı: Elm və Təhsil Nəşriyyatı.

ALİ TƏHSİLDƏ PROQRAMLAŞDIRMA: NƏZƏRİYYƏDƏN PRAKTİKAYA

Fətəliyeva Aysel

(Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti)

ayselfataliyeva33@gmail.com

Xülasə: Ali təhsildə proqramlaşdırmanın nəzəriyyədən praktikaya keçidi tələbələrin alqoritmik təfəkkürünü, problem həll etmə bacarıqlarını və peşə hazırlığını gücləndirir. Praktiki tapşırıqlar, riyazi modelləşdirmə ilə integrasiya, oyunlaşdırma və layihə əsaslı öyrənmə kimi metodlar tələbələrin motivasiyasını artırır, nəzəri bilikləri dərinləşdirir və komanda işi bacarıqlarını formalaşdırır. 2024-cü ildə Teylor sırası ilə sinus və kosinusun hesablanması tapşırığı üzrə aparılan təcrübədə tələbələrin mövzunu mənimsəmə səviyyəsi 83%, riyazi formulların kodlaşdırılması 79%, praktik tətbiq isə 74% təşkil etmişdir. Bu yanaşma gələcək informatika müəllimlərinin səmərəli fəaliyyətinə və rəqəmsal inkişafa töhfə verir.

Açar sözlər: proqramlaşdırma, ali təhsil, praktiki tapşırıqlar, alqoritmik təfəkkür, riyazi modelləşdirmə, oyunlaşdırma, layihə əsaslı öyrənmə, Teylor sırası, informatika təhsili, motivasiya.

XXI əsr texnologiyanın sürətli inkişafı ilə səciyyələnir və bu inkişaf ali təhsildə tədris prosesinə də birbaşa təsir göstərir. İnformatika fənninin əsas istiqaq-

mətlərindən biri proqramlaşdırma. Proqramlaşdırma yalnız nəzəri biliklərin öyrədilməsi ilə məhdudlaşmamalı, tələbələrin real həyatda tətbiq edə biləcəkləri praktik bacarıqlarla zənginləşdirilməlidir.

Ramin Əlinazim oğlu Mahmudzadə ali təhsildə proqramlaşdırma sahəsində önəmli rol oynamışdır, xüsusilə Bakı Dövlət Universitetində İnformasiya texnologiyaları və proqramlaşdırma kafedrasına 1993-1997-ci illərdə başçılıq edərək riyazi modelləşdirmə ilə proqramlaşdırmanın integrasiyasını təmin etmişdir. Onun təşəbbüsü ilə hazırlanan informatika üzrə olimpiada komandaları və tədris materialları (məsələn, C++ dilində proqramlaşdırma kitabları) tələbələrin praktik bacarıqlarını gücləndirərək sahənin inkişafına töhfə vermişdir [2].

Praktiki tapşırıqlar vasitəsilə tədris tələbələrdə alqoritmik təfəkkürün formalaşmasına, problem həll etmə bacarığının inkişafına və yaradıcılıq qabiliyyətlərinin güclənməsinə şərait yaradır. Bu, həm də onların gələcək peşə fəaliyyətinə daha yaxşı hazırlaşmasına xidmət edir.

Tədqiqatın məqsədi ali məktəblərdə proqramlaşdırmanın praktik tapşırıqlar üzərində qurulmuş metodoloji sistemini hazırlamaqdır. Bu istiqamətdə vəzifələr kimi proqramlaşdırmanın mövcud vəziyyətinin təhlili, riyazi modelləşdirmə ilə integrasiyanın təmin olunması, Python və digər dillər əsasında tapşırıqların işlənməsi və tədris modellərinin eksperimentlərdə sınaqdan keçirilməsi müəyyən edilmişdir [1].

Aparılan araşdırmalar göstərmişdir ki, praktiki tapşırıqlardan istifadə tələbələrin motivasiyasını yüksəldir, nəzəriyyəni daha dərinə başa düşmələri üçün imkan verir və öyrənməni daha yadda qalan edir. Bu metod həm ənənəvi dərslərdə, həm də distant təhsil şəraitində uğurla tətbiq oluna bilər.

Elmi yeniliklər sırasında proqramlaşdırmanın öyrədilməsində praktiki tapşırıqların didaktik sisteminin hazırlanması, fəndaxili integrasiyanın metodoloji əsaslarının işlənməsi və süni intellekt əsaslı alətlərin tədris prosesinə tətbiqi xüsusi yer tutur. Təcrübələr göstərir ki, oyunlaşdırma, layihə əsaslı öyrənmə və iterativ yanaşmalar tələbələrin analitik düşüncə qabiliyyətlərini artırır və komanda işi bacarıqlarını formalaşdırır [2].

Praktik olaraq 2024-cü ildə aşağıdakı kimi bir praktik üsulla 13 tələbə arasında aşağıdakı formada bir tapşırıq verdik.

Teylor sırası ilə sinus və kosinusun hesablanması (13 tələbə) Tələbələrə Teylor sırası ilə sinus və kosinus funksiyalarının vergüldən sonra 3 rəqəmə yuvarlaq hesablanması ilə bağlı tapşırıq təqdim olundu:

Əldə olunan nəticə:

-Mövzunun mənimsənilmə səviyyəsi: 83%

- Riyazi formulların kodlaşdırılması: 79%
- Yanaşmanın tətbiqi praktikasi: 74%

```
python
import math

def taylor_sin(x, n):
    return round(sum((-1)**i * x**(2*i+1) / math.factorial(2*i+1) for i in range(n)), 3)

def taylor_cos(x, n):
    return round(sum((-1)**i * x**(2*i) / math.factorial(2*i) for i in range(n)), 3)

print("sin(1):", taylor_sin(1, 10))
print("cos(1):", taylor_cos(1, 10))
```

Nəticə olaraq, ali təhsildə proqramlaşdırmanın nəzəriyyədən praktikaya keçidi tələbələrin peşə hazırlığını gücləndirir, onları müasir əmək bazarının tələblərinə uyğun mütəxəssis kimi yetişdirir. Praktiki tapşırıqlara əsaslanan bu yanaşma gələcək informatika müəllimlərinin daha səmərəli fəaliyyət göstərməsinə və cəmiyyətin rəqəmsal inkişafına töhfə verməsinə imkan yaradır.

Ədəbiyyat

1. Brown, J., Smith, K., & Lee, A. (2024). *Iterative learning approaches in computer programming education: An experimental study*. Journal of Computer Assisted Learning, 40(2), 275–290. <https://doi.org/10.1111/jcal.12876>
2. <https://ict.az/az/news/6419>

AFİNOR LAYLANMASININ KƏSİKLƏRİ BOYUNCA TENZOR MEYDANLARININ LİFTLƏRİNİN DAVRANIŞLARINA DAİR

Fəttayev Həbil, Cəfərova Pərvin

(BDU, mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

h-fattayev@mail.ru , pervincefer44@icloud.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə hamar çoxobrazlısının afinor laylanmasının kəsikləri boyunca tenzor meydanlarının tam və horizontal liftlərinin davranışları araşdırılmış və bu liftlərin alt çoxobrazlılar kimi baxılan kəsiklərə aid olması üçün şərtlər müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: afinor laylanması, tam lift, tenzor meydanı, afin rabitə, laylanmanın kəsiyi.

Afinor laylanmasında diferensial-həndəsi strukturların liftləri ilə bağlı bəzi məsələlər [1] məqaləsində tədqiq olunmuşdur. Bu məqalədə isə afinor laylanmasının kəsikləri boyunca tenzor meydanlarının liftlərindən bəhs edilir.

Təqdim olunan məqalədə məqsəd afinor laylanmasının kəsikləri boyunca tenzor meydanlarının liftlərinin davranışlarını öyrənməkdən ibarətdir.

Tutaq ki, M çoxobrazlısı üzərində $(1, p)$ tipli bir tenzor meydanından ibarət olan S -struktur və əmsalları Γ_{ij}^k olan ∇ afin rabitəsi verilmişdir.

Fərz edək ki, $t_1^1(M) - T_1^1(M)$ afinor laylanmasının S -struktura nəzərən təmiz altlaylanmasıdır. $t_1^1(M)$ təmiz altlaylanmasının kəsiyini təmiz kəsik adlandırıq və onu σ_t ilə işarə edək. Aydınır ki, təmiz kəsik S -struktura nəzərən təmiz olan afinor meydanıdır.

$(1, p)$ tipli S -struktur tenzor meydanının M çoxobrazlısından $T_1^1(M)$ afinor laylanmasına $t_1^1(M)$ təmiz afinor altlaylanması boyunca ${}^c S$ tam liftini nəzərdən keçirək. Natural $\{\partial_i, \partial_{\bar{i}}\}$ reperində ${}^c S$ tenzor meydanın sıfırdan fərqli komponentləri

$$\begin{aligned} {}^c S_{k_1 \dots k_p}^i &= S_{k_1 \dots k_p}^i, \\ {}^c S_{k_1 \dots k_p}^{\bar{i}} &= t_i^m \partial_m S_{k_1 \dots k_p}^j - t_m^j \partial_i S_{k_1 \dots k_p}^m, \\ {}^c S_{k_1 \dots \bar{k}_l \dots k_p}^{\bar{i}} &= S_{k_1 \dots k_{l-1} a_l k_{l+1} \dots k_p}^j \delta_i^{k_l}, \quad l = \overline{1, p}, x^{\bar{k}_l} = t_{k_l}^{a_l} \end{aligned} \quad (1)$$

şəklindədir.

Aşağıdakı teorem doğrudur.

Teorem 1. $\{\partial_i, \partial_{\bar{i}}\}$ natural reperində sıfırdan fərqli (1) komponentlərinə malik olan ${}^c S$ tam liftinin $\sigma_t(M)$ təmiz kəsiyi boyunca (B, C) reperində sıfırdan fərqli komponentləri vardır:

$$\begin{aligned} {}^c \tilde{S}_{k_1 \dots k_p}^i &= S_{k_1 \dots k_p}^i, \quad {}^c \tilde{S}_{k_1 \dots \bar{k}_\alpha \dots k_p}^{\bar{i}} = \tilde{S}_{k_1 \dots a_\alpha \dots k_p}^j \delta_i^{k_\alpha}, \quad \alpha = \overline{1, p}, \\ {}^c \tilde{S}_{k_1 \dots k_p}^i &= -(\Phi_S(t))_{ik_1 \dots k_p}^j, \end{aligned}$$

burada $\Phi_S(t) - S$ -strukturuna nəzərən təmiz olan $t_i^j, x^{\bar{i}} = t_i^j, x^{\bar{k}_\alpha} = t_{k_\alpha}^{a_\alpha}, \alpha = \overline{1, p}$ afinor meydanına tətbiq olunan birinci növ ümumiləşmiş Yano-Ako operatorudur [2].

İndi isə $t_1^1(M)$ təmiz altlaylanması boyunca M hamar çoxobrazlısından

$T_1^1(M)$ afinor laylanması $(1, p)$ tipli tenzor strukturunun ${}^H S$ horizontal liftini nəzərdən keçirək. $\{\partial_i, \partial_{\bar{i}}\}$ natural reperində ${}^H S$ horizontal liftinin sıfırdan fərqli komponentləri

$$\begin{aligned} {}^H S_{k_1 \dots k_p}^i &= S_{k_1 \dots k_p}^i, \\ {}^H S_{k_1 \dots k_p}^{\bar{i}} &= S_{k_1 \dots k_p}^m \left(\Gamma_{mi}^s t_s^j - \Gamma_{ms}^j t_i^s \right) - \\ &- \sum_{\alpha=1}^p S_{k_1 \dots k_{\alpha-1} m k_{\alpha+1} \dots k_p}^j \left(\Gamma_{k_\alpha}^s i^{t_s^m} - \Gamma_{k_\alpha}^m s^{t_i^s} \right), \\ {}^H S_{k_1 \dots \bar{k}_l \dots k_p}^{\bar{i}} &= S_{k_1 \dots k_{l-1} a_l k_{l+1} \dots k_p}^j \delta_i^{k_l}, \quad l = \overline{1, p}, x^{\bar{k}_l} = t_{k_l}^{a_l} \end{aligned} \quad (2)$$

şəklindədir.

Aşağıdakı teorem isbat olunur.

Teorem 2. $\{\partial_i, \partial_{\bar{i}}\}$ natural reperində sıfırdan fərqli (2) komponentlərinə malik olan ${}^H S$ horizontal liftinin $\sigma_l(M)$ təmiz kəsiyi boyunca (B, C) reperində sıfırdan fərqli

$$\begin{aligned} {}^H \tilde{S}_{k_1 \dots k_p}^i &= S_{k_1 \dots k_p}^i, \quad {}^H \tilde{S}_{k_1 \dots \bar{k}_\alpha \dots k_p}^{\bar{i}} = S_{k_1 \dots a_\alpha \dots k_p}^j \delta_i^{k_\alpha}, \quad \alpha = \overline{1, p}, \\ {}^H \tilde{S}_{k_1 \dots k_p}^i &= -(\tilde{\Phi}_S(t))_{ik_1 \dots k_p}^j \end{aligned}$$

komponentləri vardır, burada $\tilde{\Phi}_S(t)$ - S -struktura nəzərən təmiz olan $t_i^j, x^{\bar{i}} = t_i^j, x^{\bar{k}_\alpha} = t_{k_\alpha}^{a_\alpha}, \alpha = \overline{1, p}$ afinor meydanına tətbiq olunan ikinci növ ümumiləşmiş Yano-Ako operatorudur [3].

Ədəbiyyat

1. H.D.Fəttayev, P.M.Cəfərova (1,1) tipli tenzor laylanması kəsikləri üzərində vektor meydanlarının liftlərinin davranışlarına dair // Azərbaycanın Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 102-ci ildönümünə həsr olunmuş respublika elmi konfransının materialları, Bakı, 12-13 may, 2025, s.152-154.
2. A.A.Салимов, Г.Д.Фаттаев Обобщенный оператор Яно-Ако и лифты тензорных полей // Вестник Бакинского университета, серия физико-математических наук, 1996, №1, с.142-151.
3. A.A.Салимов Новый метод в теории лифтов тензорных полей / Тезисы докл. Межд. Научн. Конф. «Лобачевский и современная геометрия», I часть, Казань, 1992, с.89.

(0,2) TIPLİ TENZORLARIN LAYLANMA FƏZASINDA AFİN RABİTƏNİN TAM LİFTİNƏ DAİR

Fəttayev Habil, Məmmədova Mənzər

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

h-fattayev@mail.ru, menzer.03m@mail.ru

Xülasə: Təqdim olunan işdə hamar çoxobrazlının (0,2) tipli tenzor laylanmasında ilk növbədə simmetrik afin rabitənin horizontal lifti ilə bağlı məsələyə baxılır, sonra isə xüsusi növ afin deformasiya tenzorunun köməyi ilə afin rabitənin tam lifti qurulur, əmsallarının ifadələri hesablanır.

Açar sözlər: vektor maydanı, tam lift, afin rabitə, horizontal lift, tenzor laylanması.

[1]-[3] məqalələrində bazada verilən tenzor meydanları və afin rabitələrin toxunan və kotoxunan laylanma fəzalarına tam və horizontal liftləri qurulmuş, onların əsas xassələri öyrənilmişdir. (0,2) tipli $T_2^0(M)$ tenzor laylanmasında afin rabitəsinin horizontal lifti [4] işində tədqiq olunmuşdur. Bu məruzədə isə simmetrik afin rabitənin $T_2^0(M)$ tenzor laylanmasının tam liftindən bəhs olunur.

Tutaq ki, M çoxobrazlısı üzərində buruqluqsuz (simmetrik) ∇ afin rabitəsi verilmişdir. $T_2^0(M)$ laylanması üzərində

$$\begin{aligned} T_{km}^{\bar{i}} &= t_{ri_2} R_{km i_1}^r + t_{i_1 r} R_{km i_2}^r, \\ \bar{i} &= (i_1, i_2), \quad i_1, i_2 = 1, \dots, n, \end{aligned} \quad (1)$$

şəklində yeganə sıfırdan fərqli komponentlər seriyası olan (1,2) tipli T tenzor meydanını təyin edək, burada $R_{km i}^r$ ∇ afin rabitəsinin əyrilik tenzorunun komponentləridir. ${}^H \nabla$ afin rabitəsinin və T tenzor meydanının köməyi ilə $T_2^0(M)$

tenzor laylanmasının üzərində aşağıdakı qaydada yeni $\overset{1}{\nabla}$ afin rabitəsini təyin edirik:

$$\overset{1}{\nabla} = {}^H \nabla - T$$

Onda $\overset{1}{\nabla}$ afin rabitəsinin əmsalları üçün yaza bilərik:

$$\overset{1}{\Gamma}_{KM}^I = {}^H \Gamma_{KM}^I - T_{KM}^I. \quad (2)$$

(1) və (2) münasibətlərindən istifadə edərək, $\overset{1}{\nabla}$ afin rabitəsinin sıfırdan fərqli əmsallarını təyin edək:

$$\begin{aligned}\Gamma_{ms}^i &= \Gamma_{ms}^i, \Gamma_{ms}^{\bar{i}} = -\Gamma_{sm_i}^{i_1} \delta_{m_2}^{i_2} - \Gamma_{sm_2}^{i_2} \delta_{m_1}^{i_1}, \\ \Gamma_{ms}^{\bar{i}} &= -\Gamma_{ms_1}^{i_1} \delta_{s_2}^{i_2} - \Gamma_{ms_2}^{i_2} \delta_{s_1}^{i_1} \\ \Gamma_{ms}^{\bar{i}} &= -t_{ri_2} \partial_r \Gamma_{ms}^{i_1} - t_{ir} \partial_r \Gamma_{ms}^{i_2} + t_{al} (\Gamma_{mi_1}^a \Gamma_{si_2}^l + \Gamma_{mi_2}^l \Gamma_{si_1}^a).\end{aligned}$$

Vektor meydanının $T_2^0(M)$ tenzor laylanmasına tam liftinin tərifindən və (3) münasibətlərindən istifadə edərək, göstərmək olur ki, M çoxobrazlısı üzərində verilmiş X, Y vektor meydanları, buruqsuz ∇ afin rabitəsi üçün aşağıdakı teorem doğrudur:

Teorem. M hamar çoxobrazlısı üzərində verilmiş X, Y vektor meydanları və buruqsuz ∇ afin rabitəsi üçün

$${}^C(\nabla_X Y) = \nabla_{c_X} {}^C Y - \overline{K(X, Y)}, \quad (3)$$

burada $\overline{K(X, Y)} = (0, \mu_i) - T_2^0(M)$ laylanması üzərində sıfırdan fərqli komponentləri

$$\begin{aligned}\mu_i &= t_{pi_2} (\nabla_{i_1} X^q \nabla_q Y^p + \nabla_{i_1} Y^q \nabla_q X^p - \\ &\quad - X^k Y^q (R_{qi_1k}^p + R_{ki_1q}^p))\end{aligned}$$

şəklində olan şaquli vektor meydanıdır. [1] məqaləsində göstərilmişdir ki, simmetrik afin rabitənin kotoxunan laylanmaya tam lifti (3) bərabərliyinə analogi olan münasibəti ödəyir. Bunu əsas götürərək, ∇ afin rabitəsini ∇ afin rabitəsinin (0,2) tipli $T_2^0(M)$ tenzor laylanmasına tam lifti adlandırır və ${}^C \nabla$ kimi işarə edirik.

Ədəbiyyat

1. I.Sato. Complete lift from a manifold to its cotangent bundle. Kodai Math. Sem. Rep. 20 (1967), 458-468.
2. K.Yano, S.İshihara. Horizontal lifts of tensor fields and connections to tangent bundles. J. Math. Soc. Japan. 16 (1966), 1015-1030.
3. K.Yano, S.Kobayashi. Prolongations of tensor fields and connections to tangent bundles, 1. General theory. J. Math. Soc. Japan. 18 (1966), №2, 194-210.
4. H.Fəttayev, M.Məmmədova. (0,2) Tipli tenzor laylanmasında afin rabitənin horizontal liftinin qurulması. Azərbaycanın Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 102-ci ildönümünə həsr olunmuş respublika elmi konfransının materialları. Bakı, 12-13 may, 2025, 154-155.

KOREPER LAYLANMASINDA RİMAN METRİKASININ YENİ BİR SİNFİNƏ DAİR

Fəttayev Həbil, Yusifov Məmməd

(BDU, mexanika-riyaziyyat fakültəsi, BDU-nun Qazax filialı)

h-fattayev@mail.ru, mammadyusifov24@bsu.edu.az

Xülasə: *Təqdim olunan işdə Riman çoxobrazlısı üzərində koreper laylanmasında Riman metrikalarının yeni sinfi təyin edilir, bu metrikaların Levi-Çivit rabitəsinin xassələri öyrənilir.*

Açar sözlər: *koreper laylanması, Riman metrikaçı, Levi-Çivit rabitəsi, horizontal lift, adaptə olunmuş reper.*

n – ölçülü (M, g) Riman çoxobrazlısının $F^*(M)$ koreper laylanmasına baxılır. Bu laylanmada Sasaki metrikaçı A.Səlimov və H.Fəttayevin [1] məqaləsində, Çiger-Gromol metrikaçı isə H.Fəttayevin [2] məqaləsində təyin edilmişdir. Təqdim olunan məruzədə isə koreper laylanmasında Riman metrikalarının yeni bir sinfinin təyin olunmasından, bu metrikaların bəzi ayrılık xassələrinin öyrənilməsindən bəhs edilir.

Tərif. Tutaq ki, (M, g) n – ölçülü Riman çoxobrazlısıdır və $f: M \rightarrow (0, +\infty)$ M üzərində müsbət qiymətlər alan diferensiallanan funksiyadır. $F^*(M)$ koreper laylanması üzərində aşağıdakı bərabərliklərin köməyi ilə Riman metrikalarının yeni ${}^f g$ sinfini təyin edirik:

$${}^f g({}^H X, {}^H Y) = {}^V(g(X, Y)) = g(X, Y) \circ \pi,$$

$${}^S g({}^H X, {}^{V_\beta} \theta) = 0,$$

$${}^f g({}^{V_\alpha} \omega, {}^{V_\beta} \theta) = f \cdot \delta_{\alpha\beta} g^{-1}(\omega, X^\alpha) g^{-1}(\theta, X^\beta),$$

burada $X, Y \in \mathfrak{T}_0^1(M)$ və $\omega, \theta \in \mathfrak{T}_1^0(M)$, ${}^H X, {}^H Y$ horizontal, ${}^{V_\alpha} \omega, {}^{V_\beta} \theta$ isə şaquli liftlərdir.

Müəyyən olunur ki, ${}^f g$ Riman metrikaçının $F^*(M)$ koreper laylanmasının adaptə olunmuş $\{D_I\}$ reperinə nəzərən

$${}^f g(D_i, D_j) = {}^V(g(\partial_i, \partial_j)) = g_{ij},$$

$${}^f g(D_{i_\alpha}, D_j) = 0,$$

$${}^f g(D_{i_\alpha}, D_{j_\beta}) = f \cdot \delta_{\alpha\beta} g^{-1}(dx^i, X_r^\alpha) g^{-1}(dx^j, X_s^\beta) = f \cdot \delta_{\alpha\beta} g^{ir} g^{js} X_r^\alpha X_s^\beta$$

komponentləri vardır.

${}^f g$ Riman metrikasının ${}^f \nabla$ Levi-Çivit rabitəsi ilə bağlı aşağıdakı teorem isbat olunur.

Teorem. ${}^f \nabla$ Levi-Çivit rabitəsi ixtiyari $X, Y \in \mathfrak{S}_0^1(M)$, $\omega, \theta \in \mathfrak{S}_1^0(M)$. üçün

$$i) {}^f \nabla_{{}^H X} {}^H Y = {}^H(\nabla_X Y),$$

$$ii) {}^f \nabla_{{}^H X} {}^{V_\beta} \theta = {}^{V_\beta}(\nabla_X \theta) + \frac{1}{2f} X(f) {}^{V_\beta} \theta,$$

$$iii) {}^f \nabla_{{}^{V_\alpha} \omega} {}^H Y = \frac{1}{2f} Y(f) {}^{V_\alpha} \omega,$$

$$iv) {}^f \nabla_{{}^{V_\alpha} \omega} {}^{V_\beta} \theta = 0, \alpha \neq \beta,$$

$${}^f \nabla_{{}^{V_\alpha} \omega} {}^{V_\alpha} \theta = -g^{-1}(\omega, X^\alpha) g^{-1}(\theta, X^\alpha)^H (grad f) + \frac{2}{r_\alpha^2} g^{-1}(\omega, \theta) {}^{V_\alpha} X^\alpha$$

münasibətlərini ödəyir, burada $r_\alpha^2 = g^{-1}(X^\alpha, X^\alpha)$.

Qeyd etmək lazımdır ki, $T^*(M)$ kotoxunan laylanmasında ${}^f g$ Riman metrikalar sinfinə analogi metrikalar sinfi A. Zaqanenin [3] məqaləsində təyin edilmiş və araşdırılmışdır.

Ədəbiyyat

1. H.D. Fattayev, A.A. Salimov, Diagonal lifts of metrics to coframe bundle, Proc. of the IMM, NAS of Azerbaijan, 2018, v. 44 (2), p. 328-337.
2. H.D. Fattayev, On the differential geometry of coframe bundle with Cheeger-Gromoll metric, International Electronic Journal of Geometry, 2022, 15(2), 288-304.
3. A. Zagane A new class of metrics on the cotangent bundle, Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Series III: Mathematics, Informatics, Physics, 2020, v. 13 (1), p. 285-302.

DEEP LEARNING-IN FIŞINQ HÜCUMLARININ AŞKARLANMASINDA ROLU VƏ PERSPEKTİVLƏRİ

Göylərov Kənan

(Bakı Dövlət Universiteti, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

kanangoylarov@gmail.com

Xülasə: *Fişinq hücumları müasir veb təhlükəsizliyinin ən geniş yayılmış və zərərli formalarından biridir. Ənənəvi filtrasiya və qayda əsaslı (rule-based) sistemlər dinamik və adaptiv hücum texnikaları qarşısında tez-tez zəif qalır. Deep Learning metodları – konvolyusion neyron şəbəkələr (CNN), rekurrent neyron şəbəkələr (RNN), transformer modelləri – mətn, URL strukturları, şəkil və domen məlumatlarının dərin analizi vasitəsilə fişinq hücumlarını daha yüksək dəqiqliklə aşkarlamağa imkan verir [1]. Bu tezis Deep Learning-in fişinq aşkarlanmasında hazırkı tətbiqlərini və gələcək inkişaf perspektivlərini təqdim edir.*

Açar sözlər: *veb təhlükəsizliyi, deep learning, fişinq, NLP, CNN, RNN, transformer*

Giriş

Fişinq hücumları istifadəçiləri aldatmaq məqsədilə saxta e-poçtlar, URL-lər və veb səhifələrdən istifadə edir. Ənənəvi sistemlər əsasən qaydalara və açar söz siyahılarına söykəndiyi üçün fişinqin yeni formalarına adaptasiya etməkdə çətinlik çəkir. Son illərdə Deep Learning modelləri böyük miqdarda real fişinq və legitim məlumatları öyrənməklə bu problemi aradan qaldırmaq üçün uğurla tətbiq olunur [2]. Bu yanaşma, xüsusilə mətn, şəkil və struktur məlumatların çoxmodal təhlilində ənənəvi üsullardan daha effektiv nəticə göstərir [3].

Deep Learning-in Fişinq Aşkarlanmasında Tətbiqləri

NLP əsaslı e-poçt analizi: Transformer əsaslı modellər (BERT, GPT, RoBERTa) e-poçt mətnlərini semantik baxımdan təhlil edir, insan oxşarlığını təqlid edən saxta mətnləri aşkarlayır [3]. Bu yanaşma, xüsusilə dil modellərinin təbii dili başa düşmə qabiliyyətindən istifadə edərək, fişinq cəhdlərinin mətn səviyyəsində identifikasiyasını təmin edir. URL və domen xüsusiyyətlərinin analizi: CNN və RNN-lər URL strukturlarındakı anomaliyaları – məsələn, təsadüfi simvol kombinasiyaları, homograf hücumları və saxta domen prefikslerini – öyrənərək fişinq linklərini müəyyən edir [2]. Bahnsen və başqalarının tədqiqatı göstərir ki, RNN-lər URL-lərdəki ardıcılıqları analiz edərək fişinq aşkarlanmasında 98% dəqiqlik əldə edə bilər [2]. Vizual fişinq aşkarlanması: CNN modelləri veb səhifələrin ekran görüntülərini orijinal saytların vizual şablonları ilə müqayisə edərək saxta saytları aşkar edir [1]. Bu, şəkil səviyyəsində oxşarlıqların analizinə əsaslanır və logo, rəng, interfeys elementlərini tanımaqla fişinqin vizual

aspektlərini müəyyən edir.Çoxmodal (multimodal) yanaşma: Mətn (e-poçt mətni), struktur (URL, domen tarixi) və şəkil (loqolar, interfeys) məlumatları birləşdirilərək daha güclü və dayanıqlı fişinq aşkarlama sistemləri qurulur [4]. Bu yanaşma, fərqli məlumat mənbələrindən sinxron şəkildə öyrənməklə daha sabit nəticələr verir.

Gələcək Perspektivlər

Transformer əsaslı real vaxt sistemləri: Böyük dil modellərinin (LLM) kibber təhlükəsizlik sistemlərinə integrasiyası fişinqi daha sürətli aşkarlamağa və avtomatik müdafiə mexanizmlərini işə salmağa imkan verəcək [3].Federativ öyrənmə: Müxtəlif təşkilatlar arasında məlumat paylaşmadan kollektiv Deep Learning modelləri qurmaq, fişinq aşkarlanmasında qlobal dəqiqliyi artıracaq və məlumat məxfiliyini qoruyacaq [4].Adversarial hücumlara qarşı dayanıqlılıq: Hücumçuların Deep Learning modellərini aldatmaq üçün yaratdığı saxta nümunələrə qarşı daha möhkəm müdafiə mexanizmləri formalaşdırılacaq [1]. Bu, xüsusilə modelin stabilliyini artırmaq üçün adversarial təlim yanaşmalarını əhatə edir. Avtomatlaşdırılmış cavab: Fişinqin yalnız aşkarlanması deyil, həm də avtomatik bloklanması və istifadəçinin məlumatlandırılması Deep Learning sistemləri vasitəsilə həyata keçiriləcək [2].

Nəticə

Deep Learning fişinq hücumlarının aşkarlanmasında ənənəvi üsullardan daha güclü imkanlar təqdim edir. Hücumların mürəkkəbliyinin artması ilə yanaşı, CNN, RNN və transformer əsaslı modellər fişinqi real vaxtda aşkarlamaq və qarşısını almaq üçün əsas texnologiyalardan birinə çevriləcəkdir. Gələcəkdə bu modellərin federativ və adversarial öyrənmə yanaşmaları ilə birləşdirilməsi veb təhlükəsizliyinin yeni səviyyəsini təmin edəcəkdir.

Ədəbiyyat

1. I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. Deep Learning. MIT Press, 2016.
2. A.C. Bahnsen et al. "Classifying Phishing URLs Using Recurrent Neural Networks." eCrime Researchers Summit, IEEE, 2017.
3. A. Vaswani et al. "Attention is All You Need." NeurIPS, 2017.
4. "Deep Learning Approaches for Phishing Detection: A Conceptual Framework."
5. <https://owasp.org/www-project-top-ten/>

SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI ANOMALIYA AŞKARLANMASI VƏ HÜCUMLARIN PROQNOZLAŞDIRILMASI

Göylərov Kənan

(Bakı Dövlət Universiteti, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

kanangoylarov@gmail.com

Xülasə: *Anomaliya aşkarlanması kiber təhlükəsizlik sistemlərinin əsas komponentlərindən biridir. Ənənəvi qayda əsaslı metodlar yalnız əvvəlcədən müəyyən edilmiş hücum nümunələrini aşkar edə bildiyi üçün, yeni və naməlum hücum formalarını tanımaqda çətinlik çəkir. Süni intellekt əsaslı yanaşmalar, xüsusilə maşın və dərin öyrənmə modelləri, məlumatdakı gizli əlaqələri və davranış nümunələrini analiz etməklə real vaxtda anomaliyaları aşkar edir [1]. Bu məqalədə anomaliya aşkarlanmasında süni intellektin tətbiq sahələri, üstünlükləri və gələcək tədqiqat istiqamətləri araşdırılır.*

Açar sözlər: *anomaliya aşkarlanması, süni intellekt, maşın öyrənməsi, təhlükəsizlik, proqnozlaşdırma*

Giriş

Müasir informasiya sistemlərində hücumların mürəkkəbliyi və miqyası sürətlə artır. Ənənəvi təhlükəsizlik sistemləri çox vaxt statik qaydalar və imzalar əsasında fəaliyyət göstərdiyindən, dinamik hücumlara qarşı effektiv müdafiə təmin etmir [2]. Süni intellekt əsaslı yanaşmalar, xüsusilə dərin öyrənmə (Deep Learning) modelləri, şəbəkə trafiki, istifadəçi davranışları və sistem jurnallarını təhlil edərək əvvəlcədən qeydə alınmamış hücum formalarını aşkarlaya bilir. Bu yanaşma hücumların aşkarlanması ilə yanaşı onların başvermə ehtimalını da proqnozlaşdırmağa imkan verir [3].

Süni İntellekt Əsaslı Anomaliya Aşkarlanması Yanaşmaları

Maşın öyrənməsi metodları, xüsusilə nəzarətsiz (unsupervised) öyrənmə alqoritmləri, normal və anormal davranış nümunələrini fərqləndirmək üçün istifadə olunur [1]. Isolation Forest, K-means və DBSCAN kimi modellər şəbəkə trafiki və sistem hadisələrindəki kənar dəyərləri müəyyənləşdirir. Dərin öyrənmə yanaşmaları: Autoencoder və LSTM modelləri anomaliya aşkarlanmasında mühüm rol oynayır. Autoencoder-lər giriş məlumatını sıxılmış formada öyrənməklə rekonstruksiya səhvləri əsasında şübhəli fəaliyyətləri aşkar edir. LSTM modelləri isə zaman ardıcılıqlarında (time-series) qeyri-adi nümunələri müəyyənləşdirir [2]. Bu metodlar xüsusilə real vaxt hücum analizində və zərərli trafiklərin filtrasiya edilməsində effektivdir. Hibrid modellər: Maşın öyrənməsi ilə statistik metodların birləşdirilməsi daha dayanıqlı sistemlər yaradır. Bu yanaşma həm anomaliyanın aşkarlanmasını, həm də hücumun tipini avtomatik təs-

nifləşdirməyi mümkün edir [4].

Hücumların Proqnozlaşdırılması

Proqnozlaşdırıcı modellər süni intellektin ən strateji tətbiqlərindən biridir. Kibertəhlükəsizlikdə bu, gələcək hücumların ehtimalını öncədən təxmin etməyə və qarşısını almağa yönəlib. LSTM və GRU kimi ardıcılıq modelləri, sistem hadisələrinin zaman üzrə dəyişimini izləyərək hücum risklərini qiymətləndirir [3]. Bu, xüsusilə kritik infrastruktur və maliyyə sektorunda böyük əhəmiyyət daşıyır. Əldə edilən proqnoz nəticələri insident idarəetmə sistemlərində avtomatik xəbərdarlıq mexanizmlərini işə salır [5].

Gələcək Perspektivlər

Federativ öyrənmə: Məlumatların məxfiliyini qorumaqla, müxtəlif təşkilatların məlumat bazaları arasında birgə model öyrənilməsinə imkan yaradır [4]. Bu, anomaliya aşkarlanmasında kollektiv məlumatlardan faydalanmağı təmin edir. Kvant hesablama və süni intellekt inteqrasiyası: Kvant alqoritmlərinin paralel emal gücü, SI əsaslı təhlükəsizlik sistemlərinin proqnozlaşdırma qabiliyyətini artıracaq [1]. Avtomatik cavab sistemləri: SI modelləri yalnız hücumları aşkar etməklə kifayətlənməyəcək, həm də real vaxtda müdaxilə edərək sistemlərin dayanıqlığını qoruyacaq [2].

Nəticə

Süni intellekt əsaslı anomaliya aşkarlanması sistemləri kibertəhlükəsizlik sahəsində yeni mərhələ formalaşdırır. Maşın və dərin öyrənmə modellərinin tətbiqi real vaxt analizini, erkən xəbərdarlıq və hücum proqnozlaşdırılmasını mümkün edir. Bu yanaşmaların inkişafı kibertəhlükəsizlikdə daha ağıllı, adaptiv və davamlı sistemlərin yaranmasına səbəb olacaqdır.

Ədəbiyyat

1. I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. Deep Learning. MIT Press, 2016.
2. R. Sommer, V. Paxson. "Outside the Closed World: On Using Machine Learning for Network Intrusion Detection." IEEE Symposium on Security and Privacy, 2010.
3. S. Hochreiter, J. Schmidhuber. "Long Short-Term Memory." Neural Computation, 1997.
4. <https://owasp.org/www-project-top-ten/>
5. <https://owasp.org/www-project-top-ten/>

SÜNİ İNTELLEKTİN VEB TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ ROLU VƏ PERSPEKTİVLƏRİ

Göylərov Kənan

(Bakı Dövlət Universiteti, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

kanangoylarov@gmail.com

Xülasə: *Veb təhlükəsizliyi müasir rəqəmsal ekosistemin ən kritik istiqamətlərindən biridir. Hücumların mürəkkəbləşməsi ənənəvi müdafiə mexanizmlərini kifayət qədər etibarsız edir. Süni intellekt (SI) texnologiyaları, xüsusilə maşın öyrənməsi və dərin öyrənmə metodları, real vaxtda anomaliyaların aşkarlanması, fişinq hücumlarının qarşısının alınması və istifadəçi davranışlarının analizində mühüm rol oynayır. Bu tezis veb təhlükəsizliyində SI-nin mövcud tətbiqlərini, onların effektivliyini və gələcək inkişaf perspektivlərini təqdim edir.*

Açar sözlər: *veb təhlükəsizliyi, süni intellekt, maşın öyrənməsi, fişinq, anomaliya aşkarlanması*

Giriş

İnternetin genişlənməsi ilə yanaşı veb təhlükəsizliyi təhdidlərinin sayı və mürəkkəbliyi də artmışdır. Ənənəvi qayda əsaslı sistemlər (rule-based systems) çox vaxt yeni hücum vektorlarına qarşı zəif qalır, çünki bu yanaşmalar statik qaydalara əsaslanır və dəyişən hücum modellərinə uyğunlaşmaq qabiliyyətinə malik deyildir [1]. Süni intellektin tətbiqi bu problemi aradan qaldırmaq üçün yeni imkanlar açır. Maşın öyrənməsi modelləri keçmiş hücum məlumatlarından öyrənərək yeni və naməlum təhdidləri aşkar edə bilər. Məsələn, dərin neyron şəbəkələri (Deep Neural Networks) fişinq hücumlarının semantik və vizual xüsusiyyətlərini tanımaqda ənənəvi metodlardan daha effektiv nəticə göstərir [2].

SI-nin Veb Təhlükəsizliyində Tətbiqləri

Fişinq e-poçtlarının aşkarlanması: Natural Language Processing (NLP) modelləri mətnlərin semantik, sintaktik və stilometrik göstəricilərini təhlil edərək fişinq e-poçtlarını legitim məktublardan ayıra bilər [3]. Transformer arxitekturasına əsaslanan modellər (BERT, RoBERTa) e-poçtların təhlükəli olub-olmadığını 95%-dən çox dəqiqliklə müəyyən edə bilmişdir [1]. Anomaliya aşkarlanması: Autoencoder və Isolation Forest kimi alqoritmlər istifadəçilərin normal davranış modellərini öyrənərək şübhəli fəaliyyətləri real vaxtda aşkar edir [2]. Bu üsullar bank sistemləri və onlayn ticarət platformalarında saxtakarlığın aşkarlanmasında geniş tətbiq olunur. Maşın öyrənməsi modelləri həmçinin qeyri-tipik IP ünvanlarını və kənar fəaliyyətləri avtomatik olaraq tanıya bilər.

Zərərli linklərin analizi: SI əsaslı sandbox texnologiyaları yeni qeydiyyatdan keçmiş domenləri, URL strukturunu və məzmun analizini qiymətləndirərək zərərli linkləri müəyyən edir [4]. Bu yanaşma klassik antivirus metodlarından fərqli olaraq sıfır-gün (zero-day) hücumlarının qarşısını almağa imkan yaradır. Sosial mühəndislik hücumlarına qarşı müdafiə: Deepfake aşkarlama modelləri süni şəkildə yaradılmış video və səs materiallarının autentikliyini qiymətləndirərək vishing və video-fişinq hücumlarını önləməyə kömək edir [2].

Gələcək Perspektivlər

Federativ öyrənmə: Məlumatların məxfiliyini qorumaq üçün federativ öyrənmə yanaşması fərqli təşkilatların məlumatlarını paylaşmadan kollektiv modellər qurmağa imkan verir. Bu üsul təhlükəsizlik sistemlərinin ümumi öyrənmə gücünü artırır və məlumat sızması riskini minimuma endirir [3]. Kvant təhlükəsizliyi ilə inteqrasiya: Kvant kriptografiyası ilə süni intellektin inteqrasiyası, gələcəkdə veb təhlükəsizliyinin yeni mərhələsini formalaşdırmağa bilər. Kvant açar paylanması (QKD) sistemləri SI-nin qərar mexanizmləri ilə birləşdirilərək kiberhücumlara qarşı daha dayanıqlı platformalar yaradır [4]. Avtomatlaşdırılmış cavab sistemləri: Gələcəkdə SI yalnız hücumları aşkar etməklə kifayətlənməyəcək, həm də real vaxtda cavab mexanizmlərini icra edəcəkdir. Bu cür sistemlər hadisə idarəetmə mərkəzlərində (SOC) insan müdaxiləsini azaldacaq və kiberhücumlara reaksiya vaxtını əhəmiyyətli dərəcədə qısaldacaq [2].

Nəticə

Süni intellekt veb təhlükəsizliyində yalnız əlavə alət deyil, həm də strateji zərurətə çevrilmişdir. Onun qabaqcıl analiz, öyrənmə və proqnozlaşdırma imkanları sayəsində veb mühitindəki təhdidlər daha effektiv şəkildə idarə oluna bilər. Gələcəkdə SI-nin kvant texnologiyaları və federativ öyrənmə ilə inteqrasiyası, veb təhlükəsizliyinin yeni səviyyəyə yüksəlməsini təmin edəcəkdir.

Ədəbiyyat

1. I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. Deep Learning. MIT Press, 2016.
2. R. Sommer, V. Paxson. "Outside the Closed World: On Using Machine Learning for Network Intrusion Detection." IEEE Symposium on Security and Privacy, 2010.
3. Peter Brooklyn "AI-Driven Phishing Detection Systems", 2024.
4. <https://owasp.org/www-project-top-ten/>
5. <https://learn.microsoft.com/en-us/security/>

İNNOVATİV SİĞORTA MƏHSULLARI ÜÇÜN SİĞORTA TARİFLƏRİNİN HESABLANMASI

Hacıyev Rəmzi

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

haciyevramzi@gmail.com

Xülasə: *Məqalədə həm həyat sığortasında, həm də ümumi sığortada, sığorta tariflərində sığorta müqaviləsinin uzadılmış şərtlərinin nəzərə alınmasının ümumiləşdirilmiş aktuar əsasının imkanları təhlil edilir. Göstərilir ki, ümumiləşdirilmiş aktuar bazadan və statistik modelləşdirmədən istifadə innovativ sığorta məhsullarını hazırlamağa və onlar üçün aktuar hesablamaların etibarlılığını təmin etməyə imkan verir.*

Açar sözlər: *insurance rate, statistical modeling, actuarial calculations, actuarial basis, insurance product, innovation.*

Müasir şəraitdə müştərilərin ehtiyaclarını və spesifik sığorta risklərinin xüsusiyyətlərini çevik şəkildə nəzərə alan sığorta məhsullarına tələbat artır. Amma eyni zamanda sığorta tariflərinin hesablanmasının təsdiq edilmiş üsulları [1] belə çevikliyi təmin etmir ki, bu da sığortanın inkişafına müəyyən dərəcədə mane olur. Hazırda istifadə olunan sığorta tariflərinin hesablanması üsulları həyat sığortası və həyat sığortasından başqa sığorta (ümumi sığorta adlanan) [2] üçün əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir.

Eyni zamanda, həyat sığortası ilə ümumi sığortanın fərqli xarakter daşdığını [2] hesab etməyə heç bir əsas yoxdur ki, bu da sığorta tariflərinin hesablanmasında əsaslı fərqlərə səbəb olacaq. Təbii ki, həyat sığortasının uzunmüddətli olması ilə bağlı yaranan bu sahələr arasında fərqlər var ki, bunun nəticəsində sığorta hadisəsinin baş vermə ehtimalı və pulun dəyəri zamanla dəyişir. Lakin bu cür fərqlər fundamental xarakter daşımır və son illərdə getdikcə bulaşır: xüsusən, sığorta hadisəsinin baş vermə ehtimalının, sığorta məbləğinin və s. dəyişən dəyərləri ilə uzunmüddətli ümumi sığorta inkişaf etdirilir. Həyat sığortasında isə əksinə, qısamüddətli polisləri ayırd etmək olar: məsələn, turist səfəri zamanı ölüm halında həyat sığortası, hava səyahəti və s.

Ona görə də sığortanın hər iki sahəsi üzrə sığorta tariflərinin hesablanmasının (və digər aktuar hesablamaların) unifikasiyası mümkün və məqsəduyğun görünür.

Sığorta tariflərini ümumiləşdirilmiş aktuar əsasında hesablamaq üçün, ümumiyyətlə, analitik asılılıqlardan istifadə etmək olmaz. Bu halda statistik modelləşdirmə tariflərin hesablanması üçün universal vasitədir. Sığorta tarifləri-

nin hesablanması alqoritmi yaradılmış [4], müvafiq proqram təminatı hazırlanmış və sınaqdan keçirilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, sığorta tarifləri təsdiq edilmiş üsullarla hesablana bilən klassik sığorta riskləri üçün təklif olunan alqoritm üzrə sığorta tarifləri təsdiq edilmiş metodlar üzrə tariflərə yaxındır və mövcud uyğunsuzluqlar ilə əlaqədardır. məhz təsdiq edilmiş metodların çatışmazlıqlarına.

Eyni zamanda, aktuar əsasın parametrlərinin həyat sığortası və ümumi sığorta üzrə ümumiləşdirilməsi sığorta tariflərinin hesablanması zamanı nəzərə alınan sığorta parametrlərinin siyahısını genişləndirməyə imkan verdi ki, bu da sığortanın daha çevik qiymətlərinin müəyyənəşdirilməsinə imkanlar açır.

Uzatma, əsasən, sığorta məhsulunun aşağıdakı şərtlərini əlavə olaraq nəzərə almaq mümkün olan hesablamalarda ümumi sığortaya təsir göstərir:

- portfeldə müxtəlif sığorta müqavilələri üzrə müxtəlif sığorta məbləğləri;
- sığorta müqaviləsinin qüvvədə olduğu müddət ərzində sığorta məbləğinin dəyişməsi, o cümlədən sığorta obyektinin və ya sığorta olunanın yaşının dəyişməsi (sığorta məbləğinin istənilən dinamikası müəyyən edilə bilər);
- sığorta müddəti ərzində bir neçə sığorta hadisəsinin baş verməsi;
- sığorta müddəti ərzində sığorta hadisələrinin baş vermə intensivliyinin dəyişməsi, o cümlədən sığorta obyektinin və ya sığorta olunanın yaşının dəyişməsi (intensivliyin istənilən dinamikası təyin edilə bilər);
- sığorta müddəti ərzində dəyişkən intensivliklə sığorta hadisəsi olmayan sığorta obyektinin ölümü kimi ləğvedici hadisənin (sığorta ödənişləri olmadan sığorta müqaviləsinə xitam verilməsi) olması;
- zamanla pulun dəyərinin dəyişməsi (faizlərin hesablanması);
- sığorta haqlarının ödənilməsinin təxirə salınması və ödənilməsi;
- Sığorta ödənişlərinin təxirə salınması və hissə-hissə ödənilməsi.

Bununla belə, ümumiləşdirilmiş aktuar baza həm də hazırda hesablamalarda nəzərə alınmayan aşağıdakı şərtləri nəzərə almaqla həyat sığortasını zənginləşdirməyə imkan verir.

- sığortanın kollektiv xarakteri;
- portfeldə müxtəlif həyat sığortası müqavilələri üzrə müxtəlif sığorta məbləğləri;
- sığorta müqaviləsinin qüvvədə olduğu müddət ərzində sığorta məbləğinin təkcə alınan investisiya gəlirindən asılı olmayaraq dəyişməsi (sığorta məbləğinin istənilən dinamikası təyin oluna bilər, nəinki arifmetik və ya həndəsi proqressiya);
- sığorta müddəti ərzində bir neçə sığorta hadisəsinin baş verməsi2;

- hansısa bölgü qanunu ilə təsvir edilən sığorta məbləğinin təsadüfi xarakteri;

- biznesin aparılması xərclərinin sığorta məbləğinə mütənasib olmayan daimi komponentinin olması.

Funksional asılılıqlardan statistik modelləşdirməyə keçid, ümumiyyətlə, sığorta tariflərinin hesablanmasına cəlb edilən ilkin məlumatların həcminə qoyulan məhdudiyyətləri aradan qaldırır və beləliklə, hesablamalara daxil edilən hal-hazırda naməlum sığorta şərtləri ilə əlaqədar aktuar bazanın daha da genişləndirilməsi üçün imkanlar açır. Yalnız bu şərtlərin sığorta tarifiyə obyektiv təsir göstərməsi vacibdir və bu təsir statistik modeldə əsaslı şəkildə əks etdirilə bilər. Belə ki, sığorta parametrlərinin məzmunu ilə bağlı ideyaların genişlənməsi hesabına innovativ sığorta məhsullarının yaradılmasının əsası qoyulur.

Statistik modelləşdirmədən istifadə ümumiləşdirilmiş aktuar əsasdan istifadə etməklə əldə edilən sığorta tariflərinin iqtisadi məqsəduyğunluğunu sübuta yetirir. Bu, əhəmiyyətli qiymətqoyma üsulları ilə saxlanılan innovativ sığorta məhsullarının dizaynı üçün imkanlar açır.

Müasir formada ümumiləşdirilmiş aktuar baza innovativ sığorta məhsullarının yaradılması üçün bilavasitə istifadə oluna bilən bir sıra əlavə parametrləri ehtiva edir. Eyni zamanda, ümumiləşdirilmiş aktuar baza sığorta şirkətlərinin və onların müştərilərinin ehtiyaclarına uyğun olaraq daha da genişlənmək imkanına malikdir.

Ədəbiyyat

1. Bowers, N., Gerber, H., Hickman, J., Jones, D and Nesbitt, C.: Actuarial Riyaziyyat, 2-ci nəşr, Schaumburg, Aktuarlar Cəmiyyəti, 1997.
2. Centeno, M.: Teoria do Risco və Atividade Seguradora, Oeiras, Celta redaksiya, 2003.
3. Klugman, S., Panjer, H. and Willmot, G.: Loss Models, 4th ed., Wiley, 2012.
4. Sığorta Riyaziyyatı: Dərslik / Ed. G. A. Medvedev, V. V. Seçko. - Minsk: BGU, 2003. - 267s

QEYRİ XƏTTİ PARAMETRLİ XƏTTİ PROQRAMLAŞDIRMANIN BÖYÜK ÖLÇÜLÜ BİR MƏSƏLƏSİ

Həmidov Rafael, Abdullayeva Nərgiz

(BDU Tətbiqi Riyaziyyat və kibernetika fakultəsi, (BDU SABAH))

shekihamidov@gmail.com, nargiz.ni21@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə qeyri xətti parametrik xətti proqramlaşdırmanın böyük ölçülü bir məsələsinə baxılır və məsələnin həll yolu verilir.

Açar sözlər: xətti proqramlaşdırma, parametrik proqramlaşdırma, bazis, optimal bazis.

İşdə parametrik proqramlaşdırmanın aşağıdakı kimi məsələsinə baxılır:

$$\begin{array}{l} a_{11}(\lambda)x_1 - a_{12}x_2 - \dots - a_{1n}x_n \leq b_1 \\ -a_{21}(x_1) + a_{22}(\lambda)(x_2) - \dots - a_{2n}x_n \leq b_2 \\ \dots\dots\dots \\ -a_{m1}x_1 - a_{m2}x_2 - \dots\dots\dots + a_{mn}(\lambda)x_n \leq b_m \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots\dots\dots, x_n \geq 0, 0 \leq \lambda \leq 1 \end{array}$$

$$c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \rightarrow \max \quad (1)$$

Burada

- 1) $a_{ij} \geq 0, i, j = \overline{1, n}, b > 0, i = \overline{1, n}$;
- 2) İstənilən $\lambda \in [0, 1]$ üçün məsələ (1)-in matrisi $A(\lambda)$ -nın tərsi $A^{-1}(\lambda)$ vardır və $A^{-1}(\lambda) \geq 0$ dir, yəni tərs matrisin bütün elementləri mənfi deyil;
- 3) $a_{ii}(\lambda) \geq 0, i = \overline{1, n}$ funksiyaları $[0, 1]$ -də ikinci tərtibdən differensiallandı.

(1) kimi məsələnin tətbiq sahələri elmi ədəbiyyatlarda $a_{ii}(\lambda) = \text{const}$ olan halda ətraflı öyrənilmişdir və onun həllinin qurulmasının müxtəlif effektiv yolları təqdim olunmuşdur [1]. Təklif olunan yanaşmalar n böyük olduğu halda ölçü ilə bağlı problemin aradan qaldırmağın mümkünlüyünü göstərir. Bu kimi böyük məsələlər həm iqtisadi [2], həm də texniki [3] problemlərlə üzləşdikdə qarşıya çıxır. Məsələ (1)-dəki λ parametri isə məsələnin qoyuluşunda bir çox halda qarşıya çıxan qeyri-müəyyən riyazi formada təzahürüdür. Məqsədımız məsələ (1)-in istənilən $\lambda \in [0,1]$ üçün optimal $x(\lambda)$ həllinin qərar qəbul edən üçün əlverişli olan şəkildə λ -dan asılığını qurmaqdır. Qurma prosesi böyük ölçü problemini aradan qaldırmağa imkanı verir.

Məsələ (1)-in həll sxemi.

$a_{ii}(\lambda)$, $\lambda \in [0,1]$ funksiyaları hamar olduğundan istənilən $\lambda_0 \in [0,1]$ üçün bu funksiyanı $\lambda_0 - m$ $\Delta(\lambda_0) \subset [0,1]$ ətrafında $a_{ii}(\lambda_0) + d_{ii}(\lambda - \lambda_0) + f_{ii}(\lambda - \lambda_0)^2 \geq 0$, $\lambda \in \Delta(\lambda_0)$ $i = 1, 2, \dots, n$. kimi aproksimasiya edə bilərik.

$\Delta(\lambda_0)$ elə seçilir ki, istənilən $\lambda \in \Delta(\lambda_0)$ üçün məsələ (1)-in optimal bazis həlli dəyişməz qalsın.

Lemma 1: Elə $\lambda_0 < \lambda_1 < \dots < \lambda_k$, $\lambda_i \in [0, 1]$ $i = \overline{1, k}$ tapmaq olar ki, $\bigcup_{i=0}^k \Delta(\lambda_i) = [0, 1]$.

Məqsədimiz $\Delta(\lambda_i)$, $i = \overline{0, k}$ çoxluqlarının qurulmasının yolunu göstərmək və bu yolla da verilmiş məsələni həll etməkdir.

$\Delta(\lambda_i)$ – *nin qurulması:*

Əvvəlcə λ_i -lə bağlı aşağıdakı kimi xətti proqramlaşdırma məsələsi qurulur:

$$(E - A(\lambda_i) - D(\lambda_i) - F(\lambda_i))x \leq b, \quad x \geq 0 \quad (2)$$

$$cx \rightarrow \max$$

Sonra (2)-yə qoşma olan,

$$\psi(E - A(\lambda_i) - D(\lambda_i) - F(\lambda_i)) \geq c, \quad c = (c_1, c_2, \dots, c_n)$$

$\psi(b - D^i x - F^i x) \rightarrow \min$ məsələsinin optimal həlli $[0,1]$ -də göstərilən və geniş tətbiq olunan aşağıdakı

$$\psi^{(1)} = 0, \quad \psi^{(k+1)} = \max \left(0, \psi^{(k)} A^i(\lambda_0) \right) \quad k = 1, 2, \dots$$

ardıcılığının limiti olan $\bar{\psi}(\lambda_i)$ kimi qurulur. Sonra isə $\bar{\psi}(\lambda_i)$ -in köməyi ilə verilmiş məsələnin optimal xarakteristik matrisi $P(\lambda_i)$ qurulur. Sonra isə $P(\lambda_i)$ -nin köməyi ilə $\Delta(\lambda_i)$ qurulur.

Cütlər çoxluğu $P(\lambda_i) \Delta(\lambda_i)$ kimi qurulur.

Ədəbiyyat

1. V.Z.Belenkiy On Mathematical problem having minimal point. Doc.Acad.of sci. Of USSR, V.183, №1, 1968, pp. 15-17.
2. М.В. Мееров Исследование и оптимизация многосвязных систем управления. М., Наука, 1968.235с.

PARAMETRİK PROQRAMLAŞDIRMANIN BİR MƏSƏLƏSİ VƏ ONUN HƏLLİ

Həmidov Rafael, Abdullayeva Nərgiz

(BDU Tətbiqi Riyaziyyat və kibernetika fakultəsi (BDU SABAH))

shekiamidov@gmail.com, nargiz.ni21@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə parametrik proqramlaşdırmanın bir məsələsinə baxılır və həmin məsələnin həll üsulu təqdim olunur.

Açar sözlər: xətti proqramlaşdırma, parametrik proqramlaşdırma, Pareto sərhədi, bazis, optimal bazis.

İşdə xətti proqramlaşdırmanın parametrdən asılı aşağıdakı məsələsinə baxılır:

$$Ax + \lambda D x \leq b, \quad x \geq 0, \quad cx \rightarrow \max, \quad 0 \leq \lambda \leq 1, \quad (1)$$

Burada $A = \|a_{ij}\|_{i,j=1}^n$, $D = \|d_{ij}\|_{i,j=1}^n$, b - n ölçülü sütun, c isə n ölçülü sütun vektorlarıdır, x dəyişənlərin n - ölçülü sütun vektorlarıdır. (1) -in üzərinə əlavə aşağıdakı kimi şərtlər qoyulur:

$$1) \quad a_{ij} \leq 0, \quad i \neq j, \quad a_{ii} > 0,$$

$$2) d_{ij} = 0, i \neq j, d_{ii} \geq 0, i = \overline{1, n}$$

3) $(A + \lambda D)^{-1}$ matrisi istənilən $\lambda \in [0, 1]$ üçün vardır və tərs matrisin elementləri mənfi deyil. Bu xassə belə təqdim olunur : $(A + \lambda D)^{-1} \geq 0$.

λ parametri məsələ (1)-in matrisinin dioqanalındakı qeyri müəyyənliyin mövcudluğunu əks etdirir. Belə məsələlərə bir çox riyazi modellərə görə qurulan (1) kimi məsələlərdə rast gəlik [1]. λ parametrin xətti proqramlaşdırma məsləsinin sağ tərəfində və ya məqsəd funksiyasının əmsallarında xətti formada iştirak etdiyi hallar ətraflı öyrənilmişdir. Bu zaman istifadə olunan həll qaydaları əsasən simpleks üsula görə qurulan qaydalardır [2]. Lakin ölçü böyük olduqda bu qaydalar heç də həmişə istifadə üçün yararlı olmur. Bu zaman baxılan məsələnin spesifikasiyaya əsasən xüsusi həll sxemləri qurulur. Belə yanaşmalardan biri də Pareto sərhəddi qaydasına əsaslanan yanaşmadır [3]. Lakin parametrin (1)-dəki kimi dioqonalda mövcudluğu Pareto sərhəddi qaydasından istifadəni qeyri-mümkün edir. Təqdim olunan işdə məsələ (1)-in həlli üçün aşağıdakı kimi yeni yanaşma tələb olunur:

Addım 1. λ -nı $(1-\lambda)$, $0 \leq \lambda \leq 1$ ilə əvəz edib, (1)-in matrisini $(A + D - \lambda D)$ kimi yazırıq. Bu zaman yeni matrisli məsələ əvvəlki ilə ekvivalent məsələ olur.

Addım 2. $(A + D - \lambda D)_{ij}$, $j = \overline{1, n}$, b- isə elementlərini $(A + D)_{ii}$ bölürük və bu zaman yeni alınan $A+D$ matrisini $I - \bar{A}$ kimi, D -ni $\bar{D}$ kimi, b -ni isə $\bar{b}$ kimi təqdim edirik. Onda yeni işarələmələrlə məsələ (1) aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$x - Ax - \lambda \bar{D}x \leq \bar{b}, x \geq 0, Cx \rightarrow \max \quad (2)$$

Burada $\bar{A} \geq 0, \bar{b} \geq 0, (I - \bar{A} - \lambda \bar{D})^{-1} \geq 0$ olduğu göstərilir.

Məsələ (1)-in mümkün həllər çoxluğu istənilən $\lambda \in [0, 1]$ üçün onun optimal $B(\lambda)$ bazisi və bu bazisə uyğun optimal $x(\lambda)$ həlli vardır. Məsələnin bazislərinin sayı, deməli $\{B(\lambda) | \lambda \in [0, 1]\}$ çoxluğu da sonludur. Bu isə o deməkdir ki, $0 \leq \lambda_1 < \lambda_2 < \dots < \lambda_k \leq k$ ədələri tapmaq olar ki,

$$1) \{B(\lambda) | \lambda \in [0, 1]\} = \{B(\lambda_1), \dots, B(\lambda_k)\}$$

$$2) \bigcup_{i=1}^{k-1} [\lambda_i, \lambda_{i+1}] = [0, 1]$$

$$3) B(\lambda_i) = B(\lambda), \lambda \in (\lambda_i, \lambda_{i+1})$$

Onda $(x^i, [\lambda_{i-1}, \lambda])$, $i = \overline{1, k}$, $\lambda_i = 0$ (3) ardıcılığını məsələ (2)-nin

həlli kimi təqdim edə bilərk.

(3)-ün qurulması üçün aşağıdakı kimi sxem təklif olunur:

$$\Psi^{(0)} = 0, \Psi^{(k+1)}(x) = \max\{0, c + \Psi_k(\bar{A} + \lambda \bar{D})\}, k = 0, 1, 2, \dots$$

$\Psi^*(\lambda) = \lim_{k \rightarrow \infty} \Psi^k(\lambda)$ kimi limit funksiyası qurulur. Sonra ikili teoremin kömə-

yilə optimal bazis $x^*(\lambda), \lambda \in [0, 1]$ həlləri qurulur. $x^*(\lambda)$, həllərin köməyilə $\{x^i, [\lambda_i, \lambda_{i+1}]\}$ ardıcılığı, yəni məsələ (2)-nin həm də məsələ (1)-n həlli qurulur.

Ədəbiyyat

1. М.В.Мееров Бершанский Я.М. Оптимизация линейных многосвязных динамических систем. Изв. АН СССР, ТК, 1975, №2, с. 20-25. №3, с. 45-49.
2. Л.И.Зуховнических, Л.И.Авдеева Линейные и выпуклое программирование. М: Мир, 1964, 348 с.
3. Р.Г.Гамидов Метод разложения для задачи математического программирования. Изв.НАН Азербайджана, серия физ-техн.и мат. наук, том XVIII, №5, 2005, с.32-34.

İKİ KƏSR- XƏTTİ KRİTERİYALI PROQRAMLAŞDIRMA MƏSƏLƏSİNİN BİR HƏLL YOLU

Həmidov Rafael, Əliyeva Lalə

(BDU, Tətbiqi Riyaziyyat və Kibernetika fakultəsi (BDU SABAH))

shekihamidov@gmail.com, lalaliyevaa1901@gmail.com.

Xülasə: *İşdə iki kəsr xətti proqramlaşdırma məsələsinin iki kəsr xətti proqramlaşdırma məsələsi kimi həll etməyin yeni bir yolu göstərilir. Standart həll yolundan fərqli olaraq göstərilən həll yolu əvvəlki məhdudiyyətə əlavə məhdudiyyət artırmadan məsələni həll edir.*

Açar sözlər: *xətti proqramlaşdırma, pareto həll, iki kriteriyalı simpleks üsul, bazis, bazis həll.*

Məsələnin qoyuluşu:

$$y_1 = \frac{c^1 x + c^{10}}{d^1 x + d^0} \rightarrow \max, y_2 = \frac{c^2 x + c^{20}}{d^1 x + d^0} \rightarrow \max, Ax \leq b, x \geq 0$$

Şərtlər: 1) $d^1 x + d^0 > 0, x \in X$, 2) X – məhduddur

Məsələnin xətti proqramlaşdırmaya gətirilməsi:

$z = \frac{x_i}{d^1 x + d^0}, i = 1, n$ olsun. Kriteriyaları və məsələnin şərtini yeni dəyişənlər ilə yazırıq.

$$y_1 = \frac{c^1 x + c^0}{d^1 x + d^0} + \frac{c^0}{d^0} - \frac{c^0}{d^0} = \frac{c^1 - (\frac{d^1}{d^0})x}{d^1 x + d^0} + \frac{c^0}{d^0} = c^1 - (\frac{1}{d^0} d^1)z + \frac{c^0}{d^0}$$

Eyni qayda ilə ikinci kriteriyaya tətbiq edirik.

$y_2 = \frac{c^2 x + c^{00}}{d^1 x + d^0} + \frac{c^0}{d^0} - \frac{c^0}{d^0} = \frac{c^2 - (\frac{d^1}{d^0})x}{d^1 x + d^0} + \frac{c^0}{d^0} = c^2 - (\frac{1}{d^0} d^1)z + \frac{c^0}{d^0}$
 $(c^1 - (d^1 \frac{1}{d^0}))$ ifadəsini e ilə, $(c^2 - (d^1 \frac{1}{d^0}))$ ifadəsini isə f ilə qeyd edirik və kriteriyaları: $y_1 = ez \rightarrow \max$, $y_2 = fz \rightarrow \max$ kimi yazırıq. İndi isə məsələnin şərtini yeni dəyişənlərlə yazaraq.

$$Az \leq b \frac{1}{d^1 x + d^0} \Rightarrow Az \leq b \frac{1}{d^1 x + d^0} - \frac{1}{d^0} + \frac{1}{d^0} \Rightarrow Az \leq \frac{b}{d^0} \left(\frac{-d^1 x}{d^1 x + d^0} + 1 \right) \Rightarrow$$

$$Az + b \frac{1}{d^0} d^1 z \leq \frac{b}{d^0}.$$

Beləliklə, yeni dəyişənlərlə məsələnin şərti $(A + \frac{1}{d^0} b d^1) z \leq \frac{b}{d^0}$ kimi olacaqdır.

$$(A + \frac{1}{d^0} b d^1) - \text{ya } A^0, \frac{b}{d^0} - \text{yə isə } b^0 \text{ ilə deyib verilmiş məsələni } A^0 z \leq b,$$

$$y_1 = ez \rightarrow \max, y_2 = fz \rightarrow \max \text{ kimi yazırıq.}$$

Alınan məsələnin həlli kimi Pareto sərhəddi başa düşülür. Bu sərhəddin tapılması qaydası [1,2] – də verilmişdir. Burada [2] – dəki sxemdən istifadə olunur.

Ədəbiyyat

1. R.H. Həmidov Çoxkriteriyalı məsələlərin pareto sərhəddinin qurulması. AEA-nın xəbərləri. Fizika-texnika və riyaziyyat elmlər seriyası, 1999, №3-4, səh 37-43.
2. Р.Г. Гамидов, И.Р. Ефендиев, Е.Г. Ахмедов Метод решения двухкритериальной задачи математического программирования. Тезисы сборника конференции "Автоматизация процессов управления", Баку, 1991, 6 стр.

KƏSR-XƏTTİ PARAMETRİK PROQRAMLAŞDIRMANIN XƏTTİ PARAMETRİK PROQRAMLAŞDIRMA KİMİ HƏLLİ

Həmidov Rafael, Əliyeva Lalə

(BDU Tətbiqi Riyaziyyat və Kibernetika fakültəsi (BDU SABAH))

shekihamidov@gmail.com lalaliyevaa1901@gmail.com.

Xülasə: İşdə kəsr xətti- parametrik məsələyə baxılır. Məsələni iki kriteriyalı xətti proqramlaşdırmaya gətirilməsinin yolu göstərilir. Həll olaraq alınmış iki kriteriyalı məsələnin Pareto sərhəddi qəbul olunur.

Açar sözlər: kəsr-xətti proqramlaşdırma, parametrik proqramlaşdırma, çoxkriteriyalı məsələ, pareto sərhədi.

Məsələnin qoyuluşu:

$$\frac{(c + \lambda d) x + k^0}{ex + f} \rightarrow \max,$$

$$Ax \leq b, x \geq 0, 0 \leq \lambda \leq 1,$$

Burada $ex + f > 0 \quad x \in X$.

(1)

(1)-in üzərində aşağıdakı çevirməni aparırıq:

$$\frac{(c+\lambda d)x + k^0}{ex+f} = \frac{(c+\lambda d)x + k^0}{ex+f} - \frac{k^0}{f} + \frac{k^0}{f} = \frac{(c+\lambda d - \frac{k^0}{f}e)x}{ex+f} + \frac{k^0}{f} = \frac{(c^0 + \lambda d)x}{ex+f} + \frac{k^0}{f} =$$
$$(c^0 + \lambda d)z + \frac{k^0}{f} \rightarrow \max.$$

$$\text{Burada } c^0 = c - \frac{k^0}{f}e, \quad z = \frac{x}{ex+f}.$$

$$\frac{b}{ex+f} = \frac{b}{ex+f} - \frac{b}{f} + \frac{b}{f} \Rightarrow \frac{-bex}{(ex+f)f} + \frac{b}{f} = \frac{-bex}{ex+f} \frac{1}{f} + \frac{b}{f} = \frac{-eb}{f}z + \frac{b}{f}.$$

Onda yazı bilərik:

$$(A + \frac{eb}{f})z \leq \frac{b}{f}, \quad z \geq 0, \quad (c^0 + \lambda d)z \rightarrow \max.$$

Beləliklə bir parametrik xətti proqramlaşdırma məsələsini alırıq. Məsələnin standart həll yolu Simpleks alqoritm yoludur [1]. Lakin bu yol ölçü böyük olduqda ölçü ilə bağlı problem yaradır. Problemi bir çox halda Pareto sərhəddi yolu ilə [2] aradan qaldırmaq mümkün olur. İşdə bu imkan göstərilir.

Ədəbiyyat

1. R.H. Həmidov. Kəsr-xətti proqramlaşdırma məsələsinin həlli üsulu. Elm və təhsildə informasiya və kommunikasiya texnologiyaları tətbiqi. Beynəlxalq konfrans. Bakı, 16-17 sentyabr, 2004, səh 138-140.
2. R.H.Həmidov. Çoxkriteriyalı məsələlərin pareto sərhəddinin qurulması. AEA-nın xəbərləri. Fizika-texnika və riyaziyyat elmlər seriyası, 1999, №3-4, səh 37-43.

XƏTTİ PROQRAMLAŞDIRMANIN BİR MƏSƏLƏSİ ÜÇÜN YENİ HƏLL QAYDASI

Həmidov Rafael, Əyyubova Rəqsanə

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

eyyubovaraqsane@gmail.com

Xülasə: Bu məqalədə xətti proqramlaşdırma məsələsinin həlli üçün yeni iterativ üsul təqdim olunur. Ənənəvi metodlarda ölçü böyüdükcə və matrisdə sıfır elementlərin yerləşməsi qeyri-bərabər olduqda, ayrılış sxemi tətbiqində çətinlik yaranır. Bu üsulla başlanğıc yaxınlaşma götürülür və təkrarlanan addımlar vasitəsi ilə yeni qiymətlər qaydası hesablanır. Əgər iterasiyanın müəyyən komponentləri verilmiş məhdudiyyət dəyərini aşarsa, onlar sabit saxlanılır. Bu ardıcılıq monoton olub yuxarıdan məhduddur, yəni yığılır və onun limiti xətti proqramlaşdırma məsələsinin optimal həllinə uyğun gəlir.

Bu üsul böyük ölçülü və struktur cəhətdən mürəkkəb xətti proqramlaşdırma məsələlərinin sadələşdirilmiş, hesablama baxımından əlverişli şəkildə həllinə imkan yaradır.

Açar sözlər: xətti proqramlaşdırma, iterativ üsul, ardıcılıq, optimal həll, yığılma, ayrılış sxemi.

Aşağıdakı kimi məsələyə baxılır [1].

$$Ax \leq b, x \geq d, x \geq 0, (C, x) \rightarrow \max \quad (1)$$

Burada, $A \in R^{n \times n}$; $d, c \in R^n, A_{i,i} \geq 0, \forall i, A^{-1} \geq 0$

Məsələ (1)-in ölçüsü böyükdür. A-da sıfırların yerləşməsi onun həllinin ayrılış sxemi ilə tapılması üçün əlverişli deyil. Ölçü ilə problemi aradan qaldırmaq məqsədi ilə (1)-in həlli üçün aşağıdakı kimi sxem təhlil olunur.

Əvvəlcə məsələ aşağıdakı formada yazılır [2]:

$$X \leq A^0 x + b^0, x \geq 0, X \leq d, Cx \rightarrow \max$$

Optimal həll aşağıdakı xassəyə malik olan mümkün həllər içərisindən seçilir [3]:

$$(d_i - x_i)(x - A^0 x - b)_i = 0, i = \overline{1, n}$$

Yeni iterativ həll sxemi belə verilir [1]:

$$X^{(0)} = 0, X^{(k+1)} = A^0 X^{(k)} + b, X_i^{(k)} < d_i, \text{ lakin } x_i^{(k+1)} \geq d_i$$

Olduqda sonrakı iterasiyalardakı $X_i = d_i$ qəbul edib prosesi davam etdiririk. Qurulan ardıcılıq $\{x^n\}$ monoton olub yuxarıdan məhduddur. Çünki mümkün həllər çoxluğu X məhdud qapalı çoxludur [2]:

$$\forall x \in X \quad x \leq A^{-1}b$$

Deməli, ardıcılıq $\{x^{(n)}\}$ yığılır. Onun limitinə X^0 deyək. X^0 -ın məsələnin həlli olduğunu göstərir.

Ədəbiyyat

1. Chvatal, V. Linear Programming. W.H. Freeman and Company, 1983.
2. Luenberger, D.G., Ye, Y. Linear and Nonlinear Programming. Springer, 2008.
3. Taha, H.A. Operations Research: An Introduction. Person Education, 2017.

PARETO NİZAMINA GÖRƏ SEÇİMİN LORENS MƏNADA SEÇİM OLUB-OLMADIĞININ YOXLANILMASI

Həmidov Rafael, İmaməliyeva Əsli

(BDU Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi (BDU SABAH))

Shekihamidov@gmail.com esliimameliyeva@gmail.com

Xülasə: Qərar qəbul edən tərəfindən təqdim olunan pareto həllin iki kriteriyalı dinamik xətt proqramlaşdırılmanın bir məsələsi üçün həllin Lorens məna da həll olmasının yoxlanılması məsələsinə baxılır. Bu məqsədlə verilmiş şərtlər daxilində bir dinamik xətti proqramlaşdırılma məsələsinin həllinin kifayət olduğu göstərilir. Həll prosesi məlum iterativ yolla qurulur.

Açar sözlər: xətti proqramlaşdırılma, çoxkriteriyalı məsələ, pareto nöqtəsi, Lorens məna da, effektiv həll.

Seçim çoxluğu X [1]-dəki kimi verilən iki xətti kriteriyalı məsələyə baxılır:

$$X \leq Fx + f, \quad X \in L_2^n[0, T]$$

$$y_1(x) = (c_1, x) \rightarrow \max, \quad y_2(x) = (c_2, x) \rightarrow \max$$

Burada $F: L_2^n[0, T] \rightarrow L_2^n[0, T]$, $f, c_1, c_2 \in L_2^n[0, T]$ məsələdə istifadə olunan nizam $L_2^n[0, T]$ -də verilən təbii konusa görədir.

$$Y = \{(y_1, y_2) \mid y_1(x) = (c_1, x), y_2(x) = (c_2, x), x \in X\}$$

Olsun Y çoxluğunda nizami R^2 -də verilən təbii konusa görə olan nizamdır. Y -in bu nizama görə maksimal elementlər çoxluğun Y^p -yə pareto sərhəddi deyilir.

Y^p -nin alt çoxluğu olub ona L^p deyən istənilən nöqtəsi üçün onun koordinatları cəmindən və ən kiçik koordinatından böyük olan $y \in Y^p$ tapılmazsa onda belə nöqtəyə Lorens mənada effektiv nöqtə deyilir. $\bar{y} = (\bar{y}_1, \bar{y}_2) \in Y^p$ verilmiş nöqtə olsun.

$y_1^0 + y_2^0 = \max(y_1 + y_2), y \in Y^p$ kimi hesablanan [2] $(y_1^0, y_2^0) \in Y^p$ y^0 nöqtəsinə baxaq.

Lemma.

$$a) \bar{y}_2 > y_1^0 \Rightarrow y^0 \notin L^p$$

$$b) \bar{y}_2 < y_2^0 \wedge \bar{y}_2 > \bar{y}_1 \Rightarrow \bar{y} \in L^p$$

$$c) \bar{y}_2 < \bar{y}_1 \wedge \bar{y}_2 < y_1^0 \Rightarrow \bar{y} \notin L^p$$

$$d) \bar{y}_2 < \bar{y}_1 \wedge \bar{y}_2 > y_1^0 \Rightarrow \bar{y} \in L^p$$

Məsələ 1 [1] -dəki məlum iterativ yolla həll olunur.

Ədəbiyyat

1. M.V. Meerov, Research and Optimization of Multivariable Control Systems (Nauka, Moscow, 1986) [in Russian].
2. C. Blackorby & D. Donaldson — „Measures of Relative Equality and Their Meaning in Terms of Social Welfare“ (Journal of Economic Theory, 1978).

TAM MƏNFƏƏTİN MAKSİMUMLAŞDIRILMASI MƏSƏLƏSİ

Həmidov Rafael, İmaməliyeva Əsli

(BDU Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi (BDU SABAH))

Shekihamidov@gmail.com esliimameliyeva@gmail.com

Xülasə: İşdə markovkin tam mənfəət modelinə görə qurulan iki kriteriyalı qərar qəbul etmə məsələsinə baxılır. Məsələnin pareto sərhəddinin qurulması yolu göstərilir. Qurma prosesi hər addımda dinamik xətti proqramlaşdırma məsələsini həll etməkdə icra olunur. Xətti proqramlaşdırma məsələləri iterativ yolla həll olunur. Bu formada məsələlər yalnız kriteriyaları ilə fərqlənir. Yəni onların seçim çoxluqları dəyişməz qalır.

Açar sözlər: Xətti proqramlaşdırma, pareto nöqtəsi, effektiv həll, pareto sərhədi.

Məsələnin seçim çoxluğu X və seçim variantlarının qiymətləndirilməsi iki xətti kriteriyanın köməyi ilə [1]-dəki kimi verilən aşağıdakı kimi iki kriteriyalı xətti proqramlaşdırma məsələsinə baxılır.

$$\frac{dx_i}{dt} = \sum_{j=1}^n a_{ij} y_j, \quad 0 \leq y_i \leq x_i, \quad x_i(0) = x_i^0, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n \int_0^T (x_i(t) - y_i(t)) dt \rightarrow \max$$

$$\sum_{i=1}^n \int_0^T c_i(t) [x_i(t) - y_i(t)] dt \rightarrow \max$$

Bu münasibətlərinin ona ekvivalent olan aşağıdakı integral formada yazıla bilər.

$$y_i(t) = \int_0^t \sum_{j=1}^n a_{ij} y_j(\alpha) d\alpha \leq x_i^0, \quad y_j \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$y_1 = \sum_{j=1}^n \int_0^T [\sum_{i=1}^n a_{ij} (T-t) - 1] y_j(t) dt \rightarrow \max$$

$$y_2 = \sum_{i=0}^n \int_0^T c_i(t) \left[x_i(t) + \int_0^t \sum_{j=1}^n a_{ij} y_j(\tau) d\tau - y_i(t) \right] dt \rightarrow \max$$

İkinci kriteriya üzərində çevirmə apararaq yenidən yazırıq:

$$y_2 = \sum_{i=0}^n \int_0^T x_i(t) c_i(t) dt + v \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \int_0^T \left(\int_0^t c_i(\tau) d\tau \right) a_{ij} y_j(t) dt -$$

$$\sum_{i=1}^n \int_0^T c_i(t) y_i(t) dt \rightarrow \max$$

Sonda məsələ (1)-in tələb olunan yazılı formasını alırıq:

$$y_i(t) - \sum_{j=1}^n a_{ij} \int_0^t y_j(\tau) d\tau \leq x_i^0, \quad y_i(t) \geq 0$$

Xətti proqramlaşdırma iki kriteriyalı məsələsinə gətirik. Alınan məsələnin həlli pareto sərhəddin köməyi ilə tapılır.[2]

Ədəbiyyat

1. Беллман Р., Гликсберг И., Гросс О. Некоторые Вопросы математической Теории процессов Управления. М., Ил, 1962.
2. Həmidov R.H., Bakı Universitetinin xəbərləri, Fizika-Riyaziyyat seriyası, Bakı, səh.55-60

BİRGƏ FƏALİYYƏTİN BİR OYUN MODELİ VƏ ONUN HƏLLİ

Həmidov Rafael, Qasımova Günel

(BDU Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi (BDU SABAH))

shekihamidov@gmail.com gunelqasimova543@gmail.com

Xülasə: Bu işdə birgə fəaliyyətin oyun modeli və onun riyazi həlli tədqiq olunur. İştirakçıların ümumi məqsəd üçün birgə qərar qəbul etməsi prosesi modelləşdirilmişdir. Modeldə agentlərin ehtiyatlardan istifadə səmərəliliyi, texnoloji imkanları və mənfəətin

maksimumlaşdırılması məsələləri araşdırılmışdır. Təklif olunan yanaşma birgə fəaliyyət zamanı optimal qərarların tapılması və resursların ədalətli bölüşdürülməsi baxımından praktik əhəmiyyət daşıyır.

Açar sözlər: qeyri koalision oyun, tarazlıq nöqtəsi, ehtiyatın bölgüsü, xətti proqramlaşdırma

Bu işdə birgə fəaliyyətin aşağıdakı kimi riyazi modelinə baxılır. İştirakçılardan biri (ona agent 1 deyək) öz fəaliyyətini aşağıdakı formada təşkil edir:

$$\sum_{i=1}^k A^i u^i = L, u^i \geq 0, L > 0 \quad (1)$$

Burada, $L \in R^n$ agent 1-in malik olduğu və istehsal prosesində sərf olunan ehtiyatlar vektorudur. $A = (A^1, \dots, A^k)$ matrisi agent 1-in istifadəsində olan texnoloji sütunlar matrisidir və $A^i \subset R^{n \times n}, i = 1, k, U^i \in R^n, i = 1, k$ vektorları istehsalın intensivlik vektorlarıdır. O, bu istehsalın nəticəsi kimi əldə etdiyi U^i imkanı agent i kimi adlandırdığımız iştirakçının istehsal prosesində yatırım edir. Agent i -nin bu imkandan yararlanması riyazi şəkildə belə ifadə olunur:

$$B^i x^i \leq b^i + u^i, \quad x^i \geq 0, \quad c^i x^i \rightarrow \max, \quad i = 1, k \quad (2)$$

Yəni, agent i əldə etdiyi ehtiyatlardan maksimal yararlanır. Nəticədə öz mənfəət göstəricisi olan $c^i x^i$ -in maksimal qiyməti kimi adlandırdığımız $f_i(u^i)$ qiymətini əldə edir :

$$f_i(u^i) = \max c^i x^i, \quad x^i \in X^i$$

X^i məsələ (2)-nin mümkün həllər çoxluğudur. Göründüyü kimi $f_i(u^i)$ maksimal mənfəət göstəricisi agent 1-in agent i üçün yaradığı imkanlardan da aslıdır. Başqa sözlə $(k+1)$ sayda iştirakçının bir-biri ilə münasibətindən aslıdır. Burada agent 1-in qalan agentlərdən maksimum yararlanmaqla bu birgə fəaliyyətə razılıq verdiyi fərz olunur. Yəni agent 1 optimal variantını aşağıdakı məsələnin həlli kimi qəbul edir:

$$\sum_{i=1}^k A^i u^i = L, \quad u^i \geq 0, \quad \Sigma y_i(u^i) \rightarrow \max,$$

Bu optimal həlli $u^0 = (u^{01}, u^{02}, \dots, u^{0k})$ kimi adlandıraraq. Deməli agent i aşağıdakı məsələni həll etməlidir:

$$B^i x^i \leq b^i + u^{0i}, \quad x^i \geq 0, \quad c^i x^i \rightarrow \max$$

Onda onun optimal mənfəəti $f_i(u^{0i})$ kimi olacaqdır. $(F(u^0), f_1(u^{01}), \dots, f_k(u^{0k}))$ bütün kollektivin əldə etdiyi mənfəət vektoru olacaqdır. $(u^0, x^{01}, \dots, x^{0k})$ isə kollektivin optimal strategiyası olacaqdır. Burada :

$$F(u^0) = \sum_{i=1}^k f_i(u^{0i}), \quad f_i(u^{0i}) = c^i x^{0i} = f_i(u^{0i}).$$

Baxdığımız situasiya $(k+1)$ şəxsin qeyri koalision oyun modelidir. $(u^0, x^{01}, x^{02}, \dots, x^{0k})$ bu oyunun müvazinət nöqtəsidir.

Bu işdə nöqtənin qurulmasının müəyyən bir sinif məsələ üçün mümkün-lüyü araşdırılır. Baxılan məsələnin praktiki əhəmiyyəti qeyd olunur. Müvazinət nöqtəsinin qurulmasında [1]-dən, tətbiq sahələrinin dəqiqləşdirilməsində isə [2]-dən istifadə edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. V.Z.Belenkiy On mathematical problem having minimal point. Doc.Acad.of Sci.of USSR,V.183, №1, 1968, pp, 15-17.
2. М.В.Месрб Исследование и оптимизация многосвязных систем управления, М.Наука, 1986, 235 с.

BÖYÜK ÖLÇÜLÜ MƏHDUDİYYƏTLİ BİR OYUN MƏSƏLƏLƏRİ VƏ ONUN HƏLL YOLU

Həmidov Rafael, Qasımova Günel

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi (BDU SABAH))
shekihamidov@gmail.com gunelqasimova543@gmail.com

Xülasə: Bu işdə məhdudiyyətli oyun məsələsinə baxılır. Uduş funksiyasını və məhdudiyyəti təyin edən matrislər $(n \times n)$ matrisdir. n -in qiyməti böyükdür. Yəni məsələ böyük ölçülü məsələdir. Onun mövcud standart yanaşmalarla həllinin mümkün olmadığı fərz olunur. Məsələnin üzərinə, onu ümumi qoyuluşundan fərqləndirən əlavə şərtlərdən istifadə etməklə həllinin daha asan və praktiki nöqtəyi nəzərdən yararlı şəkildə qurulması imkan göstərilir.

Açar sözlər: məhdudiyyətli oyun, xətti proqramlaşdırma, ikili məsələ, təminatlı uduş,

Məsələnin qoyuluşu.

Ödəniş funksiyası: xAy .

Birinci oyunçunun strategiyalar çoxluğu $X: xE \leq e, x \geq 0, Ev \in R^{n \times n}, e, x \in R^n$

İkinci oyunçunun strategiyalar çoxluğu $Y: Fy \geq f, y \geq 0, F \in R^{n \times n}, f, y \in R^n$

Əlavə şərtlər: F - M -matrisdir, yəni M in diaqnal elementləri müsbət, qalan elementləri isə müsbət deyil və $M \in R^{n \times n}, M^{-1} \geq 0, A \geq 0, f \in R^n, f \geq 0$.

Məqsəd, yəhərvari (x^0, y^0) nöqtəsini, yəni

$xAy^0 \leq x^0Ay^0 \leq x^0Ay, x \in X, y \in Y$ şərtini ödəyən $(x^0, y^0), x^0 \in X, y^0 \in Y$

cütünü təyin etməkdir.

Həlli sxemi:

$\bar{x} \in X$ üçün $(\bar{x}Ay) \rightarrow \min, Fy \geq f, f \leq 0$ məsələnin optimal həlli y^0 üçün $(\bar{x}Ay^0)$ -ı hesablayırıq.

İkili teoremə görə bu qiymət $(\bar{x}A, y^0) = \max(z, f), zF \leq \bar{x}A, z \geq 0$.

İsbat olunur:

$(\max(z, f) = (z^{op}, f), z^{op} = (\bar{x}A)F^{-1}$

İndi $\bar{x} \in X$ -i elə seçək ki, I oyunçunun təminatlı uduşu maksimum olsun, yəni seçiminin nəticəsi $(xAF^{-1}) \rightarrow \max, xE \leq e, x \geq 0$ məsələsinin optimal həlli olsun. $AF^{-1} = C$ işarə edək.

Beləliklə, birinci oyunçunun tarazlıq (x^0, y^0) vəziyyətindəki $x^0 \in X$ variantı $(x, c) \rightarrow \max, xE \leq e, x \geq 0$ məsələnin həlli kimi tapılır y^0 isə $y^0 = F^{-1}f$ kimi tapılır. $F^{-1}f$ qiyməti isə sadə iterasiyasının köməyi ilə hesablanır. E-də M-matris olarsa $x^0 \in E^{-1}$ kimi qurulur və onun qiymətini də sadə iterasiyanın köməyi ilə hesablayırıq.

Ədəbiyyat

1. Г.Оуэн Теория игр. М.:Мир, 1971. 229 с.
2. В.И.Цурков Матричные игры: методы и алгоритмы решения. М: Наука, 1985. 352 с.

**PUASSON TƏNLİYİNƏ GÖRƏ QURULAN QƏRARQƏBULETMƏNİN
BİR MƏSƏLƏSİ VƏ ONUN HƏLL YOLU**

Həmidov Rafael, Talıbov Rza

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi (BDU SABAH))

shekihamidov@gmail.com talibovrza5@gmail.com

Xülasə:İşdə Puasson tənliyi ilə qurulan qərarqəbuletmənin bir məsələsinə baxılır. Tətbiq obyekti kimi statik rejimdə istismar olunan neft layıdır. Layın istismarı məhsuldar neft quyularının və lay təzyiqinin sabit saxlanmasına xidmət edən köməkçi quyuların köməyi ilə həyata keçirilir. Hər bir quyunun istismarı iki rejimdən birinin seçilməsi ilə baş verir. Bu rejimlərdən biri qabaqcadan razılaşdırılmış minimal depressiya digəri isə maksimal depressiya rejimləridir. Məqsəd istismar quyuları üçün bu rejimlərdən qarşıya qoyulan məqsədi maksimum edənini seçməkdir. Adətən, kriteriya olaraq neft hasilatını ifadə edən qiymətləndirmə götürülür.

Açar sözlər: Laplas tənliyi, depressiya, Puasson tənliyi, sonlu fərqlərlə tənlik, xətti proqramlaşdırma, simpleks üsul.

Məsələnin qoyuluşu: Layda təzyiqin paylanması Puasson tənliyi ilə təqdim olunur.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(g \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(g \frac{\partial p}{\partial y} \right) = f(x, y)$$

$g(x, y)$ layı xarakterizə edir. $f(x, y)$ istismar quyularının dibini əhatə edən konturdan kənarda hər yerdə sıfırdır. Praktikada bu cür tənlik neft laylarının optimal istismarı ilə bağlı məsələlərin qoyuluşu zamanı istifadə olunur. Bu məqsədlə verilmiş tənliyə qarşı onun diskret variantı olan sonlu fərqlərlə aproksimasiyası tərtib olunur. Laydan məqsədyönlü istifadə istismar quyularının quyudibi təzyiqlə laydakı təzyiq fərqinin idarə olunmasının köməyi ilə icra olunur. Layın istismar rejimi quyu dibinə laydan süzülmənin idarə olunması ilə tənzimlənir. Bu tənzimləmə quyudibi sərhədlərinin köməyi ilə icra olunur. Bu məqsədlə sonlu fərqlərin imkanından istifadə edərək Puasson tənliyinin və sərhəd şərtlərinin köməyi ilə xətti proqramlaşdırma məsələsi məlum [1] qayda ilə qurulur. Alınan xətti proqramlaşdırma məsələsinin şərtləri çox diskret formada layın təzyiqinin paylanma variantları çoxluğunu təyin edir. Bu çoxluqdan məqsəd funksiyalarına optimal qiymət veriləni seçilir. Optimal seçim seçim çoxluğunda verilən nizamə uyğun icra olunur [2]. İşdə istifadə olunan nizam Pareto nizamıdır.

Ədəbiyyat

1. М.В.Месрб Исслеуование и оптимизация многосвязных систем управления, М.Наука, 1986, 235 с.
2. Ортега Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем: 1991, 367 с.

QƏRAR QƏBUL ETMƏNİN BÖYÜK ÖLÇÜLÜ BİR MƏSƏLƏSİ ÜÇÜN İTERATİV HƏLL YOLU İLƏ AYRILIŞ SXEMİ

Həmidov Rafael, Talıbov Rza

(BDU, Tətbiqi Riyaziyyat və Kibernetika fakültəsi)

shekihemidov@gmail.com talibovrza5@gmail.com

Xülasə: İşdə əlavə məhdudiyyətli blok üçbucaq şəkilli böyük ölçülü xətti proqramlaşdırmanın bir məsələsinə baxılır. Məsələnin həllinin itterativ həll yolu təklif olunur. Onun strukturu həlli prosesini paralel alqoritm şəklində sətirlərə görə dekompozisiya etməklə icra etməyə imkan verir. Bu həll yolu proqram şəklində icra olunmaq üçün əlverişlidir.

Açar sözlər: *sadə iterasiya, bazis, optimal bazis, böyük ölçülü, dekompozisiya, blok-üçbucaq matris, sadə iterasiya.*

Məsələnin qoyuluşu:

$$\begin{aligned}x^1 &\leq A_{11}x^1 + b^1 \\x^2 &\leq A_{21}x^1 + A_{22}x^2 + b^2, i = \overline{1, k} \\----- \\x^{k2} &\leq A_{k1}x^1 + A_{k2}x^2 + \dots + A_{kk}x^k + b^k \\x_1 &\leq d_1, x_2 \leq d_2 \dots, x_k \leq d_k \\x^1 &\geq 0, x^2 \geq 0, \dots x^k \geq 0, \\c^1x^1 + c^2x^2 + \dots + c^kx^k &\rightarrow \max,\end{aligned}$$

Həll sxemi:

$$x^{(0)} = (x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_k^{(0)}) ; \quad x_i^{(0)} = 0, \quad i = \overline{1, k}$$

Ümumi halda :

$$x_i^{(n+1)} = Ax^{(n)} + b.$$

Burada

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & 0 & \dots & 0 \\ A_{21} & A_{21} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \\ A_{k1} & A_{k2} & \dots & A_{kk} \end{pmatrix}$$

Burada A_{ii} matrisləri $(n \times m)$ matrislərdir. Qalan matrislərin və vektorların ölçüləri A_{ii} -lərin ölçüsünə görə birqiymətli olaraq müəyyənləşir. Açıq formada iterasiya belə olacaq:

$$\begin{aligned}x_1^{(n+1)} &= A_{11}x_1^{(n)} + b^1 \\x_2^{(n+1)} &= A_{21}x_1^{(n)} + A_{22}x_2^{(n)} + b^2 \\----- \\x_{k-1}^{(n+1)} &= A_{k-1}x_1^{(n)} + A_{k-2}x_2^{(n)} + \dots + A_{k-1, k-1}x_{k-1}^{(n)} + b^{k-1} \\x_k^{(n+1)} &= A_{k1}x_1^{(n)} + A_{k2}x_2^{(n)} + \dots + A_{k, k-1}x_{k-1}^{(n)} + A_{kk}x_k^{(n)} + b^k\end{aligned}$$

$x_i^{(n)j} \geq d_i^j$ olduqda $x_i^j = d_i^j$ qəbul edib bu şərt daxilində sonrakı iterasiyalar icra olunur. Qurulan ardıcılığın optimal həllə yığıldığı isbat olunur.

İsbat olunur: qurulan ardıcılıq məsələnin optimal həllinə yığılır [1].

Bu qayda ilə qurulan ardıcılıq Pareta nizamına görə monoton olub və yığılır [2].

Ədəbiyyat

1. Ортега Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем: 1991, 367 с.
2. V.Z.Belenkiy On mathematical problem having minimal point. Doc.Acad.of.Sci.of USSR, V.183, №1, 1968, pp, 15-17.

İNFORMASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN TƏMİN EDİLMƏSİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN ROLU

Həsənova Nazlı, Əlifov Ayxan

(Azərbaycan Universiteti)

Nazly.Hasanova@au.edu.az, aykhan.alifov@student.au.edu.az

Xülasə: Kiberhücumların artan mürəkkəbliyi ənənəvi məlumat təhlükəsizliyi metodları üçün ciddi çətinliklər yaradır. Bu tədqiqat işində süni intellekt və maşın öyrənməsi alqoritmlərinin məlumat təhlükəsizliyini artırmaq üçün necə istifadə edilə biləcəyini araşdırır, xüsusən də onların kiberhücumları aşkarlamaq və qarşısını almaq imkanlarına diqqət yetirir.

Açar sözlər: kibertəhlükəsizlik, süni intellekt, maşın təlimi, təhdid kəşfiyyatı.

Rəqəmsal dövr ayrı-ayrı fərdlərin, biznes və dövlət strukturlarının fəaliyyət sahəsinə geniş əlaqələr və rahatlıq gətirir. İnternetə qoşulmuş cihazlar, bulud hesablamaları və Əşyaların İnterneti (IoT) ilə böyük miqdarda məlumatlar hər saniyə yaradılır, ötürülür və saxlanılır. Məlumatların bu artımı innovasiya və səmərəlilik üçün yeni imkanlar yaratmaqla, eyni zamanda ənənəvi təhlükəsizlik tədbirlərinə meydan oxuyan kompleks kibertəhlükəsizlik təhdidlərini də təqdim edir. Ənənəvi təhlükəsizlik divarları, antivirus proqramları və imza əsaslı müdaxilə aşkarlama sistemləri kimi təhlükəsizlik tədbirləri inkişaf edən mürəkkəb təhdidlərlə ayaqlaşmağa çalışır. Kibercinayətkarlar polimorfik zərərli proqramlar, sıfır gün istismarları, sosial mühəndislik və paylanmış xidmətdən imtina (DDoS) kimi taktikalardan istifadə edərək müdafiədən yan keçmək üçün öz metodlarını davamlı şəkildə təkmilləşdirirlər.

Kiberhücumların getdikcə təkmilləşməsi ənənəvi məlumat təhlükəsizliyi metodlarına ciddi problemlər yaradır. Ənənəvi kibertəhlükəsizlik yanaşmaları təhdidləri müəyyən etmək və azaltmaq üçün ilk növbədə əvvəlcədən müəyyən edilmiş imzalara və qaydalara əsaslanan sistemlərə əsaslanır. Bu üsullar məlum təhlükələrə qarşı təsirli ola bilsə də, yeni, naməlum və ya sürətlə inkişaf edən hücumları aşkar etmək və onlara cavab verməkdə zəifdir. Bundan əlavə, müasir rəqəmsal mühitlərdə məlumatların və şəbəkə trafikinin böyük həcmi analitiklər və ənənəvi vasitələrlə potensial təhlükəsizlik insidentlərini effektiv şəkildə izləməyi və təhlil etməyi getdikcə çətinləşdirir.

Süni intellekt (AI) və Maşın təlimi (ML) məlumat təhlükəsizliyi paradigmalarını dəyişdirə bilən güclü vasitələr kimi ortaya çıxır. AI və ML texnologiyaları böyük həcmli məlumatları emal etmək, qanunauyğunluqları müəyyən et-

mək və verilənlər əsasında proqnozlar verməkdə üstünlük təşkil edir. Bu imkanlardan istifadə edərək, AI və ML kibertəhlükəsizliyi bir neçə üsullarla təkmilləşdirə bilər.

Advanced Threat Detection - *Genişləndirilmiş təhdid aşkarlanması*. AI və ML alqoritmləri real vaxt rejimində böyük həcmdə məlumatı təhlil edə, anomalionaları və kiberhücuma işarə edə biləcək şübhəli davranışı müəyyən edə bilər. Ənənəvi sistemlərdən fərqli olaraq, AI və ML əvvəlcədən təyin edilmiş imzalara etibar etmədən yeni təhdidlərə uyğunlaşa bilər və onları əvvəllər məlum olmayan hücumlara qarşı daha effektivdir. Anomaliyaların aşkarlanması şəbəkədə normadan kənara çıxan qeyri-adiliklərin müəyyən edilməsini nəzərdə tutur. Bu anomalionalar potensial təhlükəsizlik pozuntularını və ya zərərli fəaliyyəti göstərə bilər. Süni intellekt alqoritmləri normal davranış nümunələrini öyrənir və tanıyır, beləliklə də kiber təhlükələri göstərə biləcək kənarlaşmaları qeyd edə bilər. Süni intellekt sistemləri, ilk növbədə müəyyən zaman intervallında şəbəkənin normal davranışını müşahidə edir. Onlar istifadəçi girişləri, fayl girişi və məlumat ötürülməsi kimi tipik hərəkətlərin əsas modelini yaradırlar. Baza müəyyən edildikdən sonra AI sistemi real vaxt rejimində şəbəkə fəaliyyətinə davamlı olaraq nəzarət i. ini həyata keçirir. O, kənara çıxma hallarını aşkar etmək üçün cari hərəkətləri baza ilə müqayisə edir. İcazəsiz giriş, anormal məlumat ötürülməsi və ya qeyri-adi giriş vaxtları kimi anormallıqlar aşkar edildikdə, sistem onları potensial təhlükəsizlik insidentləri kimi qeyd edir. Bu üsul təhdidlərin erkən aşkarlanması, yalnız reaksiyaların sayının azaldılması və genişlənəbilmək kimi üstünlüklərə malikdir. Süni intellekt ənənəvi təhlükəsizlik tədbirləri ilə aşkarlanma bilməyən şübhəli fəaliyyəti müəyyən edə bilər, qaydalara əsaslanan sistemlərlə müqayisədə yalnız reaksiyaları az olur, böyük həcmdə məlumatları emal edə bilmək qabiliyyəti isə onları böyük və mürəkkəb şəbəkə mühitləri üçün uyğun edir. Məsələn, bank sistemi tranzaksiyaları izləmək üçün süni intellektə əsaslanan anomalionaların aşkarlanması sistemindən istifadə edir. Sistem müştərilərinin tipik tranzaksiya şablonlarını öyrənir. Bir gün o, müştərinin normal davranışından kənara çıxan bir sıra böyük köçürmələr aşkar etdikdə potensial fırıldaqçılıq xəbərdarlığını işə salır [1].

Predictive Analytics - *Proqnozlaşdırıcı analitika*. Müəyyən zaman ərzində yığılmış məlumatları təhlil edərək və tendensiyaları müəyyən etməklə, AI və ML texnologiyaları potensial zəiflikləri və gələcək hücum vektorlarını proqnozlaşdırma bilər. Bu proaktiv yanaşma təşkilatlara hücum baş verməzdən əvvəl müdafiələrini gücləndirməyə imkan verir, məlumatların pozulması və digər təhlükəsizlik insidentləri riskini azaldır. Bu üsula əsasən keçmiş kiberhücum-

lar, sistem jurnalı və təhlükə hesabatları daxil olmaqla məlumatlar toplanır. Maşın təlimi alqoritmləri uğurlu hücumlarla əlaqəli nümunələri tanımaq üçün toplanmış məlumatlar əsasında öyrədilir. Təlim keçdikdən sonra modellər cari məlumatlar əsasında erkən xəbərdarlıq əlamətlərini və zəiflikləri müəyyən etməklə gələcək təhlükələri proqnozlaşdırmağa bilər. Bununla da təşkilatlar zəiflikləri kibernetik hücumdan əvvəl aradan qaldıra bilər, hücumların ən çox harada və nə vaxt baş verəcəyini proqnozlaşdırmaqla, resursların bölgüsünü yüksək riskli ərazilərə daha effektiv şəkildə həyata keçirə bilərlər. Məsələn, bir kibernetik təhlükəsizlik şirkəti əvvəlki qəsbçi proqram hücumlarından əldə edilən məlumatlar əsasında hazırlanmış maşın öyrənmə modelini hazırlayır. Model şəbəkə trafikinin müəyyən növlərinin qəsbçi proqram insidentlərindən əvvəl olduğu nümunəni müəyyən edən qanunauyğunluğu müəyyən edir. Bu məlumatdan istifadə edərək şirkət bu trafik nümunələrini izləməklə və qabaqlayıcı tədbirlər həyata keçirməklə qəsbçi proqramlara qarşı müdafiəsini gücləndirir [2].

Automated Incident Response - Avtomatlaşdırılmış insident reaksiyası. Süni intellektlə işləyən sistemlər təsirə məruz qalmış sistemləri təcrid etmək, əks tədbirlərə başlamaq və təhlükəsizlik işçilərinə xəbərdarlıq etmək kimi insidentlərə cavab tədbirlərinin müxtəlif aspektlərini avtomatlaşdırmağa bilər. Belə avtomatlaşdırma hücumu cavab vermək üçün lazım olan vaxtı əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər, zərəri və təşkilata təsirləri minimuma endirə bilər.

Threat Intelligence - Təhdid Kəşfiyyatı. Süni intellekt bir çox mənbədən təhdid kəşfiyyatını toplaya və təhlil edə, yaranan təhdidlər haqqında məlumatları real vaxt rejimində təmin edə bilər. Bu davamlı öyrənmə prosesi təşkilatlara təhlükəsizlik tədbirlərini ən son təhlükə mənzərəsi əsasında uyğunlaşdırmaqla kibernetikayətkarları qabaqlamağa imkan verə bilər [2].

Təhdidlərin təhlili potensial və ya aktiv təhlükələr haqqında məlumat toplamaq və təhlil etməkdən ibarətdir. Süni intellekt alqoritmləri qaranlıq şəbəkə forumları, sosial media və təhlükələrin təsnifatını əks etdirən verilənlər bazası da daxil olmaqla müxtəlif mənbələrdən böyük həcmdə məlumatları emal edə bilər. Bu real vaxt analizi təşkilatlara təhlükəsizlik tədbirlərini davamlı olaraq uyğunlaşdırmaqla kibernetikayətkarlardan öndə olmağa kömək edə bilər.

Ədəbiyyat

1. A.Gupta, C.Lanteigne, S.Kingsley (2020). SECure: A social and environmental certificate for AI systems. arXiv preprint arXiv:2006.06217.
2. S. Rangaraju (2023). Secure by Intelligence: Enhancing Products with AI-Driven Security Measures. EPH-International Journal of Science And Engineering, 9(3), 36-41.

PROQRAM TƏMİNATININ TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN TƏMİN EDİLMƏSİ

Həsənova Nazlı, Qaflanlı Fateh

(Bakı Dövlət Universiteti)

nazlihasanova@bsu.edu.az, fqaflanli@gmail.com

Xülasə: *Tədqiqat işində təhlükəsiz proqram təminatının hazırlanması, proqram mühəndisliyinin müasir tendensiyaları, proqram təminatının inkişaf dövrünün standartları araşdırılır.*

Açar sözlər: *proqram təminatı, informasiya təhlükəsizliyi, proqram mühəndisliyi, standartlar.*

Proqram təminatının ən vacib keyfiyyət meyarları funksionallıq və etibarlılıqdır. Etibarlılıq proqram vasitələrinin işlənməsinin bütün mərhələ və proseslərində nəzərə alınır. Digər meyarlar istifadəçilərin istəklərinə görə proqram vasitələrinə qoyulan tələblərə uyğun istifadə olunurlar. Təhlükəsiz proqram təminatının inkişafını effektiv şəkildə həyata keçirmək üçün həm təşkilati, həm də texniki tədbirlərdən istifadə olunur. Təşkilati tədbirlərə daxildir: təhlükəsiz inkişaf proseslərini tənzimləyən tənzimləyici çərçivənin hazırlanması; tərtibatçılar və informasiya təhlükəsizliyi işçiləri üçün təhlükəsizlik barədə məlumatlılıq və bacarıqları artırmaq üçün təlim və seminarlar keçirmək; təhlükəsizlik mütəxəssislərinin inkişafın bütün mərhələlərinə cəlb edilməsi ilə zəifliklərin erkən müəyyən edilməsini və aradan qaldırılmasını asanlaşdırmaq. Texniki tədbirlərə aşağıdakılar daxildir:

- Potensial zəiflikləri müəyyən etmək üçün avtomatlaşdırılmış mənbə kodu təhlili üçün alətlərdən istifadə etmək;
- Zəiflikləri müəyyən etmək və aradan qaldırmaq üçün sistemə nəzarətli hücumlar aparmaq;
- Təhlükəsiz kodlaşdırma təlimatları, SAST (*Static Application Security Testing*) və DAST (*Dynamic Application Security Testing*) kimi alətlər və metodologiyaların tətbiqi.

İqtisadiyyatın bütün sahələrində istehsal proseslərinin keyfiyyətinin təmin edilməsinin ümumi prinsipləri ISO 9000 standartlar toplusu ilə tənzimlənir. Proqram təminatının işlənməsi üzrə ən vacib standartlar aşağıdakılardır:

- ISO 9000:2000 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary;
- ISO 9001:2000 Quality management systems – Requirement. Models for quality assurance in design, development, production, installation and servicing;

- ISO 9004:2000 Quality management systems – Guidelines for performance improvements;
- ISO/IEC 90003:2004 Software engineering – Guidelines for the application of ISO 9001:2000 to computer software [1].

Proqram sistemlərinin geniş tətbiqi səbəbindən proqram təminatına və onun yaradılması proseslərinə təcrid edilmiş şəkildə yox, sistemlərin və onların yaradılması proseslərinin tərkib hissəsi kimi baxılması daha məqsədəuyğundur. Buna görə ISO/IEC 12207 standartından sonra 2002-ci ildə sistemlərin həyat dövrü proseslərinə həsr olunmuş ISO/IEC 15288 standartı meydana çıxdı. ISO/IEC 12207 standartı ISO/IEC-15288 standartı ilə sıx əlaqəlidir və bir çox məsələdə ona istinad edir [3].

Təhlükəsiz proqram təminatının inkişafı, bütün mərhələlərdə təhlükəsizliyi təmin etmək üçün proqram təminatının inkişafının həyat dövrü (SSDLC - *Secure Software Development Lifecycle*) integrasiya olunmuş proseslər və təcrübələr toplusudur. SSDC, proqram məhsullarının hazırlanması və istismarı zamanı yarana biləcək zəifliklərin və təhdidlərin qarşısının alınmasına, müəyyən edilməsinə və aradan qaldırılmasına yönəlmişdir. Proqram təminatının inkişaf həyat dövrü (SSDLC) ənənəvi olaraq aşağıdakı mərhələləri əhatə edir:

- Layihə məqsədlərinin müəyyən edilməsi, proqram təminatı tələblərinin toplanması və təhlili;
- Sistem arxitekturasının və ətraflı komponent dizaynının hazırlanması;
- Dizayn sənədlərinə uyğun olaraq mənbə kodunun yazılması;
- Hazırlanmış proqram təminatının düzgünlüyünün və təhlükəsizliyinin təsdiqlənməsi;
- Proqram təminatının istehsal mühitində yerləşdirilməsi və istismarı;
- Proqram təminatının saxlanması və yenilənməsi [2].

SSDLC-nin hər mərhələsində təhlükəsizlik tədbirlərinin integrasiyası proqram təminatı sistemlərinin istismarı ilə əlaqəli riskləri minimuma endirməyə kömək edir və məlumatların və infrastrukturun daha yüksək səviyyədə qorunmasını təmin edir.

Proqram sistemlərinin mürəkkəbləşməsi idarəetməni çətinləşdirir. Mikroservislər, bulud əsaslı arxitekturalar, paylanmış sistemlər daha çox resurs tələb edir. Həmçinin biznes tələbləri sürətlə dəyişir. Çevik metodlar problemləri qismən həll etsə də, tam adaptasiya hər zaman mümkün olmur. Eyni zamanda kibertəhlükəsizlik məsələsi də daim gündəmdədir. Hər gün yeni hücumlar baş verir, məlumatların sızması təhlükəsi artır. Proqram mühəndisliyi artıq yalnız kod yazmaq deyil, həm də kibertəhlükəsizliyi düşünmək deməkdir.

Müasir dövrdə Microsoft, Google, Apple, Amazon və s. kimi texnologiya nəhənglərinin dəyəri milyardlarla dollarla ölçülür və onların sərvəti, əsasən, proqram təminatından əldə edilir. Bu şirkətlərin illik gəlirləri bəzi dövlətlərin ümumi daxili məhsulundan çoxdur. Bu fakt sübut edir ki, proqram mühəndisliyi texniki bir sahə olmaqla yanaşı, qlobal iqtisadiyyatın inkişaf perspektivlərini müəyyən edən strateji bir vasitədir. Proqnozlara görə, 2029-cu ilə qədər qlobal proqram məhsulları sənayesinin həcmi 896 milyard dolları keçəcək. Təkcə Hindistanın proqram məhsulları və IT xidmətləri ixracından əldə etdiyi gəlir 200 milyard dollardan artıqdır. Bu ölkə uzun illərdir insan kapitalına sərmayə yatıraraq “proqram məhsulları ixracatçısı”na çevrilib. Oxşar nümunələri Çində, ABŞ-da, Almaniyada da görmək olar. Məsələn, Çində təxminən 7 milyon, Hindistanda 5 milyona yaxın, ABŞ-da isə 4,4 milyon proqramçı mühəndis çalışır.

Proqram mühəndisliyi müasir iqtisadiyyat üçün “dayaq sütunu”na çevrilir. Bu həm də dövlətin kibersuverenliyinin əsas dayaqlarından biridir, belə ki, dövlətin kibertəhlükəsizliyi, onun informasiya məkanının qorunması birbaşa milli proqram mühəndisliyindən asılıdır.

Ədəbiyyat

1. А.И.Костогрызov. О моделях и методах вероятностного анализа защиты информации в стандартизованных процессах системной инженерии. Вопросы кибербезопасности. 2022, № 6(52), с. 71–82.
2. И.В.Жидков, И.В.Зубарев, И.В.Хабибуллин. Выбор рациональной модели разработки безопасного программного обеспечения. Вопросы кибербезопасности. 2021, № 5(45), с. 21–29
3. ISO/IEC-27001:2013 —Information technology. Security techniques. Information security management systems. Requirements. || 23 p. 2013.

İKİ-FAKTORLU AUTENTİFİKASIYA – MÜASİR REALLIQLAR

Həsənova Nazlı, Yusifova Həmayyə

(Bakı Dövlət Universiteti, SABAH qrupları)

nazlihasanova@bsu.edu.az, yusifovaa003@gmail.com

Xülasə: İki-faktorlu autentifikasiya üsulu və anlayışı nəzərdən keçirilir, mövcud iki faktorlu autentifikasiya növləri təsvir olunur, məxfi məlumatların qorunması üçün bu metodun üstünlükləri və çatışmazlıqları təqdim edilir. Həmçinin, müasir şəraitdə bu metodun aktuallığı müəyyən edilir.

Açar sözlər: iki-faktorlu autentifikasiya, çox-faktorlu autentifikasiya, informasiya təhlükəsizliyi, informasiya sistemləri, məxfilik.

Giriş. Bu gün informasiya sistemləri dövlətin, biznesin və vətəndaş cəmiyyətinin infrastrukturunun ayrılmaz hissəsinə çevrilib. Müasir texnologiyalar yalnız dövlət və ya ictimai fəaliyyətin təşkilinə yeni imkanlar yaratmır, həm də müxtəlif informasiya sistemlərinin təhlükəsizliyinin təmin olunmasına tələblər yaradır. Məlumat sistemlərinin yetərinə qorunmaması ciddi fəsadlara səbəb ola bilər: bacarıqlı hücumçu bir neçə dəqiqə ərzində maliyyə zərəri vura və ya məxfi məlumatlara çıxış əldə edə bilər. Buna görə də son zamanlar “iki faktorlu autentifikasiya” geniş tətbiq olunur — bu, sistemin təhlükəsizliyini əhəmiyyətli dərəcədə artıran əlavə qorunma səviyyəsidir.

İki faktorlu autentifikasiya — istifadəçinin şəxsiyyətini təsdiqləmək üçün əlavə qoruma səviyyəsidir. Hesaba daxil olmaq üçün istifadəçi adının və şifrənin daxil edilməsindən əlavə autentifikasiya üçün ikinci bir faktor təqdim edilməlidir.

Autentifikasiya faktoru — yalnız hesab sahibinin və ya ona etibar edilmiş şəxsin malik olduğu hər hansı məlumat, cihaz və ya biometriya xüsusiyyətidir.

İki faktorlu autentifikasiyanın növləri. İki faktorlu autentifikasiya faktorlara görə bir neçə kateqoriyaya bölünür. Ən geniş yayılmış növlər aşağıdakılardır:

- Mobil cihazdakı tətbiq vasitəsilə girişin proqram təminatı ilə təsdiqlənməsi;
- Mobil telefona göndərilən SMS. Bu üsul ən sadə və buna görə də ən çox istifadə olunan üsuldur;
- Təhlükəsizlik tokeni (təsadüfi rəqəm və hərflərdən ibarət sətir);
- Giriş üçün istifadəçi adı və şifrə ilə yanaşı, əlavə olaraq giriş açarı təqdim edilməlidir;
- Biometrik təsdiq. Məsələn, barmaq izi, səs tanıma, gözün qüzehli qıyası, üz cizgilərinə görə tanıma. Giriş üçün lazımi biometrik parametr təqdim edilməlidir.

Bundan əlavə, iki faktorlu autentifikasiyanın digər növləri də mövcuddur. Məsələn, vizual işarə ilə təsdiq (unikal vizual kod müəyyən bir alqoritm əsasında hesablanır və istifadəçinin iki cihazında eyni vaxtda göstərilir, bu da autentifikasiyanı kodların uyğunluğunu yoxlamaqla keçməyə imkan verir), eləcə də GPS vasitəsilə yerləşmənin nəzərə alınması kimi metadatalarla təsdiq. Bu üsullar bu gün müasir informasiya sistemlərində uğurla tətbiq olunur və bu sistemlərin informasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsində əhəmiyyətli rol oynayır [2].

Ən etibarlı iki faktorlu autentifikasiya növü isə aparat cihazları – USB-tokenlərdir. Bu cihazlar yuxarıda sadalanan üsullardan fərqli olaraq heç bir hal-

da iki faktorlu xüsusiyyətlərini itirmirlər. Onlar adətən öz prosessoru olan USB açarları kimi təqdim olunur və bu prosessor kriptografik açarlar yaradır, hansılar ki, kompüterə qoşulduqda avtomatik daxil edilir [3].

İki faktorlu autentifikasiyanın üstünlükləri və çatışmazlıqları. Bu gün məlumatların təhlükəsizliyini təmin edən ən etibarlı və geniş tətbiq olunan üsullardan biri olan iki faktorlu autentifikasiyanın bütün aspektlərini araşdırmaq xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

İki faktorlu autentifikasiyanın üstünlükləri sırasında şəxsiyyətin təsdiqlənməsinin zəruriliyi sayəsində məlumatların qorunmasının etibarlılığının artırılması qeyd olunmalıdır. Bundan əlavə, məlumat sızması və ya hesabınıza icazəsiz giriş cəhdi baş verdikdə, bu barədə siz tətbiq və ya SMS vasitəsilə xəbərdar ola bilərsiniz. Bu, məlumat oğurluğu cəhdinə vaxtında və düzgün reaksiya verməyə, eləcə də hesabınızın şifrəsini bərpa etməyə imkan verir.

Lakin iki faktorlu autentifikasiyanın açıq çatışmazlıqları da mövcuddur: əgər autentifikasiya faktoru mobil cihaz vasitəsilə SMS və ya tətbiq vasitəsilə kod alma ilə qurulubsa, şəbəkə signalı olmadıqda hesaba daxil olmaq mümkün olmayacaq. Bundan başqa, bacarıqlı bir haker mobil rabitə xidməti provayderi səviyyəsində mesajlarınızı ələ keçirə və sizə göndərilən SMS şifrəsindən istifadə edə bilər [4].

Biometrik parametrlər vasitəsilə iki faktorlu autentifikasiyanın etibarlılığı ayrıca diqqət tələb edir. Hücumçular bəzən sizin yalnız bir fotosəklinizə və ya kiməsə göndərdiyiniz səs mesajına sahib olmaqla məlumatlarınıza daxil ola bilərlər. Buna görə də barmaq izi və ya gözün qüzhəli qişasının skanının istifadə olunması daha etibarlıdır.

Uzun mətnli tokenin daxil edilməsi ilə həyata keçirilən iki faktorlu autentifikasiyanın təhlükəsizliyi barədə də bəzi suallar yaranır. Çünki adi insan üçün təsadüfi hərf və rəqəmlərdən ibarət sətiri yadda saxlamaq çətindir və çox güman ki, onlar bu məlumatları elektron və ya fiziki daşıyıcılarda saxlayacaqlar ki, həmin daşıyıcılara da əlçatanlıq mümkündür.

Müasir şəraitdə iki faktorlu autentifikasiyanın aktuallığı. Kiber təhlükəsizlik pozuntuları və haker hücumları çox vaxt İnternet vasitəsilə baş verir, buna görə iki mərhələli yoxlama bu cür hücumları daha az təhlükəli edir.

Bu gün şifrə və PIN-kod kifayət qədər təhlükəsizlik səviyyəsi təmin etmədiyindən, iki faktorlu qoruma geniş yayılıb. Bu metod bəzən əlavə təhlükəsizlik faktoru kimi, bəzən isə zəruri tədbir kimi tətbiq olunur.

İki faktorlu autentifikasiya hesabın oğurlanmasını çətinləşdirir, çünki hakerlərin hesaba daxil olması üçün iki müstəqil və əlaqəsiz autentifikasiya ka-

nalını eyni anda pozması lazımdır. Şifrəni bilmək artıq şəxsiyyətin təsdiqlənməsi üçün kifayət etmir və bu metod potensial hücumçular üçün işi çox çətinləşdirir, bəzən onları tamamilə dayandırır.

Beləliklə, iki faktorlu autentifikasiya sistemin və hesabın icazəsiz daxil edilməsinin qarşısını alır, şəxsi məlumatların və digər vacib məlumatların sızması riskini azaldır, həmçinin istifadəçini onlayn mağazalarda, sosial şəbəkələrdə və digər yerlərdə səhv əməliyyatlardan qoruyur.

Lakin bütün bunlar yalnız iki faktorlu autentifikasiyanın növünün düzgün seçilməsi halında işləyir, çünki bu metodun öz zəif cəhətləri də mövcuddur. Bəli, iki faktorlu autentifikasiyanın riskləri var, amma bu çatışmazlıqlara baxmayaraq, onu istifadə etmək heç istifadə etməməkdən qat-qat yaxşıdır.

Ədəbiyyat

1. N.Ə.Həsənova, H.M.Yusifova, Azərbaycanın Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 102-ci ildönümünə həsr olunmuş «Tətbiqi Riyaziyyatın müasir problemləri» Respublika Elmi Konfransı, Veb təbliqlərin autentifikasiya hücumlarından qorunması, Bakı - 2025, s 424-427.
2. Д.Ш.Цырендоржиева, О.М.Манжуева. Феномен Информационной Безопасности, Улан-Удэ, 2020, 308 стр.
3. Что такое двухфакторная аутентификация? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.aladdin-rd.ru/company/pressroom/articles/cto-takoe-dvuh-faktornaa-autentifikaciya?>
4. Почему двухфакторная аутентификация не всегда гарантирует защиту [Электронный ресурс]. URL: <https://oddstyle.ru/wordpress-2/stati-wordpress/pochemu-dvuxfaktornaya-autentifikaciya-ne-vsegda-garantiruet-zashitu.html>

ŞƏPƏLƏNMİŞ HESABLAMA ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ ŞƏBƏKƏ HÜCUMLARININ QURULMASI ÜÇÜN “DATA MINING” METODLARININ TƏTBİQİ

Həsənova Sadə

(Odlar Yurdu Universiteti, MBA)

Hesenovasade77@gmail.com

Xülasə: Tədqiqatın əsas məqsədi şəpələnmiş hesablama şəbəkələrinin mürəkkəb mühitində şəbəkə hücumlarını aşkar etmək və təsnifləndirmək üçün “Data Mining” (Verilənlər Bazası Təhlili/Mədənçiliyi) metodlarının effektiv tətbiqini analiz etməkdir. İşdə şəpələnmiş arxitekturaların əsasları, potensial hücum tipləri və bu hücumların aşkar

edilməsində “Data Mining” texnologiyalarının nəzəri əsasları araşdırılır. Tədqiqatın praktik hissəsi “Data Mining” əsaslı hücum aşkaretmə sisteminin (IDS) təqlid edilmiş mühitdə sınaq nəticələrini təhlil edir.

Açar sözlər: Səpələnmiş Hesablama Şəbəkələri, Şəbəkə Hücumlarının Aşkar edilməsi (IDS), Data Mining Metodları, İntellektual Təhlil

Səpələnmiş hesablama mühitinin arxitekturası və funksional prinsipləri izah edilir, bu cür mühitlərin ənənəvi mərkəzləşdirilmiş sistemlərdən fərqləri qeyd olunur. Hücumların tipləri və təsirinin strukturları (məsələn, DDoS, man-in-the-middle, anomaliya əsaslı) bu mühitdəki zəifliklər nəzərə alınaraq təsnifləşdirilir.

Informasiyanın yığılması və emalı mərhələləri (məsələn, log faylları, trafik paketləri) və ilkin məlumatların təmizlənməsi prosesi izah edilir. “Data Mining” yanaşmalarının (Təsnifləndirmə – Decision Trees, SVM; Klasterləşdirmə – K-Means; Assosiasiya Qaydaları) hücum indikatorlarının identifikasiyasındakı rolu təhlil olunur.

Təcrübəvi mühitin yaradılması (simulyasiya və ya test şəbəkəsi) və hücum ssenarilərinin təqlidi (məsələn, KDD Cup 99 və ya NSL-KDD datasetləri əsasında) təsvir edilir. “Data Mining” əsaslı hücum aşkaretmə sisteminin praktik nəticələrinin analizi dəqiqlik (accuracy), hissiyatlıq (sensitivity) və yalan həyəcan siqnallarının (False Positive Rate) azaldılması meyarları ilə aparılır.

Tədqiqatın nəticələri sübut edir ki, səpələnmiş hesablama şəbəkələrində şəbəkə hücumlarının proaktiv və dəqiq aşkar edilməsi üçün “Data Mining” metodlarının integrasiyası ənənəvi imza əsaslı IDS sistemlərinə nisbətən daha səmərəlidir.

Əsas Təkliflər:

- Hibrid IDS: IDS sistemlərində imza əsaslı və anomaliya əsaslı “Data Mining” metodlarını birləşdirən hibrid yanaşmanın tətbiqi.
- Federated Learning: Məlumatların məxfiliyini qorumaqla birgə təlim keçməyə imkan verən səpələnmiş təlim (Federated Learning) modellərindən istifadə.
- Real-time Optimizasiya: Böyük verilənlər axınında (Big Data Stream) işləyən Data Mining alqoritmlərinin real-time emal üçün optimallaşdırılması.

Ədəbiyyat

1. Tanenbaum, A., & Van Steen, M. Distributed Systems: Principles and Paradigms 2017 s. 25
2. Han, J., Kamber, M., & Pei, J. Data Mining: Concepts and Techniques 2022, s. 210
3. Stallings, W. Cryptography and Network Security: Principles and Practice 2020, s. 488
4. Liao, H. M. Intrusion Detection using Data Mining Techniques: A Survey 2019, s. 75

İNFORMASIYA TEXNOLOGİYALARININ İDARƏETMƏ SAHƏSİNDƏ TƏTBİQİ

Həsənzadə Nurlanə

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi)

nurlanehesenzade17@gmail.com

Xülasə: *İnformasiya texnologiyalarının idarəetmə sahəsində tətbiqi qərar qəbul etməni sürətləndirir, məlumatların dəqiqliyini artırır və resursların səmərəli istifadəsinə şərait yaradır. Müasir idarəetmə proseslərində IT sistemləri, elektron xidmətlərdə rəqəmsallaşma təşəbbüsləri təşkilatların fəaliyyətini optimallaşdırır, həmçinin idarəetməni daha çevik və şəffaf edir.*

Açar sözlər: *idarəetmə, informasiya texnologiyaları, rəqəmsallaşma, səmərəlilik, elektron idarəetmə, innovasiya*

XXI əsr informasiya əsri kimi tanınır. Dövrün bütün sahələrində, xüsusilə idarəetmə proseslərində informasiya texnologiyaların rolu böyük əhəmiyyət kəsb edir. Müasir idarəetmə sistemləri təkcə ənənəvi metodlarla məhdudlaşmır; qərarların qəbulu və yerinə yetirilməsi, rəqəmsal məlumatların təhlili, avtomatlaşdırılmış sistemlər və elektron kommunikasiya vasitələri əsasında gerçəkləşdirilir. [1]

İnformasiya texnologiyalarının idarəetmədə əsas məqsədi məlumatların toplanması, saxlanması, emalı və həmçinin analizini sistemləşdirməkdir. Bu proses nəticəsində rəhbər şəxslər operativ və etibarlı məlumatlara dayanaraq qərar qəbul edə bilirlər. Müasir idarəetmə sistemlərində informasiya texnologiyalarının fəaliyyət sahələrinə elektron sənəd dövriyyəsi, müəssisə resursların planlaşdırılması sistemləri (ERP), müştəri əlaqələrinin idarə olunması (CRM), elektron hökumət və süni intellekt texnologiyalarını özündə birləşdirir [3].

Müasir idarəetmə sistemlərində qərarvermənin sürətli, dəqiq və strateji olaraq qərarların düzgün və məqsəduyğun verilməsi vacibdir. Big Data idarəetmədə qərarvermə proseslərini daha elmi əsaslı etmək üçün istifadə olunur. Müxtəlif mənbələrdən toplanan böyük həcmli məlumatlar rəhbərlərə təşkilatın iş proseslərini nəzarətdə saxlamağa, mümkün təhlükələri təhlil etməyə və strateji planlama aparmağa əlverişli şərait yaradır. Analitik alətlər və süni intellekt vasitəsilə toplanmış məlumatlar idarəçilərin qərar qəbul etməsinə kömək edir və proseslərin məhsuldarlığını artırır. [2] Big Data həm resursların düzgün bölgüsünü, həm də idarəetmə prosesini sürətləndirir. Nəticədə, idarəetmədə çeviklik və qərarların keyfiyyəti əhəmiyyətli dərəcədə artır.

Dövlət idarəçiliyində informasiya texnologiyalarının tətbiqi vətəndaşlara göstərilən xidmətlərin keyfiyyətini yaxşılaşdırır və yüksəldir, həmçinin şəffaflığı təmin edir. Elektron hökumət platformaları vasitəsi ilə müraciətlərin və sənədlərin onlayn qəbulu, həyata keçirilməsi və cavablandırılması idarəetmə

prosesini xeyli asanlaşdırır. Nəticədə həm vətəndaş razılığı artır, həm də idarə etmədə resurs itkisi minimuma düşür [1].

Biznes sektorunda isə informasiya texnologiyaları idarəetməni əsaslı şəkildə dəyişir. Məlumat bazaları və analitik sistemlər vasitəsilə bazar vəziyyəti, müştəri tələbatı və maliyyə göstəriciləri sistemli şəkildə izlənilir. Süni intellekt və avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri qərar qəbul etmə prosesini sürətləndirir, insan xətlərinin qarşısını alır və təşkilatın bazardakı gücünü artırır. [2]

Eyni zamanda, bulud texnologiyaları idarəetmədə məlumat alış-verişini və iş birliyini asanlaşdırır. Uzaqdan işləmə və onlayn idarəetmə imkanları təşkilatların fəaliyyətini daha çevikləşdirir. Bu xüsusilə global iqtisadi mühitdə sürətli qərar qəbul etmə və resursların səmərəli istifadəsinin tələb olunduğu hallarda böyük üstünlük yaradır.

İnformasiya texnologiyalarının idarəetmə sistemlərinə inteqrasiyası müasir dövrdə təşkilatların və dövlət qurumlarının irəliləyiş strategiyasında əsas inkişaf amilinə çevrilib. İdarəetmədə texnoloji həllərin tətbiqi yalnız daxili quruluşun təkmilləşməsi ilə deyil, həm də iş mühitinin və idarəetmə yanaşmalarının inkişafını tələb edir. Yüksək səmərəlilik təmin etmək üçün işçilərin rəqəmsal bacarıqları inkişaf etdirilməli, yeni texnologiyalardan istifadə bacarıqları möhkəmləndirilməlidir. [1]

Bununla yanaşı, məlumat təhlükəsizliyi məsələləri strateji məsələ kimi nəzərə alınmalıdır. Məlumatların sürətli dövriyyəsi nəticəsində risklər çoxalır, buna görə də təşkilatlar kibertəhlükəsizlik sistemlərini gücləndirməli, məlumatların məxfiliyini qorumaq üçün təkmilləşdirilmiş təhlükəsizlik mexanizmləri tətbiq etməlidir.

Gələcək inkişaf mərhələsində idarəetmənin daha səmərəli olması üçün süni intellekt, böyük verilənlər (Big Data) analitikası və bulud texnologiyalarının daha geniş şəkildə istifadəsi məntiqli və səmərəli sayılır [2]. Bu texnologiyalar vasitəsilə qərar qəbul etmə prosesi daha çevik və elmi əsaslı hala gələcək, resursların planlaşdırılması dəqiqləşəcək, həm dövlət, həm də biznes sektorunda məhsuldarlıq artacaq.

Ədəbiyyat

1. M.N. Əlizadə, İ.K.Musayev, E.B.Əliyev Müasir İnformasiya Sistemlərinin İdarə Edilməsi. Dərslik, Bakı, 2016, 75, 193 s.
2. R.H.Quliyev İqtisadi İnformatika və İqtisadiyyatda İnformasiya Texnologiyaları. Dərslik, Bakı, 2017, 53-55 s.
3. M.Ramazanov İnformasiya Sistemləri Menecmenti. Dərslik, Bakı, 2017, 172 s.

OPTİMALLAŞDIRMA MƏSƏLƏLƏRİNİN MATLAB MÜHİTİNDƏ HƏLLİNİN MÜHÜM XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Həşimov Sadıq

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

hashimov@list.ru

Xülasə: *İşdə sonlu ölçülü fəzada optimallaşdırma məsələləri, baxılan optimallaşdırma məsələlərin Matlabda qoyuluşu və ədədi həllinin mühüm xüsusiyyətləri öyrənilir.*

Açar sözlər: *optimallaşdırma, şərtsiz optimallaşdırma, şərti optimallaşdırma, riyazi proqramlaşdırma, xətti proqramlaşdırma.*

Matlab mühiti: Praktikada meydana gələn bir sıra məsələlər sonlu ölçülü fəzada optimallaşdırma məsələsinə, o cümlədən riyazi proqramlaşdırma məsələsinə gətirilir. Bu növ məsələlər nəzəri olaraq kifayət qədər öyrənilib [1]. Praktiki olaraq bu növ məsələlərin kompüter texnologiyasının tətbiqi ilə Matlab mühitində həll olunması üsullarının öyrənilməsi zərurəti yaranır [2].

Matlab tətbiqi proqramlar paketi - müxtəlif bilik sahələrində tətbiq olunan, texniki, tətbiqi və elmi-tədqiqat məsələlərinin ədədi həllinin tapılmasını dəstəkləyən, çoxfunksiyalı sistemdir. Matlab sisteminin ən çox istifadə edilən, tətbiqlərindən biri – Optimization Toolbox, optimallaşdırma funksiyalarından ibarətdir.

Məlumdur ki, texniki-iqtisadi məzmunlu çoxlu praktiki məsələlər riyazi proqramlaşdırma məsələsinə gətirilir. Matlabın Optimization Toolbox-un funksiyalarını tətbiq etməklə riyazi proqramlaşdırma məsələsini ədədi həll etmək olar.

Matlab proqramının əsas fərqləndirici xüsusiyyəti, onun qrafik istifadəedici interfeysinə malik olmasıdır ki, bu da öz növbəsində proqramist olmayan, riyaziyyat və iqtisadiyyatla məşğul olan insanlara bu proqramdan asan istifadə etmək imkanını verir.

Proqram kodunun təyinatından aslı olaraq Matlabın əsas hissəsi funksiyalara bölünür və interfeysində ayrıca saxlanılır. İstifadəedcinin tələbinə uyğun olaraq seçilib istifadə olunur və Matlab tərəfindən çağırılı bilinir.

Xətti proqramlaşdırma məsələsi: Texniki və iqtisadi məzmununda olan bir sıra məsələlərin həlli xətti proqramlaşdırma məsələsinə gətirilir. Xətti proqramlaşdırma məsələsinin Matlab mühitində həll etmək üçün linprog funksiyasından istifadə olunur. Matlabda linprog funksiyasından istifadə qaydasını izah etmək üçün əvvəlcə xətti proqramlaşdırma məsələsinin Matlabda qoyuluşunu gətirək:

$$F(x) = f^T x \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\begin{cases} Ax \leq b, \\ A_{eq}x \leq b_{eq}, \\ lb \leq x \leq ub. \end{cases} \quad (2)$$

Burada

- x – optimallaşdırılan dəyişənlərin vektoru, $x \in R^n$;
- f^T – (1) məqsəd funksiyasının əmsallarından ibarət vektor;
- A, A_{eq} – (2) məhdudiyyət şərtlərinin sol tərəfinin əmsallarından ibarət matrislər;
- b, b_{eq} – (2) məhdudiyyət şərtlərinin sağ tərəfinin sütun vektorları;
- lb, ub – (2) məhdudiyyət şərtlərində x dəyişəni üzərinə qoyulmuş aşağı, yuxarı sərhədin sütun vektorlarıdır.

Xətti proqramlaşdırma məsələsinə misal olaraq nəqliyyat məsələsi, istehsalın optimal planlaşdırılması məsələsi və başqalarını göstərmək olar.

Linprog funksiyasına müraciət qaydası aşağıdakı kimidir:

$[x, fval] = \text{linprog}(f, A, b, A_{eq}, b_{eq}, lb, ub);$

Kvadratik proqramlaşdırma məsələsi: Qeyri xətti proqramlaşdırma məsələsinin xüsusi sinif məsələlərindən biri kvadratik proqramlaşdırma məsələsidir. Kvadratik proqramlaşdırma məsələsində məqsəd funksiyası $f(x)$ – kvadratik və qabarıq (və ya köçük) funksiyadır, bütün məhdudiyyət şərtləri xəttidir.

Matlabda kvadratik proqramlaşdırma məsələsinin qoyuluşu aşağıdakı kimidir:

$$F(x) = \frac{1}{2} Hx + f^T x \rightarrow \min \quad (3)$$

$$\begin{cases} Ax \leq b, \\ A_{eq}x \leq b_{eq}, \\ lb \leq x \leq ub. \end{cases} \quad (4)$$

Məhdudiyyət şərtlərdəki verilənlər xətti proqramlaşdırma məsələsində olduğu kimidir.

Matlab mühitində kvadratik proqramlaşdırma məsələsini həll etmək üçün quadprog funksiyasından istifadə olunur.

Diskret proqramlaşdırma məsələsi: Diskret proqramlaşdırmada dəyişənlər üzərinə diskretlik şərti qoyulan məsələyə baxılır.

Praktikada bütün dəyişənləri yalnız tam qiymət alan, mümkün həllər çoxluğu sonlu olan diskret proqramlaşdırma məsələsi daha çox meydana çıxır. Bu növ məsələlər məqsəd funksiyasının minimumun tapılması tələb edilən riyazi proqramlaşdırma məsələsinə aiddir.

Matlabda tam qiymətli proqramlaşdırma məsələsinin qoyuluşu:

$$F(x) = f^T x \rightarrow \min \quad (4)$$

$$\begin{cases} Ax \leq b, \\ A_{eq}x = b_{eq}. \end{cases} \quad (5)$$

Burada

- $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ dəyişənin qiymətləri tamdır;
- f^T – (4) məqsəd funksiyasının əmsallarından ibarət vektor;
- A, A_{eq} – (5) məhdudiyyət şərtlərinin sol tərəfinin əmsallarından

ibarət matrislər;

- b, b_{eq} – (5) məhdudiyyət şərtlərinin sağ tərəfinin sütun vektorlarıdır.

Binar proqramladırma $x = [0; 1]$. Matlab mühitində bu halda binprog funksiyasından istifadə olunur. Tam qiymətli proqramladırma bintprog funksiyasından istifadə olunur.

Şərtsiz optimallaşdırma məsələsi: Şərtsiz optimallaşdırma məsələsi heç bir məhdudiyyət şərti qoyulmadan bütün fəzada skalyar funksiyanın maksimum və ya minimumunun tapılması məsələsidir.

Matlabda şərtsiz optimallaşdırma məsələsinin qoyuluşu:

$$F(x) = f^T x \rightarrow \min \quad (6)$$

Burada

- x – optimallaşdırılan dəyişənlərin vektoru, $x \in R^n$;
- f^T – (6) məqsəd funksiyasının əmsallarından ibarət vektor.

Şərtsiz optimallaşdırma məsələsini Matlabda həll etmək üçün fminsearch və fminunc funksiyalarından istifadə olunur. Bu funksiyaların tətbiqinə müəyyən bir başlanğıc yaxınlaşma ilə başlayaraq çoxdəyişənli skalyar funksiyanın minimumu tapılır.

Şərti optimallaşdırma məsələsi: Şərti optimallaşdırma məsələsi müəyyən şərtlər daxilində skalyar funksiyanın maksimum və ya minimumunun tapılması məsələsidir.

Matlabda şərti optimallaşdırma məsələsinin qoyuluşu:

$$F(x) = f^T x \rightarrow \min, \quad (7)$$

$$\begin{cases} c(x) \leq 0, \\ c_{eq}(x) = 0, \\ Ax \leq b, \\ A_{eq}x = b_{eq}, \\ lb \leq x \leq ub. \end{cases} \quad (8)$$

Burada

- x – optimallaşdırılan dəyişənlərin vektoru, $x \in R^n$;

- f^T – (7) məqsəd funksiyasının əmsallarından ibarət vektor;
 - $c(x), ceq(x)$ – (8) qeyri-xətti bərabərsizliklərin və bərabərliklərin sol tərəflərinin vektor funksiyalarıdır;
 - A, A_{eq} – (8) məhdudiyyət şərtlərinin sol tərəfinin əmsallarından ibarət matrislər;
 - b, b_{eq} – (8) məhdudiyyət şərtlərinin sağ tərəfinin sütun vektorlarıdır;
 - lb, ub – (8) məhdudiyyət şərtlərində x dəyişəni üzərinə qoyulmuş aşağı, yuxarı sərhədin sütun vektorlarıdır.
- (7), (8) məsələsini Matlabda həll etmək üçün fmincon funksiyası istifadə olunur.

Ədəbiyyat

1. İsgəndərov A.D., Tağıyev R.Q., Yaqubov Q.Y. Optimallaşdırma üsulları. II nəşr. Çarşıoğlu, 2002, 400 s.
2. Золотых Н.Ю. Использование пакета Matlab в научной и учебной работе Нижний Новгород 2006, 165 стр.

SENSOR MƏLUMATLARININ EMALINDA SÜNİ İNTELLEKT VƏ MAŞIN ÖYRƏNMƏSİ ÜSULLARININ TƏTBİQİ

Hüseynli Musa

(ADNSU, İTİF, "Kompüter mühəndisliyi" kafedrası Bakı, Azərbaycan)

aliyeva.qytan81@gmail.com, Huseynli.Musa.Cavid@asoiu.edu.az

Xülasə: Bu məqalədə süni intellekt və maşın öyrənməsi yanaşmalarının sensorlardan əldə olunan məlumatların emalındakı əhəmiyyəti və tətbiq istiqamətləri təhlil edilir. Müasir texnologiyalarda yüksək həssaslığa malik sensorların topladığı məlumatların operativ şəkildə işlənməsi, analiz olunması və qərarvermə proseslərində istifadəsi günbəgün daha önəmli olur. İntellektual alqoritmlər bu məlumatları işləyərək səs-küyün filtrasiya edilməsi, anomaliyaların aşkarlanması, sistemlərin proqnozlaşdırılması və optimallaşdırılması kimi funksiyaların daha effektiv yerinə yetirilməsini təmin edir. Məqalədə həmçinin maşın öyrənməsi modellərinin sensor sistemlərində tətbiqi, onların üstünlükləri və mövcud məhdudiyyətləri geniş şəkildə araşdırılır. Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, bu texnologiyaların idarəetmə sistemlərinə integrasiya olunması dəqiqliyi, operativliyi və ümumi etibarlılığı nəzərəcərpacaq dərəcədə yüksəldir [1,2].

Açar sözlər: sensor məlumatları, süni intellekt, maşın öyrənməsi, məlumatların emalı, avtomatik idarəetmə

Giriş. Müasir texnologiyaların inkişafı sensor və informasiya sistemlərinin müxtəlif sahələrdə geniş tətbiqini sürətləndirmişdir. Bu sistemlər real vaxtda məlumat toplayaraq proseslərin vəziyyətini dəqiq izləməyə imkan yaradır. Toplanan məlumatların həcmi və dəyişkənliyi ənənəvi emal üsullarını çox vaxt qeyri-kafi edir. Çünki real proseslər adətən qeyri-xətti və dinamik xarakter daşıyır [1,5]. Bu səbəbdən süni intellekt və maşın öyrənməsi metodları daha səmərəli analiz üçün əsas yanaşmaya çevrilmişdir. Sİ böyük verilənlərdə gizli əlaqələri aşkarlayır və etibarlı proqnozlar yaradır. MÖ modelləri isə xüsusilə mürəkkəb və qeyri-xətti proseslərin modelləşdirilməsində yüksək dəqiqlik təmin edir. Neyron şəbəkələri, qərar ağacları və dəstək vektor maşınları geniş istifadə olunan alətlərdir [2,3,4]. Bu texnologiyaların sensor məlumatlarına inteqrasiyası idarəetmə sistemlərinin dəqiqliyini və çevikliyini artırır. Nəticədə ağıllı sistemlər və IoT platformaları üçün daha geniş tətbiq imkanları formalaşır [10].

Məsələnin qoyuluşu. Müasir texnologiyaların inkişafı sensor sistemlərinin sənaye, energetika, nəqliyyat, robototexnika, tibb və ekoloji monitoring sahələrində geniş tətbiqini mümkün etmişdir. Sensorların real vaxtda topladığı böyük və dəyişkən məlumatların emalı ənənəvi üsullar üçün çətinlik yaradır, çünki bu proseslər çox vaxt qeyri-xətti və dinamik xüsusiyyət daşıyır [1,5]. Buna görə də belə məlumatların işlənməsi üçün daha inkişaf etmiş və intellektual yanaşmalara ehtiyac yaranır.

Süni intellekt (Sİ) və maşın öyrənməsi (MÖ) sensor məlumatlarının analizi, nümunələrin aşkarlanması və proqnoz verilməsi üçün effektiv vasitələrdir [2,3,4]. Neyron şəbəkələr, dəstək vektor maşınları, qərar ağacları və dərin öyrənmə modelləri mürəkkəb və qeyri-xətti məlumatların dəqiq modelləşdirilməsinə imkan yaradır [1,2,3].

Bu texnologiyalar sənayedə avadanlıqların vəziyyətinin monitoringi, qəzaların əvvəlcədən aşkarlanması və enerji səmərəliliyinin artırılması üçün əhəmiyyətlidir. Tibbi və biometrik sistemlərdə isə erkən diaqnostika və fərdi müalicə strategiyalarına töhfə verir [9,10]. Eyni zamanda, Sİ əsaslı emal anomal halların aşkarlanmasını, səs-küyün azaldılmasını və optimal idarəetmə strategiyalarının qurulmasını təmin edir [2,4,10]. Beləliklə, Sİ və MÖ-yə əsaslanan sensor məlumatlarının emalı idarəetmə sistemlərinin dəqiqliyini və etibarlılığını əhəmiyyətli dərəcədə artırır.

Məsələnin həlli. Sensor məlumatlarının süni intellekt vasitəsilə emalı bir neçə əsas mərhələdən ibarətdir: məlumatların toplanması, ilkin emalın aparılması, vacib xüsusiyyətlərin çıxarılması, modelin öyrədilməsidir. Bu mərhələlər sensor məlumatlarının daha dəqiq analiz olunmasına və səmərəli qərarver-

mə prosesinə çevrilməsinə şərait yaradır.

1. Məlumatın toplanması və problemin müəyyən edilməsi

Emal prosesinin ilk addımı sensorlardan məlumatların əldə edilməsidir. Müasir sistemlərdə sensorlar sənaye avadanlıqlarından, tibbi cihazlardan, robototexnika platformalarından, nəqliyyat sistemlərindən və ekoloji monitoring qurğularından müxtəlif tipli siqnallar toplayır.

Mövcud çətinliklər:

- Məlumatlarda səs-küy, yanlış və natamam qeydlərin olması
- Sensorlar arasında ölçmə uyğunsuzluğu və kalibrləmə problemləri
- Böyük həcmli və dinamik məlumatların ənənəvi metodlarla idarə edilməsinin çətinliyi

2. Ön emal (Preprocessing)

Xam sensor məlumatları çox vaxt səs-küy, boşluqlar və ekstremal dəyərlər ehtiva etdiyindən birbaşa modellərə verilə bilməz. Buna görə ilkin emal mərhələsi aşağıdakı əsas addımlardan ibarətdir:

Filtrləmə: Təsadüfi dəyişikliklərin aradan qaldırılması. Məsələn, vibrasiya siqnallarındakı yüksək tezlikli səs-küy Butterworth filtri ilə azaltılır.

Normalizasiya: Bütün xüsusiyyətlərin eyni miqyasda olmasını təmin edir və modelin balanslı öyrənməsinə kömək edir.

Boşluqların doldurulması: Çatışmayan oxunuşlar interpolasiya və ya yaxın qonşu metodları ilə tamamlanır.

Ekstremal dəyərlərin aşkarlanması: Outlier-lər statistik və qrafik üsullarla müəyyən olunaraq uyğun şəkildə düzəldilir.

3. Xüsusiyyətlərin çıxarılması (Feature Extraction)

Xam sensor məlumatları adətən mürəkkəb quruluşa və böyük həcmə malik olur, buna görə də modelin öyrənməsi üçün ən vacib atributların seçilməsi zəruridir. Bu məqsədlə müxtəlif üsullardan istifadə olunur:

- **Zaman domenində statistik göstəricilər:** Orta dəyər, dispersiya, maksimum, minimum və standart sapma kimi parametrlər siqnalın ümumi davranışını xarakterizə edir.
- **Tezlik domenində təhlil:** Fourier çevrilməsi vasitəsilə siqnalın tezlik komponentləri müəyyən edilir. Xüsusilə vibrasiya siqnallarında tezlik spektri avadanlığın vəziyyətini qiymətləndirmək üçün kritik əhəmiyyət daşıyır.
- **Dalğəlet təhlili:** Siqnalların lokal və zamanla dəyişən xüsusiyyətlərini aşkar etməyə imkan verir.
- **Əlavə xüsusiyyətlər:** Enerji göstəriciləri, sıçrayışların sayı, korrelyasiya və digər statistik parametrlər əlavə məlumat mənbəyi kimi istifadə olunur.

Bu mərhələ modelin mürəkkəb nümunələri daha yaxşı tanımasına və dəqiq proqnozlar verməsinə şərait yaradır [6].

4. Modelin təlimi (Model Training)

Seçilmiş xüsusiyyətlər maşın öyrənməsi və süni intellekt modellərinə daxil edilir. Bu mərhələdə model sensor siqnallarında nümunələri öyrənir və gələcək proqnozları təmin etmək üçün optimallaşdırılır.

İstifadə olunan modellər:

- **Neyron şəbəkələr (Neural Networks):** Qeyri-xətti və mürəkkəb nümunələri öyrənmək üçün istifadə olunur.
- **Dəstək vektor maşınları (SVM):** Təsnifat və proqnoz vəzifələrində yüksək dəqiqlik təmin edir.
- **Qərar ağacları və XGBoost:** Sürətli təlim və interpretasiya imkanı verir [7].

Nəticə. Süni intellekt (Sİ) və maşın öyrənməsi (MÖ) sensor məlumatlarının emalında idarəetmə sistemlərinin performansını, dəqiqliyini və etibarlılığını artırır. Bu yanaşma sayəsində böyük və mürəkkəb məlumatlar real vaxtda analiz olunur, anomaliyalar vaxtında aşkarlanır və gələcək vəziyyətlər proqnozlaşdırılır. Sistemlər dəyişən şərtlərə uyğun adaptiv qərarlar qəbul edərək təhlükəsizlik və səmərəlilik baxımından üstün nəticələr göstərir. Tədqiqatlar göstərir ki, sənaye, energetika, nəqliyyat və tibb sahələrində Sİ və MÖ modelləri nasazlıqların qarşısını almaq, enerji sərfiyyatını optimallaşdırmaq və xidmət keyfiyyətini yüksəltmək üçün əhəmiyyətlidir. Gələcəkdə sensor şəbəkələrinin bulud və kənar hesablama texnologiyaları ilə inteqrasiyası daha çevik və miqyaslına bilən sistemlər yaradacaq [10].

Ədəbiyyat

1. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2006, 738 s.
2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016, 775 s.
3. Haykin S. Neural Networks and Learning Machines. Pearson, 2009, 936 s.
4. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson, 2021, 1152 s.
5. Vapnik V. Statistical Learning Theory. Wiley, 1998, 736 s.
6. Zhang Z. Machine Learning: Fundamentals. Cambridge University Press, 2020, 520 s.
7. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. Proceedings of KDD, 2016, s. 785–794.
8. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep Learning. Nature, 2015, Vol. 521, s. 436–444.
9. Esteva A. et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. Nature, 2017, Vol. 542, s. 115–118.
10. Xu B., Ma H. Edge Intelligence in IoT: Sensor Data Processing. IEEE IoT Journal, 2023, Vol. 10, No. 4, s. 3123–3135.

GEÇİKƏN ARQUMENTLİ TƏNLİK ÜÇÜN BAŞLANGIÇ MƏSƏLƏNİN HƏLLİNİN VARLIĞI VƏ YEGANƏLİYİ HAQQINDA

Hüseynova Xanım, Baxşiyeva Nərmən

(BDU, Mexanika-riyaziyyat)

nerminn446@gmail.com

Xülasə: *Bir çox fiziki sistemlərin daha dərinəndən öyrənilməsi göstərir ki, prosesin dəyişmə sürəti sistemin təkcə həmin andakı vəziyyətindən deyil, həm də onun keçmiş və hətta gələcək vəziyyətlərindən asılı ola bilər. Bu baxımdan bu cür sistemlərin riyazi modelinin öyrənilməsi mühüm praktiki və nəzəri əhəmiyyət kəsb edir. Təqdim olunan tezisdə gecikən arqumentli diferensial tənliklər üçün başlanğıc məsələnin həllinin varlığı və yeganəliyi tədqiq olunur.*

Açar sözlər: *gecikən arqumentli tənlik, başlanğıc məsələ, həllin varlığı və yeganəliyi.*

Təqdim olunan tezisdə

$$\dot{x}(t)=f(t,x(t),x(t-\tau(t))), t> t_0 \quad (1)$$

tənliyinin

$$x(t)=\varphi_0(t), t \in E_{t_0} = [t_0 - \tau, t_0] \quad (2)$$

şərtini ödəyən həllinin varlığı və yeganəliyi haqqında teorem isbat olunur.

Teorem. Tutaq ki, 1) $\varphi_0(t)$ başlanğıc funksiyası E_{t_0} çoxluğunda kəsilməzdir; 2) müəyyən $h>0$ üçün $\tau(t)$ funksiyası $[t_0, t_0 + h]$ parçasında kəsilməzdir və $\tau(t) \geq 0$; 3) $f(t, x_1, x_2)$ funksiyası qapalı $\bar{D} = [t_0 \leq t \leq t_0 + h; \varphi_0(t_0) - b \leq x_i \leq \varphi_0(t_0), i = 1; 2]$ oblastında kəsilməzdir və x_1, x_2 arqumentlərinə nəzərən Lipşis şərtini ödəyir:

$$|f(t, x_1, x_2) - f(t, y_1, y_2)| \leq N[|x_1 - y_1| + |x_2 - y_2|].$$

Onda (1), (2) məsələsinin $[t_0, t_0 + \alpha]$ parçasında təyin olunmuş yeganə həlli var; burada $\alpha = \min\left\{h, \frac{b}{m}\right\}$, $M = \frac{\sup}{D} |f(t, x_1, x_2)|$.

Ədəbiyyat

1. Беллман Р., Кук К. Дифференциально-разностные уравнения. М., "Мир", 1967.
2. Эльсгольц Л.Э., Норкин С.Б. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. М., "Наука", 1971.

GECİKƏN ARQUMENTLİ XƏTTİ TƏNLİKLƏRİN HƏLLİNİN İNTEQRAL GÖSTƏRİLİŞİ

Hüseynova Xanım, Baxşıyeva Nərmin

(BDU, Mexanika-riyaziyyat)

nerminn446@gmail.com

Xülasə: Bir çox fiziki sistemlərin daha dərinədən öyrənilməsi göstərir ki, prosesin dəyişmə sürəti sistemin təkcə həmin andakı vəziyyətindən deyil, həm də onun keçmiş və hətta gələcək vəziyyətlərindən asılı ola bilər. Bu baxımdan bu cür sistemlərin riyazi modelinin öyrənilməsi mühüm praktiki və nəzəri əhəmiyyət kəsb edir. Təqdim olunan tezisdə gecikən arqumentli diferensial tənliyin integral göstərilişi tapılmışdır.

Açar sözlər: gecikən arqumentli tənliklər, qoşma tənlik, Koşi düsturu.

Təqdim olunan tezisdə bir sabit gecikməsi olan

$$\dot{x}(t) + \alpha(t)x(t) + b(t)x(t-\tau) = f(t), \quad t > t_0 \quad (1)$$

tənliyinin

$$x(t) = \varphi_0(t), \quad t \in E_{t_0} = [t_0 - \tau, t_0] \quad (2)$$

şərtini ödəyən həllinin integral göstərilişi verilir.

Tutaq ki, $\phi(t, s)$ funksiyası $G = [t > t_0; t_0 \leq s \leq t_0 + \tau]$ çoxluğunda təyin olunub, hər bir $t > t_0$ üçün s dəyişəninin nəzərə alın $[t_0, t]$ parçasında kəsilməzdir və (t_0, t) intervalında

$$\frac{\partial \phi(t, s)}{\partial s} + \phi(t, s)a(s) + \phi(t, s + \tau)b(s + \tau) = 0 \quad (3)$$

tənliyinin

$$\phi(t, s) = \sum_{s=t}^{t_0+\tau} \phi(t, s) \quad (4)$$

şərtini ödəyən həllidir. (3) tənliyinə (1) tənliyinin qoşma tənliyi deyilir.

Teorem. Tutaq ki, $\varphi_0(t)$ funksiyası E_{t_0} parçasında $a(t)$, $b(t)$, $f(t)$ funksiyaları isə $[t_0, +\infty)$ yarımxunda kəsilməzdir və $\phi(t, s)$ funksiyası (2), (3) məsələsinin həllidir. Onda

$$x(t) = \phi(t, t_0)\varphi_0(t_0) - \int_{t_0-\tau}^{t_0} \phi(t, s + \tau)\varphi_0(s)ds + \int_{t_0}^t \phi(t, s)f(s)ds, \quad t > t_0$$

düsturu ilə təyin olunan $x(t)$ funksiyası (1),(2) məsələsinin həllidir.

Ədəbiyyat

1. Беллман Р., Кук К. Дифференциально-разностные уравнения. М., "Мир", 1967.
2. Эльсгольц Л.Э., Норкин С.Б. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. М., "Наука", 1971.

KLASSİKİ OLMAYAN SƏRHƏD ŞƏRTLİ DALĞA TƏNLİYİ ÜÇÜN İDARƏOLUNMA HAQQINDA

Hüseynova Xanım

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

xanimh77@gmail.com

Xülasə: *Mexanikanın, fizikanın bir çox məsələləri hiperbolik tip tənliklərlə təsvir olunur. Bu baxımdan bu tip məsələlər üçün idarəolunma və optimal idarəetmə məsələlərinin tədqiqi mühüm nəzəri və praktiki əhəmiyyət kəsb edir.*

Təqdim olunan tezisdə dalğa tənliyi ilə təsvir olunan prosesləri üçün idarəolunma öyrənilmişdir.

Açar sözlər: *dalğa tənliyi, ümumiləşmiş həll, idarəolunma.*

Tutaq ki, proses $D_T = \{(x, t) | 0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq T\}$ oblastında

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k(x) \frac{\partial z}{\partial x} \right) + b(x, t)z + u(x, t), \quad (1)$$

tənliyinin

$$z(x, 0) = 0, \quad z_t(x, 0) = 0, \quad (2)$$

başlanğıc və

$$z(0, t) = 0, \quad z_x(1, t) = z_x(0, t) \quad (3)$$

klassik olmayan sərhəd şərtlərinin ödəyən həll kimi təsvir olunur, burada $k(x) \in C[0, 1]$, $k(x) \geq k > 0$, $b(x, t) \in L_2(D_T)$, $u(x, t)$ – idarəedici funksiyadır.

Mümkün idarəedici funksiyalar sinifi olaraq $L_2(D_T)$ fəzasına daxil olan ixtiyari funksiya götürülür [1]. Hər bir qeyd olunmuş mümkün idarəedici üçün (1)-(3) məsələsinin həlli ümumiləşmiş mənada başa düşülür [2].

Teorem: (1)-(3) məsələsinin həlli kimi təsvir olunan sistem idarəolunandır.

Ədəbiyyat

1. Ж.-Л.Лионс Оптимальные управление системами, описываемыми уравнениями с частными производными. М.: Мир, 1972 г., 414 стр.
2. Ж.-Л.Лионс, Э.Мадженес Неоднородные граничные задачи и их приложения. М.: Мир, 1971 г., 372 стр.

KOŞI ŞƏRTLİ HİPERBOLİK TİP TƏNLİKLƏR SİSTEMİ İLƏ TƏSVİR OLUNAN PROSESLƏRİN İDARƏOLUNMASI HAQQINDA

Hüseynova Xanım

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

xanimh77@gmail.com

Xülasə: Tətbiqi əhəmiyyətli bir çox məsələlərin riyazi modeli hiperbolik tip tənliklər sistemi üçün qoyulmuş Koşi məsələsinə gətirilir. Bu cəhətdən bu tip məsələlər üçün idarəolunma, minimal enerjili idarəetmə, ən tez təsir və s. məsələlərin araşdırılması mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Təqdim olunan tezisdə Koşi şərtlə hiperbolik tip tənliklər sistemi ilə təsvir olunan proseslər üçün idarəolunma tədqiq olunmuşdur.

Açar sözlər: dalğa tənliyi, ümumiləşmiş həll, idarəolunma.

Hesab edək ki, proses $D = [x_0 \leq x \leq x_1, y_0 \leq y \leq y_1]$ oblastında

$$\begin{aligned} z_{xy}(x, y) + A(x, y)z_x(x, y) + B(x, y)z_y(x, y) + \\ + C(x, y)z(x, y) = k(x, y)u(x, y), \end{aligned} \quad (1)$$

tənliyinin

$$z|_{\gamma} = \varphi(x), \quad \left. \frac{\partial z}{\partial y} \right|_{\gamma} = \psi(x), \quad (2)$$

Koşi şərtini ödəyən həlli kimi təsvir olunur [2], burada $A(x, y), B(x, y), C(x, y) - n$ ölçülü kvadrat matrislər, $k(x, y) - n \times m$ ölçülü matris, $u(x, y) - m$ ölçülü idarəedici sütun vektor funksiya, $\varphi(x), \psi(x) - n$ ölçülü sütun vektor funksiyalar,

$$\gamma = \{(x, y) \in D : y = \mu(x), \alpha \leq x \leq \beta\}$$

Təqdim olunan tezisdə aşağıdakı teorem isbat olunur.

Teorem: Tutaq ki, $k(x, y)$ matrisinin sütunları xətti asılı deyil və $m \geq n$

. Onda (1)-(3) məsələsi ilə təsvir olunan proses idarəolunandır [1].

Ədəbiyyat

1. Ж.-Л.Лионс. Оптимальные управление системами, описываемыми уравнениями с частными производными. М.: Мир, 1972 г., 414 стр.
2. А.Н.Тихонов, А.А.Самарский, Уравнения математической физики. М., «Наука» 1972г., 680 стр.

RƏQƏMSAL KAHOOT PLATFORMASININ SORĞU SİSTEMİNİN TƏLƏBƏ FƏALLIĞI VƏ KOGNİTİV İNKİŞAFA TƏSİRİ

Hüseynzadə Şəhla¹, Abdullayev Elvin²

(¹AZTU, İnformasiya texnologiyaları və telekommunikasiya fakültəsi,

^{1,2}SDU, Riyaziyyat fakültəsi)

shahla.huseynzade@gmail.com, elvin.abdullayev.2024a@gmail.com

Xülasə: *Məqalədə Kahoot platformasında öyrətmə prosesinin müasir təhsil sisteminə inteqrasiyası araşdırmış, oyunlaşdırılmış təlim əsasında rəqəmsal qiymətləndirmənin öyrənmə nəticələrinə təsiri müəyyənləşdirilmişdir. Tədqiqat sistemli ədəbiyyat icmalı, auditoriya müşahidələri və Kahoot-un daxili analitika məlumatlarının təhlili əsasında həyata keçirilmişdir. Araşdırmada sual hazırlama mərhələlərinin təlim nəticələrinə təsiri tədqiq edilmiş, nəticələr göstərmişdir ki, Kahoot-un sistemli tətbiqi tələbə iştirakını 35–50% artırır və qiymətləndirmənin çevik idarə olunmasını təmin edir. Real vaxtlı geribildirim müəllimlərə dərsi adaptiv şəkildə planlamağa imkan verir.*

Açar sözlər: *rəqəmsal təhsil, sual formatları, Kahoot, kognitiv inkişaf.*

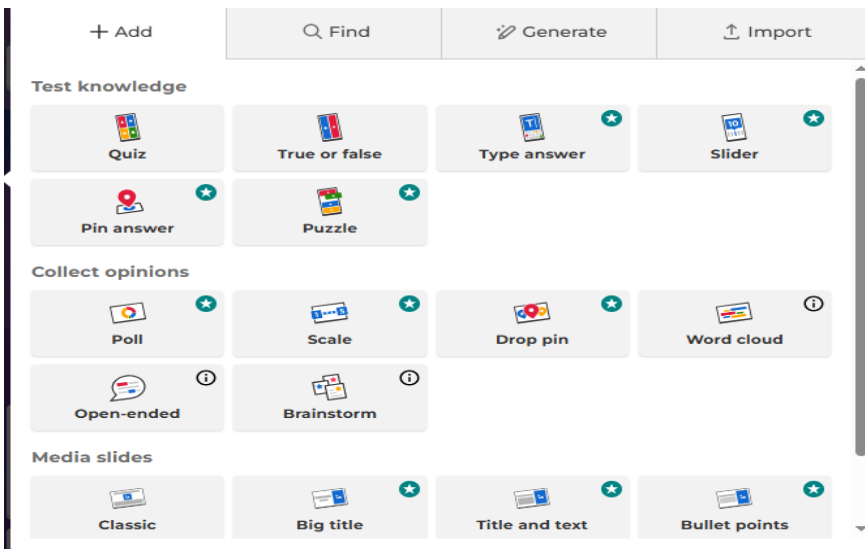
Müasir təhsil mühitində müəllimlərin qarşısında duran ən əsas pedaqoji çağırışlardan biri tələbələrin dərş prosesində motivasiya, diqqət və aktiv iştirak səviyyəsini davamlı saxlamaqdır. Ənənəvi auditoriya strukturlarında interaktivliyin azalması öyrənmə nəticələrinə mənfi təsir göstərir, passivliyi artırır və tələbələr arasında mənfi psixoloji atmosfer yaradır [1.2]. Bu problem xüsusilə ali təhsil müəssisələrində və böyük auditoriyalarda qabarıq şəkildə müşahidə olunur, çünki tələbə-müəllim qarşılıqlı əlaqəsi məhduddur, fərdi dəstək imkanları azalır və dərş prosesi statik xarakter daşıyır. Tədqiqatlar göstərir ki, aktiv və interaktiv öyrənmə metodları ilə dərş prosesinə cəlb edilən tələbələr bilikləri daha dərindən mənimsəyir, analitik və reflektiv düşünmə bacarıqları inkişaf edir və akademik nailiyyətlərin səviyyəsi yüksəlir [3.4].

Tədqiqatın yenilikçi tərəfi Kahoot-un sual hazırlama mərhələlərinin dərş nəticələrinə, tələbə iştirakına və kognitiv inkişafına təsirini sistemli şəkildə qiymətləndirməkdədir. Burada tələbələrin yalnız düzgün cavab göstəricilərinə yönəldilməsi deyil, eyni zamanda dərin öyrənmə (deep learning), refleksiya və biliklərin mənalandırılması nəzərə alınır [5]. Platformanın anonim cavab imkanları sosial-psixoloji maneələrin aradan qaldırılmasına və tələbələrin ictimai narahatlıq olmadan fəal iştirakına şərait yaradır, bu isə sosial konstruktivizm nəzəriyyəsi ilə uyğunluq təşkil edir. Tədqiqatın məqsədi Kahoot platformasında sual hazırlama prosesinin pedaqoji effektivliyini qiymətləndirmək, oyunlaşdır-

rılmış rəqəmsal qiymətləndirmənin dərs prosesinə integrasiyasını araşdırmaq və gələcəkdə süni intellekt əsaslı adaptiv sual generasiyası, fərdiləşdirilmiş rəqəmsal qiymətləndirmə və interaktiv təlim modellərinin inkişafı üçün baza yaratmaqdır.

Tədqiqat çərçivəsində Kahoot platformasında hazırlanmış sual ardıcılığının tələbə performansına təsiri deskriptiv statistika və real vaxtlı analitika vasitəsilə qiymətləndirilmişdir [5]. Araşdırmada iştirak səviyyəsi, düzgün cavab göstəricisi, Bloom taksonomiyasının idrak mərhələlərinə görə performans və formativ qiymətləndirmə imkanları əsas dəyişənlər kimi götürülmüşdür. Pilot sınaq nəticələrinə əsasən, Kahoot-un sistemli tətbiqi tələbə iştirakını **35–50%** arasında artırmış, düzgün cavab göstəricisi orta hesabla **0.72 ± 0.08** olmuşdur. Yüksək səviyyəli analiz və tətbiq sualları üzrə performans nisbəti **0.65 ± 0.10** qeyd edilmişdir. Formativ qiymətləndirmə vasitəsi ilə müəllimlər dərsi adaptiv planlaşdırmaq və tələbələrin zəif mövzularını öncədən aşkar etmək imkanına malik olmuşlar.

Kahoot-un yaradılması mərhələsində “Create” bölməsinə daxil olaraq yeni oyun interfeysi seçir və Quiz, True/False, Type Answer, Puzzle və Interactive kimi müxtəlif sual formatları arasından seçim edir. Hər format tələbənin fərqli idrak bacarıqlarını ölçür. Pedoqoji baxımdan sual formatının seçimi Bloom taksonomiyasına uyğun götürülmüşdür, bilgi anlayış analiz tətbiq mərhələlərini əhatə edir. Bu mərhələ dərs strukturunun planlanması və tələbə interaktivliyinin təmin olunması baxımından baza rolunu oynayır.(Şəkil 1).



Şəkil1. Sual formatlarının seçimi

Multimedia integrasiyası və vizual elementlərin əlavə edilməsi öyrənmənin effektivliyini yüksəldərək kognitiv yüklənməni azaldıb, tələbələrin diqqətini mərkəzləşdirmişdir. Eyni zamanda, anonim cavab mexanizmi sosial narahatlıq səviyyəsini azaltmış, tələbələrin özünüifadəsini və interaktiv iştirakını artırmışdır.

Metrik	Pilot Qrup	Nəzarət Qrupu	Artım (%)
İştirak səviyyəsi	82%	50%	32%
Orta düzgün cavab	0.72	0.54	33%
Analiz/Tətbiq performansı	0.65	0.48	35%

Cədvəl 1. Tələbələrin interaktiv iştirakının qiymətləndirilməsi

Nəticə. Kahoot yalnız oyunlaşdırılmış test aləti deyil, həm də interaktiv təlim və analitik qiymətləndirmə vasitəsi kimi müasir təhsildə strateji əhəmiyyət kəsb edir. Tədqiqat gələcəkdə süni intellekt əsaslı adaptiv sual generasiyası və fərdiləşdirilmiş rəqəmsal qiymətləndirmə modellərinin inkişafı üçün baza rolunu oynaya bilər.

Ədəbiyyat

1. Wang, A. I. (2020). The effect of using Kahoot! for learning – A literature review. *Computers & Education*, 149, 103818. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103818>
2. Plump, C. M., & LaRosa, J. (2017). Using Kahoot! in the classroom to create engagement and active learning: A game-based technology solution for e-learning novices. *Management Teaching Review*, 2(2), 151–158. <https://doi.org/10.1177/2379298116689783>
3. Licorish, S. A., Owen, H. E., Daniel, B., & George, J. L. (2018). Students' perception of Kahoot!'s influence on teaching and learning. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 13(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s41039-018-0078-8>
4. Zarzycka-Piskorz, E. (2016). Kahoot it or not? Can games be motivating in learning grammar? *Teaching English with Technology*, 16(3), 17–36.
5. Licorish, S. A., Owen, H. E., & Daniel, B. (2021). Game-based student response systems: A decade of research on Kahoot! *Journal of Information Technology Education: Research*, 20, 511–553. <https://doi.org/10.28945/4790>

GOOGLE TEACHABLE MACHINE PLATFORMASINDA ÜZ TANINMASI MODELİ ÜÇÜN MAŞIN ÖYRƏTMƏSİNİN YERİNƏ YETİRİLMƏSİ

Hüseynzadə Şəhla¹, Qurbanova Səbinə², Nəsirova Elmira³

(¹AZTU, *İnformasiya texnologiyaları və telekommunikasiya fakültəsi*,

^{1,2,3}SDU, *Riyaziyyat fakültəsi*)

shahla.huseynzada@sdu.edu.az, sabina.qurbanova@sdu.edu.az, elmira.nasirova@sdu.edu.az

Xülasə: Təqdim olunan işdə süni intellekt əsasında üz ifadələrinin tanınması üçün üz modellərinin qurulması araşdırılmışdır. Google Teachable Machine platformasından istifadə edilərək iki əsas emosional sinif – gülərüz və qəzəbli üzlər üçün neyron şəbəkə modeli hazırlanmış və sınaqdan keçirilmişdir. Modelin öyrədilməsi üçün hər sinif üzrə şəkil bazası yaradılmış, konvolyusiya neyron şəbəkəsi prinsiplərinə əsaslanan sistem vasitəsilə təlim və test mərhələləri həyata keçirilmişdir. Nəticələr göstərmişdir ki, model real vaxtda üz ifadələrini təxminən 90–95% dəqiqliklə tanıya bimişdir.

Açar sözlər: konvolyusiya neyron şəbəkəsi, tanınma sistemi, bulud əsaslı alət, Teachable Machine

Müasir dövrdə süni intellekt texnologiyaları insan davranışlarının avtomatik təhlili və tanınması sahəsində geniş tətbiq olunur. Üz ifadələrinin tanınması sistemləri insanların emosional vəziyyətlərini müəyyən etmək üçün istifadə olunur və təhlükəsizlik, təhsil, tibb, sosial robot texnologiyaları kimi sahələrdə mühüm rol oynayır. Bu tədqiqatda Google Teachable Machine platformasından istifadə etməklə gülərüz və qəzəbli üz ifadələrinin tanınmasına yönəlmiş model qurulmuş və sınaqdan keçirilmişdir.

Layihənin məqsədi sadə vizual məlumatlar əsasında insan emosiyalarının avtomatik tanınmasını nümayiş etdirməkdir. Üz tanıma sistemləri maşın öyrənməsi prinsiplərinə əsaslanır [1]. Bu sistemlər şəkillər və ya videolardan əldə olunan vizual məlumatları analiz edərək insan simalarının xüsusiyyətlərini tanıya bilir.

Üz tanıma iki əsas mərhələdən ibarətdir [2]:

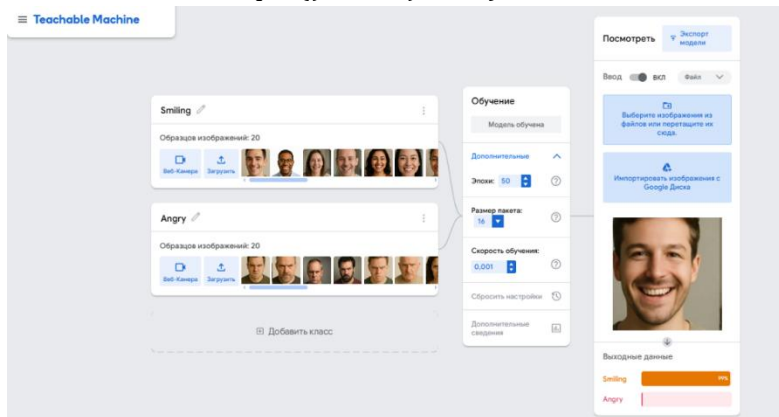
1. **Xüsusiyyətlərin çıxarılması** – gözlər, ağız, qas, burun və digər detallar alqoritm tərəfindən seçilir.

2. **Təsnifat** – əldə olunan xüsusiyyətlərə əsasən model üçün hansı kateqoriyaya aid olduğunu müəyyən edilir.

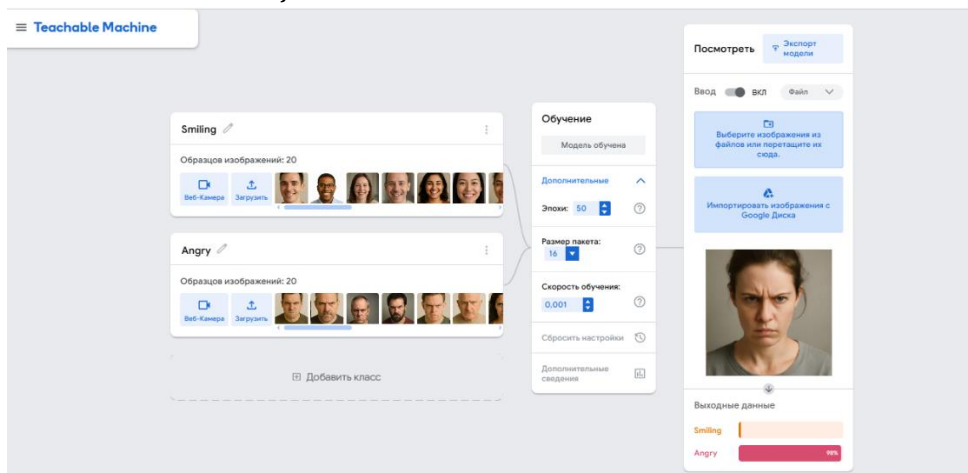
Teachable Machine arxa planda konvolyusiya neyron şəbəkələrindən (CNN) istifadə edir. CNN-lər şəkil tanıma üçün geniş tətbiq olunur və şəkillərdəki lokal xüsusiyyətləri, yəni ağız ayrılığını, qaşın vəziyyətini təhlil edərək emosiyaları müəyyənləşdirir [3].

Kamera vasitəsilə üzümüzü göstərsək modelin tanıma nəticələrini real vaxtda görərik. Model gülürüz üzə “Smiling”, qəzəbli üzə “Angry” cavabını verəcək. Eyni zamanda əlavə şəkillərlə də test edə bilərik.

Bu şəkillərdə Google Teachable Machine platformasında yaradılmış modelin test edilməsi öz əksini tapır (Şəkil 1, Şəkil 2).



Şəkil 1. Gülürüzün test edilməsi nümunəsi



Şəkil 2. Qəzəbli üzün test edilməsi nümunəsi

Nəticə: Bu tədqiqat süni neyron şəbəkələrinin insan emosiyalarının avtomatik tanınmasında effektiv olduğunu və təhsil, psixologiya və robot texnologiyaları kimi sahələrdə tətbiq imkanlarını nümayiş etdirir. Əlavə emosional

kateqoriyaların və daha geniş verilənlər bazasının daxil edilməsi modelin proqnoz dəqiqliyini artırmaq potensialına malikdir.

Ədəbiyyat

1. Htay, M. M., & Win, Z. M. (2023). *Survey on Emotion Recognition Using Facial Expression*. *International Journal of Computer (IJC)*.
<https://doi.org/10.53896/ijc.v33i1.1385> ijcjournal.org
2. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
3. Szeliski, R. (2022). *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer.

ELEKTRON TİCARƏTDƏ TƏHLÜKƏSİZLİK TƏLƏBLƏRİ VƏ KİBERTƏHLÜKƏSİZLİYİN ROLU

Xanatov Eynur

khanatovv@gmail.com

Xülasə: Bu tədqiqatda elektron ticarət sistemlərində təhlükəsizlik tələbləri və kibertəhlükəsizliyin rolu təhlil olunur. Elektron ödənişlərin, fərdi məlumatların və kommersiya əməliyyatlarının artması nəticəsində e-ticarət sistemləri kibertəhlükələrə daha açıq hala gəlmişdir. Tədqiqatda beynəlxalq standartlar (ISO/IEC 27001, PCI DSS, GDPR), texniki qorunma üsulları (şifrələmə, autentifikasiya, firewall, IDS/IPS) və təşkilati tədbirlər araşdırılmışdır. Nəticələr göstərir ki, kibertəhlükəsizliyin kompleks idarə olunması e-ticarət mühitində etibarlılıq və dayanıqlığın əsas şərtidir.

Açar sözlər: elektron ticarət, kibertəhlükəsizlik, informasiya təhlükəsizliyi, şifrələmə, autentifikasiya, risklərin idarə olunması

Elektron ticarət (e-commerce) rəqəmsal iqtisadiyyatın əsas tərkib hissəsinə çevrilmişdir. 2024-cü ildə global elektron ticarət dövriyyəsi Statista məlumatına görə, 6,3 trilyon ABŞ dollarına çatıb və 2025-ci ildə bu rəqəmin 7,5 trilyonu keçəcəyi proqnozlaşdırılır. Lakin bu artım, məlumat mübadiləsi və onlayn ödənişlərin intensivləşməsi ilə yanaşı, kibertəhlükələrin də çoxalmasına səbəb olmuşdur.

IBM Security-nin "Cost of a Data Breach Report" (2024) hesabatına əsasən, hər bir məlumat sızmasının orta dəyəri 4,45 milyon dollardır və bu, son beş ildə 15% artım deməkdir. Hücumların 43%-i elektron ticarət və maliyyə sistemlərini hədəf alır [5].

Bu statistika göstərir ki, elektron ticarətdə təhlükəsizlik yalnız texnoloji məsələ deyil, həm də biznesin davamlılığını və müştəri etimadını qorumaq

üçün əsas strateji faktordur.

Elektron ticarət sistemləri çoxsəviyyəli arxitektura üzərində qurulur: istifadəçi interfeysi, tətbiq səviyyəsi və verilənlər bazası. Bu səviyyələrin hər biri fərqli növ risklərə məruz qalır — identifikasiya pozuntusu, məlumat oğurluğu, sistemin dayanması (DoS hücumları) və saxta ödəniş əməliyyatları kimi.

ISO/IEC 27001:2022 beynəlxalq standartına əsasən, elektron ticarət sistemləri aşağıdakı təhlükəsizlik prinsiplərinə uyğun qurulmalıdır:

- Məxfilik (Confidentiality): Məlumatlara yalnız icazəli şəxslər daxil ola bilər.
- Bütövlük (Integrity): Məlumatın dəyişdirilmədən saxlanması və ötürülməsi təmin edilməlidir.
- Əlçatanlıq (Availability): Sistem fasiləsiz işləməli, xidmət dayanmaları minimum səviyyədə olmalıdır.
- Məsuliyyətlik (Accountability): Hər bir əməliyyat qeydiyyatla alınmalıdır (audit trail).
- Etibarlılıq (Reliability): Sistem hücumlara qarşı davamlı olmalıdır [4].

Elektron ödəniş əməliyyatlarının təhlükəsizliyi üçün beynəlxalq Payment Card Industry Data Security Standard (PCI DSS) tətbiq olunur. Bu standart kredit kartı məlumatlarının saxlanması və ötürülməsi zamanı şifrələnmə, firewall və monitoring mexanizmlərini məcburi edir.

Visa və MasterCard kimi sistemlər bu standartı bütün ticarət saytlarına şamil edir.

OWASP Foundation (2024) tərəfindən təqdim edilən “Top 10 Web Application Security Risks” siyahısında e-ticarət sistemlərinə aid əsas təhlükələr bunlardır:

1. İnjeksiya hücumları (SQL, XSS);
2. Zəif autentifikasiya mexanizmləri;
3. Həssas məlumatların açıq saxlanması;
4. Təhlükəsiz olmayan API-lər;
5. Təhlükəsizlik səhvlərinin gizlədilməsi və zəif məxfilik siyasəti.

Bu problemlərin aradan qaldırılması üçün OWASP təhlükəsiz kodlaşdırma, TLS 1.3 istifadəsi və çoxfaktorlu autentifikasiyanı tövsiyə edir.

Elektron ticarət sistemləri müxtəlif tipli hücumlara məruz qalır. Ən çox rast gəlinən kibertəhlükələr bunlardır:

- Phishing (saxta saytlar və e-poçtlar vasitəsilə məlumat oğurluğu);
- SQL Injection (verilənlər bazasına icazəsiz müdaxilə);
- DDoS hücumları (sistemin fəaliyyətinin dayanması);

- Ransomware (şantaj məqsədli məlumat şifrələmə);
- Credential stuffing (oğurlanmış parollarla giriş cəhdləri)

Verizon Data Breach Report (2023) qeyd edir ki, kiberhücumların 80%-i sosial mühəndislik və phishing vasitəsilə həyata keçirilir.

Kibertəhlükələrin vaxtında aşkarlanması üçün SIEM (Security Information and Event Management) sistemlərindən istifadə olunur.

SIEM alətləri (məs. Splunk, IBM QRadar, ArcSight) bütün sistem fəaliyyətlərini izləyir və anomaliyaları avtomatik müəyyənləşdirir.

Kaspersky Security Bulletin (2024)-ə görə, bütün məlumat sızmalarının təxminən 19%-i işçilərin səhlənkarlığı və təhlükəsizlik siyasətinə əməl etməməsi nəticəsində baş verir. Bu baxımdan mütəmadi kibertəhlükəsizlik təlimləri və sosial mühəndislik simulyasiyaları vacibdir.

Kibertəhlükəsizlik yalnız hücumların qarşısını almaq deyil, həm də etimad mühiti formalaşdırmaq deməkdir. Onlayn müştərilər üçün təhlükəsiz ödəniş mühiti və şəxsi məlumatların qorunması alış qərarına birbaşa təsir edir [1].

Deloitte Digital Trust Survey (2023) nəticələrinə görə, istifadəçilərin 78%-i şəxsi məlumatlarının təhlükəsizliyinə əmin olduqda daha çox onlayn alış edir. Bu da göstərir ki, kibertəhlükəsizlik e-ticarətdə iqtisadi artımın mühüm faktorudur.

Elektron ticarətdə məlumatların qorunması GDPR (General Data Protection Regulation, 2018) və Azərbaycan Respublikasının “Fərdi məlumatların qorunması haqqında” Qanunu (2004) ilə tənzimlənir.

Bu sənədlərə əsasən:

- Məlumat toplanması yalnız razılıq əsasında aparıla bilər;
- İstifadəçilərin məlumatlarına çıxış məhduddur;
- İstənilən şəxs məlumatının silinməsini tələb edə bilər;
- Məlumatların üçüncü tərəfə ötürülməsi yalnız qanuni əsaslarla mümkündür.

Təhlükəsizliyin yalnız texniki deyil, idarəetmə səviyyəsində də planlaşdırılması zəruridir. Bunun üçün:

- ISO/IEC 27001 çərçivəsində İnformasiya Təhlükəsizliyi İdarəetmə Sistemi (ISMS) qurulmalıdır;
- Müntəzəm penetration testlər (sızma testləri) aparılmalıdır;
- Kibertəhlükə hadisələri üçün Incident Response Plan (IRP) hazırlanmalıdır.

Amazon, eBay və Alibaba kimi global e-ticarət platformaları 2023-cü ildə “Zero Trust Security Model” prinsiplərinə keçid edib. Bu modeldə sistemdəki

bütün əlaqələr etibarsız hesab olunur və hər bir komponent üçün ayrıca autentifikasiya və icazə nəzarəti aparılır.

Elektron ticarətin sürətli inkişafı ilə birlikdə kibertəhlükələr də eyni tempə artır. Bu şəraitdə təhlükəsizlik tələblərinin təmin olunması elektron kommersiyanın dayanıqlı inkişafı üçün əsas şərtidir.

Ədəbiyyat

1. A. Mustafayeva. Şəbəkə təhlükəsizliyi. Dərslük, Bakı: "Elm və Təhsil", 2024, 319 s.
2. R. R. Naxiev, V. V. Ulyanov. Анализ уязвимостей интернет-вещей (IoT) и способы их предотвращения. Вестник науки, июль 2023, №7, 15 стр.
3. M. Aljawarneh, Y. Jararweh. Cybersecurity for E-commerce Systems: Challenges and Solutions. Journal of Information Security Research, Vol. 12, No. 2, 2023, pp. 45–57.
4. ISO/IEC 27001:2022. Information Security Management Systems – Requirements. Geneva: International Organization for Standardization, 2022.
5. IBM Security. Cost of a Data Breach Report 2024. IBM Corporation, New York, 2024.

ONLINE SATIŞ SİSTEMLƏRİNDƏ KİBERTƏHLÜKƏSİZLİYİN TƏMİN OLUNMASI ÜZRƏ TEXNOLOJİ YANAŞMALAR

Xanatov Eynur

khanatovv@gmail.com

Xülasə: *Online satış sistemlərində kibertəhlükəsizliyin təmin edilməsi rəqəmsal iqtisadiyyatın sabitliyinin və əməliyyatların fasiləsizliyinin əsas şərtidir. Şifrələmə, çoxfaktorlu autentifikasiya, giriş nəzarət, IDS/IPS sistemləri, süni intellekt əsaslı monitoring, blokçeyn texnologiyaları və Zero Trust yanaşması təhlükəsizlik mühitinin formalaşdırılmasında mühüm rol oynayır. Təhlükəsiz proqram təminatı və bulud arxitekturası kiber-risklərin qarşısını alır və elektron ticarətdə etibarlı, şəffaf və davamlı informasiya mühiti yaradır.*

Açar sözlər: *kibertəhlükəsizlik, onlayn satış sistemləri, şifrələmə texnologiyaları, blokçeyn, çoxfaktorlu autentifikasiya*

Online satış sistemlərində kibertəhlükəsizliyin təmin olunması müasir rəqəmsal iqtisadiyyatın funksional dayanıqlığının və kommersiya fəaliyyətinin fasiləsizliyinin təmin edilməsində strateji əhəmiyyətə malikdir. Elektron kommersiya platformalarında böyük həcmdə şəxsi məlumatların, maliyyə əməliyyatlarının və kommersiya sirlərinin emalı təhlükəsizlik risklərinin geniş spektrini doğurur. Bu səbəbdən kibertəhlükəsizliyin texnoloji təminatına kompleks

yanaşma tələb olunur. Texnoloji yanaşmalar yalnız ayrı-ayrı müdafiə vasitələrinin tətbiqi ilə məhdudlaşmır, həmçinin məlumat axınlarının bütövlüyünü, məxfiliyini və əlçatanlığını qoruyan integrasiya olunmuş təhlükəsizlik arxitekturasının formalaşdırılmasını nəzərdə tutur.

Əsas texnoloji istiqamətlərdən biri şifrələmə mexanizmləridir. Müasir onlayn satış sistemlərində məlumatların ötürülməsi və saxlanması zamanı yüksək səviyyəli kriptografik alqoritmlərin tətbiqi əsas tələb kimi qəbul edilir. Transport Layer Security (TLS) və Advanced Encryption Standard (AES) kimi kriptografik protokollar vasitəsilə istifadəçi məlumatlarının, ödəniş kartı məlumatlarının və sistem daxili məlumat axınlarının təhlükəsizliyi təmin edilir. Şifrələmə sisteminin düzgün tətbiqi yalnız məlumatların ələ keçirilməsinin qarşısını almır, həm də informasiyanın dəyişdirilməsi və manipulyasiyasına qarşı müdafiə təmin edir. Hər bir autentifikasiya və identifikasiya mərhələsində çoxfaktorlu təsdiqləmə texnologiyasının tətbiqi təhlükəsizliyin əhəmiyyətli dərəcədə güclənməsinə gətirib çıxarır.

Sistemin təhlükəsizlik səviyyəsinin yüksəldilməsində identifikasiya və giriş nəzarət mexanizmləri əsas determinantlardandır. Rol əsaslı giriş nəzarət (RBAC) və atribut əsaslı identifikasiya sistemləri (ABAC) istifadəçi hüquqlarının dəqiq müəyyənləşdirilməsinə imkan yaradır. Beləliklə, yalnız səlahiyyətli şəxslərin konkret məlumat resurslarına və əməliyyat modullarına giriş imkanı mövcud olur. Biometrik autentifikasiya metodlarının — barmaq izi, üz tanıma və göz retinasının skan edilməsi — integrasiyası fiziki və rəqəmsal identifikasiya təhlükəsizliyini daha da gücləndirir.

Kibertəhlükəsizlikdə vacib texnoloji yanaşmalardan biri də intruziyanın aşkarlanması və qarşısının alınması sistemləridir (IDS/IPS). Bu sistemlər şəbəkə trafikini analiz edir, davranış modellərinə əsasən anomaliyaları müəyyənləşdirir və potensial hücum cəhdlərinə vaxtında reaksiya verir. Süni intellekt və maşın öyrənməsi əsasında çalışan anomaliya aşkarlama alqoritmləri klassik imza əsaslı metodları tamamlayır və yeni hücum formalarının müəyyənləşdirilməsində effektiv nəticələr göstərir. Təhlükəsizlik əməliyyat mərkəzləri (SOC) bu proseslərin koordinasiyalı şəkildə həyata keçirilməsinə şərait yaradır və real vaxtda risklərin monitorinqini təmin edir.

Onlayn satış sistemlərində blokçeyn texnologiyalarının tətbiqi məlumatların bütövlüyünün və əməliyyatların şəffaflığının qorunmasında fundamental əhəmiyyət kəsb edir. Blokçeyn texnologiyası mərkəzləşdirilməmiş struktur əsasında fəaliyyət göstərir və hər bir transaksiyanın ardıcıl bloklarda qeydiyyatı alınması nəticəsində əməliyyat izi dəyişdirilməz şəkildə saxlanılır. Bu texno-

loji xüsusiyyət məlumatların sonradan redaktə edilməsini və ya manipulyasiya edilməsini istisna edir, beləliklə elektron kommersiya platformalarında etibarlılıq səviyyəsini yüksəldir. Əməliyyatların dağıdılmış reyestrdə saxlanması təkcə maliyyə transaksiyalarının təhlükəsizliyinə deyil, həm də məhsul mənsəyinin izlənməsi, təchizat zənciri məlumatlarının doğruluğu və müştəri etibarının möhkəmləndirilməsi kimi sahələrdə mühüm nəticə doğurur.

Blokçeyn əsaslı ödəmə sistemləri vasitəsilə həyata keçirilən əməliyyatlar mərkəzi vasitəçilərə ehtiyacı aradan qaldırır və əməliyyat prosesində şəffaflıq təmin edir. Hər bir ödəniş əməliyyatı kriptografik təsdiqləmə mexanizmləri ilə qorunur və bu, saxtakarlıq hallarının aşkarlanmasını və qarşısının alınmasını asanlaşdırır. Transaksiyaların dəyişdirilməzliyi hesabına mübahisəli əməliyyatlar üzrə sübut bazasının formalaşdırılması daha dəqiq və operativ həyata keçirilir. Ümumilikdə blokçeyn texnologiyasının elektron kommersiyada tətbiqi rəqəmsal təhlükəsizliyin gücləndirilməsinə, əməliyyat ekosistemində tam şəffaflığın yaradılmasına və istifadəçi etibarının institusional səviyyədə möhkəmləndirilməsinə xidmət edir.

Bulud infrastrukturalarının geniş tətbiqi fonunda təhlükəsiz bulud arxitekturasının formalaşdırılması mühüm prioritetdir. Bulud xidmətləri təminatçıları tərəfindən həyata keçirilən təhlükəsizlik tədbirləri ilə yanaşı, istifadəçi tərəfindən əlavə təhlükəsizlik səviyyəsi yaradılmalıdır. Zero Trust Security yanaşması — heç bir komponentə şərtsiz etimad göstərilməməsi — məlumat mühitinin daha ciddi qorunmasına imkan yaradır. Təhlükəsizlik divarları, virtual özəl şəbəkələr (VPN), məlumatların şifrələnmiş ehtiyat nüsxələrinin saxlanması və DDoS hücumlarına qarşı qorunma sistemləri bulud əsaslı platformalarda vacib texnoloji elementlərdir.

Bundan başqa, proqram təminatının təhlükəsiz inkişaf metodologiyasının tətbiqi vacibdir. Secure Software Development Lifecycle (SSDLC) yanaşması, kod təhlükəsizliyinin analizi, penetrasiya testləri və statik-dinamik kod auditləri proqram zəifliklərinin erkən mərhələdə aşkarlanmasına imkan verir. Eyni zamanda, platforma və pluginlərin müntəzəm yenilənməsi, təhlükəsizlik yamalarının tətbiqi və açıq mənbə komponentlərinin nəzarətli istifadəsi hücum səthinin minimuma endirilməsini təmin edir.

Onlayn satış sistemlərində kibertəhlükəsizliyin texnoloji təminatı çoxsəviyyəli, integrasiya olunmuş və proaktiv yanaşma tələb edir. Məlumatların tamlığının qorunması, istifadəçilər arasında güvənin yaradılması və rəqəmsal ekosistemin davamlı fəaliyyətinin təmin edilməsi bu texnoloji tədbirlərin sistemli və koordinasiyalı şəkildə həyata keçirilməsindən asılıdır. Beləliklə, elektron ti-

carət sahəsinin davamlı inkişafı məhz kibertəhlükəsizliyin yüksək səviyyədə təmin olunmasına söykənir və bu istiqamətdə texnoloji yeniliklərin ardıcıl tətbiqi strateji əhəmiyyət kəsb edir.

Ədəbiyyat

- 1.Chaffey D. Digital Business and E-Commerce Management, London: Pearson, 2022, 640 p.
- 2.Laudon K.C. E-Commerce 2023: Business, Technology and Society, New York: Pearson, 2023, 912 p.
- 3.Shinder D. E-Commerce Security: Protecting the Online Business, New York: Syngress Publishing, 2021, 320 p.
- 4.Stallings W. Network Security Essentials: Applications and Standards, New York: Pearson, 2022, 480 p.
- 5.Whitman M.E. Principles of Information Security, Boston: Cengage Learning, 2022, 752 p.

TƏK SƏHİFƏLİ TƏTBIQLƏR ÜZRƏ ƏHATƏLİ TƏDQIQAT: ÜSTÜNLÜKLƏR, MƏHDUDİYYƏTLƏR VƏ PRAKTİKİ TÖVSIYƏLƏR

Xəlilov Mübariz, Qardaşova Brilliant

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi, SABAH)

khalilov.mubariz@mail.ru briliantqrdv38@gmail.com

Xülasə: Bu tezis müasir veb inkişafında geniş tətbiq olunan Tək Səhifəli Tətbiqlərin (Single-Page Applications – SPA) xüsusiyyətlərinə, üstünlüklərinə, çətinliklərinə və onların effektiv tətbiqinə dair ən yaxşı təcrübələrə fokuslanır. SPA-lar dinamik məzmun yenilənməsi və fasiləsiz naviqasiya imkanları sayəsində veb tətbiqlərin daha çevik, sürətli və istifadəçi yönümlü olmasına mühüm töhfə vermişdir. Bu araşdırmada React.js çərçivəsi praktiki nümunə kimi seçilərək SPA-ların performans, miqyaslanma və istifadəçi təcrübəsi baxımından təkmilləşdirilməsinə necə şərait yaratdığı göstərilir.

Tədqiqat keyfiyyət yönümlü yanaşma əsasında aparılmış və üç müxtəlif case study üzrə əldə olunmuş nəticələr ümumiləşdirilərək təhlil edilmişdir. Bu təhlillər SPA-ların qarşılaşdığı problemlərdən — o cümlədən axtarış sistemlərinin optimallaşdırılması (SEO) məhdudiyyətləri və başlanğıc yüklənmə vaxtının uzun olması kimi çətinliklərdən — bəhs edir. Bununla yanaşı, React.js-in Virtual DOM mexanizmi və komponent əsaslı memarlığı tətbiqlərin render prosesinin səmərəli şəkildə optimallaşdırılmasına və kodun daha asan idarə olunmasına imkan yaratdığı üçün ayrıca qiymətləndirilir.

Tezis həmçinin SPA-ların performansını artırmaq məqsədilə tətbiq olunan əsas optimallaşdırma üsullarını — server tərəfli renderləmə (SSR), kodun hissələrə bölünməsi

(code splitting) və gecikdirilmiş yükləmə (lazy loading) kimi texnikaları araşdırır. Bu texnikaların istifadəsi tətbiqlərin daha sürətli işləməsinə, resurs tələbatının azalmasına və istifadəçi təcrübəsinin yaxşılaşmasına mühüm təsir göstərir.

Aparılmış araşdırmalar nəticəsində bu iş SPA-ların veb inkişafında transformativ rolunu vurğulayır və inkişaf etdiricilər üçün performans, SEO və istifadəçi yönümlü dizayn arasında balans yaratmağa dair praktik tövsiyələr təqdim edir. Tezis həmçinin SPA-ların potensialının tam şəkildə reallaşdırılması üçün strateji yanaşmalar təklif edərək müasir veb inkişaf paradigmasının daha dərinə anlaşılmaya töhfə verir.

Açar sözlər: *Kodun hissələrə bölünməsi, gecikdirilmiş yükləmə, React.js, axtarış sistemləri üçün optimallaşdırma, tək səhifəli tətbiqlər, istifadəçi təcrübəsi.*

Müasir dövrdə veb-saytlar gündəlik həyatımızın ayrılmaz hissəsinə çevrilmişdir. Biz onları dostlarla ünsiyyət qurmaq, onlayn alış-veriş etmək, müxtəlif biliklər əldə etmək və əylənmək üçün istifadə edirik. Həm fərdlər, həm də müəssisələr məlumat almaq, əlaqədə qalmaq və müxtəlif əməliyyatları yerinə yetirmək üçün veb tətbiqlərə güvənirlər. Bu fakt veb texnologiyalarının həyat tərzimizə və qarşılıqlı ünsiyyət formalarımıza göstərdiyi böyük təsiri nümayiş etdirir (Manuel Castells, 2014). Bu inkişafın arxasında isə istifadəçi yönümlü, funksional və innovativ tətbiqlər yaradan, dizaynı güclü texniki həllərlə birləşdirən veb proqramçıları dayanır.

Ənənəvi olaraq bir çox veb tətbiq **çoxsəhifəli tətbiqlər (MPA – Multi-Page Application)** formasında hazırlanırdı. MPA-lar səhifələr arasında keçid zamanı tam yenidən yüklənmə tələb edir və çoxlu funksiyaları, iri həcmli məlumatları və geniş kontenti olan kompleks sistemlər üçün uyğun hesab olunurdu. Lakin dinamik istifadəçi qarşılıqlı əlaqəsinin artması və daha sürətli, daha interaktiv veb-saytlara olan tələbat nəticəsində MPA-lardan **Tək Səhifəli Tətbiqlərə (SPA – Single-Page Application)** doğru ciddi transformasiya baş vermişdir (OutSystems, 2024).

SPA-lar veb tətbiqlərin quruluşunu köklü şəkildə dəyişərək əvvəl yalnız masaüstü tətbiqlərdə mümkün olan sürətli və fasiləsiz istifadəçi təcrübəsini brauzer mühitinə gətirmişdir. Bu layihədə SPA-ların üstünlükləri, çatışmazlıqları və tətbiqində istifadə olunan ən yaxşı təcrübələr təhlil edilir. Praktiki nümunə kimi **React.js** kitabxanasından istifadə olunur. React-in əsas üstünlüklərindən biri **Virtual DOM** texnologiyasıdır — bu, real DOM-un yaddaşda saxlanılan yüngül versiyasıdır və yalnız dəyişiklik baş verən hissələrin yenilənməsinə imkan yaradaraq, bütöv səhifənin yenidən render edilməsinin qarşısını alır (Anal, 2021). Bu xüsusiyyət, tez-tez dəyişən dinamik komponentləri olan SPA-lar üçün kritik əhəmiyyət daşıyır.

SPA-ların və React.js-in bu tədqiqatda əsas mövzu seçilməsinin səbəbi onların müasir, çevik və istifadəçi yönümlü veb tətbiqlərin hazırlanmasında artan əhəmiyyətidir (Alexey Itsekson, 2024). Daha yüksək performans və interaktivlik gözləntilərinin artması SPA-ları geniş istifadə olunan yanaşmaya çevirir. Bu mövzunun aktuallığı həm də dinamik veb-saytlara olan tələbin yüksəlməsi ilə bağlıdır (Justice Erolin, 2024). React, Angular və Vue.js kimi JavaScript çərçivələri SPA-ların qurulmasını asanlaşdırmış, məzmunun tez-tez yenilənməsi prosesində serverin yenidən yüklənməsinə ehtiyacı minimuma endirmişdir (Alyssa Towns, 2024).

Bu tezis **miqdarı tədqiqat** yanaşmasına əsaslanır və SPA-lar haqqında aparılmış ədəbiyyat icmal, MPA-larla müqayisəli təhlil və SPA-ların optimal inkişaf təcrübələrinin qiymətləndirilməsini daxil edir. MPA-dan SPA-ya keçid daha çevik, sürətli və istifadəçi mərkəzli tətbiqlərə olan tələbatın artdığını göstərir. React.js-in komponent əsaslı memarlığı isə kodun yenidən istifadəsini, texniki xidmətini və genişləndirilməsini asanlaşdırdığı üçün SPA inkişafında ən yaxşı yanaşmalardan biri kimi qəbul edilir (Stefan Finch, 2023).

Tədqiqatın məqsədi SPA-ların üstünlüklərini, zəif tərəflərini və onların inkişafında tətbiq olunan ən yaxşı praktiki metodları araşdırmaqdır. İş həmçinin SPA-ların tez-tez qarşılaşdığı **SEO (Search Engine Optimization)** və **performans problemlərini** də əhatə edir. SEO veb-saytların axtarış sistemlərində daha yüksək mövqe tutmasını təmin edən mühüm amildir. Düzgün məzmun strukturu, meta etiketlər və açar sözlərin optimallaşdırılması vasitəsilə SEO veb-saytın ziyarətçilər üçün daha əlçatan olmasına şərait yaradır (Moz, 2024). Bu tezis SPA-ların üstün və zəif tərəflərini qiymətləndirərək onların performansını, SEO uyğunluğunu və ümumi istifadəçi təcrübəsini necə yaxşılaşdırmaq mümkün olduğunu göstərən praktik tövsiyələr təqdim edir.

Single-Page Applications (SPAs) müasir veb inkişafında geniş yayılmış yanaşmalardan biri olaraq, istifadəçi qarşılıqlı əlaqəsini tam səhifə yenilənməsi olmadan təmin edən dinamik quruluşu ilə seçilir. Bu modeldə tətbiqin əsas strukturu ilkin olaraq yüklənir və sonrakı dəyişikliklər yalnız dəyişən məzmunun yenilənməsi ilə həyata keçirilir. Nəticədə istifadəçi interfeysi daha sürətli cavab verir və qarşılıqlı əlaqə prosesləri daha səmərəli olur. React, Angular və Vue kimi JavaScript framework-ləri modul yanaşması və komponent əsaslı quruluşu ilə SPAların populyarlaşmasına mühüm töhfə verib (OutSystems, 2024).[1]

SPAların əsas üstünlüklərindən biri yüksək səviyyəli istifadəçi təcrübəsi təmin etməsidir. Tətbiq yalnız bir HTML səhifəsinə əsaslandığı üçün məzmunun yenilənməsi tam səhifə yenilənmədən həyata keçirilir. Bu isə yüklənmə

vaxtını azaldır, keçidləri daha axıcı edir və tətbiqin ümumi performansını yaxşılaşdırır. Bununla belə, SPAlar müəyyən problemlərlə də üzləşir. Xüsusilə, bütün dinamik məzmunun JavaScript üzərindən render edilməsi axtarış sistemlərinin səhifəni indeksləməsini çətinləşdirə bilər və bu səbəbdən SEO baxımından əlavə həllər tələb olunur (Adobe Experience Cloud Team, 2023).[2]

SPAların əsası 2000-ci illərin əvvəllərində AJAX texnologiyasının yaranması ilə qoyulmuşdur. AJAX serverlə brauzer arasında kiçik həcmli məlumatların asinxron ötürülməsinə imkan yaradaraq tam səhifə yenilənməsinə ehtiyacı aradan qaldırmış və daha sürətli interaktivlik təmin etmişdir. Google Maps və Gmail kimi tətbiqlər bu texnologiyanın real potensialını göstərərək daha dinamik və çevik veb tətbiqlərinin yolunu açmışdır (KALSOL, 2024). Müasir SPAlar da məhz bu prinsiplərin genişləndirilmiş forması üzərində inkişaf etdirilir.

SPA-lar tətbiqin əsas HTML, CSS və JavaScript fayllarını ilkin mərhələdə yükləyərək daha sonrakı bütün dəyişiklikləri yalnız müvafiq komponentlər üzərində həyata keçirir. Məlumat serverdən alınaraq brauzerdə render olunduğu üçün istifadəçi əməliyyatları daha operativ şəkildə tamamlanır və bütün proseslər daha təbii görünür. Real-time yenilənmələr, fasiləsiz naviqasiya və yüngül interfeys SPAların əsas fərqləndirici xüsusiyyətləridir.

Bununla yanaşı, SPAların performansının optimallaşdırılması da mühüm məsələdir. Çoxlu JavaScript kodundan istifadə tətbiqin ilkin yüklənmə vaxtını artırır. Buna görə kodun həcmi azaldılması, lazımsız skriptlərin çıxarılması və render prosesinin optimallaşdırılması SPA performansının əsas inkişaf istiqamətlərindən sayılır.

Single-Page və Multi-Page Applications arasındakı fərqlər

Multi-Page Applications (MPAs) və Single-Page Applications (SPAs) veb tətbiqlərin yaradılmasında istifadə olunan iki əsas yanaşmadır və hər ikisinin özünəməxsus üstünlükləri və məhdudiyyətləri mövcuddur. MPAlar klassik modelə əsaslanaraq istifadəçi hər dəfə yeni səhifəyə keçdikdə həmin səhifəni tam şəkildə serverdən yükləyir. Bu yanaşma xüsusilə çox məzmunlu və struktur baxımından geniş layihələr üçün uyğundur. Hər səhifənin ayrıca URL və HTML strukturuna sahib olması onların SEO baxımından daha əlçatan olmasını təmin edir. Lakin tam səhifə yenilənməsi server yükünü artırır və istifadəçi interfeysində gecikmələrə səbəb ola bilər (Zhang & Adipat, 2005).[3]

SPAlar isə daha interaktiv və mobil tətbiqlərə bənzər təcrübə təqdim edir. Tətbiq bir dəfə yükləndikdən sonra serverlə yalnız data mübadiləsi aparılır və səhifənin ümumi quruluşu dəyişmədən qalır. Bu da naviqasiyanı sürətləndirir və kecidlərdə kəsintisizlik yaradır. Bununla belə, SPAlar dinamik render mexanizminə

görə SEO baxımından müəyyən çətinlik yarada bilər, çünki axtarış sistemləri JavaScript ilə generasiya olunan məzmunu tez-tez tam indeksləyə bilmir. Bu problemi azaltmaq üçün server-side rendering (SSR) tətbiq olunur. SSR brauzerə əvvəlcədən render olunmuş HTML göndərərək həm indekslənməni yaxşılaşdırır, həm də ilkin yüklənmə müddətini azaldır (Shahin, 2024; Jesse, 2021).[4]

Nəticə etibarilə, MPAlar daha çox məlumat yönümlü platformalar üçün uyğun olsa da, SPAlar interaktivlik, axıcı naviqasiya və dinamik məzmun tələb edən tətbiqlər üçün daha optimal seçimdir.

Ədəbiyyat

1. Adobe Experience Cloud Team. (2023). Tək səhifəli tətbiqlər (SPA) – Onların mahiyyəti və iş prinsipi. URL: <https://business.adobe.com/blog/basics/learn-the-benefits-of-single-page-apps-spa>.
2. Towns, A. (2024). Tək səhifəli tətbiq (Single Page Application). URL: <https://www.g2.com/glossary/single-page-application-definition>
3. Erolin, J. (2024). React tək səhifəli tətbiqi (Single Page Application). URL: <https://www.bairesdev.com/blog/reactspa-single-page-application/>
4. KALSOL (2024). Tək səhifəli tətbiqlərin (SPA) inkişafı. URL: <https://kalsol.com/the-evolution-of-single-page-applications-spas/>

KARBOHİDROGENLƏR QRUPUNUN FAZA HALININ KOMPÜTER MODELƏŞDİRİLMƏSİ

Xəlilov Mübariz, Kərimova Asudə

khalilov_mubariz@mail.ru, asudekerimova991@gmail.com

Xülasə: İlk verilənlərin qeyri-müəyyənliyi şəraitində çoxkomponentli karbohidrogen sisteminin faza halının hesablanması üçün PVT modelinin layın istismarının kondensatqaz amilinin faktiki məlumatlarına sazlanması nəticəsinə əsasən ilkin məlumatların identifikasiyası üsulu işlənmiş və onun əsasında konkret layın ağır maye karbohidrogenlərinin assentrik amili, böhran temperaturu və təzyiqi identifikasiya edilmişdir.

Açar sözlər: karbohidrogen sisteminin faza halı, kondensatqaz amili, böhran temperaturu və təzyiqi, assentrik amil, başlanğıc kondensasiya təzyiqi

Məsələnin qoyuluşu və həll sxemi: Qaz-kondensat yatağının işlənməsi prosesi halı lay qazının differensial kondensasiyası prosesinə oxşar olduğundan, kondensatqaz amilinin lay təzyiqindən asılılığı ağır karbohidrogenlər qrupu üçün böhran parametrlərin və asentrik əmsalın korrektə edilməsi üçün istifadə edilə bilər.

C_{5+} psevdokomponentinin böhran təzyiqi və temperaturu, asentrik amili

parametrləri üçün aşağıdakı korrelyasiya asılılıqlarından istifadə edilə bilər [6]:

$$T_c = \lg \left(M_{C_{5+}} + \frac{131}{M_{C_{5+}} - 89} + \frac{M_{C_{5+}}}{2} + 529 + 1.2 (M_{C_{5+}} - 140) \left(\frac{0.76}{\rho_{C_{5+}}} - 1 \right) \right),$$

$$p_c = 2200 \frac{\rho_{C_{5+}}}{M_{C_{5+}}} + 10, \quad \omega = 0.0037 M_{C_{5+}} - 0.0769,$$

Burada $M_{C_{5+}}$ və $\rho_{C_{5+}}$ - C_{5+} psevdokomponentdə birləşmiş ağır karbohidrogenlər qrupunun molekulyar kütləsi və sıxlığıdır.

Qaz-maye fazalarının hesablanması aşağıdakı differensial tənliklərlə ifadə olunur:[1,6]:

$$\frac{d}{dt} [V_m (\rho_q (1-s)y_i + \rho_k s x_i)] = -Q_k \cdot x_i - Q_q y_i, \quad i = \overline{1, N}, \quad t \in (0, \bar{T}), \quad (1)$$

$$p(t) \Big|_{t=0} = p_0; \quad s(t) \Big|_{t=0} = s_0; \quad y_i(t) \Big|_{t=0} = y_{i0}; \quad i = \overline{1, N-2}. \quad (2)$$

burada $Q_q(t)$, $Q_k(t)$ – uyğun olaraq işlənmə zamanı hasil edilən qaz və maye fazasının hasilatı; V_m – məsaməli mühitün həcmi; X_i , Y_i – uyğun olaraq maye və qaz fazalarında i - ci komponentin molyar miqdarları; ρ_q və ρ_k - uyğun olaraq qaz və maye (kondensat) fazalarının sıxlıqları; $p(t)$ – lay təzyiqi; S - maye fazanın qazla doyması; N - qazkondensat sistemində komponentlərin sayıdır.

(1)-(2) sisteminə daxil olan maye və qaz fazaların sıxlıqları aşağıdakı sistem tənliklərin

$$\begin{cases} f_{i,L} - f_{i,V} = 0, i = \overline{1, N} \\ x_i L + y_i V - z_i = 0, i = \overline{1, N} \\ \sum_{i=1}^N y_i - 1 = 0 \\ L + V = 1 \end{cases}, \quad (3)$$

və hal tənliyinin [4]

$$p = RT \left[\frac{1}{V-b} - \frac{a}{V(V+c)} \right]. \quad (4)$$

tətbiqi ilə təyin edilir.

Qaz və maye fazalarının sıxılma əmsalı Kardano üsulu [2] ilə hesablanır. Fazaların uçuculuqları məlum termodinamik münasibətlər əsasında hal tənliyindən istifadə edilməklə tapılır.

Faza müvazinət əmsalı aşağıdakı kimi korrektə edilir:

(3) sistemində birinci (N) sayda tənlikləri uyğun olaraq qaz və maye fazalarından komponentlərin uçuculuqlarının bərabərliyinə görə termodinamik tarazlıq şərtini ifadə edir. Digər ($N + 2$) sayda tənliklər isə qaz-maye qarışığının balans tənliklərini ifadə edir. Qaz və maye fazalarında komponentlərin $f_{i,V}$, $f_{i,L}$ uçuculuqları məlum termodinamik münasibətlər əsasında fazaların hal tənliyindən [1,3] istifadə edilməklə təyin edilir.

PVT modelindən istifadə edilərək karbohidrogen sisteminin faza halının hesablanan nəticəsinə görə sistemin yeni komponent tərkibi

$$C(p) = \frac{z_{C_{5+}} M_{C_{5+}}}{24040} \rho_m. \quad (9)$$

münasibəti ilə təyin olunur. Modelin nəticələri faktiki kondensatqaz amili ilə müqayisə edilir və

$$J(p_c, T_c, \omega) = \int_0^{\bar{T}} [C(p(t)) - C_f(p(t))]^2 dt \Rightarrow \min, \quad (10)$$

funksiyasının minimum qiymət alması təmin edilir [5].

Əgər başlanğıc kondensasiya təzyiqi faktiki dəyərlə uyğun gəlmirsə, psevdokomponentin böhran temperaturu dəyişdirilməlidir. Uyğunluq əldə edilənədək yenidən hesablamalar aparılır.

Təcrübə nəticələri olmadığı şəraitdə bu üsul PVT modelinin layın diferensial kondensasiya prosesinə sazlanmasına imkan verir.

Ədəbiyyat

1. А.И. Брусиловский Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа. – М.: «Грааль», 2002. 575 с.
2. Г.Корн, Т. Корн Справочник по математике для научных работников и инженеров / Перевод со второго американского переработанного издания под общей редакцией И. Г. Арамановича. – М.: Наука, 1974. 832 с.
3. З.Я. Аббасов Методы расчета статического динамического забойного давления в газовых и газоконденсатных скважинах. Баку: Элм, 1993, 312 с.
4. М.Маскет Физические основы технологии добычи нефти. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004, 606 с.
5. Ф.П. Васильев Методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1980, 520
6. Х.А. Фейзуллаев Совершенствование моделирования гидрогазодинамических основ разработки глубокозалегающих газоконденсатных месторождений. Beau Bassin: Palmarium Academic Publishing, 2018. – 236 с. ISBN 978-620-2-38166-6(<https://www.amazon.com.au/Совершенствование-моделирования-гидрогазодина-мических-основ-глубокозалегающих/dp/6202381663>)

ELEKTRON SƏNƏD DÖVRIYYƏSİNDƏ MƏLUMAT EMALININ OPTİMALLAŞDIRILMASINDA İSTİFADƏÇİ TƏCRÜBƏLƏRİNİN VƏ SÜNİ İNTELLEKT TEXNOLOGİYALARININ İNTEQRASIYASI

Xəlilova Elmira

(Mingəçevir Dövlət Universiteti)

xelilova.elmira0301@gmail.com

Xülasə: *Müasir informasiya texnologiyalarının inkişafı nəticəsində elektron sənəd dövriyyəsi idarəetmə və təşkilati kommunikasiya sistemlərinin ayrılmaz hissəsinə çevrilmişdir. Elektron sənədlərlə işləmə prosesində istifadəçilərin məlumat emalı təcrübələrinin öyrənilməsi əməliyyatların sürətini və dəqiqliyini artırmaq üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Tədqiqatda elektron sənəd dövriyyəsində istifadəçi davranışlarının analizi, interfeys həllərinin optimallaşdırılması və süni intellekt əsaslı tövsiyə sistemlərinin tətbiqi məsələləri araşdırılmışdır. Böyük verilənlər analitikası vasitəsilə istifadəçilərin sənəd işləmə zamanı qarşılaşdıqları çətinliklər müəyyən edilmiş, bu məlumatlar əsasında daha səmərəli UX (User Experience) modelləri formalaşdırılmışdır. Süni intellektin, xüsusən də maşın öyrənməsi və təbii dilin emalı (NLP) alqoritmlərinin inteqrasiyası sənədlərin avtomatik təsnifatı və məlumat axınının idarə edilməsində yüksək səmərəlilik təmin edir. Araşdırma nəticələri göstərir ki, istifadəçi yönümlü interfeyslər sənəd emal vaxtını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır, sistemin cavab sürətini artırır və məlumat itkisi risklərini minimuma endirir. Bu nəticələr elektron idarəetmə və rəqəmsal transformasiya strategiyalarında tətbiqi baxımından mühüm praktik əhəmiyyətə malikdir.*

Açar sözlər: *Elektron sənəd dövriyyəsi, istifadəçi təcrübəsi, süni intellekt, böyük verilənlər, məlumat emalı, UX dizayn.*

Elektron sənəd dövriyyəsi (ESD) müasir idarəetmə sistemlərində sənədlərin yaradılması, emalı, ötürülməsi və arxivləşdirilməsi proseslərinin tam avtomatlaşdırılmış şəkildə həyata keçirilməsini təmin edən informasiya texnologiyası platformasıdır. Bu sistemlərin əsas məqsədi sənəd axınını sürətləndirmək, insan faktoru ilə bağlı gecikmələri və səhvləri minimuma endirməkdir. Lakin bu məqsədlərə çatmaq üçün sistemin texniki gücü ilə yanaşı, istifadəçinin bu mühitdəki təcrübəsi — yəni **istifadəçi təcrübəsi (User Experience, UX)** mühüm rol oynayır. [3]

İstifadəçi təcrübəsi ESD-də istifadəçinin sistemlə qarşılıqlı əlaqəsinin rahatlığını, məlumat emalının intuitivliyini və əməliyyatların psixoloji qəbulunu müəyyən edir. Praktiki baxımdan, sənədin yaradılması və paylaşılması prosesində istifadəçinin qarşılaşdığı interfeys mürəkkəbliyi və vizual nizamlamalar onun məhsuldarlığına birbaşa təsir göstərir. Araşdırmalar göstərir ki, optimal

dizayn edilmiş interfeyslər sənədin emal müddətini 25–35% azaldır, eyni zamanda istifadəçi səhvlərini 40%-ə qədər azaldır.

Nəzəri baxımdan, UX prinsiplərinin tətbiqi Gestalt dizayn qanunları, koqnitiv psixologiya və insan-kompüter qarşılıqlı əlaqəsi nəzəriyyələrinə əsaslanır. Bu yanaşma sənəd axınında məlumatın qavranmasını asanlaşdırır, məlumatın aydın strukturlaşdırılmasını təmin edir və qərar qəbul etmə proseslərini sürətləndirir. Praktik istiqamətdə isə bu, ESD sistemlərində interfeys adaptasiyasının, rəng kodlaşdırmasının, avtomatik axtarış və filtr mexanizmlərinin təkmilləşdirilməsi ilə reallaşır.

Müasir yanaşmalarda istifadəçi təcrübəsinin təkmilləşdirilməsi süni intellekt modulları ilə birləşdirilir. Məsələn, sistem istifadəçinin fəaliyyət nümunələrini analiz edərək ən çox istifadə olunan funksiyaları önə çıxarır, sənədlərin avtomatik yönləndirilməsini təmin edir və məlumat emalı ardıcılığını optimallaşdırır. Beləliklə, elektron sənəd dövriyyəsində UX yalnız texnoloji deyil, həm də idarəetmə baxımından strateji əhəmiyyət daşıyır.

Elektron sənəd dövriyyəsinin səmərəliliyinin artırılması üçün istifadəçi təcrübəsinin nəzəri prinsipləri ilə yanaşı, onların praktik tətbiqi — yəni istifadəçi davranışlarının analizinə əsaslanan sistem optimallaşdırılması vacibdir. Bu, həm dövlət idarəçiliyində, həm də özəl sektorda sənəd dövriyyəsinin çevikliyini və şəffaflığını təmin edən əsas amillərdən biridir.

Elektron sənəd dövriyyəsində süni intellekt (SI) və böyük verilənlər (Big Data) texnologiyalarının tətbiqi idarəetmə proseslərini avtomatlaşdırmaq, məlumat emalının sürətini və dəqiqliyini artırmaq üçün müasir rəqəmsal transformasiyanın əsas istiqamətlərindən biridir. Ənənəvi sənəd dövriyyəsi sistemlərində əməliyyatların çoxu insan nəzarətinə əsaslandığı üçün məlumat axınında gecikmələr, təkrarlanan əməliyyatlar və resurs itkisi qaçılmaz olur. Süni intellekt və böyük verilənlər bu problemləri aradan qaldıraraq sənəd idarəçiliyinin intellektual səviyyədə təşkilinə imkan yaradır [1] və sənəd dövriyyəsinin real vaxt göstəricilərini qiymətləndirməyə imkan verir.

Süni intellekt və böyük verilənlər texnologiyalarının sintezi ESD-də **ağıllı avtomatlaşdırma modellərini** formalaşdırır. Məsələn, sənədin məzmununa əsasən onun avtomatik istiqamətləndirilməsi, təkrarlanan sənədlərin aşkarlanması, eyni məzmunlu sənədlərin birləşdirilməsi və ya köhnə versiyaların arxivləşdirilməsi kimi funksiyalar sistemin məhsuldarlığını əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Bununla yanaşı, SI əsaslı **optik simvol tanıma (OCR)** və **səs-mətn çevrilməsi** texnologiyaları kağız sənədlərin rəqəmsallaşdırılmasını və sənəd axınında tam elektron mühitə keçidi təmin edir. [1]

Təhlükəsizlik aspektindən baxıldıqda, süni intellekt əsaslı sistemlər **anomalıya aşkarlanması və kibertəhlükəsizlik monitorinqi** sahəsində də mühüm rol oynayır. Məlumatların icazəsiz dəyişdirilməsinə və ya sistemə kənar müdaxilələrə qarşı SI modelləri real vaxt rejimində xəbərdarlıq edə bilir. Bu isə sənəd dövriyyəsinin bütövlüyünü və etibarlılığını qoruyur.

Elektron sənəd dövriyyəsinin təkmilləşdirilməsi rəqəmsal idarəetmənin effektivliyinin artırılması və qərar qəbul etmə proseslərinin sürətləndirilməsi baxımından strateji əhəmiyyət daşıyır. Bu sahədə əsas məqsəd yalnız texniki modernləşmə deyil, həm də istifadəçi yönümlü və adaptiv sistemin formalaşdırılmasıdır. Müasir tendensiyalar göstərir ki, effektiv sənəd dövriyyəsi sistemləri yalnız avtomatlaşdırılmış mexanizmlər deyil, həm də süni intellekt və analitik göstəricilərlə (KPI və UX metriklər) dəstəklənmiş idarəetmə ekosistemləridir. [2]

Təkmilləşdirmə istiqamətlərindən biri **intuitiv interfeys dizaynının və UX analitik sistemlərinin tətbiqi**dir. ESD platformalarında istifadəçi davranışlarının davamlı monitorinqi əsasında adaptiv interfeyslər formalaşdırıla bilər. Məsələn, sistem istifadəçinin iş ritmini və ən çox istifadə etdiyi funksiyaları analiz edərək fərdiləşdirilmiş menyular və qısa yollar təqdim edə bilər. Bu, sənəd emalının sürətini artırmaqla yanaşı, istifadəçi yüklənməsini azaldır. İkinci istiqamət kimi **ağıllı avtomatlaşdırma modellərinin tətbiqi** göstərilə bilər. Süni intellekt modulları sənədlərin məzmununu təhlil edərək onları avtomatik kateqoriyalara bölür, təkrarlanan sənədləri aşkarlayır və müvafiq şöbələrə yönləndirir. Belə bir yanaşma sənəd axınında insan müdaxiləsini minimuma endirir və məlumat emalı prosesini 24/7 rejimdə fasiləsiz şəkildə həyata keçirməyə imkan yaradır. Bununla yanaşı, sistemdə **avtomatik sənəd versiyalaşdırma və dəyişiklik izləmə funksiyalarının** yaradılması sənədlərin tam izlənməsini və nəzarətini təmin edir. Üçüncü istiqamət **böyük verilənlərə əsaslanan qərar dəstək sistemlərinin qurulması**dır. Elektron sənəd dövriyyəsində toplanan metaverilərin (məsələn, sənədin yaradılma müddəti, təsdiq vaxtı, emal ardıcılığı) təhlili vasitəsilə sistemin zəif nöqtələri müəyyən edilə bilər. Bu məlumatların vizuallaşdırılması idarəetmə orqanlarına sənəd axınında gecikmələrin səbəblərini aşkarlamağa, resurs bölgüsünü optimallaşdırmağa və səmərəlilik göstəricilərini yüksəltməyə imkan verir. [4]

Tədqiqat nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, elektron sənəd dövriyyəsinin effektivliyinin artırılmasında əsas amil yalnız texnoloji yeniliklərin tətbiqi deyil, həm də istifadəçi təcrübəsinə əsaslanan adaptiv idarəetmə yanaşmasının formalaşdırılmasıdır. İstifadəçi davranışlarının analizi, süni intellekt modullarının tətbiqi və böyük verilənlər texnologiyalarının inteqrasiyası sənəd emalı

nın sürətini və keyfiyyətini əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldir.

Eyni zamanda, istifadəçi yönümlü interfeyslərin və adaptiv UX dizaynlarının tətbiqi sənəd dövriyyəsində çevikliyi və funksional rahatlığı artırır. Bu təcrübələrin blokçeyn texnologiyası ilə birləşdirilməsi sənəd təhlükəsizliyini, şəffaflığı və hüquqi etibarlılığı təmin edən mühüm mərhələ kimi qiymətləndirilə bilər. Beləliklə, elektron sənəd dövriyyəsinin təkmilləşdirilməsi müasir rəqəmsal idarəetmə sistemlərinin strateji prioritetlərindən biri olmalı, süni intellekt, böyük verilənlər və istifadəçi təcrübəsi integrasiyasına əsaslanan yeni idarəetmə modelinə keçid təmin edilməlidir. Bu yanaşma həm dövlət idarəçiliyi, həm də özəl sektor üçün daha çevik, səmərəli və şəffaf sənəd idarəetmə ekosisteminin formalaşmasına xidmət edir.

Ədəbiyyat

1. Əliyev, T. Elektron sənəd dövriyyəsi sistemlərində istifadəçi təcrübəsinin təkmilləşdirilməsi. Bakı: UNEC Nəşriyyatı, 2023, 212 s.
2. Məmmədova, L. Rəqəmsal idarəetmə və sənəd axınında süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi. Bakı: Elm və Təhsil, 2024, 268 s.
3. Qasimov, E. Elektron sənəd dövriyyəsində UX dizayn prinsipləri və məlumat emalı səmərəliliyi. Azərbaycan Texniki Universiteti Elmi Əsərlər Jurnalı, №2, 2024, s. 75–88.
4. Petrova, I., & Zhukov, A. Artificial Intelligence and User Experience Optimization in E-Document Workflow Systems. International Journal of Digital Transformation, Vol. 5, No. 1, 2023, pp. 45–59.
5. Abbasova, N. Elektron idarəetmə mühitində istifadəçi yönümlü sistemlərin formalaşdırılması: problemlər və perspektivlər. Bakı: İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, 2022, 196 s.

BANK SEKTORLARINA QARŞI HÜCUMLAR VƏ MÜDAFİƏ YOLLARI

İbadov Rəşad

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

mr.ibadovrashad@gmail.com

Xülasə: Son illərdə texnologiyanın inkişafı bank sektorunu kibercinayətkarlığın əsas hədəflərindən birinə çevirmişdir. Bu məruzədə məqsəd banklara qarşı həyata keçirilən əsas kiberhücumların növlərini və bu hücumların baş verməsinə səbəb olan zəiflikləri araşdırmaqdır. Tədqiqatda deskriptiv təhlil metodu tətbiq edilmiş və son beş ildə baş verən real kiberhücum hadisələri nümunə kimi təqdim olunmuşdur. Məlum olmuşdur ki, əsas boşluqlar sırasına təhlükəsizlik yeniləmələrinin gecikdirilməsi, zəif autentifikasiya sistemləri və insan faktoru daxildir. Təklif edilən müdafiə tədbirlərinə firewall, çoxfaktorlu autentifikasiya, məlumatların şifrələnməsi və işçi maarifləndirilməsi daxildir. Məruzə nəticəsində

belə qənaətə gəlinmişdir ki, bankların informasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi üçün texniki və maarifləndirici tədbirlərin paralel şəkildə həyata keçirilməsi zəruridir.

Açar sözlər: kibertəhlükə, bank, boşluq, müdafiə, autentifikasiya

Giriş

Müasir dövrdə bank sektoru rəqəmsallaşmanın ən çox təsir göstərdiyi sahələrdən biridir. Onlayn bankçılıq, mobil ödəniş sistemləri və elektron tranzaksiyalar insanların gündəlik həyatının ayrılmaz hissəsinə çevrilmişdir. Bank məlumat bazalarının zənginliyi və maliyyə əməliyyatlarının yüksək dəyəri kibershücumçular üçün cəlbedici hədəf yaradır. Son illərdə banklara qarşı həyata keçirilən hücumlar həm texnoloji, həm də sosial üsullarla həyata keçirilir. Beləliklə, tədqiqatın nəticələri bank sistemlərində təhlükəsizlik səviyyəsinin yüksəldilməsinə, hücumların vaxtında aşkarlanmasına və qarşısının alınmasına praktiki töhfə verməyi hədəfləyir.

Əsas

Bank sektorunun rəqəmsal xidmətlərə integrasiyası artdıqca ona qarşı həyata keçirilən kibershücumların miqyası və mürəkkəbliyi də yüksəlmişdir. Mövcud tədqiqatlar göstərir ki, banklara qarşı ən çox istifadə olunan beş əsas hücum növü fişinq, DDoS, zərərli proqram hücumları, sistem zəifliklərindən istifadə və sosial mühəndislikdir.

Fişinq hücumları bank müştərilərini və əməkdaşlarını aldadaraq onların giriş məlumatlarını ələ keçirmək məqsədi ilə həyata keçirilir. Hücumçular saxta e-poçt və veb-saytlar vasitəsilə istifadə

çiləri yönləndirərək hesab məlumatlarını mənimsəyirlər. Bu hücumlar son illərdə daha çox yayılmış və bank sistemlərinə ciddi zərər vurmuşdur [6].

DDoS hücumları isə bank serverlərini həddindən artıq trafiklə yükləyərək xidmətlərin dayanmasına səbəb olur. Belə hücumlar bank əməliyyatlarında gecikmələr, müştəri narazılığı və maliyyə itkiləri ilə nəticələnir. Bankların bu hücumlara qarşı ən əsas müdafiə vasitələri real vaxt trafik monitorinqi və yük balanslaşdırılması texnologiyalarıdır [6].

2024-cü ildə Santander Bankında baş verən məlumat sızması nəticəsində müştəri məlumatlarının böyük bir qismi oğurlanmışdır [1]. Eyni zamanda 2023-cü ildə MOVEit platformasında baş vermiş boşluq qlobal səviyyədə böyük həcmli məlumat sızmasına səbəb olmuşdur [2]. 2021-ci ildə Microsoft Exchange Server-in sızması isə təşkilatların elektron poçt infrastrukturunun nə dərəcədə həssas olduğunu göstərmişdir [3].

Bank infrastrukturundakı proqram zəiflikləri də tez-tez hücumçular tərəfindən istismar edilir. 2024-cü ildə Citrix Bleed boşluğu bir çox maliyyə təş-

kilatlarında kənar şəxslərin sistemlərə sızması üçün istifadə olunmuşdur [4]. Bu vəziyyət bankların yenilənmə və patch-management proseslərini gücləndirməsinin vacibliyini bir daha sübut edir.

Sosial mühəndislik və daxili təhlükələr isə bank sistemlərinin ən zəif həl-qələrindən biridir. The Australian mənbəyinin məlumatına görə, Çin mənşəli hakerlər telekommunikasiya şirkətlərinə sızaraq bəzi bank sistemlərinə daxil olmağa cəhd etmişdir [5]. Sosial mühəndislik əsasən insan faktoruna təsir etdi-yi üçün banklar əməkdaşların davranış təhlükəsizliyi üzrə mütəmadi təlimlər keçirməlidir [6]

Nəticə

Ümumilikdə, bu hücumların təhlili göstərir ki, bank sektorunda məlumat-ların şifrələnməsi, çoxfaktorlu identifikasiya, Zero-Trust modeli, vaxtında ya-mama və davamlı zəiflik analizi kimi müdafiə üsullarının tətbiqi vacibdir. Eyni zamanda Stallings tərəfindən vurğulanan təhlükəsizlik standartlarına əsasla-nan yanaşma [6] bankların insidentlərə qarşı daha dayanıqlı olmasını təmin edir. Beləliklə, qeyd edilən hücumlar sektor üzrə həm texniki, həm də idarəet-mə səviyyəsində təhlükəsizlik strategiyalarının gücləndirilməsinin zəruriliyini bir daha təsdiq edir.

Ədəbiyyat

1. Financial Times. (2024). *Santander bank hit by major data breach a1* Wikipedia. (2023). *2023 MOVEit data breach*.
2. Wikipedia. (2021). *2021 Microsoft Exchange Server data breach*.
3. Axios. (2024). *Citrix Bleed vulnerability exploited by hackers targeting financial in-stitutions*.
4. The Australian. *Aussie banks targeted in global cyber heist as Chinese hackers infil-trate telcos*.
5. Stallings, W. (2021). *Network Security Essentials: Applications and Standards*. Pearson.

ÜMUMİ STRATEJİ İŞ MƏKANLARINDA TƏHLÜKƏSİZLİK

İbadov Rəşad

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

mr.ibadovrashad@gmail.com

Xülasə: *Strateji iş məkanları dövlətin iqtisadi, siyasi və sosial sabitliyinin qorun-masında əsas rol oynayan obyektlərdir. Bu məkanlara nəqliyyat qovşaqları, enerji infra-strukturu, maliyyə qurumları, informasiya-kommunikasiya sistemləri, dövlət idarəetmə binaları və digər kritik fəaliyyət zonaları daxildir. Bu obyektlərə qarşı yönəldilən təhdidlər*

həm fiziki, həm də kiber müstəvidə müşahidə olunur və terror aktları, sabotaj, məlumat sızması, daxili təhlükələr, sosial mühəndislik hücumları və idarəetmə sistemlərinin pozulması kimi formalar alır. Strateji obyektlərin təhlükəsizliyinin təminatı kompleks yanaşma tələb edir. Bu yanaşmaya təhlükələrin əvvəlcədən qiymətləndirilməsi, dayanıqlı infrastruktur qurulması, süni intellektə əsaslanan real vaxt monitorinqi, şəbəkə izolyasiyası, giriş nəzarəti, çoxfaktorlu identifikasiya, fəvqəladə hallara hazır olma planları və işçi heyətinin mütəmadi təlimləndirilməsi daxildir. Təhlükəsizliyin idarəedilməsində "Zero Trust" modelinin tətbiqi, risk xəritələşdirmə metodlarının genişləndirilməsi və milli səviyyədə vahid koordinasiya mexanizmlərinin gücləndirilməsi xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Nəticə olaraq idarəetmə, hüquqi tənzimləmə və təlim-təşkilati sistemlərin inteqrasiyası ilə səmərəli şəkildə təmin olunur.

Açar sözlər: *Strateji obyektlər, kritik infrastruktur, informasiya təhlükəsizliyi, kiber təhlükələr, SCADA sistemləri, təhlükəsizlik idarəetməsi.*

Giriş

Strateji obyektlər dövlətin iqtisadi və təhlükəsizlik sabitliyində mühüm rol oynayan kritik infrastrukturlardır və onların fasiləsiz fəaliyyəti cəmiyyətin normal həyat ritmini təmin edir. Bu obyektlər arasında enerji sistemləri, nəqliyyat şəbəkələri, rabitə və idarəetmə mərkəzləri xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Son illərdə rəqəmsal sistemlərin geniş tətbiqi bu infrastrukturları həm texniki, həm də informasiya yönümlü təhdidlərə daha həssas etmişdir. ENISA-nın hesabatında qeyd olunur ki, strateji obyektlərə qarşı kiber hücumlar təkcə məlumat itkisinin deyil, həm də kritik xidmətlərin dayanmasının başlıca səbəbləri sırasındadır (*ENISA, 2023*). Buna görə də, belə obyektlərdə informasiya təhlükəsizliyinin gücləndirilməsi və risklərin idarə olunması dövlət təhlükəsizliyinin prioritet istiqamətlərindən biri hesab edilir.

Əsas

Müasir dövrdə informasiya, dövlətlərin və müəssisələrin əsas strateji resurslarından biri hesab olunur. İnformasiya resurslarının qorunması xüsusilə strateji obyektlərdə – yəni enerji infrastrukturunu, nəqliyyat mərkəzləri, dövlət idarəetmə orqanları, rabitə şəbəkələri və böyük sənaye müəssisələrində – xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu obyektlərə qarşı yönəlmiş təhlükələr həm fiziki, həm də kiber müstəvidə baş verə bilər və onların hər ikisi dövlətin təhlükəsizliyi, iqtisadi sabitliyi və milli maraqları üçün ciddi risk yaradır [1].

Strateji obyektlərin informasiya təhlükəsizliyi yalnız texnoloji sistemlərin qorunması ilə məhdudlaşmır. Tədqiqatlar göstərir ki, təhlükəsizlik yanaşması şəxəli və inteqrəedilmiş olmalıdır: fiziki təhlükəsizlik, şəbəkə təhlükəsizliyi, insan faktoru və təşkilati idarəetmə prosesləri vahid sistem kimi fəaliyyət göstərməlidir [2]. Bu, xüsusilə SCADA və digər avtomatlaşdırılmış idarəetmə

sistemləri tətbiq olunan obyektlərdə daha da vacibdir, çünki həmin sistemlərə edilən kiber müdaxilə real dünyada fiziki nəticələrə səbəb ola bilər [3].

Son illər aparılan araşdırmalar göstərir ki, strateji obyektlərdə təhlükəsizliklə bağlı əsas zəif nöqtələrdən biri insan amilidir. Məlumat sızmalarının, sosial mühəndislik hücumlarının və daxili təhlükələrin əsas mənbəyi çox vaxt texniki boşluqlar deyil, işçilərin davranış və qərar səhvləridir [4]. Buna görə də təhlükəsizlik strategiyaları yalnız texniki müdafiə həllərinə deyil, həm də maarifləndirmə, təlim və məsuliyyət bölgüsünə əsaslanmalıdır.

Digər tərəfdən, kritik infrastruktur və strateji obyektlər rəqəmsallaşdıqca hücum səthinin genişlənməsi müşahidə olunur. Ağıllı sistemlərin, IoT cihazların və mərkəzləşdirilmiş nəzarət platformalarının yayılması kiber hücumların təsir radiusunu artırır və bu obyektləri yüksək prioritetli hədəflərə çevirir [5]. Bu şəraitdə təhlükəsizlik, yalnız müdafiə tədbirləri ilə deyil, həm də operativ reaksiyanın, davamlılığın və bərpa mexanizmlərinin gücləndirilməsi ilə təmin olunmalıdır.

Nəticə

Bu tədqiqat göstərir ki, strateji obyektlərdə informasiya təhlükəsizliyi yalnız texniki müdafiə tədbirlərindən ibarət deyil — o, texnologiya, təşkilati struktur, idarəetmə prosesləri və fiziki mühafizənin sinerjisindən qaynaqlanmalıdır. CISA-nın vurğuladığı kimi, kritik infrastrukturların mühafizəsində “hazırlıq, qarşısının alınması, aşkar edilmə, cavab və bərpa” mərhələləri bir-biri ilə əlaqəli şəkildə işləməlidir. [7] Eyni zamanda, CSIS-in araşdırması göstərir ki, dövlət-özəl sektor əməkdaşlığı və institusional çərçivələr olmadan risklərin vaxtında aşkarlanması və qarşısının alınması çətinləşir. [6] Nəticədə, strateji obyektlərin informasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi üçün bir çox ölçülü, sistemli və davamlı yanaşmanın formalaşdırılması zəruridir.

Ədəbiyyat

1. Smart Cities and Cybersecurity, 2019, s. 11
2. Kaddoura & Al-Mohannadi, 2021, s. 4-5
3. Multidimensional Cybersecurity Framework, 2022, s. 9
4. Standardizing Information Security, 2022, s. 3
5. Physical Standardizing Information Security, 2023, s. 14
6. <https://www.csis.org/analysis/critical-infrastructure-protection>
7. <https://www.cisa.gov/critical-infrastructure-security-resilience>

DİFFUZIYA PROSESİNİ İFADƏ EDƏN SPEKTRAL MƏXSUSİ MƏXSUSİ ƏDƏDİ VƏ MƏXSUSİ FUNKSİYASI HAQQINDA

İbrahimzadə Ağasalam, Əhmədov Saleh

(Bakı Dövlət Universiteti, SABAH qrupları)

aibrahimzade@std.beu.edu.az, salehmedov0@gmail.com

Açar sözlər: Qarışıq məsələ, spektral məsələ, məxsusi ədəd, məxsusi funksiya, baş determinant.

Giriş: Dəyişən əmsallı parabolik tənlik üçün direkli sərhəd şərtlə qarışıq məsələyə baxılmışdır. Baxılan qarışıq məsələyə uyğun parametrdən asılı adi diferensial tənlik üçün sərhəd məsələsi qurulmuş və bu məsələnin məxsusi ədədləri və məxsusi funksiyaları tapılmışdır.

İşdə aşağıdakı qarışıq məsələyə baxılıb:

$$ax^2u_{xx}+bxu_x+cu=f(t)u_t \quad 1 < x < L, t > 0, \quad (1)$$

$$\begin{cases} u(1,t)=0 \\ u(L,t)=0 \end{cases} \quad (2)$$

$$u(x,0)=\varphi(x) \quad (\varphi(x)) \quad (3)$$

(1)-(3) qarışıq məsələsinə uyğun aşağıdakı kimi spektral məsələ qarşı qoyulur:

$$ax^2 y''+bxy'+cy=-\lambda^2 y \quad (5)$$

$$\begin{cases} y(1)=0 \\ y(L)=0 \end{cases} \quad (6)$$

Göründüyü kimi (5) tənliyi Eyler tənliyidir. (5) tənliyinin həllini $y=x^m$ şəklində axtarsaq, bu tənliyə uyğun xarakteristik tənlik aşağıdakı şəkildədir:

$$am^2+(b-a)m+(c+\lambda^2)=0 \quad (7)$$

(7) tənliyinin kökləri aşağıdakı şəkildədir:

$$m_1(\lambda)=\frac{1}{2a}(a-b-\sqrt{D(\lambda)})$$

$$m_2(\lambda)=\frac{1}{2a}(a-b+\sqrt{D(\lambda)})$$

$$\text{Burada, } D(\lambda)=(b-a)^2-4a(c+\lambda^2) \quad (8)$$

(5) tənliyinin ümumi həlli

$$y=c_1x^{m_1(\lambda)}+c_2x^{m_2(\lambda)} \text{ şəkildədir.}$$

Bu həlli (6)-da nəzərə alaq.

$$\begin{cases} c_1+c_2=0 \\ c_1L^{m_1(\lambda)}+c_2L^{m_2(\lambda)}=0 \end{cases}$$

Sistemin baş determinantı sıfıra bərabər olmalıdır ki, onun trivial olmayan həlli

olsun, yəni

$$\Delta(\lambda) = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ L^{m_1(\lambda)} & L^{m_2(\lambda)} \\ \text{Bu} & \text{tənliyi} \\ \frac{\sqrt{D(\lambda)}}{a} \end{vmatrix} = 0 \quad \text{sadələşdirsək, alırıq:}$$

$$L \quad D(\lambda_n) = \left(\frac{2a\pi n}{\ln L} \right)^2, \quad n \in N \quad (9)$$

(8)-i (9)-da nəzərə alsaq, məxsusi ədədləri aşağıdakı şəkildə tapırıq:

$$d_n^2 = \frac{1}{a} \left[\frac{1}{4} (b-a)^2 - ac + \left(\frac{a\pi n}{\ln L} \right)^2 \right], \quad n \in N.$$

(5), (6) spektral məsələnin məxsusi funksiyaları aşağıdakı şəkildə tapılır:

$$y = c_1 \left[x^{\frac{a-b}{2a}} - \frac{\pi n}{\ln L} \right], \quad n \in N, \quad x^{\frac{a-b}{2a}} + \frac{\pi n}{\ln L}$$

Ədəbiyyat

1. Лыков А.В. Тепло и масса обмен в неньютоновских жидкостях, Москва 1968.
2. Лыков А.В. Тепло и массоперенос, Т.1, Изд. Энергия, М.1969.
3. Лыков А.В. Тепло и массообмен с окружающей средой, Минск 1965.
4. Асадова О.Г., Мамедова Н.Г., Аббасова А.Х. Исследование одной физической задачи о распространении тепла в жидкости, *Nəzəri və Tətbiqi Mexanika* No 2, Bakı-2015, s.108-115.
5. Расулов М.Л., Метод контурного интеграла. Изд. Наука, М. 1964.

NEFTÇIXARMA İLƏ BAĞLI BİR MƏSƏLƏNİN ÇIXIQLAR ÜSULU İLƏ HƏLLİ

İbrahimzadə Ağasalam, Namazov Atif

(Bakı Dövlət Universiteti, SABAH qrupları)

aibrahimzade@std.beu.edu.az, azatif.namazov@aztu.edu.az

Açar sözlər: klassik həll, spektral məsələ, Grin funksiyası, Koşi funksiyası, determinant.

Giriş: İşdə baxılan tənlikdə istilik keçirmə əmsalı zamandan asılı olaraq dəyişir. Sərhəd şərtləri isə ümumi xətti sərhəd şərtləri götürülmüşdür. Sərhəd şərtləri müxtəlif halları üçün qarışıq məsələnin həllinin analitik forması tapılmışdır. Qarışıq məsələnin həllinin varlığı və yeganəliyi axırıncı teoremdə verilmişdir.

İşdə aşağıdakı məsələyə baxılmışdır.

$$\frac{\partial u(x, t)}{\partial t} = f(t) \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} \quad (1)$$

$$u(x, 0) = \varphi(x) \quad (2)$$

$$L_1(u) \equiv \alpha_{11}u(0, t) + \alpha_{12} \frac{\partial u(0, t)}{\partial x} + \beta_{11}u(1, t) + \beta_{12} \frac{\partial u(1, t)}{\partial x} = 0$$

$$L_2(u) \equiv \alpha_{21}u(0, t) + \alpha_{22} \frac{\partial u(0, t)}{\partial x} + \beta_{21}u(1, t) + \beta_{22} \frac{\partial u(1, t)}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

1-3 məsələsinin klassik həllini axtarıyıq.

1-3 məsələsinə uyğun aşağıdakı spektral məsələ qarşıya qoyulur.

$$y'' - x^2 y = 0 \quad (4)$$

$$L_j(y) \equiv \alpha_j y(0) + \alpha_j y'(0) + \beta_j y(1) + \beta_j y'(1) = 0 \quad (j=1, 2), \quad (5)$$

4-5 spektral məsələsinə uyğun Grin funksiyası aşağıdakı kimi qurulur.

$$G(x, \xi, \lambda) = \frac{\Delta(x, \xi, \lambda)}{\Delta \lambda}$$

Burada $\Delta(\lambda)$ Grin funksiyasının xarakteristik determinantı,

$\Delta(x, \xi, \lambda)$ -isə köməkçi determinantı adlanır.

$$\Delta(\lambda) = \begin{vmatrix} L_1(e^{\lambda x}) & L_1(e^{-\lambda x}) \\ L_2(e^{\lambda x}) & L_2(e^{-\lambda x}) \end{vmatrix}, \quad \Delta(x, \xi, \lambda) = \begin{vmatrix} g(x, \xi, \lambda) & e^{\lambda x} \\ L_1(g)_x & L_1(e^{\lambda x}) \\ L_2(g)_x & L_2(e^{\lambda x}) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} e^{-\lambda x} \\ L_1(e^{-\lambda x}) \\ L_2(e^{-\lambda x}) \end{vmatrix}$$

$g(x, \xi, \lambda)$ Koşi funksiyasıdır və o, aşağıdakı şəkildə tapılır.

$$g(x, \xi, \lambda) = \frac{\operatorname{sgn}(x-\xi)}{2} \operatorname{sh} \lambda(x-\xi)$$

$\Delta(\lambda)$ determinantını alsaq alarıq:

$$\Delta(\lambda) = [c_{11} + (c_{21} - c_{12})\lambda - c_{22}\lambda^2]e^{-\lambda} + [-c_{11} + (c_{21} - c_{12})\lambda + c_{22}\lambda^2]e^{\lambda} - 2(a+b)\lambda$$

Burada aşağıdakı işarələmələri qəbul edək:

$$a = \begin{vmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \end{vmatrix}, \quad b = \begin{vmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} \\ \beta_{21} & \beta_{22} \end{vmatrix}, \quad c_{js} = \begin{vmatrix} \alpha_{1j} & \beta_{1s} \\ \alpha_{2j} & \beta_{2s} \end{vmatrix}, \quad (i, s) \in \{1, 2\}$$

Aşağıdakı 2 hala nəzər yetirək.

$$1^\circ. \quad c_{22} \neq 0,$$

$$\lambda_n = \pi n i + O\left(\frac{1}{n}\right), \quad n \rightarrow \infty$$

$$2^\circ. \quad c_{22} = 0, \quad c_{12} - c_{21} \neq 0,$$

$$\lambda_n = \ln|d| + i(\arg d + 2\pi n) + O\left(\frac{1}{n}\right), \quad n \rightarrow \infty$$

Burada d aşağıdakı ifadə ilə tapılmışdır.

$$d = \frac{1}{c_{21} - c_{12}} [a + b \pm ((a + b)^2 - c^2)^{1/2}]$$

İşdə aşağıdakı teorem isbat olunmuşdur.

Teorem: Tutaq ki, $\varphi(x) \in C'[0, 1]$, $L_1(\varphi) = L_2(\varphi) = 0$ $f(t) \in C[0; +\infty)$

1° və ya 2° şərtlərindən biri ödəyərsə, onda 1-3 qarışıq məsələsinin $u \in C^{2,1}(0 < x < 1, t > 0) \cap C^{1,0}(0 \leq x \leq 1, t > 0) \cap C(0 \leq x \leq 1, t \geq 0)$ bu sinifdən olan

yeganə həlli var və bu həll aşağıdakı kimi göstərilir.

$$u(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} \text{res}_{\lambda=\lambda_0} \lambda \exp \lambda^2 \int_0^t f(t) dt G(x, \xi, \lambda) \varphi(\xi) d\xi$$

$$\lambda = \lambda_0$$

Ədəbiyyat

- 1.Расулов М.Л. Метод контурного интеграла. Наука, Москва, 1964, 458 с.
- 2.Наймарк М.А. Линейные дифференциальные операторы. Москва, Наука, 1969.
- 3.Мамедов Ю.А. О задаче Штурма-Лиувилля в случае комплексной плотности // Вестник Бакинского Государственного Университета, сер., физ.-мат. наук, 1988, №1, с.133-142.
- 4.Мамедов Ю.А. "О задаче Штурма-Лиувилля в случае комплексной плотности". Вестник БГУ, сер. физ.-мат. наук, №1; 1983, с. 133-142.
- 5.Mamedov Yu A. On Sturm – Liouville problem for the equation with the complex-valued density "International conference" Differential equations and Related Topics "dedicated to the Centenary Annivesary of Ivan G.Petrovski", Moscow, May 22-27 , 2001. стр. 255-256.

HIPERBOLİK TİP XƏTTİ DİFERENSİAL TƏNLİK ÜÇÜN İNTEQRAL ŞƏRTLİ BİR MƏSƏLƏNİN HƏLLİNƏ SONLU FƏRQLƏR ÜSULUNUN TƏTBİQİ

İsayev Mirvəhab

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

isayevmirvəhab@gmail.com

Xülasə: İşdə hiperbolik tip diferensial tənlik üçün inteqrql şərtli bir məsələnin həllinə sonlu fərqlər üsulunun tətbiqi verilib. İnteqral şərtləri, qeyri-lokal sərhəd şərtləri ilə əvəz edildikdən sonra, baxılan tənliyin alınmış qeyri-lokal sərhəd şərtlərini və verilmiş başlanğıc şərtləri ödəyən həllinin tapılması məsələsinin həllinə sonlu fərqlər üsulu tətbiq edilmiş, məsələni ikinci tərtib dəqiqliyi ilə approksimasiya edən fərq məsələsi qurulmuş və bu məsələnin həll alqoritmi tədqiq edilmişdir.

Açar sözlər: Hiperbolik tip tənlik, inteqral şərtləri, fərq məsələsi, approksimasiya.

1.Məsələnin qoyuluşu

Tutaq ki, qapalı $\overline{D} = \{0 \leq x \leq l, 0 \leq t \leq T\}$ oblastında təyin olunmuş, x və t dəyişənlərindən asılı elə $u = u(x, t)$ funksiyasını tapmaq tələb olunur ki, bu funksiya

$$\frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} + bu(x, t) + f(x, t), 0 < x < l, 0 < t \leq T \quad (1)$$

tənliyini

$$\begin{cases} \int_0^l c_1(x)u(x,t)dx = \mu_1(t), \\ \int_0^l c_2(x)u(x,t)dx = \mu_2(t), \end{cases} \quad 0 \leq t \leq T, \quad (2)$$

integral şərtlərini və

$$u(x,0) = \varphi_1(x), \quad \frac{\partial u(x,0)}{\partial t} = \varphi_2(x), \quad 0 \leq x \leq l \quad (3)$$

başlangıç şərtlərini ödəsin.

Bu məsələdə iştirak edən $a > 0$, b ədədləri həqiqi ədədlər, $f(x,t)$, $\mu_1(x)$, $\mu_2(x)$, $\varphi_1(x)$, $\varphi_2(x)$ funksiyaları məlum kəsilməz funksiyalardır. Fərz olunur ki, (2) integral şərtlərində iştirak edən $c_1(x)$ və $c_2(x)$ funksiyaları

$$\begin{cases} c_1''(x) = a_1 c_1(x), \\ c_2''(x) = a_2 c_2(x) \end{cases} \quad (4)$$

şərtlərini ödəyir. Bu tənliklərdə iştirak edən a_1 və a_2 əmsalları məlum həqiqi ədədlərdir.

(1) tənliyi sabit əmsallı hiperbolik tip tənlikdir. $u(x,t)$ funksiyasının bu tənliyi ödəməsi üçün, aydındır ki, onun x və t dəyişənlərinə nəzərən baxılan oblastda, ikinci tərtibdək kəsilməz xüsusi törəmələri olmalıdır. Lakin (1) tənliyinin aproksimasiyası zamanı, $u = u(x,t)$ funksiyasının daha yüksək tərtibdən xüsusi törəmələrinin varlığını fərz edəcəyik.

2. (1)-(4) məsələsinin qeyri-lokal sərhəd şərtli məsələyə gətirilməsi

(1)-(4) məsələsinin həllinə sonlu fərqlər üsulunu tətbiq etməzdən əvvəl, (2) integral şərtlərini qeyri-lokal sərhəd şərtləri ilə əvəz etmək lazımdır. Bu məqsədlə, [1]-ə əsasən, əvvəlcə (2)-dəki integral şərtlərinin hər iki tərəfini t dəyişəninə nəzərən iki dəfə diferensiallayıb, integral altında alınan $\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2}$ ifadəsini, (1) tənliyinə əsasən, onun sağ tərəfi ilə əvəz etmək lazımdır. Daha sonra hissə-hissə inteqrallama düsturundan istifadə etməklə, aşağıdakı qeyri-lokal sərhəd şərtlərini alarıq:

$$C_1(l) \frac{\partial u(l,t)}{\partial x} - C_1(0) \frac{\partial u(0,t)}{\partial x} - C_1'(l)u(l,t) + C_1'(0)u(0,t) = \bar{\mu}_1(t), \quad (5)$$

$$C_2(l) \frac{\partial u(l,t)}{\partial x} - C_2(0) \frac{\partial u(0,t)}{\partial x} - C_2'(l)u(l,t) + C_2'(0)u(0,t) = \bar{\mu}_2(t). \quad (6)$$

Burada $\bar{\mu}_1(t)$ və $\bar{\mu}_2(t)$ funksiyaları məlum funksiyalardır.

(5)-(6) sərhəd şərtlərindən əvvəlcə $\frac{\partial u(l,t)}{\partial x}$ xüsusi törəməsini, daha sonra isə $\frac{\partial u(0,t)}{\partial x}$ xüsusi törəməsini yox etsək, aşağıdakı sərhəd şərtlərini alarıq:

$$\begin{cases} \frac{\partial u(0,t)}{\partial x} + \alpha_0 u(0,t) + \beta_0 u(l,t) = \gamma_0, \\ \frac{\partial u(l,t)}{\partial x} + \alpha_1 u(0,t) + \beta_1 u(l,t) = \gamma_1. \end{cases} \quad (7)$$

Burada

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= \frac{c_1(l)c_2'(0) - c_1'(0)c_2(l)}{c_1(0)c_2(l) - c_1(l)c_2(0)}, \quad \alpha_1 = \frac{c_1(0)c_2'(0) - c_1'(0)c_2(0)}{c_1(0)c_2(l) - c_1(l)c_2(0)}, \\ \beta_0 &= \frac{c_1'(l)c_2(l) - c_1(l)c_2'(l)}{c_1(0)c_2(l) - c_1(l)c_2(0)}, \quad \beta_1 = \frac{c_1(0)c_2'(l) - c_1'(l)c_2(0)}{c_1(0)c_2(l) - c_1(l)c_2(0)}, \\ \gamma_0 &= \frac{c_1(l)\bar{\mu}_2(t) - c_2(l)\bar{\mu}_1(t)}{c_1(0)c_2(l) - c_1(l)c_2(0)}, \quad \gamma_1 = \frac{c_1(0)\bar{\mu}_2(t) - c_2(0)\bar{\mu}_1(t)}{c_1(0)c_2(l) - c_1(l)c_2(0)}. \end{aligned}$$

Beləliklə biz inteqral şərtli (1)–(4) məsələsinin həllini (1) tənliyinin (7) qeyri-lokal sərhəd şərtlərini və (3) başlanğıc şərtlərini ödəyən həllinin tapılması məsələsinə gətirdik.

3. (1), (7), (3) məsələsinə uyğun fərq məsələsinin qurulması

(1), (7), (3) məsələsinin həllinə sonlu fərqlər üsulunu tətbiq etmək üçün, əvvəlcə $\bar{D} = \{0 \leq x \leq l, 0 \leq t \leq T\}$ oblastında şəbəkə oblastını təyin edək.

Bu məqsədlə, N və j_0 natural ədədlərini qeyd edib, Ox oxunun $[0, l]$ parçasını N , Ot oxunun $[0, T]$ parçasını isə j_0 bərabər hissələrə bölək və bölgü nöqtələrini, uyğun olaraq $x_n = nh$, $n = 0, 1, \dots, N$, $h = l/N$ və $t_j = j\tau$, $j = 0, 1, \dots, j_0$, $\tau = T/j_0$ ilə işarə edək. $\omega_{h\tau}$ ilə $\bar{D}$ oblastında təyin olunmuş aşağıdakı şəbəkə oblastını işarə edək:

$$\omega_{h\tau} = \{(x_n, t_j), x_n = nh, t_j = j\tau, n = 0, 1, \dots, N, j = 0, 1, \dots, j_0\}.$$

$\omega_{h\tau}$ şəbəkə oblastında (1), (7), (3) məsələsini $O(h^2 + \tau^2)$ dəqiqliyi ilə ap-proksimasiya edən aşağıdakı fərq məsələsi qurulub:

$$\begin{aligned} \frac{y_0^{j+1} - 2y_0^j + y_0^{j-1}}{\tau^2} - \frac{2a^2 - 2a^2\alpha_0 h - bh^2}{h^2} y_0^j - \frac{2a^2}{h^2} y_1^j - \frac{2a^2\beta_0}{h} y_N^j &= f_0^j, \\ \frac{y_n^{j+1} - 2y_n^j + y_n^{j-1}}{\tau^2} - a^2 \frac{y_{n-1}^j - 2y_n^j + y_{n+1}^j}{h^2} - by_n^j &= f_n^j, \quad n = 1, 2, \dots, N-1, \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \frac{y_N^{j+1} - 2y_N^j + y_N^{j-1}}{\tau^2} + \frac{2a^2\alpha_1}{h} y_0^j - \frac{2a^2}{h^2} y_{N-1}^j + \frac{2a^2 - 2a^2b_1h - bh^2}{h^2} y_N^j &= f_N^j. \\ y_n^0 = \varphi_1(x_n), y_n^1 = \varphi_3(x_n), \varphi_3(x_n) &= \varphi_1(x_n) + \tau\varphi_2(x_n), \\ n &= 0, 1, \dots, N. \end{aligned} \quad (9)$$

Burada

$$f_0^j = f(0, t_j) - \frac{2a^2}{h} \gamma_0, f_n^j = f(x_n, t_j), n = 1, 2, \dots, N-1, f_N^j = f(l, t_j) + \frac{2a^2\mu_1}{h}.$$

Bu fərq məsələsi aşkar fərq məsələsidir [2]. (8) fərq tənliklərindən istifadə etməklə, uyğun qeyri-aşkar fərq məsələsi qurulub və onun həll algoritmi verilib.

Ədəbiyyat

1. З.Ф.Ханкишиев. Решение разностной задачи для одного линейного нагруженного дифференциального уравнения гиперболического типа и исследование устойчивости. Вестник Бакинского Университета, серия физико-математических наук, 2018, № 2, с.5-16.
2. А.А.Самарский. Введение в теорию разностных схем. Москва, издательство «Наука», 1971, 552 с.

BİR GƏLƏN DALĞA HALINDA YARIMOXDA TƏRS SƏPİLMƏ MƏSƏLƏSİ

İsgəndərova Gülnar, Hacızadə Ülkər

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

gulnarbsu@list.ru, hacizade ulker@mail.ru

Xülasə: *İşdə birtərtibli hiperbolik tənliklər sistemi üçün yarımoxda tərs səpilmə məsələsi öyrənilir. Səpilmə operatoruna görə sistemin əmsalları birqiymətli tapılır.*

Açar sözlər: *hiperbolik tənliklər, tərs səpilmə məsələsi, səpilmə operatoru, matris operator*

Aşağıdakı hiperbolik tənliklər sisteminə baxılır:

$$\sigma \frac{\partial u(x,t)}{\partial t} - \frac{\partial u(x,t)}{\partial x} = c(x,t)u(x,t) \quad (1)$$

burada

$$\sigma = \text{diag}(\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4), \quad \xi_1 > 0 > \xi_2 > \xi_3 > \xi_4, \quad u(x,t) = \{u_1(x,t), \dots, u_4(x,t)\}^t;$$

$$c(x,t) = \|c_{ij}(x,t)\|_{ij}^4, \quad c_{ii}(x,t) \equiv 0, \quad x \geq 0, \quad t \in (-\infty; +\infty) - \text{ölçülən funksiyalardır və}$$

$$|c_{kj}(x,t)| \leq c(1 + |x|)^{-1-\varepsilon} (1 + |t|)^{-1-\varepsilon}, \quad \varepsilon > 0, \quad c = \text{const} \quad (2)$$

şərtini ödəyirlər.

Üç məsələyə birlikdə baxaq:

Hər məsələ üçün aşağıdakı şərtlər ödənilir;

I məsələ:

$$\begin{cases} u_1^1(x,t) = a_1^1(t + \xi_1 x) + o(1), \quad x \rightarrow +\infty, \\ u_k^1(0,t) = \delta_{2k} u_1^1(0,t), \quad k = 2, 3, 4. \end{cases} \quad (3)$$

II məsələ:

$$\begin{cases} u_1^2(x,t) = a_1^2(t + \xi_1 x) + o(1), \quad x \rightarrow +\infty, \\ u_k^2(0,t) = \delta_{3k} u_1^2(0,t), \quad k = 2, 3, 4. \end{cases} \quad (4)$$

III məsələ:

$$\begin{cases} u_1^3(x, t) = a_1^3(t + \xi_1 x) + o(1), \\ u_k^3(0, t) = \delta_{4k} u_1^3(0, t), k = 2, 3, 4. \end{cases} \quad (5)$$

$$a_1^k(t) \in L_\infty(-\infty; +\infty), k = 1, 2, 3.$$

Göstərmək olur ki, hər üç məsələ üçün səpilmə məsələsinin həlli var, yeganədir və

$$u_i^k(x, t) = b_i^k(t + \xi_i x) + o(1), \quad x \rightarrow +\infty, \quad i = 2, 3, 4; k = 1, 2, 3 \quad (6)$$

asimptotikası doğrudur.

Onda

$$b_i^k(t) = S_i^k a_i^k \quad i = 2, 3, 4; k = 1, 2, 3. \quad (7)$$

operatorları qurulur.

$$S = \begin{pmatrix} S_2^1 & S_2^2 & S_2^3 \\ S_3^1 & S_3^2 & S_3^3 \\ S_4^1 & S_4^2 & S_4^3 \end{pmatrix}$$

operatoru yarımoxda səpilmə operatoru adlanır.

Teorem. Tutaq ki, (1) sisteminin əmsalları (2) şərtini ödəyir. Onda S operatoruna görə sistemin əmsalları birqıymətli tapılır.

Ədəbiyyat

1. Н.Ш.Искендеров, Нестационарные обратные задачи рассеяния для системы гиперболических уравнений первого порядка, Баку, Элм, 2000, 185с.
2. G.N. İsgəndərova, Ü.F. Hacızadə. Bir gələn dalğa halında dörd hiperbolik tənliklər sistemi üçün yarımoxda səpilmə məsələsi, Bakı, "Tətbiqi riyaziyyatın müasir problemləri" Respublika elmi konfransı, 200-201s.

REDIS İLƏ KEŞLƏMƏ MEXANİZMLƏRİNİN SİSTEM PERFORMANSINA TƏSİRİ

İsmayılı Qalib

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi, SABAH qrupları)

qalibismayilli8@gmail.com

Xülasə: Bu tədqiqatda müasir veb və paylanmış sistemlərdə məlumatların keşlənməsi (caching) mexanizmlərinin performansə təsiri Redis texnologiyası nümunəsində araşdırılmışdır. Redis yüksək sürətli, yaddaş əsaslı məlumat saxlama sistemi kimi tez-tez istifadə olunan verilənlərin sürətli əldə edilməsini təmin edir və tətbiqlərin cavab müddə-

tini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. İşdə Redis-in yaddaş idarəçiliyi prinsipləri, məlumatların saxlanma modelləri, keşin etibarlılığı, eləcə də CPU və şəbəkə yüklənməsinə təsir edən amillər təhlil olunmuşdur. Nəticələr göstərir ki, Redis-in düzgün tətbiqi sistem performansını artırır, lakin yaddaş limitlərinin və məlumat tutarlılığının idarə olunmaması hallarında performans azalması və məlumat itkisi kimi risklər mümkündür.

Açar sözlər: *Redis, keşləmə (caching), yaddaş əsaslı saxlama, performans optimizasiyası, məlumat tutarlılığı.*

Müasir proqram təminatlarında keşləmə mexanizmləri tətbiq performansının optimallaşdırılmasında əsas rol oynayır. Məlumat bazasına hər müraciət müəyyən resurs sərf edir, buna görə də tez-tez istifadə olunan məlumatların müvəqqəti yadda saxlanması ümumi sistem yükünü azaldır. Bu proses *in-memory caching* adlanır və onun ən çox istifadə olunan texnologiyalarından biri Redis-dir [1].

Redis (*Remote Dictionary Server*) açıq mənbə kodlu, yaddaş əsaslı məlumat saxlama sistemidir. O, verilənləri diskdə deyil, operativ yaddaşda saxlayaraq mikrosekund səviyyəsində oxuma və yazma əməliyyatlarını həyata keçirir [2]. Bu xüsusiyyət Redis-i real vaxt rejimində cavab tələb edən tətbiqlər üçün ideal edir. Redis məlumatları açar-dəyər (*key-value*) cütünü şəklində saxlayır və müxtəlif data structure-ları (string, list, hash, set, sorted set və s.) dəstəkləyir [1].

Keşləmə mexanizmi adətən aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir [3]:

- İstifadəçi sorğusu Redis-də yoxlanılır;
- Məlumat Redis-də mövcuddursa (*cache hit*), nəticə dərhal geri qaytarılır;
- Əks halda (*cache miss*), məlumat verilənlər bazasından alınır və gələcək müraciətlər üçün Redis-ə yazılır.

Bu model verilənlər bazası yüklənməsini azaldır, sistemin cavab müddətini qısaldır və miqyaslı bilən arxitektura yaradır [4]. Redis həmçinin *expire* və *eviction* strategiyaları vasitəsilə yaddaş istifadəsini tənzimləyir.

Redis-in performansına təsir edən əsas amillər bunlardır [3]:

- Yaddaş ölçüsü və konfigurasiyası: az yaddaş ayrıldıqda, köhnə açarlar tez-tez silinə bilər;
- Serialization və network latency: verilənlərin ötürülmə formatı və şəbəkə gecikməsi performansla təsir edir;
- Persistence (RDB və AOF): məlumatların diskdə saxlanması performans və etibarlılıq arasında balans yaradır;
- Cluster və sharding: paylanmış Redis konfigurasiyası yüklənməni bölür və performans artırır [4].

Praktik müşahidələr göstərir ki, Redis istifadə edilən sistemlərdə API ca-

vab müddəti 50–80% azala bilər, xüsusilə yüksək trafikli tətbiqlərdə bu fərq daha nəzərə çarpır [5]. Lakin Redis-in sadəcə yaddaşda işləməsi səbəbindən sistem *restart* və ya fiziki nasazlıq zamanı məlumat itkisi mümkündür [1].

Redis standart quruluşda autentifikasiya və şifrələmə təmin etmir, buna görə təhlükəsizlik əsasən düzgün konfigurasiyadan asılıdır [2]. Əsas risklər aşağıdakılardır [5]:

- Yetkisiz giriş: Redis portunun açıq qalması nəticəsində sistemə icazəsiz qoşulma mümkündür;
- Məlumat sızması: şifrələnməmiş məlumat axını *MITM* hücumlarına yol açma bilər;
- Konfigurasiya səhvləri: public IP ilə Redis açıq buraxıldıqda kənar istismar mümkündür.

Bu risklərin qarşısını almaq üçün TLS/SSL, *auth password*, firewall səviyyəsində icazələr və *protected-mode* kimi müdafiə tədbirləri vacibdir [5].

Tədqiqat nəticələri göstərir ki, Redis əsaslı keşləmə mexanizmləri sistem performansını nəzərəcarpacaq dərəcədə yaxşılaşdırır və real vaxt rejimində yüksək cavab sürəti təmin edir. Lakin bu üstünlüklərin qorunması üçün yaddaş sərhədlərinin, tutarlılıq siyasətlərinin və təhlükəsizlik konfigurasiyalarının düzgün tənzimlənməsi vacibdir. Beləliklə, Redis müasir proqram sistemlərində performans, etibarlılıq və miqyaslanma bilmə baxımından effektiv bir keşləmə həlli təqdim edir və kompleks arxitekturalarda yük balanslaşdırılması və cavab müddəti optimizasiyası üçün əsas texnoloji baza kimi çıxış edir.

Ədəbiyyat

1. S.Sanfilippo. *Redis Documentation*. Redis.io, 420 s.
2. J.L.Carlson. *Redis in Action*. Manning Publications, 325 s.
3. Microsoft Azure Architecture Center. *Caching Best Practices with Redis*., 62 s.
4. Confluent Inc. *In-memory Caching Patterns for Microservices*., 48 s.
5. AWS Architecture Blog. *Improving Latency and Scalability with Redis*., 55 s.

APACHE KAFKA İLƏ EVENT-DRIVEN ARXİTEKTURANIN QURULMASI: PERFORMANS VƏ TƏHLÜKƏSİZLİK TƏHLİLİ

İsmayılı Qalib

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi, SABAŞ qrupları)

qalibismayilli8@gmail.com

Xülasə: Bu tədqiqatda müasir paylanmış sistemlərdə məlumat axınının səmərəliliyini yüksəltmək üçün Apache Kafka əsaslı event-driven arxitekturanın (EDA) tətbiqi nə-

zərdən keçirilmişdir. Kafka real vaxtda hadisələrin emalını həyata keçirən, yüksək performans və etibarlılıq təmin edən mesajlaşma platforması kimi mikroxidmətlər arasında asinxron əlaqə yaradır. İşdə hadisə axınlarının idarə olunması, sistemin dayanıqlığı, məlumatın məxfiliyinin və bütövlüyünün qorunması, eləcə də performans təsir göstərən əsas amillər araşdırılmışdır. Nəticələr göstərir ki, Apache Kafka əsaslı EDA yanaşması sistemin miqyaslanma bilmə qabiliyyətini artırmaqla yanaşı, təhlükəsizlik mexanizmləri düzgün qurulmadıqda məlumat sızması və replay hücumları kimi risklər yarada bilər.

Açar sözlər: *Apache Kafka, Event-Driven Architecture (EDA), paylanmış sistemlər, performans, təhlükəsizlik, miqyaslanma bilmə.*

Müasir proqram təminatında event-driven arxitektura (EDA) sistem komponentləri arasında məlumat mübadiləsini hadisələr üzərindən həyata keçirən çevik bir model kimi geniş tətbiq olunur. Ənənəvi sorğu-cavab (request-response) üsullarından fərqli olaraq, EDA asinxron rabitə, yüksək cavab sürəti və komponentlər arasında zəif asılılıq təmin edir. Bu arxitekturanın reallaşdırılmasında Apache Kafka əsas texnoloji vasitələrdən biridir və hadisələrin real vaxtda etibarlı şəkildə emalına imkan verir [1]. Kafka-nın strukturu sayəsində sistemlər həm dinamik miqyaslanma bilir, həm də məlumat axınlarını itkisiz şəkildə idarə edir [2].

Apache Kafka paylanmış və davamlı mesajlaşma sistemi olaraq hadisə yönümlü yanaşmanı dəstəkləyir. Onun əsas anlayışlarını *topic*, *producer*, *consumer* və *broker* təşkil edir. Producer hadisəni müəyyən "topic"-ə göndərir, consumer isə həmin hadisəni oxuyur və emal edir. Bu yanaşma komponentləri bir-birindən asılı olmayan, yəni *loosely coupled* formada saxlayır, nəticədə sistemin miqyaslanması və saxlanması asanlaşır [3].

EDA-nın əsas prinsipləri bunlardır:

- Asinxron işləmə: hadisələr bir-birini gözləmədən emal olunur;
- Reaktivlik: sistem yük dəyişikliklərinə dərhal cavab verir;
- Miqyaslanma bilmə: hadisə axınları paralel şəkildə işlənərək performans qorunur;
- Modulyarlıq: komponentlər müstəqil şəkildə yenilənə və dəyişdirilə bilər [2].

Kafka-nın performansını müəyyən edən bir neçə texniki parametr mövcuddur:

- Partition sayı: mövzuların bölünməsi paralelliyi artırır, lakin çox sayda partition idarəetmə yükünü artırır;
- Replication factor: məlumatın etibarlılığını yüksəldir, lakin disk və şəbəkə resurslarından daha çox istifadə olunur;

- Batch processing və compression: mesaj ötürülməsini optimallaşdırır, gecikməni azaldır [2].

Təcrübələr göstərir ki, Kafka saniyədə milyonlarla hadisəni emal edə bilər. Bu isə onu ənənəvi REST əsaslı arxitekturalardan daha səmərəli edir [3]. Bununla belə, consumer balans, zaman sinxronizasiyası və *backpressure* idarəçiliyi kimi məsələlər performans sabitliyini qorumaq üçün vacibdir [4].

Kafka-nın təhlükəsizlik sistemi əsasən üç səviyyədə formalaşır:

1. Autentifikasiya və avtorizasiya: SASL və ACL mexanizmləri ilə istifadəçilərin və xidmətlərin kimliyi yoxlanılır;
2. Məlumatların şifrələnməsi: TLS/SSL protokolları məlumat ötürülməsi zamanı müdaxilələrin qarşısını alır;
3. Məlumat bütövlüyü və audit: hadisələrin ardıcılığı və dəyişdirilməzliyi log əsaslı saxlama mexanizmi ilə təmin olunur [5].

Bununla belə, *replay* hücumları, yetkisiz *consumer* qoşulmaları və *metadata* sızmaları kimi təhlükələr qalmaqdadır. Bu risklərin azaldılması üçün Kafka-da Kerberos autentifikasiyası, *token*-əsaslı giriş və *topic* səviyyəli icazə nəzarəti tətbiqi tövsiyə olunur [5].

Aparılmış təhlillər göstərir ki, Apache Kafka əsaslı event-driven arxitektura paylanmış sistemlərdə yüksək performans və miqyaslanma bilən kommunikasiya modeli təqdim edir. Kafka-nın paralel işləmə qabiliyyəti real vaxt hadisə emalını və məlumat ardıcılığının qorunmasını təmin edir. Bununla yanaşı, təhlükəsizlik aspektləri düzgün şəkildə konfigurasiya edilmədikdə sistem risklərə açıq qalır. Lakin şifrələmə, kimlik doğrulama və icazə nəzarəti kimi mexanizmlərin tətbiqi nəticəsində Kafka əsaslı sistemlər həm sabit performans, həm də yüksək təhlükəsizlik balansına nail olur. Beləliklə, Apache Kafka müasir proqram sistemlərinin çevik, etibarlı və təhlükəsiz işləməsi üçün güclü bir texnoloji baza kimi qiymətləndirilə bilər.

Ədəbiyyat

1. J.Kreps, N.Narkhede, J.Rao. *Kafka: a Distributed Messaging System for Log Processing*, 14 s.
2. M.Kleppmann. *Designing Data-Intensive Applications*, 480 s.
3. C.Hoffman, B.Pope. *Kafka in Action*. Manning Publications, 375 s.
4. G.Singh, P.Kaur. "Enhancing Event-Driven Architectures Using Apache Kafka for Real-Time Data Streaming." *International Journal of Computer Applications*, 7 s.
5. T.Urban, S.Mittal. "Security Challenges in Distributed Event-Driven Systems: A Kafka-Based Perspective." *IEEE Access*, c. 11, 2023, 13 s.

DÖRDÜNCÜ TƏRTİB PSEVDOHİPERBOLİK TƏNLİK ÜÇÜN QARIŞIQ MƏSƏLƏNİN SANKİ HƏR YERDƏ HƏLLİNİN VARLIĞI

İsmayilov Arif, Hacıyeva Qönçə

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

ismayilovarif@icloud.com, haciyevaqonc@gmail.com

Xülasə: Baxılan işdə bir sinif dördüncü tərtib xüsusi törəməli tənlik üçün qarışıq məsələnin həllinin varlığı sıxılmış inikas prinsipi və Furiye üsulunun tətbiqi ilə isbat olunmuşdur.

Açar sözlər: qarışıq məsələ, sanki hər yerdə həll, həllin varlığı, tərpənməz nöqtə.

İş sonlu oblastda bir sinif dördüncü tərtib birölçülü yarımxətti tənliyin sanki hər yerdə həllinin varlığına həsr olunmuşdur:

$$\begin{cases} u_{tt}(t, x) + u_{xxxx}(t, x) = F(t, x, u, u_t, u_x, u_{tx}, u_{xxx}) & (0 \leq t \leq T, 0 \leq x \leq 1), \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} u(0, x) = \varphi(x), u_t(0, x) = \psi(x) & (0 \leq x \leq 1), \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} u(t, 0) = 0, u_x(t, 0) = u_x(t, 1), u_{xx}(t, 0) = 0, u_{xxx}(t, 0) = u_{xxx}(t, 1) & (0 \leq t \leq T), \end{cases} \quad (3)$$

harada ki, $0 < T < +\infty$; F, φ, ψ - verilmiş, $u(t, x)$ isə axtarılan funksiyadır. Sanki hər yerdə həll dedikdə

1. $u(t, x), u_x(t, x), u_{xx}(t, x), u_t(t, x), u_{tx}(t, x), u_{tt}(t, x) \in C[0, T] \times [0, 1];$

2. $u_{xxx}(t, x), u_{txx}(t, x), u_{ttx}(t, x) \in C([0, T]; L_2(0, 1));$

(2) və (3)-ün birinci üç şərtləri adi mənada ödənilir.

$$\int_0^T \int_0^1 \{u_{tt}(t, x) \cdot V(t, x) - u_{xxx}(t, x)V_x(t, x) +$$

$$+ \alpha \cdot u_{ttxx}(t, x)V_x(t, x) - F(u(t, x)) \cdot V(t, x)\} dx dt = 0 \quad (4)$$

integral tənliyi

$$V(t, x) \in C([0, T] \times [0, 1]), V_x(t, x) \in L([0, T]; L_2(0, 1)), \forall t \in [0, T] \quad (5)$$

xassəsinə malik olan ixtiyari $V(t, x)$ funksiyası üçün ödənilir.

İşdə tərpənməz nöqtə haqqında sıxılmış inikas prinsipini Şauder prinsipi ilə kombinizə etməklə (1)-(3) məsələsinin sanki hər yerdə həllinin varlığı haqqında aşağıdakı teorem isbat olunur.

Teorem. Tutaq ki,

1. $\varphi(x) \in C^{(3)}([0, 1]), \varphi^{(4)}(x) \in L_2(0, 1)$

$$\text{və } \varphi(0) = \varphi''(0) = 0, \quad \varphi'(0) = \varphi'(1), \quad \varphi'''(0) = \varphi'''(1);$$

$$\psi(x) \in C^{(2)}([0,1]), \quad \psi'''(x) \in L_2(0,1)$$

$$\text{və } \psi(0) = \psi'''(0) = 0, \quad \psi'(0) = \psi'(1).$$

$$2. \quad F(t, \xi_0, \xi_1, \dots, \xi_7), \quad F_{\xi_i}(t, \xi_0, \xi_1, \dots, \xi_7) \quad (i = \overline{0,7}) \in C([0, T] \times [0, 1] \times (-\infty, \infty)^7).$$

$$3. \quad F(t, 0, 0, 0, \xi_3, \xi_4, 0, 0, \xi_7) = 0 \quad \forall t \in [0, T] \text{ və } \xi_3, \xi_4, \xi_7 \in (-\infty, \infty).$$

Onda (1)-(3) məsələsinin T – nin kafi qədər kiçik qiymətlərində sanki hər yerdə həlli var.

Ədəbiyyat

1. Ильин В.А. Необходимые и достаточные условия базисности подсистемы собственных и присоединенных функций пучка М.В.Келдыша обыкновенных дифференциальных операторов.-ВФН СССР, 1976, Т.227, № 4,796-799 стр.

ANBAR LOGISTİKASI VƏ EHTİYATLARIN İDARƏ EDİLMƏSİ ÜZRƏ MÜASİR METODOLOJİ YANAŞMALAR

İsmayilov Bələmi, Əhmədzadə Fidan Xanım

(MAA, Aerokosmik fakultəsi)

fidan.ahmadzada@outlook.com

Xülasə. Məqalədə müasir iqtisadi şəraitdə anbar logistikası və ehtiyatların idarə edilməsinin nəzəri-metodoloji əsaslarının formalaşması və inkişaf istiqamətləri təhlil olunur. Tədqiqatın məqsədi müəssisələrdə logistika proseslərinin səmərəliliyini artırmaq üçün optimal idarəetmə modellərinin müəyyən edilməsidir. Məqalədə EOQ, ABC, JIT və MRP kimi klassik ehtiyat idarəetmə metodlarının, həmçinin İndustriya 4.0 konsepsiyasına əsaslanan rəqəmsal texnologiyaların (IoT, süni intellekt, blokçeyn və bulud texnologiyaları) anbar sistemlərinə integrasiyası izah edilir. Nəticələr göstərir ki, müasir rəqəmsal yanaşmalar müəssisələrin maliyyə dayanıqlığını, çevikliyini və operativliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırır.

Tədqiqat nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, anbar logistikası və ehtiyatların idarə olunması sahəsində rəqəmsallaşma, proqnozlaşdırıcı analitika və kiber-fiziki sistemlər gələcəkdə əsas istiqamətləri təşkil edəcəkdir.

Açar sözlər: anbar logistikası, ehtiyatların idarə edilməsi, EOQ modeli, JIT, MRP, rəqəmsallaşma, İndustriya 4.0, süni intellekt, təchizat zənciri.

Giriş. Müasir iqtisadi şəraitdə müəssisələrin səmərəli fəaliyyəti logistik sistemlərin düzgün təşkili və xüsusilə anbar logistikası proseslərinin optimallaşdırılmasından asılıdır. Anbar yalnız məhsulun saxlanma məkanı deyil, həm də istehsal, nəqliyyat və satış zəncirini birləşdirən strateji idarəetmə vahididir [1]. Ehtiyatların idarə edilməsi isə bu zəncirin çevikliyini və davamlılığını təmin edən əsas amillərdən biridir. Ehtiyat səviyyələrinin düzgün müəyyən edilməsi müəssisənin maliyyə sabitliyinə və xidmət keyfiyyətinə birbaşa təsir göstərir [2].

Anbar logistikası anlayışı və funksiyaları. Anbar logistikası məhsul və material ehtiyatlarının qəbulundan müştəriyə çatdırılmasına qədər olan bütün axınların planlaşdırılması, təşkili və idarə edilməsidir [3]. Onun əsas funksiyaları aşağıdakılardır:

- Ehtiyatların təhlükəsiz saxlanması və identifikasiyası;
- Yüklərin çeşidlənməsi və komplektləşdirilməsi;
- Nəqliyyat-logistika əməliyyatlarının sinxronlaşdırılması;
- Axınların rəqəmsal nəzarəti və məlumat mübadiləsi.

Müasir dövrdə bu funksiyaların yerinə yetirilməsində **RFID texnologiyaları, avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri və süni intellektə əsaslanan qərar qəbuletmə alqoritmləri** mühüm rol oynayır [4].

Belə sistemlər əməliyyatların sürətini artırır və insan faktorundan asılılığı azaldır.

Ehtiyatların idarə edilməsinin nəzəri-metodoloji əsasları. Ehtiyatların idarə edilməsinin nəzəri bazası klassik iqtisadi modellər, sistem yanaşması və dinamik proqramlaşdırma prinsiplərinə əsaslanır [5]. Əsas metodoloji istiqamətlərə aşağıdakılar daxildir:

- **EOQ (Economic Order Quantity)** modeli – sifarişin optimal həcmi müəyyən edir [6];
- **ABC və XYZ analizləri** – ehtiyatların prioritetliyinə görə qruplaşdırılmasını təmin edir [7];
- **JIT (Just-In-Time)** konsepsiyası – istehsal ehtiyatlarının minimum səviyyədə saxlanılmasını hədəfləyir [8];
- **MRP (Material Requirements Planning)** – material tələbatının planlaşdırılmasına xidmət edir [9].

Bu metodların integrasiyası müəssisənin maliyyə dayanıqlığını və logistik çevikliyini artırır. Müasir yanaşmalar isə **proqnozlaşdırıcı analitika, machine learning və digital twin** modelləri ilə daha dəqiq idarəetməyə imkan verir [10].

Müasir tendensiyalar və rəqəmsallaşma istiqamətləri. Anbar logisti-

kası sahəsində **İndustriya 4.0** konsepsiyası ilə bağlı dəyişikliklər önə çıxır. **İoT (Internet of Things)**, **kiber-fiziki sistemlər**, **blokçeyn** və **bulud texnologiyaları** vasitəsilə anbar prosesləri real vaxt rejimində nəzarət altına alınır [11]. Bu sistemlər ehtiyatların mövcud vəziyyətini izləməyə, avadanlıqları uzaqdan idarə etməyə və resurs istifadəsini optimallaşdırmağa imkan yaradır.

Süni intellekt əsaslı idarəetmə sistemləri isə tələb-təklif proqnozlarını daha dəqiq müəyyən edir, beləliklə istehsal və tədarük balansını qoruyur [12]. Bununla yanaşı, blokçeyn texnologiyası vasitəsilə ehtiyatların hərəkət tarixi və mənşəyi şəffaf şəkildə izlənilə bilər [13].

Problemlər və inkişaf perspektivləri. Anbar logistikası sistemlərinin inkişafında bir sıra problemlər qalmaqdadır:

- Texnoloji avadanlıqların yüksək maya dəyəri;
- Kadr potensialının yetərsizliyi və rəqəmsal bacarıqların çatışmazlığı [14];
- Müəssisədaxili və xarici informasiya sistemlərinin integrasiya çətinlikləri [15].

Bu problemlərin həlli üçün rəqəmsal logistika platformalarının yaradılması, təchizat zənciri üzrə milli analitika mərkəzlərinin formalaşdırılması və logistika mütəxəssisləri üçün innovativ təlim proqramlarının tətbiqi məqsəduyğundur [16].

Nəticə. Anbar logistikası və ehtiyatların idarə edilməsinin nəzəri-metodoloji əsaslarının müasir vəziyyəti göstərir ki, rəqəmsallaşma və süni intellekt texnologiyalarının integrasiyası bu sahənin gələcək inkişafında həlledici rol oynayacaqdır. Müəssisələrin rəqabət qabiliyyətinin qorunması üçün anbar logistikası sistemlərinin avtomatlaşdırılması, ehtiyatların optimallaşdırılması və məlumat axınlarının sinxron idarə olunması vacib şərtlərdən biridir [17].

Ədəbiyyat

1. Ballou R.H. *Business Logistics/Supply Chain Management*. Pearson Education, 2020.
2. Chopra S., Meindl P. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson, 2019.
3. Lambert D.M., Stock J.R. *Strategic Logistics Management*. McGraw-Hill, 2018.
4. Christopher M. *Logistics and Supply Chain Management*. FT Press, 2020.
5. Ghiani G., Laporte G., Musmanno R. *Introduction to Logistics Systems Management*. Wiley, 2013.
6. Harris F.W. *How Many Parts to Make at Once*. Factory, 1913 (EOQ modeli).
7. Silver E.A., Pyke D.F., Peterson R. *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. Wiley, 2016.
8. Ohno T. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press, 2019.

9. Orlicky J. *Material Requirements Planning*. McGraw-Hill, 2011.
10. Ivanov D., Dolgui A., Sokolov B. *Digital Supply Chain: Industry 4.0*. Springer, 2022.
11. Lee J., Bagheri B., Kao H.A. *A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems*. *Manufacturing Letters*, 2015.
12. Waller M.A., Fawcett S.E. *Data Science, Predictive Analytics, and Big Data: A Revolution That Will Transform Supply Chain Design and Management*. *Journal of Business Logistics*, 2013.
13. Saberi S. et al. *Blockchain Technology and Its Relationships to Sustainable Supply Chain Management*. *International Journal of Production Research*, 2019.
14. Kache F., Seuring S. *Challenges and Opportunities of Digital Information at the Interface of Big Data Analytics and Supply Chain Management*. *International Journal of Operations & Production Management*, 2017.
15. Zhang Y., Ren S., Liu Y., Si S. *A Big Data Analytics Architecture for Supply Chain Management*. *Computers & Industrial Engineering*, 2017.
16. OECD. *Digital Transformation in Supply Chains*. OECD Publishing, 2021.
17. Ivanov D. *Supply Chain Resilience: Management, Modelling, and Practice*. Springer, 2021.

PAYLANMIŞ BIG DATA MÜHİTİNİN TEXNİKİ VƏ ARXİTEKTUR XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN TƏDQIQI

İsmayilov Bələmi, Şıxıyeva Lalə

(Milli Aviasiya Akademiyası, Aerokosmik fakültə)

balemi@rambler.ru, shikhiyevalala@gmail.com

Xülasə: Bu məqalədə paylanmış Big Data mühitinin əsas texniki və arxitektura xüsusiyyətləri ədəbiyyatlar əsasında sistemləşdirilmiş və təhlil edilmişdir. Əsas diqqət miqyaslanma bilən yaddaş və hesablama arxitekturaları, etibarlılıq və səhv tolerantlığı, məlumat ardıcılığı və uyğunluğu (konsistensiyası) və səmərəlilik güzaştı, saxlanma işləmə modelləri, eləcə də idarəetmə, təhlükəsizlik və məxfilik məsələlərinə yönəldilmişdir.

Açar sözlər: paylanmış Big Data mühiti, miqyaslanma bilmə, səhv tolerantlığı, məlumatın yerləşdirilməsi və ardıcılığı, uyğunluğu.

Giriş

Məlumdur ki, paylanmış Big Data mühiti böyük həcmli, müxtəlif və sürətli yaranan məlumatları saxlamaq, emal etmək və idarə etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Qeyd etmək lazımdır ki, bu mühit ənənəvi vahid-server yanaşmalarının sərhədlərini aşmaqla yanaşı (sistem böyüdükcə xərc xətti şəkildə və idarəolunan formada artır) etibarlı xidmət göstərməyi nəzərdə tutur. Aparılmış araşdırmalar

göstərir ki, mövcud ədəbiyyatlarda bu sistemlərin arxitekturasında qarşılıqlı asılı olan amillər, o cümlədən miqyaslanma bilmə, səhv tolerantlığı, məlumatın yerləşdirilməsi və uyğunluğu və s. məsələlər geniş şəkildə təhlil edilmişdir. [1]

Paylanmış Big Data mühitlərinin əsas xüsusiyyətləri

Məlumdur ki, paylanmış Big Data mühiti horizontal miqyaslanma bilməni təmin edir. MapReduce (Map and Reduce-xəritə və azalt əməliyyatı / Map və Reduce funksiyası) və ona əsaslanan sistemlər böyük həcmli hesablama üçün elə qurulmuşdur ki, onlar yüzlərlə və minlərlə maşın üzərində işləyə bilər.[2] Buna paralel olaraq yaddaş əsaslı çərçivələr (məs., Spark) təkrarlanan və iterativ işlərdə yaddaşdan istifadə edərək daha yüksək səmərəlilik göstərməyə imkan verir. Aparılmış araşdırmalar bu xüsusiyyətlərin bir sıra ədəbiyyatlarda geniş təhlil edildiyini deməyə əsas verir. Burada böyük klasterlər üzərində etibarlı xidmət göstərmək üçün məlumatın çoxsaylı nüsxələnməsi və hesablama işlərinin yenidən başladılması geniş istifadə olunur. HDFS (Hadoop Distributed File System- Hadoop Paylanmış Fayl Sistemi) kimi paylanmış fayl sistemləri blok replikasiyası ilə faylların mövcudluğunu və oxunmasını təmin edir.[3] MapReduce/ Spark isə funksional pozuntu zamanı işləri yenidən işə salmaq mexanizmini istifadə edir. Spark paylanmış məlumatların emalı üçün açıq mənbəli platformadır.[4] Hadoop MapReduce ilə oxşar funksionallıq verir, amma daha sürətlidir və real-time işləmə, in-memory (RAM) emal imkanları təqdim edir. Məlumatın yerləşdiyi qovşağa yaxın hesablama işinin aparılması şəbəkə ötürmə xərclərini və gecikməni azaldır - buna görə HDFS və MapReduce arxitekturasında məlumatın lokalılığı mühüm prinsip kimi qeyd olunmalıdır. Bu, böyük həcmli məlumatda səmərəliliyin optimallaşdırılması üçün çox vacibdir. CAP (Consistency, Availability, Partition tolerance) nəzəriyyəsində göstəriləndiyi kimi paylanmış məlumat bazalarında eyni vaxtda konsistensiya (Consistency-ardıcılıq), əlçatanlıq (Availability) və partisiya tolerantlığı (Partition tolerance) prinsiplərini tam təmin etmək mümkün deyildir.[5] Bu, sistem arxitekturasında əsas güzəşt nöqtəsidir. Bəzi sistemlər (məs., Dynamo-inspirə edilmiş NoSQL) yüksək əlçatanlığı və səmərəliliyi üçün eventual consistency qəbul edir, bəzi tətbiqlər isə güclü konsistensiyayı seçir.[6] Paylanmış Big Data mühitlərində həm strukturlaşdırılmış, həm yarı-strukturlaşdırılmış, həm də strukturlaşdırılmamış məlumatlar saxlanır. HDFS kimi blok-əsaslı fayl sistemləri böyük faylları effektiv saxlayır. NoSQL bazalar (key-value, columnar, document) isə yüksək səmərəlilikli oxu-yazma işləri və xüsusi sorğu tələbləri üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu müxtəliflik arxitektura seçimlərini və tətbiq senarilərini müəyyən edir. Klassik MapReduce batch hesablama üçün nəzərdə tutulmuşdur. Spark yaddaş üzərindən tez-tez təkrarlanan işlərə və interaktiv analizə üstünlük verir. Kafka/Flink kimi sistemlər real-time emal üçün nəzərdə tutulmuşdur. Müasir Big

Data platformaları çoxsahəli arxitekturaları dəstəkləyir - yəni həm batch (toplu emal), həm stream (real vaxtlı emal) tələblərini birgə idarə etməyə imkan verir. Məsələn, Hadoop ekosistemi YARN (Yet Another Resource Negotiator- Daha Bir Resurs Təşkilatçısı, Funksiyası: Hadoop ekosisteminə resurs idarəetməsini həyata keçirir, yəni müxtəlif işlərin ədalətli və səmərəli paylanmasını təmin edir.) ilə resurs paylaşımını, Kubernetes isə konteyner əsaslı idarəetməni təmin edir. Resurs idarəetməsi işlərin ədalətli planlanmasını, çoxmüştərili mühitlərdə izolasiya və QoS (Quality of Service) təminatını mümkün edir. Qeyd etmək lazımdır ki, ədəbiyyatlar resurs menecmentinin səmərəlilik və sərfiyyat üzərindəki əhəmiyyətini vurğulayır. Məlumat şifrələmə, icazə siyasətləri, audit loglar və məlumat anonimləşdirmə kimi mexanizmlər paylanmış Big Data mühitləri üçün vacibdir. Həmçinin monitoring, telemetriya və profilaktik analiz idarə olunmanı və problemlərin tez aşkarlanmasını təmin edir. İndi isə arxitektura güzəştlər və çətinlikləri qeyd edək. Bunlar aşağıdakılardır.

1.Konsistensiya və ya əlçatanlıq:

-real vaxt tələbləri və yüksək əlçatanlıq üçün eventual konsistensiya qəbul edilir;

-kritik maliyyə/hesablama tətbiqlərində isə güclü konsistensiya tələb olunur.

2.Saxlama xərcləri və ya səmərəlilik:

- replikasiya və yaddaşda saxlama səmərəliliyi artırır, amma resurs xərclərini yüksəldir.

3.Heterogen infrastruktur:

-bulud, on-prem və edge mühitlərinin qarışığı idarəetməni və optimizasiyanı çətinləşdirir. Son tədqiqatlar çoxhədli arxitekturaların idarə olunması və avtomatlaşdırma alətlərinin vacibliyini vurğulayır.

Ədəbiyyatlar əsasında aparılmış araşdırmalar aşağıdakı sahələrin prioritet olduğunu göstərmişdir:

- real-time və gecikmə kritik tətbiqlər üçün daha yaxşı arxitekturalar;
- enerji və xərclərə optimallaşdırılmış süni intellekt üçün paylanmış təlim;
- məlumat məxfiliyinin qorunması ilə səmərəlilik arasında balans;
- daha əlçatan və etibarlı idarəetmə alətləri;
- paylanmış sistemlərin avtomatik diaqnostikası və düzəldilməsi. [7]

Nəticə olaraq qeyd etmək lazımdır ki, paylanmış Big Data mühitləri geniş spektrli texniki xüsusiyyətlər və güzəştlər üzrə qurulur. Miqyaslı bilmə və səhv tolerantlığı əsas arxitektura məqsədləridir, lakin konsistensiya/əlçatanlıq/partisiya seçimləri, yaddaş və şəbəkə xərcləri, təhlükəsizlik və idarə olunma kimi məqamlar tətbiqə görə dəyişir. Klassik mənbələr bu sistemlərin fundamen-

tal prinsiplərini formalaşdırır və müasir tədqiqatlar real-time emal, məxfilik və avtomatlaşdırma sahələrində inkişaf perspektivlərini hədəf kimi ön plana çəkir.

Ədəbiyyat

1. D.Tosi et al., 15 years of Big Data: a systematic literature review, Journal of Big Data, 2024.
2. J.Dean, S.Ghemawat, MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters, OSDI 2004.
3. K.Shvachko et al., The Hadoop Distributed File System, IEEE 2010.
4. M.Zaharia et al., Spark: Cluster Computing with Working Sets, Hot Cloud 2010.
5. S.Gilbert, N.Lynch, Brewer's Conjecture..., PODC/ACM 2002.
6. G.DeCandia et al., Dynamo: Amazon's Highly Available Key-Value Store, SOSP 2007.
7. F.Berloco, Distributed Analytics For Big Data: A Survey, 2024.

İQTİSADİ DAYANIQLILIĞIN TƏMİN OLUNMASINDA BEYNƏLXALQ KREDİTLƏRİN ROLU VƏ İSTİFADƏSİNİN PERSPEKTİV İSTİQAMƏTLƏRİ

İsmaylova Məryəm

(Odlar Yurdu Universiteti, MBA)

Mrymismayilova91@gmail.com

Xülasə: Tədqiqatın əsas məqsədi ölkə iqtisadiyyatının dayanıqlılığının təmin edilməsində beynəlxalq kredit resurslarının oynadığı rolu dərindən təhlil etmək və onların daha səmərəli istifadəsi üçün perspektivliyini müəyyənləşdirməkdir. Burada beynəlxalq kredit anlayışının nəzəri əsasları, başlıca iştirakçılar və global maliyyə institutlarının (BVF, DB, AİB və s.) təsiri araşdırılır. Təhlil hissəsində beynəlxalq kreditlərin makroiqtisadi sabitliyə təsir gücü, borclanmanın tənzimlənməsi metodları və Azərbaycan iqtisadiyyatına təsiri qiymətləndirilir.

Açar sözlər: Beynəlxalq Kredit, İqtisadi Dayanıqlılıq, Qlobal Maliyyə İnstitutları, Xarici Borcun İdarə Edilməsi

Müasir global iqtisadiyyatda iqtisadi dayanıqlılıq yalnız daxili resurslarla deyil, həm də səmərəli beynəlxalq maliyyə əməkdaşlığı ilə təmin edilir. Beynəlxalq kreditlər inkişaf etməkdə olan ölkələrin investisiya ehtiyaclarını ödəmək və makroiqtisadi şoklara qarşı bufer yaratmaq üçün mühüm vasitədir. Tədqiqatın aktuallığı Azərbaycanın qeyri-neft sektorunu inkişaf etdirmək üçün xarici maliyyə resurslarına olan ehtiyacı və bu borclanmanın dayanıqlılıq risklərinin təhlili ilə əlaqədardır.

Beynəlxalq kreditin prinsipləri (qaytarılma, təcili, təminatlılıq) izah edi-

lır. Beynəlxalq kredit bazarının başlıca iştirakçıları (kommersiya bankları, dövlət qurumları) və onların mürəkkəb əlaqələri təhlil olunur. Xüsusi diqqət BVF, Dünya Bankı (DB), Asiya İnkişaf Bankı (AİB) və digər qlobal maliyyə institutlarının kredit resurslarının formalaşmasına və şərtlərinə yönəldilir.

Kreditlərin yerli iqtisadiyyata təsiri (investisiya, istehlak) və makroiqtisadi sabitliyə (büdcə kəsiri, ödəniş balansı) təsir gücü tədqiq edilir. Qlobal borclanmanın tənzimlənməsi sahəsində beynəlxalq təcrübə və borc böhranı riskini artıran amillər (məsələn, “hard currency” borcu) təhlil edilir. Fəsil beynəlxalq kreditlərin Azərbaycan iqtisadiyyatına təsirini, xüsusilə dövlət borcunun dinamikası və kreditlərin yönəldiyi layihələrin səmərəliliyi prizmasından analiz edir.

Beynəlxalq kredit resurslarının daha dayanıqlı və səmərəli istifadəsi üçün strategiyaları əhatə edir.

- Kredit Siyasətinin Mükəmməlləşdirilməsi: Xarici borclanmanın daxili borc idarəetmə strategiyası ilə əlaqələndirilməsi və valyuta risklərinin minimuma endirilməsi yolları təklif olunur.

- İnvestisiya Yönlü Kredit Mexanizmləri: Kreditlərin neftdən asılılığı azaltmaq üçün qeyri-neft sektorunun inkişafına (yüksək texnologiyalar, rəqəmsal infrastruktur) yönəldilməsinin əhəmiyyəti vurğulanır.

Ədəbiyyat

1. Həsənov, K. Beynəlxalq Kredit Nəzəriyyəsi və Praktikasi 2022 s.35
2. Səfərov, M. Xarici Borcun İdarə Edilməsi və Dayanıqlılıq Riskləri 2023 s. 110-115
3. Əliyeva, A. Qlobal Maliyyə Təcrübəsi və Kredit Əməkdaşlığı, 2021, s.68
4. BVF (Beynəlxalq Valyuta Fondu) Qlobal Maliyyə Sabitliyi Hesabatı (Global Financial Stability Report) 2024, səh 10
5. Dünya Bankı. Ölkə Tərəfdaşlıq Strategiyası: Azərbaycan 2024 s.22

BANK SEKTORUNDA AML PROSESLƏRİNİN SÜNİ İNTELLEKT VASİTƏSİLƏ AVTOMATLAŞDIRILMASI

İsmayilov Şamil

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi, SABAH qrupları)

shamil20013@gmail.com

Xülasə: Bu tədqiqat bank sektorunda çirkli pulların yuyulması ilə mübarizə (AML) proseslərinin süni intellekt (SI) texnologiyaları vasitəsilə avtomatlaşdırılmasını ətraflı təhlil edir. Bank sistemlərində əməliyyat həcmlərinin sürətlə artması, qeyri-leqal maliyyə fəaliyyətlərinin qlobal xarakter alması və cinayətkar sxemlərin kompleksləşməsi ənənəvi

qaydalar-əsaslı AML metodlarının effektivliyini məhdudlaşdırır. Bu səbəbdən banklar son illərdə *Machine Learning*, *Deep Learning* və NLP kimi SI texnologiyalarını AML infrastrukturunun əsas komponentinə çevirir. Tədqiqat göstərir ki, süni intellekt real vaxtda tranzaksiya monitorinqi, KYC proseslərinin optimallaşdırılması, ad skrininqinin dəqiqləşdirilməsi və risk scoring modellərinin təkmilləşdirilməsi vasitəsilə AML proseslərinin həm effektivliyini, həm də səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldir. SI-yə əsaslanan yanaşmalar false-positive göstəricilərini azaldır, əməliyyat xərclərini optimallaşdırır, insan xə-talarını minimuma endirir və daha güclü maliyyə təhlükəsizliyi təmin edir.

Açar Sözlər: Süni intellekt, AML, bank sektoru, *Machine Learning*, *Deep Learning*, KYC, tranzaksiya monitorinqi, NLP, risk scoring, sanksiya skrininqi, compliance, maliyyə cinayətləri.

Bank sektorunda AML proseslərinin süni intellekt vasitəsilə avtomatlaşdırılması müasir maliyyə təhlükəsizliyi ekosisteminin strateji istiqamətlərindən biri kimi formalaşmaqdadır. Qlobal maliyyə sistemində çirkli pulların yuyulması fəaliyyətləri genişlənərək transmilli xarakter aldıqca, banklar daha adaptiv, real vaxtda işləyən və mürəkkəb sxemləri tanıya bilən sistemlərə ehtiyac duyurlar. Ənənəvi qaydalar-əsaslı AML sistemləri yalnız əvvəlcədən müəyyən olunmuş şablon və ya qaydalara əsaslandığı üçün cinayətkarların yeni metodlarını aşkarlamaq qabiliyyətində ciddi məhdudiyyətlər mövcuddur. Süni intellekt isə məlumatlardan öyrənmə və nümunələri avtomatik müəyyən etmə qabiliyyəti ilə bu çatışmazlıqları aradan qaldırır və daha proaktiv təhlükəsizlik yaranması yaradır [1].

SI-nin AML-də tətbiqi, ilk növbədə KYC proseslərinin modernləşdirilməsindən başlayır. Müştərilərin identifikasiyası üçün sənədlərin OCR və Computer Vision vasitəsilə tanınması insan əməyinə olan tələbi azaltmaqla yanaşı, sənəd saxtakarlığının aşkarlanmasını da daha dəqiq hala gətirir. Biometrik identifikasiya texnologiyaları, o cümlədən üz tanıma, liveness detection və biometrik uyğunlaşma alqoritmləri müştərinin şəxsiyyətinin doğrulanmasında yüksək dəqiqlik təmin edir. KYC prosesində SI-nin ən mühüm üstünlüklərindən biri isə risk scoring modellərinin yaradılmasıdır. Bu modellər müştərinin əməliyyat dinamikası, coğrafi mövqeyi, peşəsi, maliyyə davranışı və tarixi fəaliyyətlərinə əsaslanaraq risk səviyyəsini avtomatik hesablaya bilir və bu, risk-əsaslı yanaşmanın daha effektiv tətbiqinə şərait yaradır [2].

Tranzaksiya monitorinqi süni intellektin AML proseslərində ən geniş tətbiq olunduğu sahədir. *Machine Learning* modelləri müştərinin normal davranış nümunəsini öyrənərək hər hansı anomal fəaliyyət baş verdikdə dərhal xəbərdarlıq edir. Bu modellər, xüsusilə unsupervised alqoritmlər (*Isolation Forest*,

One-Class SVM, Autoencoders) əvvəlcədən müəyyən olunmamış yeni maliyyə cinayəti sxemlərini aşkarlamaq qabiliyyətinə malikdir. Deep Learning texnologiyalarının tətbiqi isə əməliyyatlar arasındakı daha kompleks əlaqələri tanımağa imkan verir. Ənənəvi sistemlərdəki əsas problemlərdən biri olan false-positive siqnalların çoxluğu SI modelləri vasitəsilə optimallaşdırılır və xüsusi olaraq davranış analitikası əsasında işləyən sistemlər şübhəli əməliyyatların daha dəqiq təhlilinə şərait yaradır.

Ad skrininqi, PEP və sanksiya yoxlaması AML prosesinin digər mühüm komponentidir. NLP modelləri burada çox yüksək effektivlik nümayiş etdirir. Adların müxtəlif yazılış formaları, transliterasiya fərqləri, səhv yazılışlar, ayrıca dillər arasında uyğunluqlar çox vaxt ənənəvi skrininq sistemlərinin yanılmasına səbəb olur. NLP modelləri isə semantik və fonetik uyğunluq əsasında daha dəqiq nəticə verir, bu da səhv uyğunlaşmaların (false match) sayını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. NLP-nin əlavə üstünlüyü adverse media analitikasıdır. Media mənbələrinin avtomatik təhlili banklara yüksək riskli şəxsləri erkən mərhələdə müəyyənləşdirməyə kömək edir və bu proses insan nəzarətindən çox daha sürətli və dəqiq həyata keçirilir [3].

Süni intellekt əsaslı AML sistemlərinin bank sektoruna təqdim etdiyi üstünlüklər çoxşaxəlidir. Ənənəvi metodlarla müqayisədə SI sistemləri daha yüksək dəqiqlik təmin edir, əməliyyat xərclərini azaldır, compliance mütəxəssislərinin iş yükünü minimuma endirir və daha çevik təhlükəsizlik infrastrukturunun qurulmasına imkan verir. Bununla yanaşı, SI modellərinin riskləri də mövcuddur. Model bias, məlumat təminatında boşluqlar, AML sistemlərində şəffaflıq və ML modellərinin izah edilə bilmə problemi (explainability) bu sahədə əsas çətinliklər kimi qalır. Regulyatorların SI əsaslı sistemləri qəbul edərkən ehtiyatlı davranması isə maliyyə institutlarının bu texnologiyaları geniş tətbiq etməsini nisbətən ləngidir. Buna baxmayaraq, beynəlxalq maliyyə qurumlarının son illərdə süni intellektin AML-də tətbiqini dəstəkləyən sənədlər və tələblər qəbul etməsi bu sahədə rəqəmsal transformasiyanın sürətləndiyini göstərir.

Nəticə etibarilə, süni intellekt bank sektorunda AML proseslərinin gələcək inkişafını müəyyən edən əsas innovativ istiqamətdir. Bu texnologiyalar çirkli pulların yuyulması risklərinin daha erkən aşkarlanmasına, maliyyə cinayətlərinin qarşısının alınmasına və bank sisteminin bütövlükdə təhlükəsizlik səviyyəsinin artırılmasına mühüm töhfə verir. SI-nin AML ekosistemində inteqrasiyası artıq seçim deyil, qlobal miqyasda normaya çevrilməkdədir və yaxın illərdə bu texnologiyanın bankların risk idarəetməsi strategiyalarında dominant rol oynayacağı gözlənilir.

Ədəbiyyat

1. FATF (2023). Opportunities and Challenges of New Technologies for AML/CFT.
2. Basel Committee on Banking Supervision (2022). Principles for Effective Management of AML/CFT Risks.
3. Financial Stability Board (2021). Artificial Intelligence in Finance: Regulatory and Supervisory Issues.

COMPLIANCE SAHƏSİNDƏ SÜNİ İNTELLEKT VASİTƏSİLƏ RED FLAG-LARIN AVTOMATLAŞDIRILMIŞ TƏYİNİ

İsmayilov Şamil

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi, SABAH qrupları)

shamil20013@gmail.com

Xülasə: Bu tədqiqat compliance (uyğunluq) sahəsində süni intellekt (SI) texnologiyalarının red flag-ların avtomatlaşdırılmış təyini prosesində tətbiqini araşdırır. Müasir şirkətlər və maliyyə institutları böyük həcmli əməliyyat məlumatlarını emal etdikdə, potensial uyğunsuzluqların və riskli halların aşkarlanması insan resursları üçün çətin və vaxt aparan prosesə çevrilir. Machine Learning, Deep Learning və NLP kimi SI metodları riskli davranış nümunələrini öyrənərək real vaxtda red flag-ları müəyyən edir, səhv pozitiv göstəricilərin sayını azaldır və compliance əməliyyatlarının səmərəliliyini artırır. Araşdırma göstərir ki, SI-yə əsaslanan yanaşmalar həm risk idarəetməsini gücləndirir, həm də regulator tələblərinə uyğunluğu təmin etməyə imkan verir.

Açar sözlər: Compliance, süni intellekt, red flag, risk idarəetməsi, Machine Learning, Deep Learning, NLP, əməliyyat monitorinqi, avtomatlaşdırılmış təyinetmə, regulator tələbləri.

Müasir maliyyə institutları və böyük şirkətlər üçün compliance funksiyası strateji əhəmiyyət daşıyır, çünki əməliyyatlar, müqavilələr və daxili proseslərdə uyğunsuzluqlar regulator risk və reputasiya risklərinə səbəb ola bilər. Ənənəvi yanaşmalarda compliance mütəxəssisləri red flag-ları (potensial uyğunsuzluqları və riskli davranış nümunələrini) əl ilə müəyyən edir ki, bu da yüksək əməliyyat həcmi olan təşkilatlarda effektivliyi aşağı salır və insan xətalarına yol açır. Süni intellekt bu problemi həll edən əsas texnoloji vasitə kimi çıxış edir [1].

SI əsaslı sistemlər əməliyyat məlumatlarını real vaxtda təhlil edir, normaldan kənar nümunələri və riskli davranışları müəyyən edir və onları avtomatik olaraq red flag kimi işarələyir. Machine Learning modelləri əvvəlki əməliyyat və davranış məlumatlarını öyrənərək hər bir yeni fəaliyyətin riskini qiymətləndirir. Deep Learning modelləri isə kompleks nümunələri və gizli əlaqələri aşkarlaya bilər, bu da nadir və mürəkkəb uyğunsuzluqların aşkarlanmasını mümkün edir. NLP texnologiyaları isə sənədlər, müqavilələr, elektron poçtlar

və açıq mənbə məlumatları vasitəsilə potensial riskli ifadələri, terminləri və kontekstual uyğunsuzluqları aşkar etməyə imkan verir [2].

SI əsaslı red flag təyinetmə sistemi false-positive siqallarını azaldaraq compliance komandasının iş yükünü optimallaşdırır. Sistem riskli əməliyyatları və nümunələri prioritetləşdirir, beləliklə mütəxəssislər yalnız real risklər üzərində fokuslana bilir. Bu yanaşma həm əməliyyatların sürətini artırır, həm də regulator tələblərinə uyğunluğun qorunmasına kömək edir. Əlavə olaraq, SI sistemləri öyrənmə qabiliyyətinə malik olduğundan, yeni risk sxemləri və davranış nümunələri ortaya çıxdıqca sistem özünü adaptiv şəkildə tənzimləyir və compliance prosesini davamlı olaraq təkmilləşdirir.

Süni intellektin compliance sahəsində tətbiqi yalnız risk aşkarlama ilə məhdudlaşmır; o, həmçinin əməliyyat səmərəliliyini artırır, şirkətin maliyyə və reputasiya risklərini azaldır, və məlumat analizinə əsaslanan qərarvermə prosesini dəstəkləyir. Bununla belə, model bias, məlumat keyfiyyəti, izaholunma (explainability) və məlumat təhlükəsizliyi kimi məsələlər SI əsaslı sistemlərin tətbiqi zamanı diqqətə alınmalıdır. Ümumilikdə, SI-nin compliance red flag təyinetməsində tətbiqi şirkətlərə daha adaptiv, sürətli və dəqiq risk idarəetmə mühiti yaradır və regulator tələblərinə uyğunluğun təmin olunmasını gücləndirir.

Beləliklə işdə compliance (uyğunluq) sahəsində süni intellekt (SI) texnologiyalarının red flag-ların avtomatlaşdırılmış təyini prosesində tətbiqi araşdırılır. Araşdırma göstərir ki, SI-yə əsaslanan yanaşmalar həm risk idarəetməsini gücləndirir, həm də regulator tələblərinə uyğunluğu təmin etməyə imkan verir.

Ədəbiyyat

1. European Banking Authority (2022). *Machine Learning Applications in Compliance and AML Monitoring*
2. Ngai, E., Hu, Y., Wong, Y., & Chen, Y. (2021). *AI Applications in Corporate Compliance and Financial Crime Prevention*. Journal of Financial Crime

SÜNİ İNTELLEKTİN VEB-SAYTLARIN HAZIRLANMASINA TƏSİRİ

İsrafilova Elmira, Cəbrayilova Nədimə

(Mingəçevir Dövlət Universiteti, İnformasiya texnologiyaları kafedrası)

elmira.israfilova@mdu.edu.az, nedimecebrayilova6@gmail.com

Xülasə: Məqalədə süni intellektin veb-dizayn sahəsinə təsiri araşdırılır. Veb-dizaynda süni intellektin rolu tədqiq edilir, istifadəçi təcrübəsinə və veb-səhifələrin effektivliyinə təsiri göstərilir. Həmçinin süni intellektin bu sahəyə mənfi təsirləri və ondan istifadənin etik qaydaları nəzərdən keçirilir.

Açar sözlər: veb-dizayn, süni intellekt, adaptiv veb-dizayn, istifadəçi təcrübəsi, Sİ-dən istifadənin etik problemləri.

Süni intellekt tibb və maliyyədən tutmuş istehsalat və təhsilə qədər həyatımızın bütün aspektlərində möhkəm yer tutub. Onun potensialı artmaqda davam edir və veb-dizayn da bu sahədən kənarda qalmır. Adaptiv veb-dizaynın yaradılması üçün süni intellektin (Sİ) tətbiqi, veb-saytlara hər bir ziyarətçinin ehtiyaclarına çevik uyğunlaşmağa imkan verən getdikcə daha tələb olunan və populyar bir üsuldur.

Müasir internet mühitində adaptiv veb-dizayn saytların hazırlanması prosesinin ayrılmaz hissəsinə çevrilib. İstifadəçilərin müxtəlif cihazlardan – kompüter, planşet və smartfonlardan – saytlara daxil olması, ekran ölçülərinin fərqli olması ilə nəticələnir. Buna görə də veb-dizaynın adaptivliyi həm texniki, həm də estetik baxımdan mühüm əhəmiyyət daşıyır. Adaptiv dizayn veb-saytların bütün platformalarda eyni funksionallıq və rahatlıqla işləməsinə imkan yaradır, istifadəçinin təcrübəsini yaxşılaşdırır və məlumatın qavranmasını asanlaşdırır.

Adaptiv veb-dizayn ekranın ölçüsünü, platformanı və orientasiyanı nəzərə almaqla istifadəçi mühitinə və davranışına fokuslanan bir metodologiyadır. O, veb-saytın skript imkanlarını, təsvir ölçüsünü və ekranın ölçüsünü nəzərə alaraq lazım olan ölçüyə keçməsinə avtomatik imkan verən maketlərin, şəbəkələrin, şəkillərin və CSS media sorğularının birləşməsindən istifadə edir.

Tədqiqat olunan tədqiqat işinin məqsədi süni intellektin veb-işlənmə metodologiyalarına təsirinin araşdırılmasıdır. Bunun üçün aşağıdakı məsələlərə baxılmışdır: veb-dizaynda süni intellektin tətbiq sahələri; adaptiv dizaynda süni intellektin tətbiqi zamanı yaranan problemlər; veb-dizaynda Sİ-dən istifadənin etik problemləri.

Müasir dizayn yanaşmaları, xüsusən də adaptiv dizayn və istifadəçi interfeyslərinin yaradılması, Sİ-nin gətirdiyi imkanlardan geniş istifadə edir.

Süni intellektin veb-dizaynın aşağıdakı proseslərində tətbiq olunur [1, 2]:

- Maketlərin və üslubların avtomatlaşdırılmış şəkildə yaradılması: Süni intellekt saytın məzmununu təhlil edərək, müxtəlif cihazların xüsusiyyətlərini nəzərə alan optimal maketlər və üslublar yarada bilər. Bu, işlənmə prosesini keyli sürətləndirir və dizaynın keyfiyyətini yüksəldir.

- Veb-saytın məzmunun yüklənmə sürətinin optimallaşdırılması: Süni intellekt istifadəçi cihazlarının parametrlərini təhlil edərək, şəkillərin, videoların və digər media fayllarının yüklənməsini yaxşılaşdırır, nəticədə hər hansı bir cihazda sürətli və optimal nümayiş təmin edilir.

- Fərdiləşdirilmiş məzmunun hazırlanması: Veb-dizaynerlər, şəkillərdəki

naxışların xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirən və onları oxşar şəkillərlə müqayisə edən süni intellekt alqoritmlərindən istifadə edə bilirlər. Bu, öz növbəsində, istifadəçinin əvvəlki əməliyyatlarına və ya hərəkətlərinə uyğun vizual məzmun əlavə edilməsi ilə hədəf səhifələrinin fərdiləşdirilməsinə şərait yaradır.

– İstifadə rahatlığının testinin kəmiyyət baxımından idarə edilməsi. Həqiqi istifadəçilərin reaksiyasını və davranışını izləmək üçün aparılan proses istifadəyə yararlılıq testi (Usability testing) adlanır. Bu, seansın vaxtı və müddəti, cihazın növü, ekran yazıları, gündəlik ziyarətçilərin sayı, imtina dərəcəsi və bu kimi digər məlumatları təqdim edir. Veb-dizayn kontekstində Sİ-dən istifadə bu sahədə böyük verilənlər massivlərinin yüksək dəqiqliklə təhlilini xeyli sadələşdirir, bu da istifadəçi davranışı haqqında praktiki nəticələr verməlidir.

– Çat-botlarla tanışlıq. Təbii dil emalı texnologiyası müştəri xidməti və istifadəçi təcrübəsinin yaxşılaşdırılması üçün çat-botlarda istifadə olunur. Onlar şirkətlərə standart sorğuları emal edərək iş saatlarından kənar vaxtlarda da müştərilərə xidmət göstərməyə imkan yaradır. Çat-botlar insanları tamamilə əvəz edə bilməsələr də, istifadəçi təcrübəsinin keyfiyyətinin yüksəldilməsindəki rolları olduqca əhəmiyyətlidir.

– Müştərilərin zəruri alətlərlə təmin edilməsi. Adaptiv dizayn prosesinə süni intellektin daxil edilməsi ilə o, istifadəçi sorğularına çevik reaksiya verən çoxsaylı dizayn variantlarının yaradılmasına imkan verir. Bu variantların əsasını dizayn prinsipləri, psixologiya və insan davranışı haqqında məlumatlar təşkil edir. Sİ həmçinin UX-komandasının məhsulları haqqında dərin biliklərə sahib olacaq ki, bu da istifadəçi reaksiyalarının proqnozlaşdırılmasının dəqiqliyini artıracaq.

Adaptiv dizaynın yaradılmasında süni intellektin tətbiqi zamanı müəyyən problemlər yaranır. Bu problemlər kimi aşağıdakıları qeyd etmək olar [1]:

– Qərar qəbul etmənin mürəkkəbliyi: Sİ eyni anda çoxsaylı dəyişənləri (cihazın növü və ekran ölçüləri, istifadəçi vərdisləri və istifadə konteksti kimi) təhlil etməli və nəzərə almalıdır. Optimal qərarların qəbulu prosesi kifayət qədər çətin ola bilər və modelin öyrədilməsi üçün böyük həcmdə verilənlər tələb edir.

– Interpretasiyanın qeyri-müəyyənliyi: Daxil edilən verilənlərdən və seçilmiş alqoritmlərdən asılı olaraq Sİ fərqli nəticələr verə bilər. Bu isə adaptiv dizaynın müxtəlif vəziyyətlərdə fərqli reaksiya verməsinə səbəb ola bilər ki, bu da istifadəçilər üçün gözlənilməz və arzuolunmaz nəticələrə gətirib çıxara bilər.

– Davamlı öyrənmə. Adaptiv veb-dizayn üçün süni intellektin daimi öyrədilməsi və modellərin yenilənməsi tələb olunur. Sürətlə dəyişən trendlər və texnologiyalar səbəbindən, adaptiv dizaynın modelləri və alqoritmləri mütəmadi olaraq yenidən tənzimlənməli və təkmilləşdirilməlidir. Bu proses əmək-

tutumlu olaraq, vaxt və resurslar baxımından böyük xərclər tələb edir.

Veb-dizaynda Sİ-dən istifadənin etik problemləri. Veb-saytların yaradılmasında süni intellektin tətbiqi bir çox etik suallar və çətinliklərlə bağlıdır. Süni intellekt, gücünə və səmərəliliyinə baxmayaraq, məsuliyyət, məxfilik, ədalət və şəffaflıq ilə əlaqəli çoxsaylı suallar doğurur [3].

Verilənlərin mühafizəsi: Süni intellekt öyrənmə və qərar qəbul etmə prosesi üçün daim böyük həcmdə verilənləri təhlil edir. Bu zaman o, istifadəçilərin fərdi məlumatlarını emal edir, bu da məxfilik ilə bağlı suallar yaradır. Əsas məqsəd, məlumatların təhlükəsiz saxlanması və onlardan istifadənin qanunvericiliyə uyğun şəkildə həyata keçirilməsidir. Bu, həm fərdi məlumatların qorunmasına, həm də istifadəçi etibarının formalaşmasına xidmət edir.

Ədalət və qərəzlilik: Süni intellekt ona təqdim olunan verilənlər əsasında öyrədilir. Həmin verilənlər ilkin olaraq qərəzlidir, Sİ bu qərəzliliyi öz qərarlarında gücləndirərək bərabərsizliyə və ayrı-seçkiliyə səbəb ola bilər. Sİ-nin öyrədilməsi zamanı çoxşaxəli və tarazlaşdırılmış verilənlər dəstlərinin istifadəsinə zamanətin verilməsi vacibdir.

Şəffaflıq: Süni intellekt insan tərəfindən məntiqi başa düşülməyən qərarlar verə bilər. Bu, etibarsızlığa və anlaşılmazlığa səbəb ola bilər. Şəffaflığın təmin edilməsi üçün Sİ-nin qərarvermə prosesini ətraflı izah edilməsi və istifadəçilərə Sİ-nin veb-saytda tətbiqinə nəzarət edilməsi imkanı verilməlidir.

Məşğulluq və işədüzlənmə: Süni intellektin tətbiqi veb-dizaynda bir çox vəzifəni avtomatlaşdırır, bu da iş yerlərinin azalmasına səbəb ola bilər. Digər tərəfdən, Sİ yeni iş yerləri və perspektivlər yaradır, bunlar da Sİ əsasında qurulan sistemlərin işlənməsi, dəstəklənməsi və idarə edilməsi ilə əlaqədardır.

Süni intellekti veb-işlənməyə daxil edərkən, sadalanan etik problemlərə diqqət cəmlənməli və mümkün mənfi təsirlərin minimuma endirilməsinə cəhd edilməlidir. Sİ-nin tətbiqi prosesində iştirak edən bütün tərəflərin hüquqları və maraqları nəzərə alınmaqla məsuliyyətli və şəffaf şəkildə həyata keçirilməlidir.

Beləliklə, adaptiv veb-dizaynın yaradılması üçün süni intellektdən istifadə həm tərtibatçılar, həm də istifadəçilər üçün çoxsaylı üstünlüklər verir. Bu, müxtəlif cihazlarda optimal şəkildə nümayiş olunan, istifadəçi təcrübəsini yaxşılaşdıran və ziyarətçilərin məmnunluğunu artıran saytların yaradılmasına imkan verir. Adaptiv dizayn prosesinin avtomatlaşdırılması sayəsində mütəxəssislərə saytın funksionallığının və unikallığının artırılması kimi digər əsas məsələlərə diqqətin ayrılmasına şərait yaradır

Ədəbiyyat

1. Использование ИИ для создания адаптивного веб-дизайна. [Elektron resurs] Müraciət rejimi: <https://apptask.ru/blog/ispolzovanie-ii-dlia-sozdaniia-adaptivnogo-veb-dizaina>
2. Как ИИ влияет на веб-дизайн и разработку. [Elektron resurs] Müraciət rejimi: <https://vc.ru/design/1326879-vliyanie-iskusstvennogo-intellekta-na-veb-dizain>
3. ИИ и веб-дизайн: Союз будущего, который уже здесь. [Elektron resurs] Müraciət rejimi: <https://kyoday.uz/blog/ii-i-veb-dizajn-soyuz-budushhego-kotoryj-uzhe-zdes>

NÖVBƏ UZUNLUĞU MƏHDUD OLAN BİRKANALLI XİDMƏT MODELİNİN TƏDQIQI

Kamilov Fərhad

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi)

kamilovfrhad@gmail.com

Xülasə: *İşdə növbə xidmət nəzəriyyəsində uzunluğu məhdud olan birkanlı xidmət modeli tədqiq olunur. Burada daxil olan sorğu nəticəsində növbəyə daxil olub olmaması məsələsi araşdırılır.*

Açar sözlər: *xidmət nəzəriyyəsi, məhdud uzunluq, birkanlı sistem, sorğu.*

Kütləvi xidmət sistemi — bu, gündəlik həyatda rast gəlinən adi bir haldır: məsələn, ərzaq alan insanlar, yanacaq dolduranlar, bankda vəsait yatıranlar və ya şirkətin ilk boş operatorunun cavab verməsini telefonla gözləyənlər. “Növbə” termini kütləvi xidmət sisteminə digər bir ad olaraq işlədilir və bu sistem yalnız insanlar üçün deyil, həmçinin təmir gözləyən maşınlar, boşaldılma növbəsində duran yük avtomobilləri və ya uçuş üçün icazə gözləyərək uçuş zolağı boyunca düzülmüş təyyarələr şəklində də ola bilər [1].

Növbə prosesinin üç əsas komponenti — müraciətin (sorğunun) daxil olması, xidmət göstərilməsi və faktiki gözləmə xəttidir.

Hər bir kütləvi xidmət sistemi müəyyən sayda xidmət göstərən vahidlərdən (cihazlar, qurğular, məntəqələr, stansiyalar) ibarətdir və bunlar **kanallar** adlandırılır. Adətən belə sistem bir və ya bir neçə xidmət kanallarından ibarət olur və müştərilərin (müraciətlərin) müəyyən ardıcılıqla daxil olmasını nəzərdə tutur, onların hər birinin xidmətlə bağlı müəyyən tələbləri olur. Müştərilər (müraciətlər) istifadəçiləri, iş yerlərini, tranzaksiyaları və ya proqramları təmsil edə bilər.

Onlar xidmət almaq üçün kütləvi xidmət sisteminə daxil olurlar, əgər

gözləmə yeri varsa, işlənmə üçün növbədə gözləyirlər və emal olunduqdan sonra sistemi tərk edirlər. Bəzən müraciətlər üçün saxlanma buferi olmadıqda, həmin müraciətlər itirilir.

Kütləvi xidmət sistemləri müraciətlərin daxil olma vaxtı arasındakı müddətin paylanması, müraciətin xidmət olunma müddətinin paylanması, xidmət kanallarının sayı və s. üzrə təsvir olunur.

Xidmət kanallarının sayına görə kütləvi xidmət sistemləri **birkanallı** və **coxkanallı** sistemlərə bölünür [2,3].

İşdə dəyişkən saylar və zaman və ya ardıcılıqlar ilə bağlı olan, keyfiyyətli, lakin iqtisadi cəhətdən sərfəli xidmətlərin göstərilməsi probleminə aid əməliyyatları əhatə edir. Kütləvi xidmət nəzəriyyəsində “müşətilər” termini həm insanlar, həm də obyektlər üçün istifadə olunur və burada belə dəyişənlərin müqayisəsi aparılır: müşətilərin sistemə daxilolma qaydası, onların tələblərinin necə ödənilməsi, orta xidmət müddəti və onun variasiya dərəcəsi, eləcə də sistemin boşda qalma vaxtı.

Belə dəyişənlər həm müşətilər, həm də obyektlər üçün müəyyən edildikdə, seçim iqtisadi üstünlüklər əsasında edilə bilər.

t zaman ərzində k müraciətin daxil olma ehtimalı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$P_k(t) = \frac{\mu t^k}{k!} e^{-\mu}$$

Burada düstur **Puasson paylanmasına** əsaslanır və bir zaman intervalı ərzində k müraciətin daxil olma ehtimalını göstərir. μ – müraciətlərin orta daxil olma intensivliyidir, yəni vahidi zaman ərzində orta hesabla neçə müraciətin sistemə daxil olduğunu göstərir (məsələn, 1 dəqiqədə 5 müraciət), t – isə zaman intervalıdır

Sistemin əsas parametri müraciətlərin xidmət olunmasına sərf edilən vaxtdır. Əgər xidmət vaxtı eksponensial qanuna uyğun paylanırsa, onda bu vaxtın paylanma funksiyası aşağıdakı kimi müəyyən edilir:

$$F(t) = 1 - e^{-\mu}$$

Xidmət sistemləri arasında **qapalı** və **açıq** sistemlər fərqləndirilir. Qapalı sistemlərdə müraciətlər sistemin özündən daxil olur, açıq sistemlərdə isə müraciətlər xarici mənbələrdən daxil olur.

Kütləvi xidmət sisteminin əsas effektivliyi, müraciəti emal etməyə qadir olan **boş xidmət kanallarının sayı** ilə müəyyən edilir. Effektivliyi müəyyənləşdirmək üçün həmçinin **növbənin uzunluğu** və kanalların boş dayanma

dərəcəsinə müəyyən edən müxtəlif **əmsallardan** istifadə olunur.

Məhdud növbəli kütləvi xidmət sistemində növbədəki yerlərin sayı m ilə məhdudlaşdırılır. Buna görə də, əgər yeni müraciət sistemə elə bir vaxtda daxil olarsa ki, növbə artıq doludur, həmin müraciət qəbul edilmir və kütləvi xidmət sistemini tərk edir.

Lazım olan düsturları əldə etmək üçün $g = m + 1$ və $\lambda_i = \lambda, \mu_i = \mu, i = \overline{0, m}$ qəbul edək.

Birkanallı kütləvi xidmət sisteminin son vəziyyət ehtimalları aşağıdakı kimi ifadə olunur

$$p_0 = (1 + \rho + \rho^2 + \dots + \rho^{m+1})^{-1} = \frac{1-\rho}{1-\rho^{m+2}}, \quad (1)$$

$$p_k = \rho_k p_0, \quad k = \overline{1, m+1}. \quad (2)$$

Burada p_0 – sistemin boş olma ehtimal, p_k – sistemdə k müraciətin olma ehtimalı, ρ – yüklənmə əmsalı, λ – müraciətlərin daxil olma intensivliyi, m – növbənin maksimal uzunluğu, $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ müraciətlərin daxil olma intensivliyinin onların xidmət intensivliyinə nisbəti, $\rho < 1$ olması sistemin sabit işləməsi üçün vacibdir.

Sistemdə k nəqliyyat vahidinin olma ehtimalı aşağıdakı kimi olacaq:

$$p_0 = p_k = \rho^{m+1} p_0. \quad (3)$$

Əgər $m=0$ olarsa (yəni xidmət kanalı məşğuldur, lakin gözləmə növbəsi yoxdur), onda (2) və (3) düsturları **müraciətlərin rədd edilməsi ilə birkanallı kütləvi xidmət sistemi** üçün olan düsturlara çevrilir.

(1)-(3) düsturlarından istifadə edərək sistemin şərti keçiricilik qabiliyyəti, sistemin son (yekun) keçiricilik qabiliyyət, müraciətlərin orta sayı hesablanır.

Ədəbiyyat

1. Л. Клейнрок. Теория массового обслуживания. М.: Машиностроение, 1979, 432 с.
2. И.Н.Валеев, А.П. Кирпичников. Многоканальные системы массового обслуживания с отказами // Вестник Казанского государственного технологического университета – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2006 – № 4 – С. 66– 71.
3. Р.Ф. Гильмутдинов, А.П. Кирпичников. Замкнутые модели систем массового обслуживания с ограничениями // Вестник Казанского государственного технологического университета – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2006 – № 4 – С. 220– 224.

VİZA MƏRKƏZİNDƏ SORĞULARA XİDMƏT MODELİNİN TƏTBİQİ VƏ OPTİMALLAŞDIRILMASI

Kamilov Fərhad

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi)

kamilovfrhad@gmail.com

Xülasə: *bu tədqiqat VFS Global viza mərkəzində sorğulara xidmət modelinin tətbiqini araşdırır. M/M/c modeli əsasında xidmət prosesi optimallaşdırılmış, gözləmə müddəti azaldılmış və xidmət səmərəliliyi artırılmışdır. Nəticələr göstərir ki, model həm müştəri məmnuniyyətini, həm də resusların səmərəli istifadəsini təmin edir.*

Açar sözlər- *Sorğulara xidmət modeli, növbə sistemi, M/M/c, viza mərkəzi, xidmət səmərəliliyi, optimallaşdırma, VFS Global*

Giriş və aktualıq:

Qloballaşma şəraitində əhali arasında xarici ölkələrə səfərlərin artması viza xidmətlərinə olan tələbatı əhəmiyyətli dərəcədə yüksəltmişdir. Viza mərkəzlərində müraciətlərin sürətli emalı və yüksək xidmət keyfiyyətinin təmin edilməsi vətəndaş məmnuniyyəti və dövlətlərarası əməkdaşlığın inkişafında mühüm rol oynayır. Xidmət prosesinin optimallaşdırılması üçün müraciətlərin elmi yanaşmalarla idarə olunması tələb olunur.

Sorğulara xidmət nəzəriyyəsi — növbə modelləri əsasında xidmət sistemlərində gözləmə müddətinin, müraciət axınının və yüklənmə səviyyəsinin idarə edilməsini təmin edir. Bu yanaşma viza mərkəzlərində xidmət pəncərələrinin sayı, operator iş yükü və müraciətlərin emal sürətinin optimallaşdırılması baxımından xüsusi əhəmiyyət daşıyır.

Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri: Məqsəd — Viza mərkəzində sorğulara xidmət modelinin tətbiqi əsasında gözləmə müddətinin azaldılması və xidmət səmərəliliyinin artırılması üzrə elmi əsaslandırılmış yanaşmanın təklif edilməsidir.

Bu məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı vəzifələr müəyyən edilmişdir:

- Sorğulara xidmət nəzəriyyəsinin elmi əsaslarının araşdırılması
 - Viza mərkəzlərində xidmət mexanizminin təhlili
 - M/M/c modelinin seçilməsi və tətbiqi
 - Xidmət performansının əsas göstəricilər əsasında hesablanması
 - Optimallaşdırılmış xidmət modelinin işlənməsi və təkliflərin verilməsi
- Metodologiya:

Tədqiqat zamanı aşağıdakı metod və yanaşmalardan istifadə olunmuşdur: Queueing Theory (M/M/c sorğu modeli), statistik məlumatların analizi və

maliyyət-səmərə qiymətləndirilməsi ,müqayisəli təhlil ,sistem və proses yanaşması ,rəqəmsal xidmətlərin rolunun qiymətləndirilməsi

Tədqiqat obyektı olaraq Bakı şəhərində fəaliyyət göstərən VFS Global viza mərkəzinin xidmət prosesi götürülmüşdür. Müraciət axını gündəlik orta hesabla 200 sorğu və xidmət üçün 5 operator nəzərə alınmışdır.

Əsas nəticələr:

Tətbiq edilən modelləşdirmə nəticəsində:

- Xidmətin yüklənmə əmsalı müəyyən edilmişdir
- Orta gözləmə müddəti hesablanmışdır
- Xidmət pəncərələrinin sayının dəyişməsinin performansə təsiri analiz edilmişdir

- İdarəetmə qərarları üçün optimallaşdırma təklifləri hazırlanmışdır

Nəticələr göstərmişdir ki, sorğu axınının düzgün modelləşdirilməsi xidmət vaxtında gecikmələrin qarşısını alır, resursların optimal bölüşdürülməsinə şərait yaradır və məmnuniyyət səviyyəsini artırır.

Elmi yenilik: M/M/c modelinin viza mərkəzi üçün uyğunlaşdırılması ,Performans göstəriciləri əsasında sistemin optimallaşdırılması üçün metodoloji yanaşmanın təklif edilməsi ,viza xidmətlərinin rəqəmsal transformasiyası ilə modelləşmə nəticələrinin əlaqələndirilməsi.

Praktik əhəmiyyət: Operator sayının optimal təyin edilməsi ,gözləmə müddətinin minimuma endirilməsi , xidmət keyfiyyəti və müştəri məmnuniyyətinin yüksəldilməsi ,viza müraciət prosesinin rəqəmsal texnologiyalarla təkmilləşdirilməsi

Bu nəticələr yalnız viza xidməti deyil, həm də digər kütləvi xidmət sahələri üçün uyğunlaşdırıla bilər.

Ədəbiyyat

1. Gross, D., Shortle, J., Thompson, J., & Harris, C. (2008). *Fundamentals of Queueing Theory*. 4th Edition. John Wiley & Sons.
1. Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). *Introduction to Operations Research*. 9th Edition. McGraw-Hill.
2. Larson, R. C., & Odoni, A. R. (1981). *Urban Operations Research*. Prentice Hall.
3. VFS Global. (2023). *About VFS Global: Company Overview*.
<https://www.vfsglobal.com>
4. Allen, A. O. (1990). *Probability, Statistics, and Queueing Theory with Computer Science Applications*. Academic Press.
5. Bolch, G., Greiner, S., de Meer, H., & Trivedi, K. S. (2006). *Queueing Networks and Markov Chains*. 2nd Edition. John Wiley & Sons.
6. Kimmel, M. (2009). *Service Systems and Management: A Queueing Approach*. Springer.

QEYRİ-LOKAL ŞƏRTLİ İKİNCİ TƏRTİB İMPULS TƏSİRLİ DİFFERENSİAL TƏNLİKLƏR SİSTEMİNİN HƏLLİNİN VARLIĞI VƏ YEGANƏLİYİ

Kazımova Leyla

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

lkazimova987@gmail.com

Xülasə: İşdə qeyri-lokal şərtlə impuls təsirli qeyri-xətti ikinci tərtib differensial tənliklər sistemi tədqiq edilmişdir. Müəyyən çevirmələrin köməyi ilə sərhəd məsələsi ekvivalent integral tənliyə gətirilmişdir və Banaxın tərənəmzə nöqtə haqqında teoremini tətbiq etməklə sərhəd məsələsinin həllinin varlığı və yeganəliyi haqqında teoremlər isbat edilmişdir.

Açar sözlər: İkinci tərtib differensial tənliklər sistemi, iki nöqtəli sərhəd məsələsi, impulsiv sistem, həllin varlığı və yeganəliyi.

Aşağıdakı kimi qeyri-lokal şərtlə və impuls təsirli ikinci tərtib differensial tənliklər sistemini tədqiq edək

$$x''(t) = f(t, x(t)), \quad t \in [0, T], \quad t \neq t_i, \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (1)$$

$$x'(0) = C_1, \quad (2)$$

$$Ax(0) + Bx(T) = C_2, \quad (3)$$

$$\Delta x(t_i) = I_i(x(t_i)) \quad (4)$$

Burada $0 = t_0 < t_1 < t_2 < \dots < t_p < t_{p+1} = T, f: [0, T] \times R^n \rightarrow R^n$ və

$I_i: R^n \rightarrow R^n, i = 1, 2, \dots, p$ verilmiş funksiyalardır;

$A, B \in R^{n \times n}$ verilmiş sabit matrislərdir və $\det(A + B) \neq 0$;

$C_1, C_2 \in R^n$ verilmiş vektorlardır, $\Delta x(t_i) = x(t_i^+) - x(t_i^-)$.

$x(t_i^+) = \lim_{h \rightarrow 0^+} x(t_i + h), x(t_i^-) = \lim_{h \rightarrow 0^+} x(t_i - h) = x(t_i)$ $x(t)$ funksiyasının $t =$

t_i nöqtələrində uyğun olaraq sağ və sol limitləridir.

$C([0, T], R^n)$ ilə $[0, T]$ parçasında kəsilməz vektor funksiyalar fəzasını işarə edəcəyik. Aydındır ki, bu fəza Banax fəzasıdır və burada norma

$$\|x\| = \max\{|x(t)|: t \in [0, T]\}$$

kimi təyin olunur, burada $\|\cdot\|$ ilə R^n fəzasında norma işarə edilmişdir. Məsələni həll etmək üçün aşağıdakı kimi xətti fəza daxil edək:

$$PC([0, T], R^n) = \{x: [0, T] \rightarrow R^n, x(t) \in C((t_i, t_{i+1}], R^n)$$

$i = 1, 2, \dots, p; x(t_i^+) \text{ və } x(t_i^-) \text{ qiymətləri vardır və sonludur və } x(t_i^-) = x(t_i)\}$

Göründüyü kimi $PC([0, T], R^n)$ fəzası Banax fəzasıdır və burada norma

$$\|x\|_{PC} = \max\{\|x\|(t_i, t_{i+1}], i = 0, 1, \dots, p\}$$

Əgər $x \in PC([0, T], R^n)$ funksiyası

$$x''(t) = f(t, x(t)), \quad t = [0, T], \quad t \neq t_i, \quad i = 1, 2, \dots, p$$

tənliyini ödəyərsə və istənilən $0 < t_1 < t_2 < \dots < t_p < T$ nöqtələrində

$$x(t_i^+) - x(t_i) = I_i(x(t_i)), \quad i = 1, 2, \dots, p \text{ bərabərliyi ödənərsə,}$$

bundan əlavə (2), (3) şərtləri ödənirsə onda $x \in PC([0, T], R^n)$ funksiyası (1) – (4) məsələsinin həlli adlanır.

Ekvivalent çevirmələrin köməyi ilə (1) – (4) məsələsi integral tənliyə gətirilir və Banaxın sıxılmış inikas prinsipini tətbiq etməklə məsələnin həllinin varlığı və yeganəliyi haqqında teoremlər isbat edilmişdir.

Oxşar məsələlər [1, 2] işlərində baxılmışdır.

Ədəbiyyat

1. M. Benchohra, J.Henderson, & S.Ntouyas. (2006), Impulsive Differential Equations and Inclusions. New York: Hindawi Publishing Corporation.
2. M. Benchohra, J.Henderson, and S.Ntouyas, On a boundary value problem for second order impulsive functional differential inclusions in Banach spaces, International Journal of Nonlinear Differential Equations, Theory, Methods & Applications 7 (2002)

YÜKLƏNMİŞ HİPERBOLİK TİP XƏTTİ DİFERENSİAL TƏNLİK ÜÇÜN BİR MƏSƏLƏNİN SONLU FƏRQLƏR ÜSULU İLƏ HƏLLİ

Kərimova Asya

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

karimovamasiya@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə yüklənmiş hiperbolik tip xətti diferensial tənlik üçün sərhəd şərtlərində məchul funksiyanın fəza dəyişəninə nəzərən xüsusi törəməsi iştirak edən bir məsələnin həllinə sonlu fərqlər üsulu tətbiq edilib və baxılan məsələni ikinci tərtib dəqiqliyi ilə approksimasiya edən fərq məsələsi qurulub. Daha sonra qurulmuş fərq məsələsinin həll üsulu tədqiq edilib.

Açar sözlər: Hiperbolik tip yüklənmiş diferensial tənlik, fərq məsələsi, approksimasiya.

1. Məsələnin qoyuluşu

Qapalı $\bar{D} = \{0 \leq x \leq l, 0 \leq t \leq T\}$ oblastında təyin olunmuş, x və t dəyişənlərinə nəzərən ikinci tərtibədək kəsilməz xüsusi törəmələri olan elə $u = u(x, t)$ funksiyasını tapmalı ki, bu funksiya hiperbolik tip

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} + bu(x,t) + b_1 u(x, \bar{t}_1) + b_2 u(x, \bar{t}_2) + f(x,t),$$

$$0 \leq x \leq l, 0 \leq t \leq T, \quad (1)$$

tənliyini

$$\begin{cases} \frac{\partial u(0,t)}{\partial x} + \alpha u(0,t) = \mu_1(t), \\ \frac{\partial u(l,t)}{\partial x} + \beta u(l,t) = \mu_2(t), \end{cases} \quad 0 \leq t \leq T, \quad (2)$$

sərhəd şərtlərini və

$$u(x, 0) = \varphi_1(x), \quad \frac{\partial u(x,0)}{\partial t} = \varphi_2(x), \quad 0 \leq x \leq l, \quad (3)$$

başlangıç şərtlərini ödəsin.

Burada, $a > 0, b, b_1, b_2, \alpha, \beta$ – həqiqi ədədlər, $\bar{t}_1, \bar{t}_2 \in (0, T)$, $f(x, t), \mu_1(t), \mu_2(t), \varphi_1(x), \varphi_2(x)$ – uyğun oblastda və parçalarda təyin olunmuş kəsilməz funksiyalardır.

(1) – (3) məsələsini sonlu fərqlər üsulu ilə həll edəcəyik. Bu məqsədlə əvvəlcə $\bar{D}$ oblastında şəbəkə oblastını təyin edib, qurulmuş şəbəkə oblastında (1) – (3) məsələsini ikinci tərtib dəqiqliyi ilə approksimasiya edən fərq məsələsini quracağıq.

2. (1) – (3) məsələsinə uyğun fərq məsələsinin qurulması

Əvvəlcə N və j_0 natural ədədlərini qeyd edib, $[0, l]$ parçasını N bərabər hissəyə, $[0, T]$ parçasını isə j_0 bərabər hissəyə bölək. j_0 ədədini elə seçək ki, $[0, T]$ parçasını j_0 bərabər hissəyə böldükdə, $\bar{t}_1$ və $\bar{t}_2$ nöqtələri də bölgü nöqtələri çoxluğuna daxil olsun. $[0, l]$ parçasının bölgü nöqtələrini $x_n = nh$, $n = 0, 1, \dots, N$, $h = l/N$, $[0, T]$ parçasının bölgü nöqtələrini isə

$$t_j = j\tau, \quad j = 0, 1, \dots, j_0, \quad \tau = \frac{T}{j_0}, \quad \bar{t}_1 = j_1\tau, \quad \bar{t}_2 = j_2\tau \quad \text{ilə işarə edək.}$$

Qapalı $\bar{D} = \{0 \leq x \leq l, 0 \leq t \leq T\}$ oblastında təyin olunan şəbəkə oblastı- nı $\overline{\omega_{h\tau}}$ ilə işarə edək:

$$\overline{\omega_{h\tau}} = \left\{ (x_n, t_j), \quad n = 0, 1, \dots, N, \quad j = 0, 1, \dots, j_0, \quad x_n = nh, \right. \\ \left. t_j = j\tau, \quad h = l/N, \quad \tau = T/j_0 \right\}.$$

(1) tənliyinə $\overline{\omega_{h\tau}}$ şəbəkə oblastının (x_n, t_j) , $n = 1, 2, \dots, N - 1$, $j = 1, 2, \dots, j_0 - 1$, nöqtələrində baxaq:

$$\frac{\partial^2 u(x_n, t_j)}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u(x_n, t_j)}{\partial x^2} + bu(x_n, t_j) + b_1 u(x_n, \bar{t}_1) + b_2 u(x_n, \bar{t}_2) + \\ + f(x_n, t_j), \quad n = 1, 2, \dots, N - 1, j = 1, 2, \dots, j_0 - 1. \quad (4)$$

Fərz edəcəyik ki, (1) tənliyinin həlli olan $u(x, t)$ funksiyasının $D = \{0 < x < l, 0 < t < T\}$ oblastında həm x dəyişəninə, həm də t dəyişəninə nəzərən dördüncü tərtibədək məhdud xüsusi törəmələri var. Bu halda Teylor düsturundan istifadə etməklə, göstərmək olar ki,

$$\frac{u(x_n, t_{j-1}) - 2u(x_n, t_j) + u(x_n, t_{j+1}))}{\tau^2} = a^2 \frac{u(x_{n-1}, t_j) - 2u(x_n, t_j) + u(x_{n+1}, t_j)}{h^2} +$$

$$+ bu(x_n, t_j) + b_1 u(x_n, \bar{t}_1) + b_2 u(x_n, \bar{t}_2) + f(x_n, t_j) + O(h^2 + \tau^2),$$

$$n = 1, 2, \dots, N-1, j = 1, 2, \dots, j_0 - 1 \quad (5)$$

bərabərlikləri doğrudur [1].

(2) sərhəd şərtlərini ikinci tərtib dəqiqliklə approksimasiya etmək üçün, fərz edəcəyik ki, (1) tənliyi, eyni zamanda, $\bar{D}$ oblastının $x = 0$ və $x = l$ sərhədləri üzərində də ödənilir. Bu halda da Teylor düsturundan istifadə etməklə, aşağıdakı bərabərliklərin doğruluğunu alarıq:

$$\frac{u(h, t_j) - u(0, t_j)}{h} - \frac{h}{2a^2} \left[\frac{u(0, t_{j+1}) - 2u(0, t_j) + u(0, t_{j-1}))}{\tau^2} - bu(0, t_j) - b_1 u(0, \bar{t}_1) - \right.$$

$$\left. - b_2 u(0, \bar{t}_2) - f(0, t_j) \right] + \alpha u(0, t_j) = \mu_1(t_j) + O(h^2 + \tau^2). \quad (6)$$

$$\frac{u(l, t_j) - u(l-h, t_j)}{h} + \frac{h}{2a^2} \left[\frac{u(l, t_{j+1}) - 2u(l, t_j) + u(l, t_{j-1}))}{\tau^2} - bu(l, t_j) - b_1 u(l, \bar{t}_1) - \right.$$

$$\left. - b_2 u(l, \bar{t}_2) - f(l, t_j) \right] + \beta u(l, t_j) = \mu_2(t_j) + O(h^2 + \tau^2). \quad (7)$$

(5), (6) və (7) bərabərliklərində $O(h^2 + \tau^2)$ tərtibli hədləri atsaq və bu zaman $u(x_n, t_j)$ -un təqribi qiymətini y_n^j ilə, $u(x_n, \bar{t}_1)$ və $u(x_n, \bar{t}_2)$ məchullarının təqribi qiymətlərini isə $y_n^{j_1}$ və $y_n^{j_2}$ ilə işarə etsək, aşağıdakı fərq tənliklərini alarıq:

$$\frac{y_1^j - y_0^j}{h} - \frac{h}{2a^2} \left[\frac{y_0^{j+1} - 2y_0^j + y_0^{j-1}}{\tau^2} - by_0^j - b_1 y_0^{j_1} - b_2 y_0^{j_2} \right] + \alpha y_0^j = \mu_1(t_j) -$$

$$- \frac{h}{2a^2} f(0, t_j),$$

$$\frac{y_n^{j-1} - 2y_n^j + y_n^{j+1}}{\tau^2} = a^2 \frac{y_{n-1}^j - 2y_n^j + y_{n+1}^j}{h^2} + by_n^j - b_1 y_n^{j_1} - b_2 y_n^{j_2} + f(x_n, t_j)$$

$$n = 1, 2, \dots, N-1 \quad (8)$$

$$\frac{y_N^j - y_{N-1}^j}{h} + \frac{h}{2a^2} \left[\frac{y_N^{j+1} - 2y_N^j + y_N^{j-1}}{\tau^2} - by_N^j - b_1 y_N^{j_1} - b_2 y_N^{j_2} \right] + \beta y_N^j = \mu_2(t_j) +$$

$$+ \frac{h}{2a^2} f(l, t_j) \quad j = 1, 2, \dots, j_0 - 1.$$

(3)-dəki birinci başlanğıc şərtədən alarıq:

$$y_n^0 = \varphi_1(x_n), \quad y_n^1 = \varphi_1(x_n) + \tau \varphi_2(x_n), \quad n = 0, 1, \dots, N. \quad (9)$$

Beləliklə biz (1) – (3) məsələsini $O(h^2 + \tau^2)$ dəqiqliyi ilə approksimasiya edən (8) – (9) fərq məsələsini qurduq.

3. Fərq məsələsinin həlli

Bu işdə (8) fərq tənliklərindən istifadə etməklə, həqiqi σ parametridən asılı qeyri-aşkar fərq məsələsi qurulub və bu məsələ

$$Ay^{j+1} + By^j + Cy^{j-1} + D_1 y^{j_1} + D_2 y^{j_2} = F^j, \quad j = 1, 2, \dots, j_0 - 1. \quad (10)$$

matris fərq tənlikləri üçün məsələyə, daha dəqiq desək, (10) fərq tənliklərinin (9) başlanğıc şərtlərini ödəyən həllinin tapılması məsələsinə gətirilib. Burada iştirak edən bütün matrislər məlum matrislərdir və onların elementləri (8) fərq tənliklərinin əmsalları vasitəsilə təyin olunur. Bu məsələnin həll üsulu aşağıdakından ibarətdir [2]. j dəyişənin bütün qiymətlərində (10) fərq tənliklərinin hər iki tərəfi soldan A^{-1} matrisinə vurulur. Bu tənliklər içərisindən j_1 və j_2 – ci tənliklərə baxılır və onlardan birincisinin hər iki tərəfi soldan D_1 - ə, ikincisinin hər iki tərəfi isə soldan D_2 – yə vurulduqdan sonra, alınan bərabərliklər toplanılır. Bunun nəticəsində alınan tənlikdən asanlıqla $D_1 y^{j_1} + D_2 y^{j_2}$ ifadəsinin qiymətini təyin etmək mümkün olur. Daha sonra isə (10) bərabərliklərini soldan A^{-1} matrisinə vurmaqla alınan tənliklərdən istifadə etməklə bütün y^j məchullarını tapmaq mümkün olur.

Ədəbiyyat

1. А.А.Самарский. Введение в теорию разностных схем. Москва, издательство «Наука», 1971, 552 с.
2. З.Ф.Ханкишиев. О решении и устойчивости одной разностной задачи для линейного нагруженного дифференциального уравнения гиперболического типа. Вестник Бакинского Университета, серия физико-математических наук, 2023, № 1, с. 44-61.

TƏSADÜFİ İSTİLİKKEÇİRMƏ ƏMSALINA MALİK HƏRƏKƏTDƏ OLAN METAL ÇUBUQDA İSTİLİKKEÇİRMƏ MƏSƏLƏSİNİN MAPLE PAKETİNDƏ STOXAŞTİK ANALİZİ

Qasımov Qurban, İsmayılova Məleykə

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

g.kurban@mail.ru, ismayilova.maleyka02@gmail.com

Xülasə: Bərk cisimlərdə diffuziyanın sürətini təyin edən mühüm kəmiyyətlərdən biri olan istilikkeçirmə əmsalı bir çox fiziki-kimyəvi amillərdən, o cümlədən metalların kristal şəbəkəsinin strukturundakı təsadüfi qüsurların paylanmasıdan asılıdır [1]. Təqdim olunan işdə təsadüfi istilikkeçirmə əmsallı və hərəkətdə olan bərk cisimdə başlanğıc-sərhəd məsələsinin Maple proqram paketində [2] analitik həlli alınır, bu həllin ehtimal xarakteristikalarının təhlili aparılaraq, uyğun qrafiklər və cədvəllər qurulur.

Açar sözlər: istilikkeçirmə tənliyi, diffuziya əmsalı, korrelyasiya əmsalı, ani istilik mənbəyi funksiyası, təsadüfi proses.

Məsələnin qoyuluşu. Həllin qurulması. Maple-də stoxastik araşdırma

x oxu istiqamətində v sürəti ilə hərəkətdə olan və yan səthi boyunca ətraf mühitlə istilik mübadiləsi olmayan $0 < x < l$ metal çubuqda

$$\frac{\partial}{\partial x} u(x, t) = \kappa \frac{\partial^2}{\partial x^2} (u(x, t)) - v \frac{\partial}{\partial x} (u(x, t)), 0 < x < l, t > 0$$

$$u(x, 0) = \phi(x) (0 \leq x \leq l), u(0, t) = u(l, t) = 0$$

başlanğıc-sərhəd məsələsi araşdırılır; burada κ -təsadüfi istilikkeçirmə əmsalı, $\phi(x), \phi(0) = \phi(1) = 0$ şərtini ödəyən kəsilməz funksiyadır və hissə-kəsilməz diferensiallanandır.

$$u(x, t) = \exp\left(\frac{vx}{2\kappa} - \frac{v^2 t}{4\kappa}\right) w(x, t): u(x, t) \Rightarrow w(x, t)$$

əvəzləməsilə məsələni $w(x, t)$ -yə nəzərən standart şəkli gətiririk:

$$\frac{\partial}{\partial x} w(x, t) = \kappa \frac{\partial^2}{\partial x^2} w(x, t), 0 < x < l, t > 0$$

$$w(x, 0) = \phi(x) e^{-\frac{vx}{2\kappa}} (0 \leq x \leq l), w(0, t) = w(l, t) = 0$$

Tutaq ki, $\kappa = \kappa_0 + \xi(x)$, haradakı κ_0 -const istilikkeçirmə əmsalının orta qiyməti, $\xi(x)$ isə riyazi gözləməsi sıfır və ordinatlarının böyük qiymətlər alması ehtimalı kafi qədər kiçik olan təsadüfi funksiyadır. Məsələnin həllini $w(x, t) = w_0(x, t) + w_1(x, t)$ şəklində axtarıq. Onda əgər $w_0(x, t)$

$$\frac{\partial}{\partial t} w_0(x, t) = \kappa_0 \frac{\partial^2}{\partial x^2} w_0(x, t),$$

$$w_0(x, 0) = \phi(x) e^{-\frac{vx}{2\kappa}}, w_0(0, t) = w_0(l, t) = 0$$

məsələsinin həlli olarsa, $w_1(x, t)$

$$\frac{\partial}{\partial t} w_1(x, t) = \kappa_0 \frac{\partial^2}{\partial x^2} w_1(x, t) + \xi(x) \frac{\partial^2}{\partial x^2} w_0(x, t)$$

$$w_1(x, 0) = w_1(0, t) = w_1(l, t) = 0$$

məsələsinin $(\xi(x) w_1(x, t))$ hasilini 2-ci tərtibdən kiçikliyini qəbul etməklə) həlli olacaq.

$w_0(x, t)$ və $w_1(x, t)$ həllərini $G(x, y; t)$ -ni istilik mənbəyi funksiyası vasitəsilə aşağıdakı şəkildə ifadə edə bilərik:

$$w_0(x, t) = \int_0^l G(x, y; t) \phi(y) e^{-\frac{vy}{2\kappa}} dy$$

$$w_1(x, t) = \int_0^t \int_0^l G(x, y; t - \tau) \xi(y) \frac{\partial^2}{\partial y^2} w_0(y, \tau) dy d\tau$$

$$G(x, y; t) = (2/l) \sum_{m=1}^{\infty} e^{-\kappa_0 \lambda[m]^2 t} \sin(\lambda[m]x) \sin(\lambda[m]y)$$

$$\lambda[m] = \left(\frac{\pi m}{l}\right), m = 1, 2, \dots$$

$\{\kappa_0 = 1 \text{ və } 2, v = 1, l = 1, \phi(x) = x \cdot (l - x)\}$ - imitasiya seçiminə uyğun, sonuncu sıranın 2-ci xüsusi cəmi ilə kifayətlənərək,

$$u_0(x, t) = e^{\frac{vx}{2\kappa_0} - \frac{tv^2}{2\kappa_0}} w_0(x, t)$$

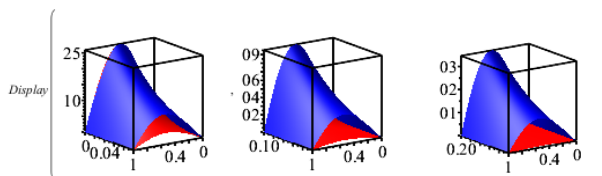
həllinə uyğun səthləri (mavi və qırmızı) qururuq:

```
> restart:with(inttrans):with(plots):
> G:=unapply(simplify((2/l)*sum(exp(-
varkappa0*t*(Pi*m/l)^2)*sin(Pi*m*x/l)*sin(Pi*m*y/l),m=1..2)),x,y,t):
> fi0:=unapply(x*(l-x),x):
> w0:=unapply(simplify(int(G(x,y,t)*exp(-
v*y/(2*varkappa0))*fi0(y),y=0..l)),x,t):
> u0:=unapply(exp(v*x/(2*varkappa0)-t*v^2/(4*varkappa0))*w0(x,t),x,t):
```

$$u0 := (x, t) \mapsto \frac{1}{(4 \cdot \pi^2 \cdot x0^2 + l^2 \cdot v^2)^3 \cdot (16 \cdot \pi^2 \cdot x0^2 + l^2 \cdot v^2)^3} \left(32 \cdot e^{\frac{v \cdot x}{2 \cdot x0} - \frac{t \cdot v^2}{4 \cdot x0}} \cdot \left(- (4 \cdot l \cdot v \cdot \pi^2 \cdot x0^2 + v^3 \cdot l^3 - 8 \cdot \pi^2 \cdot x0^3 + 6 \cdot l^2 \cdot v^2 \cdot x0) \cdot (16 \cdot \pi^2 \cdot x0^2 + l^2 \cdot v^2)^3 \cdot e^{\frac{6 \cdot \pi^2 \cdot t \cdot x0^2 - v \cdot l}{2 \cdot l^2 \cdot x0}} + (4 \cdot l \cdot v \cdot \pi^2 \cdot x0^2 + v^3 \cdot l^3 + 8 \cdot \pi^2 \cdot x0^3 - 6 \cdot l^2 \cdot v^2 \cdot x0) \cdot (16 \cdot \pi^2 \cdot x0^2 + l^2 \cdot v^2)^3 \cdot e^{\frac{3 \cdot x0 \cdot t \cdot \pi^2}{l^2}} + 4 \cdot \left((16 \cdot l \cdot v \cdot \pi^2 \cdot x0^2 + v^3 \cdot l^3 - 32 \cdot \pi^2 \cdot x0^3 + 6 \cdot l^2 \cdot v^2 \cdot x0) \cdot e^{-\frac{l \cdot v}{2 \cdot x0}} + v^3 \cdot l^3 + 16 \cdot l \cdot v \cdot \pi^2 \cdot x0^2 - 6 \cdot l^2 \cdot v^2 \cdot x0 + 32 \cdot \pi^2 \cdot x0^3 \right) \cdot \left(4 \cdot \pi^2 \cdot x0^2 + l^2 \cdot v^2 \right)^3 \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot x}{l}\right) \right) \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot x}{l}\right) \cdot x0^3 \cdot \pi \cdot e^{-\frac{4 \cdot x0 \cdot t \cdot \pi^2}{l^2}} \cdot l^2 \right)$$

Temperaturun əsas komponentinin ($u_0(x, t) - \text{nin}$) $\kappa_0 = 1$ və $\kappa_0 = 2$ qiymətlərində $[0, 0.1]$, $[0.1, 0.2]$, $[0.2, 0.3]$ - ardıcıl zaman parçalarında dəyişmə səthlərini qururuq:

```
> u0s1:=unapply(subs({v=1,varkappa0=1,l=1},u0(x,t)),x,t):
> u0s2:=unapply(subs({v=1,varkappa0=2,l=1},u0(x,t)),x,t):
> P1:=plot3d([u0s1(x,t),u0s2(x,t)],x=0..1,t=0..0.1,style=surface,color=[blue,red]):
> Display(P1,P2,P3);
```



Alınan mənzərə $\kappa_0 = 2$ qiymətində cismin daha yüksək sürətlə soyuduğunun əyani təsbitidir.

$u_1(x, t) = e^{\frac{vx}{2\kappa_0}} t^{\frac{v^2}{4\kappa_0}} w_1(x, t)$ - funksiyasının yuxarıda seçilmiş qiymətlərdə, $\xi(x) \equiv \xi$ təsadüfi kəmiyyətinin $(0, 0.1)$ - normal paylanmış olduğunu qəbul edərək, orta kvadratik meylini hesablayırıq (bu halda $D\xi = 0.01$ olduğunu nəzərə almaqla); onda

$$E[u_1(x, t)] = 0,$$

$$D[u_0(x, t)] = 0 \Rightarrow E[u(x, t)] = u_0(x, t), D[u(x, t)] = D[u_1(x, t)]:$$

```
>d2w0:=unapply(simplify(diff(w0(x,t),x$2)),x,t):
```

```
>w11:=unapply(G(x,y,t-tau)*d2w0(y,tau),x,y,t,tau):
```

```
>w1:=unapply(simplify(int(int(w11(x,y,t,tau),tau=0..t),y=0..1)),x,t):
```

```
>u1:=unapply(exp(v*x/(2*varkappa0)-t*v^2/(4*varkappa0))*w1(x,t),x,t):
```

```
>u1s:=unapply(subs({v=1,l=1,varkappa0=1},u1(x,t)),x,t):
```

Orta kvadratik meyl:

```
>su1s:=unapply(0.1*abs(u1s(x,t)),x,t):
```

Çubuğun orta nöqtəsinin ($x=0.5$) temperaturunun orta kvadratik meylinin zamanndan asılılığına aid cədvəli və qrafiki qururuq:

```
> evalf([[su1s(0.5,0.1),su1s(0.5,0.5),su1s(0.5,0.9)]],5);
```

[\[\[0.0092958, 0.00081136, 0.000025495\]\]](#)

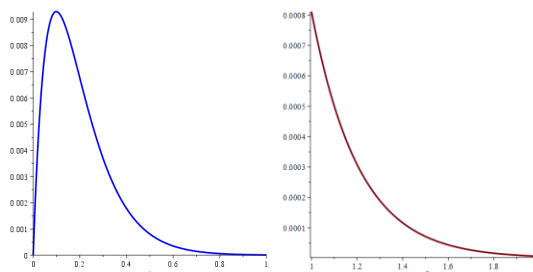
```
> su1ss:=unapply(subs(x=0.5,su1s(x,t)),t):
```

```
> plot(su1ss(t),t=0..1,thickness=3,color=blue);
```

Çubuğun orta nöqtəsinin ($x = 0.5$) $t = 0.5$ anındakı temperaturunun orta kvadratik meylinin κ_0 -dan asılılıq qrafikini qururuq ($\kappa_0 \in [1, 2]$):

```
> uvk:=unapply(subs({v=1,l=1,x=0.5,t=0.5},0.1*abs(u1(x,t))),varkappa0):
```

```
> plot(uvk(varkappa0),varkappa0=1..2,thickness=3);
```



Ədəbiyyat

1. H.S.Carslaw, J.C.Jaeger, Conduction of heat in solids, Oxford, 2011, 520 p.
2. S.Cyganowski, P.Kloeden, J.Ombach, From elementary probability to stochastic differential equations with Maple, Springer, 2002, 326 p.

DÖRD TƏRTİBLİ XÜSUSİ TÖRƏMƏLİ DİFERENSİAL TƏNLİK ÜÇÜN İNTEQRAL SƏRHƏD ŞƏRTLİ MƏSƏLƏNİN FURYE METODU İLƏ HƏLLİ

Qasimov Telman, Cəfərzadə Təranə

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

qasimov.telman83@mail.ru, taranajafarzada@gmail.com

Xülasə: Mexanikanın, fizikanın bir çox məsələləri dörd tərtibli xüsusi törəməli diferensial tənliklərlə təsvir olunur. Bu baxımdan bu cür tənliklər üçün sərhəd məsələlərin tədqiqi mühüm nəzəri və praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Təqdim olunan tezisdə dörd tərtibli xüsusi törəməli tənlik üçün integral sərhəd şərtlə məsələ Furye metodunun köməyi ilə tədqiq olunmuşdur.

Açar sözlər: dörd tərtibli xüsusi törəməli tənlik, integral sərhəd şərtlə məsələ, Furye metodu.

Tutaq ki, $D = [0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq T]$ oblastında aşağıdakı kimi məsələ verilmişdir:

$$u_t(x, t) + u_{xxx}(x, t) = f(x, t), \quad (x, t) \in D, \quad (1)$$

$$u(x, 0) + \delta u(x, T) = \varphi(x), \quad 0 \leq x \leq 1, \quad (2)$$

$$u(0, t) = u_x(1, t) = u_{xx}(0, t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad (3)$$

$$\int_0^1 u(x, t) dx = 0, \quad 0 \leq t \leq T, \quad (4)$$

burada $f(x, t)$, $\varphi(x)$ – məlum funksiyalar, $\delta \neq -1$ məlum ədəddir.

Lemma: Tutaq ki, $f(x, t) \in C(D)$, $\varphi(x) \in C[0, 1]$, $\int_0^1 f(x, t) dx = 0$, $(0 \leq t \leq T)$,

$\int_0^1 \varphi(x) dx = 0$. Onda, (1)-(4) məsələsinin həllinin tapılması, (1)-(3) və

$$u_{xxx}(1, t) = 0, \quad 0 \leq t \leq T \quad (5)$$

məsələsinin həllinin tapılmasına ekvivalentdir.

(1)-(3) və (5) sərhəd məsələsinə uyğun spektral məsələnin həlli aşağıdakı kimidir:

$$\sin \lambda_k x, \quad \lambda_k = \frac{\pi}{2}(2k-1), \quad k=1, 2, 3, \dots$$

Təqdim olunan tezisdə (1)-(3) və (5) ekvivalent məsələnin həlli

$$u(x, t) = \sum_{k=1}^{\infty} u_k(t) \sin \lambda_k x$$

şəklində axtarılır və həll sıra şəklində qurulur.

Ədəbiyyat

1. Н.И.Ионкин Решение одной краевой задачи теории теплопроводности с не-классическим краевым условием "Дифференциальное Уравнения", 1977, Т. XIII, № 2, 295-304 стр.

ÇUBUĞUN ENİNƏ RƏQS TƏNLIYI ÜÇÜN İNTEQRAL SƏRHƏD ŞƏRTLİ QARIŞIQ MƏSƏLƏSİNİN HƏLLİNİN FURYE METODU İLƏ TAPILMASI

Qasimov Telman, Mustafayev Natiq

(BDU, Mexanika – Riyaziyyat fakültəsi)

natiqmustafayev422@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan tezisdə çubuğun eninə rəqs tənliyi üçün integral sərhəd şərtlə məsələ tədqiq olunur. Əvvəlcə məsələ ekvivalent məsələyə gətirilir və Furiye metodu ilə həll sıra şəklində qurulur.

Açar sözlər: integral sərhəd şərtlə məsələ, ekvivalent məsələ, Furiye metodu

Təqdim olunan tezisdə $D_T = \{(x, t) : 0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq T\}$ oblas-
tında aşağıdakı kimi məsələyə baxılır:

$$u_{tt}(x, t) + u_{xxxx}(x, t) = f(x, t), (x, t) \in D_T \quad (1)$$

$$U(x, 0) = \varphi(x), \quad u_t(x, 0) = \psi(x), \quad 0 \leq x \leq 1 \quad (2)$$

$$u_x(0, t) = 0, \quad u_x(1, t) = 0, \quad u_{xxx}(0, t) = 0, \quad 0 \leq t \leq T \quad (3)$$

$$\int_0^1 U(x, t) dx = 0, \quad 0 \leq t \leq T \quad (4)$$

Burada $\varphi(x)$, $\psi(x)$, $f(x, t)$ -məlum funksiyalar $U(x, t)$ ilə axtarılan funk-
siyadır.

Tərif: (1)–(4) məsələsinin klassik həlli elə $U(x, t) \in C^{(4,2)} D_T$ funk-
siyasına deyilir ki, funksiya (1) tənliyini və (2), (4) şərtlərini adi mənada ödəsin.

Lemma. Tutaq ki, $\varphi(x) \in C[0, 1], \int_0^1 \varphi(x) dx = 0$,

$$\varphi(x) \in C([0, 1]), \int_0^1 \varphi(x) dx = 0, f(x, t) \in C(D_T), \int_0^1 f(x, t) dx = 0 \quad (0 \leq t \leq T)$$

Onda (1) - (4) məsələsinin həllinin tapılması (1) –(3) və

$$u_{xxx}(1, t) = 0 \quad (0 \leq t \leq T) \quad (5)$$

məsələsinin tapılması ekvivalentdir.

(1) –(3), (5) məsələsinin məxsusi ədəd və məxsusi funksiyaları aşağıdakı kimidir:

$$\lambda_k = \pi k, \quad \cos \sqrt{\lambda_k} x, \quad k=0, 1, 2, \dots$$

Təqdim olunan tezisdə həll

$$u(x,t) = \sum_{k=1}^{\infty} u_k(t) \cos \sqrt{\lambda_k} x$$

şəklində axtarılır və həll sıra şəklində qurulur, burada $u_x(t) = 2 \int_0^1 U(x,t) \cos \sqrt{\lambda_k} x, \quad k=1,2,3,\dots$

Ədəbiyyat

1. Ионкин Н.И. Решение одной краевой задачи теории теплопроводности с неклассическим краевым условием // Дифференциальные уравнения, 1977, Т. XIII, №2, с. 295–304. [1]

HİPERBOLİK TİP TƏNLİK ÜÇÜN QOYULMUŞ BİR QARIŞIQ MƏSƏLƏNİN GÜCLÜ HƏLL OLUNMASI HAQQINDA

Qasımov Telman, Səfərova Əfsanə

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

telmankasumov@rambler.ru, afsana.safarova03@gmail.com

Xülasə: İşdə dalğa tənliyi üçün qoyulmuş başlanğıc-sərhəd məsələsinə baxılır, başlanğıc verilənlər üzərinə qoyulmuş minimal hamarlıq şərtləri daxilində sərhəd məsələsinin güclü mənada korrekt həll olunması spektral metodların tətbiqi ilə öyrənilir.

Açar sözlər: Dalğa tənliyi, qarışıq məsələ, güclü həll, məxsusi funksiyalar, bazis.

Dalğa tənliyi üçün qoyulmuş aşağıdakı qarışıq məsələyə baxaq:

$$\frac{\partial^2 U(x,t)}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 U(x,t)}{\partial x^2}, \quad (x,t) \in Q_T = (0,1) \times (0,T), \quad (1)$$

$$U'_x(0,t) + \beta U'_x(1,t) = \alpha U(0,t) + U(1,t) = 0, \quad (2)$$

$$U(x,0) = \varphi(x), \quad U'_t(x,0) = \psi(x), \quad (3)$$

burada $\varphi(x)$ və $\psi(x)$ verilmiş kompleksqiymətli funksiyalardır. (1)-(3) məsələsinin güclü həlli dedikdə elə $U(x,t) \in W_p^2(Q_T)$ funksiyası başa düşülür ki, (1) tənliyini Q_T –də sanki hər yerdə, (2),(3) şərtlərini isə iz mənasında ödəsin.

(1)-(3) məsələsinin Furiye metodu ilə həlli aşağıdakı spektral məsələyə gətirir:

$$-y''(x) = \lambda y(x), \quad (4)$$

$$y'(0) + \beta y'(1) = 0, \quad (5)$$

$$\alpha y(0) + y(1) = 0. \quad (6)$$

$\alpha\beta + 1 \neq 0$ olduqda (4)-(6) spektral məsələsi Birkhof mənada requlyar

olur. $\gamma = -\frac{\alpha+\beta}{1+\alpha\beta} \neq \pm 1$ olduqda (4)-(6) spektral məsələsi güclü requlyar olur, $\gamma = \pm 1$ olduqda isə spektral məsələ requlyar olur, lakin güclü requlyar olmur. Bu işdə $\gamma \neq \pm 1$ halına baxılır.

Teorem 1. $\gamma \neq \pm 1$ olduqda (4)-(6) spektral məsələsinin məxsusi ədədləri iki seriya olub: $\lambda_{n,1} = \rho_{n,1}^2$, $\lambda_{n,2} = \rho_{n,2}^2$,

$$\rho_{n,1} = 2\pi n + \gamma_1 + O\left(\frac{1}{n}\right), \rho_{n,2} = 2\pi n + \gamma_2 + O\left(\frac{1}{n}\right), n \rightarrow \infty,$$

şəklində asimptotikaya malikdirlər; burada $\gamma_1 = i \ln_0 \left(\gamma + \sqrt{\gamma^2 - 1} \right)$, $\gamma_2 = -i \ln_0 \left(\gamma - \sqrt{\gamma^2 - 1} \right)$ və $\ln_0$ – qeyd olunmuş budaqdır. (4)-(6) spektral

məsələsinin $\lambda_{n,1}, \lambda_{n,2}$ məxsusi ədədlərinə uyğun məxsusi funksiyalarını $u_{n,1}(x)$, $u_{n,2}(x)$ kimi, onun biortoqonal sistemini isə $\{v_{n,i}(x)\}_{i=1,2; n \in \mathbb{N}}$ kimi işarə edək.

Teorem 2. (4)-(6) spektral məsələsinin $\{u_{n,i}\}_{i=1,2; n \in \mathbb{N}}$ məxsusi funksiyaları sistemi $L_p(0,1)$, $1 < p < \infty$, fəzasında r – bazis təşkil edir ($r = \max\{p, p'\}$, $\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = 1$), yəni bu fəzada bazisdir və $\forall f \in L_p(0,1)$:

$$\left(\sum_{i=1}^2 \sum_{n=1}^{\infty} |\langle f, v_{n,i} \rangle|^r \right)^{\frac{1}{r}} \leq C_1 \|f\|_{L_p}$$

bərabərsizliyi ödəyir; burada C_1 sabitdir və f -dən asılı deyildir.

Teorem 3. Tutaq ki, $\varphi(x) \in W_p^2(0,1)$, $\psi(x) \in W_p^1(0,1)$ və

$$\varphi'(0) + \beta\varphi'(1) = \alpha\varphi(0) + \varphi(1) = \alpha\psi(0) + \psi(1) = 0$$

şərtlərini ödəyirlər. Onda (1)-(3) məsələsinin $W_p^2(Q_T)$ sinfindən olan yeganə güclü həlli var və bu həll üçün

$$\|u\|_{W_p^2(Q_T)} \leq C_2 (\|\varphi\|_{W_p^2(0,1)} + \|\psi\|_{W_p^1(0,1)})$$

qiymətləndirməsi doğrudur; burada C_2 sabitdir və φ və ψ -dən asılı deyildir

Oxşar məsələlər [1-2] işlərində də tədqiq olunmuşdur.

Ədəbiyyat

1. M.Sh.Burlutskaya, A.P.Khromov. The resolvent approach for the wave equation, comput. Math. Math. Phys. 2015, vol. 55, no.2, pp. 229-241.
2. A.P.Khromov. About the classical solution of the mixed problem for the wave equation. Izv. Saratov Univ. (N.S.), ser. Math. Mech. Inform., 2015, vol.15, no.1, pp. 56-66.

HİPERBOLİK TİP TƏNLİKLƏR SİSTEMİ ÜÇÜN QURSA-DARBU MƏSƏLƏSİNİN MÜTLƏQ KƏSİLMƏZ HƏLLİNİN İNTEQRAL GÖSTƏRİLİŞİ

Qasimov Telman, Rzayeva Sultan

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

Qasimov.telman83@mail.ru, sultanrzayeva0@gmail.com

Xülasə: Fizikanın, mexanikanın, elektrotexnikanın bir sıra məsələləri dəyişən əmsallı hiperbolik tip tənliklər sistemi ilə təsvir olunur. Bu baxımdan bu cür sistemlər üçün riyazi məsələlərin tədqiqi mühüm nəzəri və praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Təqdim olunan tezisdə hiperbolik tip tənliklər sistemi üçün Qursa-Darbu məsələsinin mütləq kəsilməz həllinin inteqral göstərilişi tapılmışdır.

Açar sözlər: Hiperbolik tip sistem, Qursa-Darbu məsələsi, Riman matris-funksiyası, həllin inteqral göstərilişi.

Təqdim olunan tezisdə aşağıdakı kimi məsələyə baxılır:

$$z_{xy} + A(x, y)z_x + B(x, y)z_y + C(x, y)z(x, y) = f(x, y),$$

$$x_0 < x < x_1, \quad y_0 < y < y_1 \quad (1)$$

$$z(x, y_0) = \varphi_1(x), \quad x_0 \leq x \leq x_1$$

$$z(x_0, y) = \varphi_2(y), \quad y_0 \leq y \leq y_1 \quad (2)$$

ölçülü sütun vektorlardır.

Teorem: Tutaq ki, $z(x, y)$ funksiyası (1), (2) məsələsinin həlli və $R(x, y; \tau, \sigma)$ isə (1) sisteminin Riman matrisidir [1].

Onda

$$Z(x, y) = \omega(x, y) + \int_{x_0}^x \int_{y_0}^y R(x, y; \tau, \sigma) f(\tau, \sigma) d\tau d\sigma$$

inteqral göstərilişi doğrudur, burada

$$\begin{aligned} \omega(x, y) = & R(x, y; x_0, y) \varphi_2(y) + R(x, y; x, y_0) \varphi_1(x) - R(x, y; x_0, y_0) \varphi_1(x_0) - \\ & \int_{x_0}^x [R_T(x, y; \tau, y_0) - R(x, y; \tau, y_0) \times B(\tau, y_0)] \varphi_1(\tau) d\tau - \int_{y_0}^y [R_\sigma(x, y; x_0, \sigma) - \\ & R(x, y; x_0, \sigma) \times A(x_0, \sigma) \varphi_2(\sigma) d\sigma]. \end{aligned}$$

Ədəbiyyat

1. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М., „Наука“, 1972 Г, С. 680

MOBİL ROBOTLARIN ADAPTİV İDARƏETMƏ PROSESİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN ROLU

Qədirbəyova Fəridə

(Mingəçevir Dövlət Universiteti, İnformasiya texnologiyaları kafedrası)

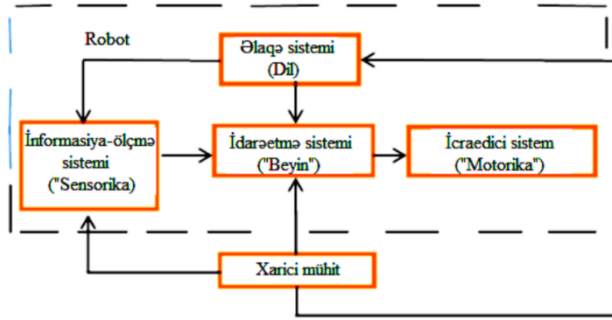
qedirbeyovaferide@gmail.com

Xülasə: Robototexnika – dəyişkən şəraitdə yerinə yetirilən proseslərin avtomatlaşdırılmasına yönəlmiş, ağır və riskli işlərdə insan əməyini əvəz edən robot sistemlərinin hazırlanmasını əhatə edən mühüm texnoloji sahədir. Bu çərçivədə robotun idarəetmə bloku, yəni "beyni", informasiya-ölçmə qurğularından daxil olan geribildirim siqnallarını emal edərək icraedici mexanizmlərin – mühərrik və aktuatorların – fəaliyyətini tənzimləyir və eyni zamanda robotla operator arasında məlumat mübadiləsini təmin edir. Mövcud idarəetmə sistemləri trayektoriyadan və dinamik maneələrdən adaptiv şəkildə yayınma kimi əsas problemləri nəzərə almır. Bu problemin effektiv həlli süni intellekt və maşın öyrənməsi üsullarının tətbiqi ilə mümkündür. İşin məqsədi robotların adaptiv idarə edilməsi zamanı qarşıya çıxan fərqli (sistem tərəfindən müəyyən olunmamış) trayektoriya üzrə hərəkəti təmin etmək üçün süni intellekt həllərini araşdırmaqdır.

Açar sözlər: robototexnika, süni intellekt, adaptiv idarəetmə, nəzarət sistemləri, robotlar.

Giriş. Robototexnika dəyişkən şəraitdə yerinə yetirilən proseslərin avtomatlaşdırılmasına yönəlmiş, ağır və riskli işlərdə insan əməyini əvəz edən robot və robot sistemlərinin hazırlanmasını əhatə edən mühüm texnoloji sahədir. Bu çərçivədə robotun idarəetmə bloku, yəni "beyni", informasiya-ölçmə qurğularından daxil olan geribildirim siqnallarını emal edərək icraedici mexanizmlərin – mühərrik və aktuatorların – fəaliyyətini tənzimləyir və eyni zamanda robotla operator arasında məlumat mübadiləsini təmin edir. Mobil robotların quruluşunda isə ətraf mühiti tanımağa imkan verən müxtəlif sensorlar, mühitə təsir göstərən aktuatorlar və bu məlumatları birləşdirərək robotun məqsədyönlü hərəkətlərini formalaşdıran idarəetmə sistemi qarşılıqlı şəkildə fəaliyyət göstərir. Bu integrasiya robotun real şəraitə uyğun olaraq çevik və funksional davranış sərgiləməsinə imkan yaradır [1].

Şəkil 1-də ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqədə olan robotun struktur-funksional sxemi göstərilmişdir. Robot ümumi halda 4 hissədən ibarətdir: informasiya-ölçmə sistemi ("Sensorika"), idarəetmə sistemi ("Beyin"), icraedici sistem ("Motorika") və digər robotlarla, insanla və ya robotun daxili sistemləri ilə ("Dil") əlaqə sistemi.



Şəkil 1. Ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqədə olan robotun struktur-funksional sxemi

İnformasiya-ölçmə sistemi robotun “gözləri və qulaqlarıdır”. Robot xarici mühitdən məlumatları məsafə sensorları, kamera, temperatur sensorları və təzyiq sensorları vasitəsilə toplayır. Nəticədə toplanan məlumat idarəedici sistemə göndərilir. Əlaqə sistemi robotun insan və ya digər cihazlarla ünsiyyət qurması üçün idarəediciyə məlumat ötürür və robotdan geri məlumat alır. İdarəedici sistem robotun beynidir və burada sensor məlumatları analiz olunur, qərarlar verilir və icraedici sistemə əmrilər göndərilir. Robotun davranışı, trayektoriyası, maneələrdən yayınması məhz bu blokda hesablanır. İcraedici sistem robotun fiziki hərəkətləri (mühərriklər, təkərlər, manipulyator qollar, servomotorlar) yerinə yetirdiyi mexaniki blokdir. İdarəedici sistemdən gələn əmrilər burada real hərəkətə çevrilir. İcraedici sistemin yaratdığı hərəkət mühitə təsir edir, mühitdəki dəyişikliklər isə yenidən sensorika tərəfindən ölçülərək sistemə qaytarılır.

Mobil robotların hərəkətə nəzarət sistemlərinin təhlili. Robotlarda əlaqə sistemi, robototexniki qurğularla insan arasında informasiya mübadiləsinin təmin edən əsas funksional bloklardan biri hesab olunur. Bu mübadilə kanalı vasitəsilə operator robota tapşırıqlar göndərir, robotla dialoq qurur, iş prosesinə nəzarəti həyata keçirir, mümkün nasazlıqların diaqnostikasını aparır və sistemin vaxtaşırı yoxlanılması təmin edir. Bu baxımdan insan robota məlumatı həm birbaşa idarəetmə sisteminin yaddaşına daxil etməklə, həm də robotun süni hissetmə orqanları vasitəsilə təsir göstərməklə ötürə bilər. Proseslərin sonunda robotların fərqləndirici xüsusiyyətlərini onların çoxfunksiyalı quruluşu, qavrayış prosesində öyrənmə və adaptasiya imkanları (sensor sistemlərinin dəstəyi ilə), eləcə də ətraf mühitə aktiv təsir göstərmə qabiliyyəti formalaşdırır. Aparılan funksional və struktur təhlillər göstərir ki, müasir robotlar qeyri-müəyyən şəraitdə fəaliyyət göstərə və daxil olan məlumatlara əsaslanaraq müəyyən qərarlar qəbul edə bilirlər[1][2]. Mobil robotların hərəkətə nəzarət

sistemlərinin təhlili göstərir ki, ənənəvi idarəetmə üsulları əsasən əvvəlcədən müəyyən edilmiş trayektoriyalar üzrə hərəkəti təmin edir və robotu bu trayektoriyadan çıxmadan hədəfə yönəldir. Lakin bu tip sistemlər dəyişkən relyefdə, qeyri-müəyyən şəraitdə və dinamik maneələrin mövcud olduğu açıq mühitlərdə məhdud səmərəlilik göstərir. Xüsusilə də, mövcud modellər robotun əvvəlcədən təyin olunmuş trayektoriyadan kənara çıxaraq real vaxtda adaptiv şəkildə maneələrdən yayınma qabiliyyətini nəzərə almır. Məhz bu məhdudiyyət müasir mobil robotların avtonom hərəkət imkanlarını məhdudlaşdıran əsas problemlərdən biridir[3][4].

Süni intellekt əsaslı yanaşmalar. Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, robotun ətraf mühit haqqında tam məlumata malik olması mümkün olmasa da, real vaxtda sensorlardan əldə edilən informasiyanın emalı və intellektual qərar qəbul etmə alqoritmlərinin tətbiqi ilə naviqasiya dəqiqliyini artırmaq mümkündür. Bu məqsədlə adaptiv idarəetmə strategiyalarının formalaşdırılması və dinamik mühitdə robotun optimal trayektoriyasını seçən alqoritmlərin sintezi mühüm əhəmiyyət kəsb edir[5]. Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, mövcud idarəetmə sistemləri trayektoriyadan yayınma və dinamik maneələrdən adaptiv şəkildə yayınma kimi əsas problemləri nəzərə almır. Bu problemin effektiv həlli süni intellekt və maşın öyrənməsi üsullarının tətbiqi ilə mümkündür. Xüsusən də neyron şəbəkələri, gücləndirilməyə əsaslanan öyrənmə (Reinforcement Learning – RL) və hibrid intellektual idarəetmə sistemləri robotun real şəraitə uyğunlaşmasını təmin edir. Neyron şəbəkəsi vasitəsilə sensorlardan alınan məlumatlarla (lidar, kamera, ultrasonik sensorlar) mühitin xəritəsini formalaşdırılır. Gücləndirilməyə əsaslanan öyrənmə (RL) ilə adaptiv trayektoriya seçimi robotun maneələrdən yayınma, optimal trayektoriya seçimi, enerji sərfi baxımından səmərəli hərəkət, real vaxt adaptasiyası kimi funksiyaları öyrənməsinə şərait yaradır. RL xüsusilə dəyişən relyef və qeyri-müəyyən mühit üçün ideal hesab olunur. Hibrid intellektual idarəetmə sistemləri (fuzzy-logic və sensor inteqrasiyası) sərt relyefdə sabitliyin itirilməsinin qarşısını almasına, müxtəlif səthlərdə təkrar sürüşməsinə kompensasiya etməsinə, daha hamar dönüş və manevrlər etməsinə imkan yaradır[3-5].

Nəticə. Aparılan təhlillər göstərir ki, mobil robotların ənənəvi idarəetmə sistemləri yalnız əvvəlcədən müəyyən edilmiş trayektoriya üzrə hərəkəti dəstəkləyir və real şəraitdə adaptiv qərarların qəbulunu təmin etmir. Bu isə robotun manevr imkanlarını məhdudlaşdırır və açıq, qeyri-müəyyən mühitlərdə istifadəsini çətinləşdirir. Təklif edilən süni intellekt əsaslı yanaşmalar - gücləndirilməyə əsaslanan öyrənmə, neyron şəbəkələri, fuzzy-logic və sensor inteqrasi-

yası - robotun ətraf mühiti daha dəqiq qavramasına, optimal trayektoriya seçməsinə və maneələrdən yayınma qabiliyyətinin yüksəlməsinə imkan verir. Nəticədə robotun avtonomluğu, etibarlılığı və çevikliyi xeyli artır və o, dəyişən mühitə uyğun qərarlar qəbul edə bilər. Bu alqoritmlərin tətbiqi mobil robotların qeyri-müəyyən şəraitdə real vaxtda naviqasiya etməsini təmin etməklə yanaşı, onların praktiki sahələrdə - axtarış-xilasətmə, kənd təsərrüfatı, sənaye logistikası və hərbi tətbiqlərdə -daha geniş istifadəsinə şərait yaradır.

Ədəbiyyat

1. A.M.Mustafayeva, Z.Ə.Əliyeva, G.S.Baxşıyeva, E.A.Muradzadə, L.V.İsmayılzadə. Mobil robotların funksional sxeminə əsasən riyazi modelin təyini
2. МАТЕРІАЛІ ХVІІІ Міжнародної наукової конференції здобувачів вищої освіти «ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ ПІДПРИЄМСТВА: ПОГЛЯД МОЛОДІ» 21 березня 2025р А.М.Мустафайева, F.S.Җәдирәйова Qlobal iqtisadiyyatın inkişafında sənaye robotlarının rolu və perspektivləri
3. I Beynəlxalq elmi konfransın materialları Mingəçevir, 10-11 dekabr 2021-ci il I CİLD, A.M.Mustafayeva Süni intellekt texnologiyalarının inkişaf perspektivləri
4. С.Л.Зенкевич, П.В.Космачев Управление движением мобильного робота в неподвижную точку. Мехатроника, автоматизация, управление. 2010 г., стр. 55 – 60.
5. Ю.Г.Мартыненко. Управление движением мобильных колесных роботов. МГУ им. М.В. Ломоносова. Фундаментальная и прикладная математика, 2005 г., том 11, №8, стр. 29 – 80

SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI DİZAYN SİSTEMLƏRİNDƏ GESTALT PRİNSİPLƏRİNİN TƏTBİQİ: İSTİFADƏÇİ TƏCRÜBƏSİNİN OPTİMALLAŞDIRILMASI

Qocayeva Nərmin

(Mingəçevir Dövlət Universiteti)

narmin.qocayeva.itm24@mdu.edu.az

Xülasə: Süni intellekt (Sİ) əsaslı dizayn sistemlərində Gestalt prinsiplərinin tətbiqi və bu yanaşmanın istifadəçi təcrübəsinin (UX) optimallaşdırılmasında rolu tədqiq olunur. Müasir rəqəmsal dizayn mühitində Sİ alqoritmləri istifadəçi davranışlarını təhlil edərək interfeyslərin adaptiv və intuitiv olmasını təmin edir. Gestalt psixologiyasının "bütövlük", "oxşarlıq", "yaxınlıq" və "fiqur-fon" kimi prinsipləri isə vizual elementlərin idrakda sistemli qavranılmasını təmin edən əsas nəzəri çərçivədir.

Tədqiqatda göstərilir ki, Sİ modelləri bu prinsipləri avtomatik öyrənmə və nümunə tənimə mexanizmləri vasitəsilə dizayn prosesinə inteqrasiya etdikdə, istifadəçi interfeysləri həm

estetik, həm də funksional baxımdan optimallaşır. Bu, xüsusilə veb və mobil tətbiqlərdə məlumatların qavranılma sürətini, istifadə rahatlığını və emosional məmnunluğu artırır.

Məqalədə həmçinin Gestalt prinsiplərinin maşın öyrənməsi və dərin neyron şəbəkələri ilə sintezi məsələləri araşdırılır. Nəticələr göstərir ki, süni intellekt tərəfindən idarə olunan dizayn sistemləri istifadəçi psixologiyasını daha dəqiq modelləşdirir, nəticədə fərdiləşdirilmiş və proqnozlaşdırıla bilən interfeyslər formalaşır. Nəticə etibarilə, Gestalt yanaşmasının süni intellektlə birləşdirilməsi dizaynın yalnız estetik deyil, həm də kognitiv və emosional effektivliyini yüksəldən innovativ metod kimi qiymətləndirilir.

Açar sözlər: *Gestalt prinsipləri, süni intellekt, istifadəçi təcrübəsi, dizayn sistemləri, maşın öyrənməsi*

Müasir rəqəmsal dövrdə süni intellekt (Sİ) texnologiyaları dizaynın ənənəvi sərhədlərini aşaraq, yaradıcı prosesin əsas aparıcı qüvvəsinə çevrilmişdir. Əvvəllər dizayn prosesi əsasən dizaynerin təcrübəsi, estetik duyumu və subyektiv baxış bucağına əsaslanırdı. Lakin hazırda Sİ alqoritmləri bu sahədə obyektiv qərarvermə, analiz və proqnozlaşdırma funksiyalarını yerinə yetirir. Süni intellekt əsaslı dizayn sistemlərinin formalaşması, həm vizual qavrayışın psixoloji prinsiplərinə, həm də istifadəçi davranışlarının elmi təhlilinə əsaslanır. Bu sistemlər istifadəçinin klik ardıcılığını, baxış istiqamətini, rəng və forma üstünlüklərini analiz edərək, interfeysi dinamik şəkildə dəyişdirə bilir. Nəticədə hər bir istifadəçi üçün fərdiləşdirilmiş, rahat və funksional mühit formalaşır.

Gestalt psixologiyası bu prosesin nəzəri dayaqlarından biri kimi çıxış edir. XX əsrin əvvəllərində yaranmış bu elmi istiqamət, insanın vizual qavrayışını bütövlükdə dərk etməyə yönəlmişdir. Gestalt prinsiplərinə görə, insan beyinin qavrayışı ayrı-ayrı hissələrə deyil, bütöv struktura yönəlidir. "Bütövlük", "oxşarlıq", "yaxınlıq", "davamlılıq" və "fiqur-fon" kimi prinsiplər dizaynda elementlər arasında əlaqələrin necə formalaşdığını izah edir. Süni intellekt bu prinsipləri riyazi modellərə çevirərək, vizual informasiyanı emal etmə zamanı insan idrakını təqlid edir. Məsələn, "yaxınlıq" prinsipinə əsasən Sİ iki vizual elementin bir-biri ilə əlaqəsini müəyyənləşdirərək, onları eyni qrupda təqdim edə bilər. "Oxşarlıq" prinsipi isə sistemə rəng, forma və ölçü baxımından əlaqəli obyektləri avtomatik qruplaşdırmaq imkanı verir.

Bu yanaşma nəticəsində Sİ əsaslı dizayn sistemləri yalnız estetik harmoniya deyil, həm də funksional balans yaradır. İnsan qavrayışına uyğunlaşdırılmış interfeyslər istifadəçinin diqqətini daha səmərəli şəkildə yönəldir, informasiyanın dərkini asanlaşdırır və ümumi təcrübəni intuitiv hala gətirir. Bundan əlavə, bu sistemlər istifadəçi davranışlarını öyrənərək gələcək dizayn qərarlarını proqnozlaşdırır ki, bu da adaptiv və öyrənən dizayn modellərinin yaranmasına səbəb olur.

Beləliklə, süni intellekt və Gestalt prinsiplərinin sintezi dizayn prosesini həm texnoloji, həm də psixoloji baxımdan dərinləşdirir. Əgər Gestalt prinsipləri insan beyninin vizual dünyanı necə qavradığını izah edərsə, süni intellekt bu prinsipləri avtomatlaşdıraraq dizaynın öyrənən, inkişaf edən və istifadəçiyə uyğunlaşan formaya keçidini təmin edir. Bu, gələcəyin dizayn sistemlərinin yalnız texniki mükəmməllik deyil, həm də insan duyğularını, diqqət davranışını və idrak proseslərini anlayan intellektual platformalara çevriləcəyini göstərir.

Gestalt prinsiplərinin süni intellekt (Sİ) alqoritmləri ilə integrasiyası, dizayn sahəsində insan idrakının riyazi və hesablama modelləri ilə birləşdirilməsinin ən müasir istiqamətlərindən biridir. Bu integrasiya sayəsində dizayn yalnız vizual estetikadan ibarət olmur, eyni zamanda insan beyninin qavrayış mexanizmlərini təqlid edən intellektual sistemlərə çevrilir. Süni intellekt, xüsusilə dərin öyrənmə (deep learning) və kompüter görmə (computer vision) texnologiyaları vasitəsilə Gestalt prinsiplərini modelləşdirərək, vizual məlumatların qavranılmasını avtomatlaşdırılmış şəkildə həyata keçirir.

Sİ alqoritmləri vizual obyektləri emal edərkən insan beyninin informasiya qruplaşdırma və əlaqələndirmə üsullarını təkrarlayır. Məsələn, "oxşarlıq" prinsipinə əsaslanan neyron şəbəkələri eyni formalı və rəngli elementləri qruplaşdıraraq, interfeysin vizual harmoniyasını təmin edir. "Yaxınlıq" prinsipi isə obyektlərin bir-birinə olan məsafəsini qiymətləndirərək, onların məna əlaqəsini müəyyənləşdirməyə imkan verir. Bu cür modellər istifadəçi interfeysində elementlərin avtomatik düzülüşünü təmin edir, beləliklə dizayn prosesi həm adaptiv, həm də estetik baxımdan mükəmməlləşir.

Gestalt prinsipləri ilə süni intellektin (Sİ) sintezi istifadəçi təcrübəsini (UX) çoxsəviyyəli şəkildə yaxşılaşdırır: idrak yükünün azalması, informasiya memarlığının aydınlaşması, diqqətin düzgün yönləndirilməsi və emosional rezonansın yüksəlməsi. Sİ modelləri (davranış analitikası, baxış izləri, klik ardıcılığı, mikro-interaksiyaların telemetriyası) vizual düzülüşlə bağlı qərarları real vaxtda optimallaşdırarkən Gestalt qaydalarından "yaxınlıq", "oxşarlıq", "fiqur-fon", "davamlılıq" və "bütövlük" kimi nüvəni istifadə edir. Nəticədə kritik tapşırıqlarda "ilk klikə qədər vaxt", "tapşırıq tamamlanma faizi", səhv naviqasiya payı və kognitiv yük (məs., NASA-TLX) kimi göstəricilər əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşır; uzunmüddətli perspektivdə isə istifadəçi loyallığı (NPS), sistem istifadəsi tezliyi və öyrənmə əyrisi üzrə nəticələr yüksəlir.

Emosional dizayn qatında Gestalt-Sİ sintezi ritm, kontrast, boşluq (white space) və vizual iyerarxiyanın harmoniyasını qoruyaraq etimad signallarını gücləndirir. Sİ, mikro-animasiya və geribildirim vaxtını istifadəçi gözləntisi ilə

sinxronlaşdırdıqda “qavranılan sürət” artır, gözləmə hissi azalır. Eyni zamanda əlçatanlıq (accessibility) baxımından kontrastın adaptiv tənzimi, fokus indikatorlarının sabit “fiqur” kimi saxlanması, klasterləşmiş məzmunun klaviatura və oxu cihazları üçün ardıcılığının qorunması inklüzivliyi artırır. Burada Gestalt qaydaları ekran oxuyucularının məntiqi qruplaşdırma strategiyaları ilə üst-üstə düşdüyündən, Sİ-nin avtomatik semantik etikətləməsi daha stabil nəticə verir.

Qiymətləndirmə və idarəetmə baxımından ən effektiv yanaşma “bağlı dövr” (closed-loop) eksperimentasiyasıdır: A/B və çoxsilahlı bandit testləri Gestalt uyğunluğunu ölçən indikatorlarla (vizual qruplaşma indeksi, diqqət entropiyası, baxış istilik xəritələrinin örtüşmə dərəcəsi) birlikdə işlədilir. Bu, dizayn qərarlarının “nəyə görə işləyir?” sualına cavabı gücləndirir və modellərin izaholunmasını (explainability) praktik səviyyəyə çəkir. Dizayn əməliyyatları (DesignOps) müstəvisində isə komponent kitabxanalarında “Gestalt-aware” tokenlər (məs., qrup aralıqları, modul nisbətlər, kontrast eşikləri) saxlanaraq Sİ generatorlarının istehsal etdiyi layoutların ardıcılığı təmin olunur. Gələcək perspektivlər bir neçə istiqamətdə kəskinləşir. (1) Multimodal Sİ: mətn-səs-görüntü siqnallarını birləşdirən modellər istifadəçi niyyətini kontekstdə oxuyaraq real zamanlı kompozisiya quracaq, AR/VR mühitlərində məkan Gestalt qaydaları (yaxınlıq-dərinlik, fiqur-fon parallax) ilə daha təbii naviqasiya yaradacaq. (2) Yaradıcı generativ UI: diffuziya və böyük dil modelləri “məqsəd → axın → layout → mikro-interaksiya” silsiləsini avtomatik sintez edəcək; burada Gestalt metriyaları keyfiyyət nəzarət filtri kimi çıxış edəcək. (3) Davranış etikası və idarəetmə: diqqət manipulyasiyası risklərini azaltmaq üçün şəffaflıq, izaholunma və istifadəçi nəzarəti (məs., “Layout niyə dəyişdi?” info-paneli, fərdiləşdirmə açarları) standartlaşacaq. (4) Lokalizasiya və inklüzivlik: mədəniyyət-spesifik qavrayış nümunələri üçün regionallaşdırılmış Gestalt profilləri (oxu istiqaməti, simvol semantikasi, rəng assosiasiyaları) Sİ tərəfindən öyrənilərək adaptasiya ediləcək.

Ədəbiyyat

1. Gestalt, M. Vizual qavrayış və dizayn prinsipləri. Berlin: Springer Publishing, 2021, 254 s.
2. Goldstein, E. B. Koqnitiv psixologiya və vizual qavrayış. Nyu-York: Wadsworth Publishing, 2022, 312 s.
3. Məmmədova, N. Gestalt psixologiyası və müasir dizayn prinsiplərinin sintezi. Bakı: Azərbaycan Dövlət Rəssamlıq Akademiyasının Elmi Xəbərləri, 2023, 2(14), s. 57–68.
4. Quliyev, R. Rəqəmsal dizayn sistemlərində süni intellektin tətbiqi: nəzəri əsaslar və praktiki yanaşmalar. Bakı: Elm və Təhsil Nəşriyyatı, 2024, 286 s.
5. Zhang, Y., & Li, X. Gestalt prinsiplərinin dərin öyrənmə əsaslı interfeys optimallaşdırma sistemlərində inteqrasiyası. Pekin: International Journal of Human-Computer Interaction, 2024, 40(2), s. 215–229.

ADI TÖRƏMƏLİ DİFERENSIAL TƏNLİKLƏR ÜÇÜN OPTİMAL İDARƏETMƏ MƏSƏLƏSİNİN TƏQRİBİ HƏLLİNİN TAPILMASI

Quliyev Hamlet, Quluzadə Səidə

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakultəsi)

hamletquliyev51@gmail.com, saidaquluzada2@gmail.com

Xülasə: İşdə adi törəməli diferensial tənliklər üçün optimal idarəetmə məsələsinə baxılır. Baxılan məsələyə uyğun qoşma məsələ daxil edilir. Sonra optimallıq üçün zəruri şərt olan maksimum prinsipindən istifadə etməklə, optimal idarəedici üçün ardıcıl yaxınlaşmalar qurulur.

Açar sözlər: Adi diferensial tənliklər, optimal idarəedici, qoşma məsələ, maksimum prinsipi.

Bir sıra optimal idarəetmə məsələlərində həllin varlığı və yeganəliyi isbat olunur. Amma elə olur ki, sadə halda belə optimal idarəedicini tapmaq mümkün olmur. Bu halda, optimal idarəedicini təqribi hesablamalardan istifadə etməklə tapmaq olar. Optimal idarəedicini tapmaq üçün bir sıra müxtəlif təqribi üsullar vardır. Bu məsələdə elə hesab olunur ki, optimal idarəedici var. Qurulan ardıcıl yaxınlaşmaların limitindən optimal idarəedici alınır.

Fərz edək ki, idarəolunan proses,

$$\dot{y} = f(x, y, u), y(x_0) = y^0, x \in [x_0, x_1] \quad (1)$$

diferensial tənliklər sistemi kimi verilib. Burada, $f(x, y, u)$ koordinatları $f_i(x, y_1, \dots, y_n, u_1, \dots, u_r)$ olan n ölçülü vektor funksiyadır. u isə r ölçülü vektordur.

Mümkün idarəedicilər sinfi olaraq, $[x_0, x_1]$ parçasında hissə-hissə kəsilməz funksiyalar çoxluğu götürülür. İdarəedicilər kəsilmə nöqtəsində sağdan kəsilməzdir və aldığı qiymətlər boş olmayan $V \subset R^r$ çoxluğuna daxildir. Bu funksiyalar sinfi U_m ilə işarə olunur, (1) məsələsinin həlli Karateodori mənada başa düşülür ki,

$$y(x) = y^0 + \int_{x_0}^{x_1} f(s, y(s), u(s)) ds, \quad 0 \leq x \leq x_1 \quad (2)$$

inteqral tənliyinin kəsilməz $y(x)$, $x \in [x_0, x_1]$ həllinə, (1) məsələsinin $u(x)$ idarəedici funksiyasına uyğun həlli deyilir. Bu məsələdə elə $u^*(x) \in U_m$ funksiyası tapmaq lazımdır ki, (1) sisteminin $y^*(x)$, $x \in [x_0, x_1]$ həlli ilə birlikdə,

$$J(u) = \int_{x_0}^{x_1} f_0(x, y(x), u(x)) dx \quad (3)$$

funksionalına minimum qiymət versin. Burada $f_0(x, y(x), u(x))$ verilən funksiyadır. Bu məsələyə sağ ucu sərbəst olan optimal idarəetmə məsələsi deyilir.

Tutaq ki, $f(x,y,u)$, $f_0(x,y,u)$ funksiyalarının y arqumentinə nəzərən kəsilməz törəmələri var. (y,u) arqumetlərinə nəzərən Lipşis şərtləri ödənilir:

$$\| f(x,y,u) - f(x,\bar{y},v) \| \leq L (\| y - \bar{y} \| + \| u - v \|)$$

$$| f_0(x,y,u) - f_0(x,\bar{y},v) | \leq L (\| y - \bar{y} \| + \| u - v \|)$$

$$\| f_y(x,y,u) - f_y(x,\bar{y},v) \| \leq L (\| y - \bar{y} \| + \| u - v \|)$$

$$\| f_{oy}(x,y,u) - f_{oy}(x,\bar{y},v) \| \leq L (\| y - \bar{y} \| + \| u - v \|)$$

Bu hal üçün Hamilton funksiyası belə yazılır:

$$H(x,y,\Psi,u) = \Psi f(x,y,u) - f_0(x,y,u) \quad (4)$$

Qoşma məsələ:

$$\Psi + H_y(x,y,\Psi,u) = 0 \quad (5)$$

$$\Psi(x_1) = 0$$

kimi olur.

Baxılan məsələdə maksimum prinsipi aşağıdakı kimi yazılır:

$$\sup_{u \in V} H(x,y(x), \Psi(x),u) = H(x,y(x), \Psi(x),u(x)) \quad (6)$$

Burada, $u(x)$, $y(x)$ - optimal proses, $\Psi(x)$ qoşma məsələnin həlli olarsa,

(6) şərti $x \in [x_0, x_1]$ üçün ödənilir.

Beləliklə, bu işdə baxılan məsələ üçün Hamilton funksiyası (4), qoşma məsələ (5) və (6) şərtindən optimal idarəedici ardıcılıq qurulur.

Ədəbiyyat

- 1.Алексеев В.М., Тихомиров В.М. Фомин С.В. Опти-мальное управление. М.: Наука, 1979,432 с.
- 2.Ли Э.Б., Маркус Л. Основы теории оптимального уп-равления.М.:Наука, 1972, 576 с.
- 3.Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В.. Мищенко Е.Ф. Математиче-ская теория оптимальных процессов. М.: Наука, 1976, 392 с.
- 4.Федоренко Р.П. Приближенное решение задач опти- мального управления. М.: Наука, 1978, 488 с.
- 5.Нəсəнов К.Қ.Опималлашdırма üsulları.Баки,1987,95s.
- 6.Қулиев Н.Ғ., Юсубов Ш.Ш. Вариасија hesabı və оптималлашdırма üsullarının əsasları. Баки, 2010, 232 с.

BLOKÇEYNDƏ KONSENSUS ALQORİTMLƏRİ VƏ ONLARIN TƏHLÜKƏSİZLİK PROBLEMLƏRİ

Quliyev Natiq, Abdullazadə Fidan

(Bakı Dövlət Universiteti, SABAH qrupları)

natigguliyev@yahoo.com fidan.abdullazadeh0@gmail.com

Xülasə: Blokçeyn texnologiyası informasiya təhlükəsizliyini, informasiya mwbadilə-sində şəffaflığı və effektivliyi təmin etməklə müasir dünyanın əsas texnoloji dayaqlarından birinə çevrilmişdir. DeFi, NFT-lər və metaverse kimi trendlər blokçeyn-in potensialını daha da genişləndirir. Lakin təhlükəsizlik standartlarının təkmilləşdirilməsi, enerji səmərəliliyi və qanuni çərçivələrin yaradılması kimi çağırışlar hələ də mövcuddur. Gələcəkdə bu texnologi-yanın tətbiqi daha çox sahələri əhatə edəcək və innovasiyaların qabaqcılı olacaqdır.

Açar sözlər: Blokçeyn, Konsensus alqoritmləri, PoW, PoS, Təhlükəsizlik, Konsensu-sun tətbiq sahələri

Blokçeyn və konsensus alqoritmləri

Blokçeyn texnologiyası mərkəzləşdirilməmiş və paylanmış bir sistem kimi fəaliyyət göstərir. Bu sistemdə şəbəkədəki bütün iştirakçılar (qovşaqlar) arasında razılıq olmadan heç bir əməliyyat təsdiqlənə bilməz. Bu razılığın əldə edilməsi üçün blokçeyn şəbəkələri konsensus mexanizmlərindən istifadə edir. =Konsensus alqoritmı blokçeynin bəzi əsas funksiyalarını yerinə yetirdiyi mex-anizmdir. Aydındır ki, blokçeyn şəbəkəsi eynirəqlı olduğundan, əməliyyatların təsdiqlənməsi tənzimləyici tərəfindən həyata keçirilə bilməz. Onun üçün də əməliyyatların etibarlılığını təsdiqləmək üçün avtomatlaşdırılmış mexanizm - konsensus alqoritmı tələb olunur. Bu, ayrı- ayrı şəbəkə iştirakçılarının onun qaydalarına riayət etdiyini və əməliyyatların düzgün yerinə yetirildiyini təsdiq-ləmək üçün istifadə olunur. Bu, texniki cəhətdən kopyalanması və saxtalaşdırıl-ması olduqca asan olan rəqəmsal valyuta ilə işləyərkən çox vacibdir.

Konsensus mexanizmləri, şəbəkədəki qovşaqların yeni blokların yara-dılması və əməliyyatların təsdiqlənməsi ilə bağlı ortaql bir qərara gəlməsini tə-min edən alqoritmlərdir. Bu mexanizmlər blokçeynin təhlükəsizliyini, etibarlı-lığını və davamlılığını qorumaqla mühüm rol oynayır.

Ən çox yayılmış konsensus mexanizmləri aşağıdakılardır:

İşin sübutu (Proof of Work - PoW). PoW blokçeyn tarixində ilk istifadə olunan konsensus mexanizmidir və Bitcoin şəbəkəsi tərəfindən məşhurlaşmışdır. Bu sistemdə qovşaqlar (maynerlər) mürəkkəb riyazi tapşırıqları həll edərək yeni bloklar yaradırlar [1,5].

- İş mexanizmi: Maynerlər, kriptografik tapmacaları həll etmək üçün

böyük hesablama gücü sərf edirlər. Tapmacanı ilk həll edən mədənçi yeni bloku blokçeynə əlavə edir və bunun müqabilində mükafat (məsələn, Bitcoin) qazanır. Bu proses "mədənçilik" (mining) adlanır.

- **Üstünlükləri:** Şəbəkəni yüksək dərəcədə təhlükəsiz edir, çünki hücumçuların şəbəkəni ələ keçirməsi üçün çox böyük hesablama resurslarına ehtiyacı var. Bitcoin kimi şəbəkələrdə uzun müddət sınaqdan keçmiş və etibarlı olduğu sübut edilmişdir.
- **Çatışmazlıqları:** Çox yüksək enerji sərfiyyatı tələb edir, bu da ətraf mühitə mənfi təsir göstərir. Şəbəkənin miqyaslanması (ölçəklənməsi) çətin-dir, çünki əməliyyatların təsdiqlənməsi uzun vaxt ala bilər.

Payın sübutu (Proof of Stake - PoS), PoW-a alternativ olaraq yaradılmış və kripto valyuta maynerliyində enerji sərfiyyatını azaltmağı hədəfləyən bir konsensus mexanizmidir. Ethereum 2.0 kimi müasir blokçeyn şəbəkələrində tətbiq olunur [1,3].

- **İş mexanizmi:** PoS sistemində blokların yaradılması və əməliyyatların təsdiqlənməsi qovşaqların (validatorların) şəbəkədəki payına (stake) əsaslanır. Validatorlar öz kriptovalyutalarını (məsələn, Ether) şəbəkədə kilidləyir və bu pay nə qədər çox olarsa, onların yeni blok yaratmaq şansı da o qədər yüksək olur. Hesablama gücü tələb olunmur.
- **Üstünlükləri:** Enerji sərfiyyatı PoW-a nisbətən çox azdır, bu da onu ekoloji cəhətdən daha səmərəli edir. Şəbəkənin miqyaslanması daha asandır və əməliyyatlar daha sürətli təsdiqlənir.
- **Çatışmazlıqları:** Daha çox paya malik olan iştirakçıların üstünlük qazanması "varlılar daha varlı olur" prinsipini ortaya çıxarır. Təhlükəsizlik baxımından PoW qədər uzun müddət sınaqdan keçməmişdir.

Nümayəndəli payın sübutu (Delegated Proof of Stake - DPoS):

DPoS, PoS-un bir variantıdır və daha demokratik bir yanaşma təklif edir. EOS və Tron kimi şəbəkələrdə istifadə olunur [1,4].

- **İş mexanizmi:** Bu sistemdə iştirakçılar (token sahibləri) öz səsvermə hüquqlarından istifadə edərək nümayəndələr (delegatlar) seçirlər. Seçilmiş nümayəndələr blokların yaradılması və təsdiqlənməsi ilə məşğul olurlar. Əgər nümayəndələr pis niyyətli hərəkətlər etsələr, iştirakçılar tərəfindən səsvermə yolu ilə dəyişdirilə bilərlər.
- **Üstünlükləri:** Əməliyyatların təsdiqlənməsi daha sürətlidir və şəbəkə yüksək miqyaslanma qabiliyyətinə malikdir. Enerji sərfiyyatı azdır, çünki hesablama gücü tələb olunmur.
- **Çatışmazlıqları:** Nümayəndələrin sayı məhdud olduğu üçün mərkəzləşmə riski yaranır. Səsvermə prosesi manipulyasiyaya məruz qala bilər.

Müasir dövrdə konsensus alqoritmlərinin kifayət qədər tətbiq sahələri də vardır. Onlardan bəzi əsaslarını aşağıda qeyd edək.

- **Mərkəzləşdirilməmiş maliyyə xidmətləri (DeFi -Decentralized finance):** DeFi (mərkəzləşdirilməmiş maliyyə) banklar kimi ənənəvi vasitəçilər olmadan baş verən eynirəqlı (peer-to-peer) maliyyə əməliyyatlarına əsaslanır. Mahiyyətcə, DeFi iştirakçılar arasında ticarət, kreditləşmə və investisiyalar kimi xidmətləri birbaşa təmin etmək üçün blokçeyn texnologiyasından istifadə edir. Mərkəzləşdirilməmiş maliyyə xidmətlərinin özünə məxsus üstünlükləri vardır:
 1. İnternetə çıxışı olan hər kəs bu xidmətlərdən istifadə edə bilər, bu da maliyyə xidmətlərinə qlobal girişi artırır.
 2. Bütün əməliyyatlar şəffaf şəkildə qeyd olunur və saxtakarlığın qarşısı alınır.
- **Təchizat Zənciri (Supply Chain):** Təchizat zənciri, əmtəə və xidmətlərin istehsalçıdan istehlakçıya hərəkətini təmin edən müxtəlif şirkətlər, təşkilatlar və sənaye sahələri arasında qarşılıqlı əlaqə sistemidir. Blokçeyn təchizat zəncirinin idarə edilməsini tamamilə dəyişdirmək potensialına malikdir: hərəkət şəffaflığından tutmuş avtomatlaşdırılmış sənəd axınına və keyfiyyətə nəzarətə qədər. Blokçeyn təchizat zəncirində etibarlılığı artırır, xərcləri azaldır, saxtakarlığı aradan qaldırır və logistikanı sürətləndirir.
- **Səhiyyə:** Səhiyyə sahəsində blokçeyn geniş tətbiq və funksiyalara malikdir. Reestr texnologiyası səhiyyə tədqiqatçılarına genetik kodun açılmasına kömək edir, xəstə qeydlərinin təhlükəsiz ötürülməsini, dərman təchizatı zəncirinin idarə olunmasını və xəstə qeydlərinin təhlükəsiz ötürülməsini təmin edir. Səhiyyə sahəsində blokçeyn texnologiyasının aşağıdakı üstünlükləri vardır:
- **Rəqəmsal identifikasiya:** Rəqəmsal identifikasiya üçün blokçeyn istifadəçilərə giriş icazələrini ləğv etmək və razılıq seçimlərini idarə etmək imkanı da daxil olmaqla, şəxsiyyətləri üzərində tam nəzarət əldə etməyə imkan verir. İstifadəçilər öz şəxsi məlumatlarını mərkəzsiz şəkildə idarə edə bilər.

Blokçeyn texnologiyasının təhlükəsizlik problemləri

Blokçeyn texnologiyası bir çox problemi həll etsə də, özünəməxsus təhlükəsizlik problemləri ilə üzləşir. Bu problemlər texnologiyanın tətbiqi və istifadəsi zamanı diqqət edilməli olan vacib məqamlardır. Əsas təhlükəsizlik çətinlikləri və onların xüsusiyyətləri ətraflı şəkildə izah edilmişdir:

- **51% Hücumu:** 51% hücumu, bir blokçeyn şəbəkəsində hesablama gücünün (Proof of Work sistemlərində) və ya payın (Proof of Stake sistemlərində) 51%-dən çoxunu ələ keçirən bir qrupun şəbəkəni manipulyasiya etməsi deməkdir.

Təhlükə: Bu hücum zamanı hücumçular saxta əməliyyatlar əlavə edə, mövcud əməliyyatları ləğv edə və ya ikiqat xərcləmə (double-spending) həyata keçirə bilərlər. Bu, şəbəkənin etibarlılığını və təhlükəsizliyini ciddi şəkildə təhdid edir.

Həll yolları: Şəbəkənin böyüklüyü və iştirakçıların çoxluğu bu hücumun baş verməsini çətinləşdirir. Fərqli konsensus mexanizmləri (məsələn, PoS) hücumçuların böyük güc əldə etməsinin qarşısını almaq üçün tədbirlər tətbiq edir.

- **Ağıllı Müqavilə Zəiflikləri:** Ağıllı müqavilələr blokçeyn üzərində avtomatik işləyən proqramlaşdırılmış müqavilələrdir. Lakin onların kodunda olan səhvlər və ya zəifliklər hücumçular üçün istifadə edilə bilən açıq pəncərələr yarada bilər [6].

Təhlükə: Zəif kodlaşdırılmış müqavilələr hücumçulara icazəsiz əməliyyatlar həyata keçirməyə, vəsaitləri oğurlamağa və ya müqavilənin işini pozmağa imkan verir. Məsələn, 2016-cı ildə DAO hücumu zamanı 60 milyon dollar dəyərində Ether bu cür zəiflikdən istifadə edilərək oğurlanmışdır.

Həll yolları: Müqavilə kodlarının diqqətlə yoxlanılması və peşəkar auditdən keçirilməsi. Təhlükəsizlik testləri və formal doğrulama metodlarının tətbiqi.

Hücumları tez aşkar etmək üçün monitoring sistemlərinin qurulması.

- **Məxfilik:** Bitcoin kimi ictimai blokçeynlər bütün əməliyyatları şəffaf şəkildə qeyd edir, bu da istifadəçi məxfiliyini məhdudlaşdırır.

Təhlükə: Blokçeyndəki əməliyyatlar hamı tərəfindən görünə bildiyi üçün istifadəçilərin cüzdən ünvanları vasitəsilə onların fəaliyyətləri izlənilə bilər. Bu, anonimlik tələb edən istifadəçilər üçün ciddi problem yaradır.

Həll yolları: Monero və Zcash kimi məxfilik fokuslu blokçeynlər əməliyyatları gizlətmək üçün xüsusi alqoritmlərdən istifadə edir.

Zero-knowledge proofs kimi protokollar məxfilik təmin etmək üçün tətbiq oluna bilər.

Ədəbiyyat

1. N.A. Quliyev. Kriptoalyuta və blokçeyn texnologiyası. Dərs vəsaiti. Bakı 2025.
2. S.Nakamoto. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. 2008.
3. Buterin, V. (2020). *Ethereum 2.0: Proof-of-Stake FAQ*. Ethereum Foundation.
4. Larimer, D. (2014). Delegated Proof-of-Stake (DPoS). *BitShares Whitepaper*.
5. Mougayar, W. (2016). *The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*. Wiley.
6. Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). *Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things*. IEEE Access, 4, 2292–2303.

SOSIAL ŞƏBƏKƏLƏRDƏ AVTOMATLAŞDIRILMIŞ ALQORİTMLƏR VASİTƏSİLƏ SAXTA XƏBƏRLƏRİN YAYILMASININ QARŞISININ ALINMASI

Quliyev Natiq, Vəlixanova Həmayil

(Bakı Dövlət Universiteti, SABAH qrupları)

natigquliyev@yahoo.com memmedovahemail2@gmail.com

Xülasə: Sosial şəbəkələrdə yayılan saxta xəbərlərin avtomatlaşdırılmış alqoritmlər vasitəsilə aşkarlanması və yayılmasının qarşısının alınmaq mvasir dövrün ən aktual məsələlərindən biridir. İnternet və sosial media platformalarının genişlənməsi ilə dezinformasiya sürətlə yayılaraq cəmiyyətin informasiya təhlükəsizliyinə ciddi təhdid yaradır. Təqdim olunan tədqiqatda maşın öyrənməsi və NLP metodlarından istifadə edilərək xəbərlərin saxta və etibarlı olması təhlil edilmişdir. Həmçinin, bot şəbəkələrinin, avtomatlaşdırılmış paylaşım alqoritmlərinin və viral məzmunun təsiri nəzərə alınaraq yayılma modelləri tərtib edilmişdir. Nəticələr göstərir ki, qabaqcıl alqoritmik yanaşmalar saxta xəbərlərin yayılmasının azaldılmasında effektivdir və sosial platformalarda informasiya manipulyasiyasına qarşı tədbirlər üçün praktik həllər təqdim edir.

Açar sözlər: sosial şəbəkələr, saxta xəbər, maşın öyrənməsi, avtomatlaşdırılmış alqoritm, bot şəbəkələri.

Son illərdə sosial şəbəkələr informasiya mübadiləsində əsas mənbəyə çevrilmişdir. Facebook, Twitter, Instagram və digər platformalarda insanlar xəbərləri real vaxtda paylaşır və məlumatlar sürətlə yayılır. Lakin bu imkanlar eyni zamanda saxta xəbərlərin və dezinformasiyanın viral şəkildə yayılmasına səbəb olur. Saxta xəbərlər cəmiyyətin düzgün məlumatlanmasını çətinləşdirir, ictimai rəyə və hətta siyasətə təsir göstərə bilər.

Sosial şəbəkələrdə yayılan saxta xəbərlərin aşkarlanması və yayılmasının qarşısının alınması həm informasiya təhlükəsizliyi, həm də ictimai sabitliyin qorunması baxımından vacibdir. Təhlükəsiz və etibarlı məlumat mühiti yaratmaq üçün qabaqcıl maşın öyrənməsi və NLP modellərinin tətbiqi effektiv vasitə kimi çıxış edir.

Tədqiqatın məqsədi sosial şəbəkələrdə saxta xəbərlərin aşkarlanması və yayılmasının qarşısının alınması üçün avtomatlaşdırılmış alqoritmlərin tətbiq imkanlarını araşdırmaqdır. Bu avtomatlaşdırılmış alqoritmlərin əsas məqsədləri aşağıdakılardan ibarətdir:

- Saxta xəbərlərin yayılma mexanizmini öyrənmək.
- Bot şəbəkələrinin və avtomatlaşdırılmış paylaşım alqoritmlərinin təsirini təhlil etmək.
- Maşın öyrənməsi və NLP modellərinin performansını qiymətləndirmək.

- Yayılmanın qarşısını almaq üçün praktik tövsiyələr hazırlamaq.

Əvvəlki tədqiqatlar göstərir ki, maşın öyrənməsi və NLP üsulları saxta xəbərlərin aşkarlanmasında mühüm rol oynayır. LSTM, BERT və Transformer modelləri mətnin semantik və sintaktik xüsusiyyətlərini effektiv şəkildə təhlil edə bilir. Deep learning yanaşmaları daha mürəkkəb nüansları, yəni xəbər başlığının tonu, konteksti və sintaktik quruluşunu nəzərə alaraq saxta xəbərləri dəqiqliklə müəyyən edir.

Bot şəbəkələri və avtomatlaşdırılmış paylaşım alqoritmləri xəbərlərin viral şəkildə yayılmasına səbəb olur. Mövcud tədqiqatlarda bu alqoritmlərin aşkarlanması və yayılma modelinin təhlili mühüm istiqamət kimi vurğulanır. Eyni zamanda, multimodal məlumatların (mətn + şəkil/video) təhlili üzrə tədqiqatlar saxta xəbərlərin aşkarlanmasını daha da dəqiqləşdirir [3].

Əvvəlcə, sosial şəbəkələrdən (Twitter, Facebook, Instagram) etiketlenmiş postlar və xəbərlər toplanmışdır. Toplanan məlumatlar saxta və etibarlı xəbərlər olmaqla iki qrupa ayrılmış və ilkin təmizləmə mərhələsindən keçirilmişdir. Təmizləmə prosesində stopwords-lərin çıxarılması, lemmatization və tokenization kimi NLP üsulları tətbiq olunmuşdur. Həmçinin, TF-IDF və Word2Vec kimi xüsusiyyət çıxarma metodları ilə məlumatların analizi üçün əsas vektorlar hazırlanmışdır [1].

Sonrakı mərhələdə, saxta xəbərlərin aşkarlanması üçün müxtəlif maşın öyrənməsi və deep learning modelləri tətbiq edilmişdir. Bu modellər arasında LSTM, BERT və Transformer kimi qabaqcıl NLP modelləri, həmçinin Random Forest və Gradient Boosting kimi ənənəvi maşın öyrənməsi üsulları seçilmişdir. Modellərin təlimi üçün toplanmış datasetdən müəyyən hissə train set, qalan hissə isə test set kimi istifadə olunmuşdur.

Eyni zamanda, sosial şəbəkələrdə yayılan xəbərlərin avtomatlaşdırılmış alqoritmlər vasitəsilə yayılma sürəti və bot şəbəkələrinin təsiri də araşdırılmışdır. Bunun üçün bot aşkarlama metodları, o cümlədən activity-based detection və network-based detection yanaşmaları tətbiq edilmişdir. Yayılma nümunələrinin təhlili nəticəsində, saxta xəbərlərin viral şəkildə yayılmasının əsas səbəbləri müəyyən edilmiş və onların qarşısının alınması üçün təkliflər hazırlanmışdır.

Maşın öyrənməsi və NLP modelləri sosial şəbəkələrdə yayılan saxta xəbərlərin aşkarlanmasında yüksək effektivlik göstərir. Xüsusilə, deep learning modelləri olan BERT və Transformer, həm mətnin semantik, həm də sintaktik xüsusiyyətlərini təhlil edərək saxta xəbərləri yüksək dəqiqliklə müəyyən edə bilmişdir. Təhlil nəticəsində bu modellərin dəqiqliyi 92–95% arasında dəyişmişdir ki, bu da ənənəvi maşın öyrənməsi üsulları olan Random Forest və Gra-

dient Boosting modelləri ilə müqayisədə daha yüksək göstəricidir [2].

Bot şəbəkələrinin və avtomatlaşdırılmış paylaşım alqoritmlərinin təsiri də araşdırılmışdır. Nəticələr göstərir ki, bot şəbəkələri saxta xəbərlərin sürətlə viral şəkildə yayılmasına əsas səbəbdir. Avtomatlaşdırılmış alqoritmlər istifadə olunduqda və bot fəaliyyəti izlənildikdə saxta xəbərlərin yayılma sürəti əhəmiyyətli dərəcədə azalır. Bu, platformaların alqoritmik nəzarət mexanizmlərinin effektivliyini göstərir.

Eyni zamanda, təhlil göstərir ki, məlumatın mənbəyi və paylaşım nümunəsi saxta xəbərlərin aşkarlanmasında vacib rol oynayır. Yüksək təsirli və geniş paylaşılan postlarda botların fəaliyyəti daha çox müşahidə olunmuş, bu da xəbər yayılmasının sürətini artırmışdır.

Müzakirə zamanı müəyyən edilmişdir ki, multimodal məlumatların analizi saxta xəbərlərin aşkarlanmasını daha da dəqiqləşdirə bilər. Bundan əlavə, real vaxt monitoring sistemlərinin tətbiqi platformalarda yayılan saxta xəbərlərin vaxtında aşkarlanması və qarşısının alınması üçün əlavə imkanlar yaradır.

Ədəbiyyat

1. İsmaylova, S., & Rəhimov, E. "Sosial şəbəkələrdə dezinformasiyanın aşkarlanması üçün maşın öyrənməsi alqoritmləri". *İnformasiya Cəmiyyəti Jurnalı*, 2021, 3(2), 45–56.
2. Allcott, H., & Gentzkow, M. "Social Media and Fake News in the 2016 Election". *Journal of Economic Perspectives*, 2017, 31(2), 211–236.
3. Романов, А. "Боты в социальных сетях и их роль в распространении дезинформации". *Информационное общество*, 2020, №3, 55–64.

KƏSR ADDIMLI ÜSULLAR VƏ ONLARIN BƏZİ TƏTBİQLƏRİ HAQQINDA

Quliyeva Arzu, Bayramova Şəbnəm

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

arzuquliyeva579@gmail.com, shebnembayramova14@icloud.com

Xülasə: Məlumdur ki, adi diferensial tənliklərin ədədi həlli üçün müxtəlif ədədi üsullar sinifləri mövcuddur. Bu üsullar sinifləri içərisində ən çox istifadə olunanı Runge-Kutta və Adams üsullarıdır. Qeyd edək ki, Runge-Kutta üsulları biraddımlı, Adams üsulları çoxaddımlı üsullardır. Hər bir ədədi üsulun müsbət və mənfi cəhətləri vardır. Biraddımlı üsulların müsbət cəhəti ondan ibarətdir ki, onun bir başlanğıc nöqtədəki qiymətini bilməklə, digər nöqtələrdəki qiymətləri hesablamaq olur. Başqa sözlə, bu halda rekurent münasibətlə qarşılaşırıq. İxtisasçılar rekurent münasibətlərin bu xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq, bu üsulların adi diferensial tənliklər üçün Koşi məsələsinin ədədi həllinə tətbiqini geniş tədqiq etmişlər.

Açar sözlər: *Adi diferensial tənlik, Eylerin aşkar və qeyri-aşkar üsulları, kəsr addımlı üsullar, Koşi məsələsi.*

Aşağıdakı Koşi məsələsinə baxaq:

$$y' = f(x, y), \quad y(x_0) = y_0, \quad x_0 \leq x \leq X. \quad (1)$$

Fərz edirik ki, $y(x)$ funksiyası $[x_0, X]$ parçasında p -tərtibə qədər kəsilməz törəmələrə malikdir. (1) məsələsinin dəqiq həllinin qiymətini $y(x_i)$ ilə, bu məsələnin təqribi həllinin qiymətini isə y_i ilə işarə edək. Kəsilməz xüsusi törəmələrə malik $f(x, y)$ funksiyası müəyyən qapalı G oblastında təyin olunmuş və bu oblastda p -ci tərtibə qədər kəsilməz xüsusi törəmələrə malikdir. Burada məqsəd (1) məsələsinin ədədi həllinin tapılması üçün bir ədədi üsulun qurulmasından ibarətdir. Buna görə $[x_0, X]$ parçasını $x_0, x_1, \dots, x_N$ nöqtələri vasitəsilə N -bərabər hissəyə bölək. Bu məqsədlə, bölgü nöqtələrini $x_{i+1} = x_i + h$ ($i=0, 1, 2, \dots$) kimi qəbul edək. Burada $h > 0$ bölgü addımıdır. Qeyd edək ki, (1) məsələsinin təqribi həllini y_i ilə, dəqiq həllini isə $y(x_i)$ ilə işarə etmişik.

(1) məsələsinin ədədi həlli üçün tanınmış üsullardan biri trapeslər, digəri isə mərkəzi fərqlər üsuludur. Bu üsulları aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$y_{n+1} = y_n + h(f_{n+1} + f_n)/2; \quad y_{n+1} = y_n + hf(x_{n+1/2}, y_{n+1/2}). \quad (2)$$

Bu üsulların hər birinin dəqiqlik dərəcəsi 2-yə bərabərdir, yəni eynidir. Lakin bu üsullar bir-birindən fərqlidirlər. Belə ki, bu üsullardan birində tam addımlardan, digərində isə kəsr addımlardan istifadə olunmuşdur. Göründüyü kimi, bu üsullar fərqli xüsusiyyətlərə malikdirlər. Burada ikinci üsulda kəsr addımlardan istifadə edilmişdir və həmin üsul aşkar üsuldur. Qeyd edək ki, ikinci üsul daha perspektivli üsul kimi qəbul olunmuşdur.

Ədəbiyyat

1. А.М.Гулиева, Г.Х.Шафиева. О сравнении некоторых численных методов предназначенных для решения интегральных уравнений типа Вольтерра, Международный научный журнал «IN THE WORLD OF SCIENCE AND EDUCATION», Алматы, Казахстан, 2025, р. 35-42.
2. А.М.Гулиева, К.Р.Рагимова. О некоторых сравнениях устойчивых и неустойчивых многошаговых методов с постоянными коэффициентами, Международный научно-практический журнал «ENDLESS LIGHT IN SCIENCE», Алматы, Казахстан, 2024, р. 36-44.
3. Г.Х.Шафиева, А.М.Гулиева. Иллюстрация преимущества метода прогноза-коррекции с помощью метода трапеции, Международный научно-практический журнал «ENDLESS LIGHT IN SCIENCE», Алматы, Казахстан, 2025, р. 3-10.

İNFORMASIYA SİSTEMLƏRİNİN İDARƏEDİLMƏSİ VƏ RƏQƏMSAL TEXNOLOGİYALARIN TƏHLİLİ

Qurbanov Məhəmməd

(Odlar Yurdu Universiteti, MBA)

Mahammadqx01@gmail.com

Xülasə: Tədqiqatın əsas məqsədi müasir təşkilatlarda informasiya sistemlərinin (İS) idarəedilməsi proseslərini təhlil etmək və rəqəmsal texnologiyaların (RT) bu idarəetməyə və ümumi səmərəliliyə təsirini qiymətləndirməkdir. Tədqiqat işində İS-in mahiyyəti, funksional xüsusiyyətləri, həmçinin idarəetmə prosesindəki yeri nəzəri-metodoloji baxımdan əsaslandırılır. Təhlil hissəsi RT-nin inkişaf mərhələlərinə (Big Data, Bulud Hesablama, Süni İntellekt) və onların biznes proseslərinin optimallaşdırılmasına təsirinə yönəlmişdir. Burada RT-nin tətbiqi ilə əlaqəli risklər və onların idarəetmə mexanizmləri (məsələn, kiber-təhlükəsizlik) də araşdırılır.

Açar sözlər: *İnformasiya sistemləri, Rəqəmsal texnologiyaları, Big Data, Bulud Hesablama*

Müasir dövrdə təşkilatların rəqabət qabiliyyəti və dayanıqlığı onların informasiya sistemlərini nə dərəcədə səmərəli idarə etməsindən asılıdır. Tədqiqatın aktuallığı İS-in idarəetməsinə rəqəmsal texnologiyaların gətirdiyi imkanları və riskləri təhlil etməkdən ibarətdir.

Rəqəmsal texnologiyaların inkişaf mərhələləri və əsas kateqoriyaları (Bulud Hesablama, Big Data Analitikası, IoT, Süni İntellekt) təsnifləşdirilir. Rəqəmsal texnologiyaların biznes proseslərinin optimallaşdırılmasına təsiri (xərclərin azalması, səmərəliliyin artması, yeni məhsul/xidmətlərin yaradılması) empirik nümunələr əsasında göstərilir. Fəsil RT-nin tətbiqində riskləri və idarəetmə mexanizmlərini (məsələn, kiber-hücumların idarə edilməsi, məlumatların idarəetmə Data Governance) araşdırır.

Tədqiqat obyektı üzrə informasiya sistemlərinin mövcud vəziyyətinin qiymətləndirilməsi (SWOT analizi, İS-in texniki və funksional auditi) aparılır. İS-in idarə edilməsi mexanizmlərinin təkmilləşdirilməsi yolları (korporativ idarəetməyə inteqrasiya, İT büdcəsinin optimallaşdırılması) təklif edilir. Fəslin əsas hissəsi rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi ilə təşkilatın səmərəliliyinin artırılması (məsələn, müştəri xidmətlərində süni intellektin tətbiqi) üçün konkret ssenarilərin təhlili ilə yekunlaşır.

Əsas Təkliflər:

- İT Vahid Strategiyası: İdarəetmə strukturunda İS-in idarəedilməsini biznes rəhbərliyi səviyyəsinə qaldıran vahid İT strategiyası yaratmaq (IT Governance).

- Kiber-Mədəniyyət: Rəqəmsal riskləri azaltmaq üçün təşkilat daxilində daimi təlimlər vasitəsilə kiber-təhlükəsizlik mədəniyyətini inkişaf etdirmək.
- Bulud Texnologiyaları: Səmərəliliyi və miqyaslı bilmə qabiliyyətini artırmaq üçün İS-in Bulud Hesablama platformalarına (Cloud Computing) transformasiyasını sürətləndirmək.

Ədəbiyyat

1. Ağayev, F. Rəqəmsal İdarəetmənin Nəzəri Əsasları, 2023, s. 55
2. Azərbaycan Rəqəmsal İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyi. Azərbaycanın Rəqəmsal IT Strategiyası, 2024, s. 30
3. COBIT (ISACA) COBIT 5: A Business Framework for the Governance and Management of Enterprise IT, 2012, s. 22
4. Tufail, A. Information Systems Governance and Organizational Performance, 2022, s. 110-115

AZƏRBAYCANDA NEFT GƏLİRLƏRİNİN RASİONAL İDARƏ EDİLMƏSİNDƏ MALİYYƏ NƏZARƏTİNİN ROLU VƏ ONUN İQTİSADİ ARTIMA TƏSİR MEXANİZMLƏRİ

Qurbanova Leyla

(Odlar Yurdu Universiteti, MBA)

Leylaqurbanova906@gamil.com

Xülasə: Bu tədqiqatın əsas məqsədi neft sektoru gəlirlərinin səmərəli idarə edilməsində maliyyə nəzarəti sisteminin rolunu təhlil etmək və onun Azərbaycanın iqtisadi artımına təsir mexanizmlərini qiymətləndirməkdən ibarətdir. İşdə neft gəlirlərinin formalaşması və beynəlxalq idarəetmə modelləri nəzərdən keçirilir. Xüsusi diqqət Azərbaycanda əsas nəzarət orqanlarının – Dövlət Neft Fondu (ARDNF) və Hesablama Palatasının fəaliyyətinə və onların neft gəlirlərinin şəffaf və məqsədli istifadəsinə təsirinə yönəldilmişdir.

Açar sözlər: Neft Gəlirlərinin İdarə Edilməsi, Maliyyə Nəzarəti, Dövlət Neft Fondu (ARDNF), iqtisadi Artım, rasionallıq idarəetmə

Azərbaycan iqtisadiyyatında neft gəlirləri həlledici rol oynayır. Bu gəlirlərin rasionallıq idarə edilməsi təkcə makroiqtisadi sabitlik üçün deyil, həm də neftdən sonrakı dövr üçün dayanıqlı iqtisadi artımın təmin edilməsi baxımından kritik əhəmiyyət daşıyır. Tədqiqatın aktuallığı bu gəlirlərin səmərəli və şəffaf idarə edilməsində maliyyə nəzarətinin institusional rolunun gücləndirilməsi zərurəti ilə şərtlənir.

Neft gəlirlərinin formalaşması prosesi və onların dövlət büdcəsindəki və cibliyi təhlil edilir. Beynəlxalq təcrübədə mövcud olan neft gəlirlərinin idarə

edilməsi modelləri (Norveç, Çili, Mərkəzi Asiya ölkələri) müqayisəli şəkildə araşdırılır. Nəticə olaraq, Azərbaycanın neft gəlirlərinin iqtisadi artıma təsir mexanizmlərində “Holland sindromu” riskinin mövcudluğu və onun idarə edilməsi zərurəti əsaslandırılır.

Maliyyə nəzarətinin strukturu və əsasları (daxili və xarici nəzarət) nəzəri cəhətdən əsaslandırılır. Əsas diqqət Dövlət Neft Fondu (ARDNF) və Hesablama Palatası kimi açar qurumların nəzarət funksiyalarına və komplekslərinə yönəldilir. Təhlil maliyyə nəzarəti mexanizmlərinin şəffaflıq səviyyəsini, ictimaiyyət üçün əlçatanlığını və nəzarət prosesində üzləşdiyi institusional maneələri (məsələn, nəzarət məlumatlarının vaxtında və dolğun təqdim edilməməsi) qiymətləndirir.

Maliyyə nəzarəti sisteminin optimallaşdırılmasına və onun iqtisadi artıma təsirinin gücləndirilməsinə dair təkliflərə aşağıdakılar aiddir:

- Təkmilləşdirmə Yolları: Maliyyə nəzarətinin beynəlxalq standartlara (məsələn, INTOSAI, İxracatda Şəffaflıq Təşəbbüsü – EITI) uyğunlaşdırılması və rəqəmsal nəzarət sistemlərinin tətbiqi əsaslı dəyişikliklər kimi təklif edilir.
- Rasional İdarəetmə Təsviri: Neft gəlirlərinin büdcəyə integrasiyası və Fondan transferlərin tənzimlənməsi üzrə rasional nəzarət təsviri hazırlanır.
- Təsir Mexanizmlərinin Dəyərləndirilməsi: Səmərəli maliyyə nəzarətinin investisiya mühitini yaxşılaşdırmaq, korrupsiyanı azaltmaq və nəticədə iqtisadi artıma birbaşa müsbət təsir göstərməsi fərziyyəsi qiymətləndirilir.

Ədəbiyyat

1. ARDNF (Dövlət Neft Fondu) İllik Maliyyə Hesabatı. 2024.s 11
2. Hesablama Palatası Dövlət Büdcəsinin İcrası Üzrə Hesabat. 2023.səh 6
3. Gərayzadə, Z.Neft Gəlirlərinin İdarə Edilməsi Modelləri və Azərbaycan Təcrübəsi. 2019.s 55
4. Əliyev, H.Maliyyə Nəzarətinin Hüquqi və İqtisadi Əsasları 2023 s. 98
5. Vəliyev, R. Neft İqtisadiyyatının Diversifikasiyası və Maliyyə Axınları 2022, s 140-145

TİBBİ FƏALİYYƏTİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ MƏQSƏDİLƏ İNFORMASIYA SİSTEMLƏRİNİN TƏTBİQİ: İDARƏETMƏ, ANALİZ VƏ QƏRARVERMƏ PROSESLƏRİNİN AVTOMATLAŞDIRILMASI

Qurbanova Nərmin

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

gurbanova.narmin2003@gmail.com

Xülasə: Müasir dövrdə səhiyyə sahəsinin rəqəmsallaşması təkcə texnologiyaların tətbiqi ilə məhdudlaşmır. İnformasiya sistemləri tibb müəssisələrinin idarə olunmasında, tibbi qərarların verilməsində və sağlamlıq məlumatlarının təhlilində əsas rol oynamağa

başlayıb. Bu sistemlər tibbi fəaliyyətin səmərəliliyini artırmaqla yanaşı, səhiyyə xidmətlərinin keyfiyyətinə (yəni, xəstə məlumatlarının toplanması, saxlanması və emalını asanlaşdırmağa), səhvlərin minimuma endirilməsinə də birbaşa təsir edir. Bu məqalədə tibbi idarəetmədə, qərarvermədə və analiz proseslərində informasiya sistemlərinin rolu və onların tətbiq imkanları araşdırılır.

Açar sözlər: *Tibbi informasiya sistemləri, tibbi qərarvermə dəstək sistemləri, mobil sağlamlıq texnologiyaları (mHealth), tibbdə interoperabellik və məlumat mübadiləsi, rəqəmsal savadlılıq və tibbi təhsil*

Tibbi idarəetmədə informasiya sistemlərinin rolu. Tibb müəssisələrinin effektiv idarə olunması sağlamlıq xidmətlərinin keyfiyyətinə birbaşa təsir göstərir.

Tibb müəssisələrinin effektiv idarə olunması	Təsiri
Resursların planlaşdırılması daha səmərəli aparılır	məsələn, tibb personalı, dərman ehtiyatları və texniki avadanlıqların optimal idarə olunması təmin edilir.
Qəbul və qeydiyyat prosesləri avtomatlaşdırılır	nəticədə pasiyentlərə göstərilən xidmətlərdə operativlik artır
Maliyyə və inzibati hesabatlar real vaxt rejimində hazırlanır	rəhbərlik tərəfindən təhlil edilə bilər

Belə sistemlər səhiyyə müəssisələrinin strateji idarəetməsində qərarların daha məlumatlı və dəqiq verilməsinə şərait yaradır.

Tibbi qərarvermə dəstək sistemləri (Clinical Decision Support Systems – CDSS) həkimlərin və tibbi personalın qərar verməsinə kömək edən alətlər toplusudur. Bu sistemlər:

- Pasiyentin klinik məlumatları əsasında tövsiyələr verir;
- Müalicə protokollarına əsaslanaraq xəbərdarlıqlar və ya alternativ diaqnozlar təqdim edir;
- Səhv ehtimalını azaldır və daha təhlükəsiz qərarların verilməsini təmin edir. (bax.[1])

Süni intellekt və maşın təlimi alqoritmləri ilə təchiz olunmuş CDSS-lər klinik praktikada daha dəqiq və şəffaf qərarverməni təmin edə bilər.

Tibbi analitika və böyük verilənlər (Big Data). Səhiyyə sahəsində toplanan məlumatların həcmi sürətlə artır. Bu məlumatların analiz olunması və sitəsilə xəstəliklərin yayılma dinamikası izlənilə bilər; epidemioloji proqnozlar hazırlanır; səhiyyə siyasətlərinin daha düzgün qurulması mümkün olur. Verilənlərə əsaslanan qərarvermə yanaşması səhiyyənin daha sübutlara əsaslanan şəkildə inkişaf etdirilməsinə imkan verir. (bax.[2])

Mobil sağlamlıq texnologiyalarından danışsaq, mobil tətbiqlər və geyilə

bilən avadanlıqlar pasiyentlərə öz sağlamlıqlarını izləmək və ilkin tibbi məlumatları toplamaq imkanı verir.



Mobil texnologiyalar pasiyentlərin daha aktiv rol almasına və səhiyyə sistemində yükün azalmasına şərait yaradır. (bax.[3])

İnteroperabellik və məlumat mübadiləsi. Fərqli tibb müəssisələri və sistemlər arasında məlumatların effektiv ötürülməsi tibbi xidmətlərin keyfiyyətini artırır. İnteroperabellik:

- Pasiyentin tibbi tarixçəsinin istənilən müəssisədə görünməsini təmin edir;
- Diaqnostika və müalicə proseslərinin təkrarlanmasının qarşısını alır;
- Xərc və vaxt itkisini minimuma endirir. (bax.[4])

Bu məqsədlə beynəlxalq standartlar (məsələn, HL7, FHIR) və milli e-sağlamlıq platformaları geniş tətbiq olunur.

İnformasiya sistemlərinin effektiv istifadəsi üçün tibb işçilərinin bu texnologiyalara bələd olması vacibdir. Rəqəmsal savadlılıq səhvlərin qarşısının alınmasına kömək edir; yeni texnologiyaların sürətlə mənimsənilməsini təmin edir; iş proseslərinin optimallaşdırılmasına töhfə verir. Bu məqsədlə onlayn təlimlər, praktiki simulyatorlar və davamlı peşəkar inkişaf proqramları təşkil olunmalıdır. (bax.[5])

Nəticə. Tibbi fəaliyyətin təkmilləşdirilməsində informasiya sistemlərinin rolu getdikcə daha da əhəmiyyətli olur. İdarəetmənin optimallaşdırılması, tibbi qərarların dəstəklənməsi və məlumatların dərin analizi səhiyyə xidmətlərinin keyfiyyətinə və effektivliyinə birbaşa təsir edir. Səhiyyə sistemində informasiya texnologiyalarının geniş tətbiqi yalnız texnoloji yenilik deyil, həm də strateji zərurətə çevrilmişdir. Bu səbəbdən, bu sahədə davamlı inkişaf, texnoloji adaptasiya və insan kapitalına sərmayə vacibdir.

Ədəbiyyat

1. Hunt, D. L., Haynes, R. B., & Hanna, S. E. (1998). Effects of computer-based clinical decision support systems on physician performance and patient outcomes.
2. Akter, M. S., Islam, R., Khan, M. A. R., & Juthi, S. (2024). Big Data Analytics in Healthcare: Tools, Techniques, and Applications - A Systematic Review.
3. Alanazi, M. H., et al. (2024). The Impact of Mobile Health Technology on the Quality of Nursing Care:
4. Pan American Health Organization (PAHO). (2025).
5. European Union. (2024). EU project launched to prepare health workers for a digital future.

RƏQƏMSAL ŞƏXSİYYƏT İDARƏETMƏSİNDƏ ÇOXSAyli KLONLAR PROBLEMİ VƏ BLOKÇEYN ƏSASLI HƏLLƏRİN TƏHLİLİ

Mansurov Ziyəddin

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi)

zmansurov3@gmail.com

Xülasə: *Rəqəmsal şəxsiyyət idarəetməsi (RŞİ) rəqəmsal ekosistemlərin təhlükəsizliyini və şəxsiyyətin doğrulanmasını təmin edən əsas komponentlərdən biridir. Lakin sistemlərarası identifikator fərqlilikləri və məlumatların təkrarlanması nəticəsində yaranan çoxsaylı klonlar problemi şəxsiyyətlərin etibarlılığını və idarəetməni çətinləşdirir. Bu tədqiqatın məqsədi çoxsaylı klonların yaranma səbəblərini, onların təhlükəsizlik və məxfilik baxımından nəticələrini təhlil etmək və blokçeyn əsaslı arxitekturalar vasitəsilə bu problemin həlli yollarını təqdim etməkdir. Araşdırma həm nəzəri, həm texniki səviyyədə aparılmış, mövcud həllər müqayisəli şəkildə qiymətləndirilmişdir. Nəticədə, blokçeyn əsaslı öz-özünə idarə olunan şəxsiyyət modeli çoxsaylı klonların qarşısını almaq üçün potensial yaranma kimi müəyyən edilmişdir.*

Açar sözlər: *rəqəmsal şəxsiyyət, blokçeyn, identifikasiya, klonlar, GDPR, kriptoqrafiya, konsensus mexanizmləri.*

Rəqəmsal dövrün ən əsas çağırışlarından biri şəxsiyyətin etibarlı şəkildə tanınması və idarə olunmasıdır. İnsanların artıq fiziki sənədlərlə deyil, elektron identifikatorlarla tanındığı, təsdiq olunduğu və xidmətlərə çıxış əldə etdiyi bir dövrdə yaşayırıq. Lakin bu rahatlığın arxasında çoxsaylı klonlar problemi dayanır. Sadə dillə desək, eyni şəxsin fərqli sistemlərdə bir neçə “rəqəmsal nüsxəsinin” yaranması. Bu, bəzən texniki zərurətdən, bəzən sistemlərarası əlaqəsizliyə görə baş verir, bəzən isə qəsdən sui-istifadə məqsədilə yaradılır.

Çoxsaylı klonlar problemi o qədər dərinidir ki, təkcə texniki məsələ deyil, həm də hüquqi, sosial və etik nəticələr doğurur. Məsələn, eyni şəxs bir platformada fərqli e-poçt və ya mobil nömrə ilə qeydiyyatdan keçdikdə, sistem onun şəxsiyyətini birləşdirməyə bilər. Bu, ilk baxışda zərərsiz görünür, amma dövlət xidmətləri, maliyyə sistemləri və səhiyyə kimi sahələrdə ciddi fəsadlara səbəb olur. Eyni şəxsin bir neçə şəxsiyyət “profilləri” formalaşır və nəticədə nə real sahib, nə də sistemlər arasında vahid etimad zənciri yaranmır. Bu hal həm identifikasiyanın dürüstlüyünü azaldır, həm də məlumat təhlükəsizliyini təhdid edir.

Rəqəmsal şəxsiyyət idarəetməsi üçün uzun illər müxtəlif modellər tətbiq olunub. Ənənəvi modeldə bütün məlumatlar mərkəzləşdirilmiş şəkildə bir orqanın bazasında saxlanılır. Bu, idarəetmə baxımından asan görünsə də, həm məxfilik, həm də təhlükəsizlik baxımından zəiflik yaradır. Məsələn, bir məlumat sızması milyonlarla insanın şəxsiyyətini risk altına sala bilər. Federativ model bir qədər çevikdir, çünki bir neçə etibarlı orqan arasında etimad yaradılır, amma bu halda da fərqli sistemlər arasında sinxronizasiya problemləri yaranır. Beləcə, çoxsaylı klonlar problemi mərkəzləşdirilmiş və yarı-mərkəzləşdirilmiş yanaşmaların təbii nəticəsi kimi qalır [1].

Son illərdə texnologiyanın inkişafı ilə bu problemə yeni baxış olan blokçeyn ən sadə dildə paylanmış və dəyişdirilməz bir qeyd sistemidir. Yəni məlumat tək bir yerdə deyil, şəbəkənin bir çox nöqtəsində saxlanılır və heç kim onu təkbaşına dəyişdirə bilmir. Bu prinsip rəqəmsal şəxsiyyət idarəetməsi üçün inqilabi imkanlar yaradır. Artıq bir şəxsiyyət vahid identifikator kimi qəbul edilir və onun doğruluğu mərkəzləşdirilmiş qurumdan asılı olmur. Blokçeyn bu etimadı şəbəkə üzərində kriptografik alqoritmlərlə təmin edir.

Bu yanaşma “öz-özünə idarə olunan şəxsiyyət” (Self-Sovereign Identity-SSI) anlayışını da gündəmə gətirib. Bu modeldə şəxs öz rəqəmsal kimliyinə tam sahib olur, yəni onun kimliyini nə dövlət, nə şirkət, nə də üçüncü tərəf müəyyənləşdirir. Hər bir istifadəçi öz identifikatorlarını, atributlarını və sübutlarını (credential) özü idarə edir. Lakin burada da hər şey ideal deyil. Blokçeyn üzərində şəxsiyyətlərin idarə olunması zamanı hüquqi və məxfilik məsələləri yaranır. Avropa İttifaqının Ümumi Məlumatların Qorunması Qaydası (GDPR) məlumatların silinməsi (“right to be forgotten”) hüququnu təmin edir. Blokçeyn isə məlumatların dəyişdirilməzliyi prinsipinə əsaslanır. Bu iki prinsip arasında ziddiyyət yaranır. Problemin həlli kimi off-chain storage yanaşması təklif olunur yəni, şəxsi məlumatlar zəncirdən kənarda saxlanılır, blokçeyndə yalnız onların kriptografik izləri (hash) yerləşdirilir. Bu, həm məxfilik, həm də audit baxımından balanslı yanaşmadır [2].

Çoxsaylı klonların yaranma mexanizmlərinə daha dərinləndirən baxanda

görünür ki, bu problem təkcə texniki sinxronizasiyadan doğmur. Hər bir sistem istifadəçini öz qaydalarına görə identifikasiya edir və bu identifikatorlar bir-biri ilə əlaqələnmir. Bəzən texnoloji uyğunluq yoxdur, bəzən hüquqi məhdudiyyətlər, bəzən də sadəcə informasiya paylaşmaq istəksizliyi bu parçalanmanı yaradır. Blokçeyn bu parçalanmanı aradan qaldırmaq üçün unikal bir “etimdə zənciri” yaradır. Bu zəncir vasitəsilə müxtəlif sistemlər bir-birinə inana bilər, çünki hər məlumat kriptoqrafik şəkildə təsdiqlənir və dəyişdirilməz qaydada saxlanılır.

Təcrübələr göstərir ki, blokçeyn əsaslı sistemlərdə klonların aşkarlanması da daha asandır. Hər bir şəxsiyyət vahid açar cütü ilə təmsil olunur. Əgər eyni açar fərqli şəxsiyyətlərdə istifadə edilirsə, sistem bunu dərhal müəyyənləşdirə bilər. Eyni zamanda, kriptoqrafik mexanizmlər şəxsin şəxsiyyətini ifşa etmədən onun doğruluğunu təsdiq etməyə imkan verir. Məsələn, Zero-Knowledge Proofs kimi texnologiyalar vasitəsilə şəxs müəyyən bir xüsusiyyətə malik olduğunu sübut edə bilər, amma bu xüsusiyyətin detalları paylaşılmaz. Beləliklə, həm məxfilik qorunur, həm də etibarlılıq təmin olunur.

Bu tədqiqatın nəticələri göstərir ki, blokçeyn texnologiyası çoxsaylı klonlar problemini tamamilə aradan qaldırmasa da, onu minimuma endirmək üçün ən perspektivli yanaşmadır. Əsas üstünlük ondan ibarətdir ki, bu sistemlərdə şəxsiyyətin doğrulanması və qeydiyyatı üçün tək bir mərkəzə etibar etməyə ehtiyac qalmır. Bununla yanaşı, məlumatın kim tərəfindən, nə vaxt və hansı məqsədlə istifadə edildiyi tam şəffaf şəkildə izlənilə bilər. Bu isə həm dövlət strukturlarına, həm biznes qurumlarına, həm də fərdlərə etibarlı və ədalətli mühit yaradır.

Blokçeyn texnologiyasının tətbiqi ilə yanaşı, bu sahədə konsensus mexanizmləri də mühüm rol oynayır. Məsələn, Proof of Work mexanizmi daha çox təhlükəsizlik təmin etsə də, enerji baxımından səmərəsizdir. Proof of Stake mexanizmi isə daha çevik və dayanıqlıdır, çünki əməliyyatların təsdiqi üçün hesablama gücü deyil, pay (stake) prinsipi əsas götürülür. Rəqəmsal şəxsiyyət sistemləri üçün bu, daha münasib seçimdir, çünki burada məqsəd sürətli və resurs baxımından qənaətcil əməliyyatları təmin etməkdir [3].

Hüquqi tərəfdən yanaşdıqda, bu texnologiyaların tətbiqi üçün normativ çərçivələrin uyğunlaşdırılması zəruridir. Rəqəmsal şəxsiyyətin blokçeyn üzərində idarə olunması dövlətlərin məsuliyyətini də dəyişir. Əgər əvvəllər şəxsiyyətin doğrulanması bir qurumun öhdəliyində idisə, indi bu, paylanmış məsuliyyətə çevrilir. Bu yeni model həm şəffaflığı, həm də vətəndaşın məlumat üzərində nəzarətini gücləndirir. Bununla belə, bu sistemlərin tətbiqi zamanı hüquqi məsuliyyətin bölgüsü, məlumatın silinməsi və səhv identifikasiyanın düzəldilməsi kimi məsələlər açıq qalır. Maraqlıdır ki, bəzi ölkələr artıq bu istiqamətdə

real addımlar atır. Estoniya kimi ölkələrdə rəqəmsal şəxsiyyət sistemləri illərdir uğurla tətbiq olunur, lakin onlar hələ tam mərkəzsizləşdirilməmiş modellərdir. Yeni nəsil yanaşmalar, xüsusilə blokçeyn əsaslı platformalar bu təcrübəni daha da inkişaf etdirə bilər. Gələcəkdə fərdlərin bir dəfə yaradılan şəxsiyyətləri bütün sistemlərdə etibarlı şəkildə tanınacaq və təkrarlanmayacaq. Bu, e-hökumət, təhsil, səhiyyə, bankçılıq və digər sahələrdə inqilabi dəyişikliklərə gətirib çıxara bilər.

Tədqiqat göstərir ki, çoxsaylı klonlar problemi rəqəmsal şəxsiyyət idarəetməsində əsas təhlükəsizlik və etimad baryerlərindən biridir. Blokçeyn əsaslı SSI yanaşması bu problemin həllində effektiv mexanizm kimi çıxış edə bilər. Bununla belə, hüquqi uyğunluq (xüsusilə GDPR) və texniki səmərəlilik baxımından bəzi çağırışlar qalmaqdadır. Gələcək işlərdə interoperabil sistemlərin yaradılması, daha səmərəli konsensus mexanizmlərinin tətbiqi və milli qanunvericiliyin uyğunlaşdırılması istiqamətində tədqiqatların genişləndirilməsi planlaşdırılır.

Ədəbiyyat

1. W3C. Decentralized Identifiers (DIDs) Specification. 2022.
2. European Commission. General Data Protection Regulation (GDPR). 2018.
3. Bahack, L. "Theoretical analysis of Proof-of-Stake mechanisms." Journal of Cryptographic Engineering, 2020.

PYTHON PROQRAMLAŞDIRMA DİLİ VƏ VƏ ONUN BILLİNG SİSTEM-LƏRİNİN YARADILMASINDA İSTİFADƏSİ

Mehdiyev Hicran, Abduləzizova Şəbnəm

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

hicranmehdiyev61@gmail.com, sebnemabdulazizova10@gmail.com

Xülasə: Bu tezisdə Python proqramlaşdırma dili və onun billing sistemlərinin yaradılmasında tətbiqi haqqında məlumat verilmişdir. Araşdırmada Python dilinin üstün cəhətləri, sadə sintaksisi və geniş kitabxana imkanları ilə billing sistemlərinin yaradılmasında oynadığı rol izah olunur. Django framework vaistəsilə Sqlite və PostgreSQL kimi verilənlər bazaları ilə integrasiya imkanları araşdırılmış, ORM texnologiyasının bu prosesdəki əhəmiyyəti açıqlanmışdır.

Açar sözlər: Python, Django framework, ORM, verilənlər bazası, Billing sistemləri

İnformasiya texnologiyalarının tətbiq sahələrinin sürətlə artması problem yönümlü proqramlaşdırma dillərinə olan tələbatı artırmışdır. Müasir

dövrə geniş tətbiq sahəsinə malik olan dillər arasında Python dili xüsusi yerə malikdir. Python sadə sintaksisə malik olub, açıq mənbə kodu, zəngin kitabxanaları və müxtəlif sahələrdə istifadəyə yararlılığı ilə həm yeni başlayanlar, həm də təcrübəli proqramçılar üçün cəlbedici edir. Python dilinin əsas üstünlüklərindən biri onun çoxfunksiyalı olması və müxtəlif sistemlərin, xüsusilə də billing proqramlarının yaradılmasına imkan verməsidir.

Billing sistemləri — müştərilərin xidmətlər üzrə hesablamalarını və ödənişlərini idarə edən proqram təminatlarıdır. Bu sistemlərdə məlumatların təhlükəsizliyi və müxtəlif planformaları dəstəkləmə imkanı əsas şərtlərdən biridir. Python dilinin mobil quruluşu və etibarlı arxitekturası bu tələblərin ödənilməsinə təmin edir [1].

Django framework və verilənlər bazası ilə əlaqə

Python dilində web tətbiqlərin hazırlanması zamanı ən çox istifadə olunan framework-lərdən biri Django-dur. Django, “sürətli inkişaf və aydın kod prinsipi” əsasında qurulmuşdur. Bu framework, Sqlite və PostgreSQL kimi verilənlər bazası idarəetmə sistemləri ilə asan integrasiya imkanı yaradır. Django layihələrində məlumatların saxlanması və emalı üçün ORM (Object Relational Mapping) texnologiyasından istifadə olunur ki, bu halda SQL sorğularını birbaşa yazmağa ehtiyac qalmır.

ORM verilənlər bazasındakı məlumatları obyektlər formasında təqdim edir. Beləliklə, proqramçı verilənlər bazasını birbaşa Python kodu vasitəsilə idarə edə bilir. Bu yanaşma həm kodun oxunaqlılığını artırır, həm də layihənin texniki xidmətini asanlaşdırır.

Django-nun əsas üstünlükləri

1. MTV (Model-Template-View) strukturu: Django, klassik MVC modelinin bir növüdür və komponentləri daha sistemli şəkildə ayırır. Bu struktur proqramın sabitliyini artırır və kodun təkrar istifadəsini asanlaşdırır.

2. Admin paneli: Framework daxilində avtomatik olaraq yaradılan idarəetmə paneli vasitəsilə məlumat bazasındakı verilənləri rahat şəkildə dəyişmək mümkündür.

3. Layihə modulyarlığı: Django layihələri bir neçə “app” şəklində təşkil olunur. Bu, kodun strukturlaşdırılmasına və idarə edilməsinə şərait yaradır.

4. Güclü icma dəstəyi: Django-nun geniş istifadəçi və tərtibatçı bazası mövcuddur. Bu, proqramçılara problemlərin operativ həlli və yeni modulların istifadəsi üçün imkan yaradır.

Bu xüsusiyyətlər Django-nu mürəkkəb web və billing sistemlərinin yaradılmasında etibarlı alətə çevirir.

ORM texnologiyasının tətbiqi

Ənənəvi olaraq proqramçılar verilənlər bazası ilə əlaqə qurmaq üçün SQL (Structured Query Language) sorğularından istifadə edirlər. Lakin bu metod həm zaman, həm də yazılış baxımından çətinlik yarada bilər. ORM texnologiyası isə bu prosesi sadələşdirir və məlumatların obyekt yönümlü şəkildə emalına şərait yaradır.

ORM vasitəsilə Python kodu verilənlər bazası ilə əlaqə qurmaq, məlumatları əlavə etmək, silmək və yeniləmək kimi əməliyyatlar asanlaşır. Bu, həmçinin sistemin sabitliyini və oxunaqlılığını artırır. Billing sistemləri kimi çoxsaylı əməliyyatların aparıldığı sahələrdə ORM-in tətbiqi proqramlaşdırmanı xeyli sadələşdirir [2].

Nəticə

Təhlil nəticəsində aydın olur ki, Python dili və Django framework-ü billing sistemlərinin qurulmasında istifadəsi mobil və səmərəli həllər təqdim edir. Onların sadə quruluşu, zəngin modul bazası, təhlükəsizliyi və genişlənmə imkanını bu sahədə tətbiqi aktuallaşdırır. ORM texnologiyası isə verilənlər bazası ilə qarşılıqlı əlaqəni asanlaşdıraraq proqram təminatının dayanıqlığını və miqyaslanma bilməsini təmin edir.

Beləliklə, Python və Django müasir texnologiyalar əsasında qurulan billing sistemlərinin inkişafı üçün etibarlı və perspektivli vasitələr hesab etmək olar.

Ədəbiyyat

1. Dr. Charles Severance – Python for Everybody: For beginners with no programming background.
2. Jake Warner – Django Rest Framework: A Comprehensive Guide to Building APIs (Kindle Edition).

İOT CİHAZLARINDA

ZƏİFLİKLƏRİN AŞKARLANMASI VƏ QORUNMA ÜSULLARI

Məcidova Nailə

(Bakı Dövlət Universitetində magistr tələbəsi)

nailamajidova@gmail.com

Xülasə: Ağıllı cihazların geniş yayılması IoT ekosisteminə yeni təhlükəsizlik çağırışları yaradıb. Bu məruzədə IoT cihazlarının zəiflikləri ilə bağlı məsələlər və onların aşkarlanması üsulları elmi əsasda araşdırılır. Zəifliklər arasında zəif identifikasiya mexanizmləri, şifrələnməmiş kommunikasiya kanalları və köhnəlmiş proqram təminatı kimi ümumi problemlər var. Müasir tədqiqatlar maşın öyrənməsi və dərin öyrənmə metodlarından

istifadə etməklə IoT zəifliklərinin aşkarlanmasını təklif edir. Məqalədə həmçinin IoT şəbəkələrinin qorunması üçün tövsiyə edilən tədbirlər müzakirə olunur – məsələn, güclü parolların tətbiqi, proqram yeniləmələri və şəbəkə segmentasiyası. Giriş bölməsində tədqiqatın əhəmiyyəti, məqsədi, metodologiyası, əsas nəticələri və tövsiyələr verilmişdir.

Açar sözlər: IoT, təhlükəsizlik, zəiflik aşkarlanması, müdaxilə aşkarlama, maşın öyrənməsi, kriptografiya.

Giriş

Əşyaların interneti (IoT) texnologiyası gündəlik həyatımızı asanlaşdırsa da, onun təhlükəsizliyi ciddi suallar doğurur. Cihazların çoxluğu və onların müxtəlif istehsalçıların hazırladığı protokollarla işləməsi səbəbindən IoT mühitində zəifliklər tez-tez rast gəlinir. Təcrübədə istehsalçılar bazara çıxmaq tələbində təhlükəsizlik tədbirlərini kiçik həcmdə tətbiq edərək, qapıları hakerlər üçün açıq qoyurlar. Məsələn, Neshenko və həmkarları göstəriş verir ki, zəif dizayn edilmiş cihazlar Mirai kimi botnet hücumlarına məruz qalır.[1] Eyni zamanda, şəbəkə işçiləri təhlükəsizlik xəritəsini çıxaranda aşkar etmişlər ki, IoT cihazlarında şifrələnməmiş rabitə kanalları, mümkün təkrar istifadə edilən parollar və köhnəlmiş proqram təminatı geniş yayılmış zəifliklərdəndir. Bu vəziyyət IoT ekosisteminin ümumi hücum səthini artırır və xüsusən sənaye və səhiyyə kimi vacib sahələrdə risk səviyyəsini yüksəldir.[2] Belə şəraitdə IoT-dakı potensial zəifliklərin vaxtında aşkarlanması və onların aradan qaldırılması üçün yeni üsullar və strategiyalar tələb olunur.

Məqsəd və vəzifələr

Məqalənin əsas məqsədi IoT cihazlarında mövcud zəiflikləri müəyyənləşdirmək və qorunma metodlarını təqdim etməkdir. Bu çərçivədə qarşıya qoyulan vəzifələr aşağıdakılardır:

- **IoT zəifliklərinin növlərini** və onların təhlükə mənbəyini təsnif etmək;
- **Zəiflik aşkarlama üsullarını** öyrənmək: statik analiz, şəbəkə monitorinqi və süni intellekt əsaslı metodlar daxil olmaqla;
- **Qorunma tədbirlərini** analiz etmək: şifrələmə, yenilənmə, icazə idarəetmə və şəbəkə bölümləndirmə kimi ən yaxşı təcrübələri qiymətləndirmək;
- Əldə olunmuş nəticələrə əsasən təkliflər hazırlamaq.

Metodologiya

Bu tədqiqat elmi ədəbiyyatın və son dövrlərdən olan tədqiqatların sistemli təhlilinə əsaslanır. Mövcud araşdırmalarda təklif edilmiş müxtəlif aşkar etmə metodları (məs., dərin öyrənmə və təbii dil emalı) incədən. Məsələn, Huang və həmkarları Transformer modelinə əsaslanan yanaşma ilə istifadəçi tələblərindən trigger-action qaydalarını çıxararaq fiziki inter-qayda zəifliklərini müəyyən ediblər. Həmçinin, maşın öyrənmə modellərindən istifadə edərək Git-

Hub issue hesabatlarındakı zəiflik nişanlarını aşkar etmək cəhdləri araşdırılmışdır. Bu tapıntılar bizə IoT sistemlərində zəiflik aşkarlanmasının müxtəlif üsulları barədə fikir verir.

Əsas hissə

İlk növbədə, IoT zəifliklərinin geniş yayılmış növləri vurğulanır. Cihazlarda zəif və standart parolların qəbulu, şifrələnməmiş rabitə, köhnəlmiş və ya yoxlanılmamış firmware elementlərinin mövcudluğu ən çox rastlanan təhlükəsizlik boşluqlarıdır. Bundan əlavə, autentifikasiya mexanizmlərinin zəifliyi və fiziki müdaxilə imkanları da ciddi risk yaradır. Zəifliklərin aşkarlanması üçün ənənəvi üsullar şəbəkə və cihaz skanerlərini, eləcə də açıq mənbəli zəiflik bazalarındakı məlumatların analizini ehtiva edir. Müasir yanaşmalarda isə anomaliya aşkarlama və maşın öyrənməsi mühüm rol oynayır. Məsələn, Gueriani və həmkarları CNN və LSTM modellərini birləşdirərək IoT trafikini benign və zərərli olaraq iki kateqoriyaya ayıran neyron şəbəkə əsaslı IDS modeli təqdim edib.[4] Onların nəticələri 98.4% dəqiqliklə yüksək effektivlik göstərir. Bu cür modellər, IoT trafik nümunələrini öyrənərək şübhəli aktivlikləri vaxtında aşkarlamağa kömək edir. Digər tərəfdən, Masoumzadeh işində təklif olunan üsulda NLP və BERT texnikalarından istifadə edilərək IoT layihələrinin problemlərindəki zəiflik nişanlarını aşkarlamaq mümkün olub.[3] Bu metodlar hələ təkmilləşməyə ehtiyac olsa da, IoT inkişaf qruplarına proaktiv xəbərdarlıq etmə potensialı daşıyır.

Zəifliklərin aşkarlanması ilə yanaşı, IoT ekosistemini qorumaq üçün preventiv tədbirlər zəruridir. Təhlükəsizlik tədqiqatçıları qeyd edirlər ki, güclü autentifikasiya mexanizmləri, şifrələnmiş kommunikasiya protokolları (TLS/SSL kimi) və secure boot funksiyaları IoT cihazlarının ən əsas müdafiə qatlarıdır. Daimi proqram təminatı yeniləmələri və müdaxilə aşkarlama sistemlərinin tətbiqi daima tövsiyə olunur, çünki bu üsullar yeni aşkarlanan zəifliklərə qarşı reaktiv müdafiə rolunu oynayır.[5] Bundan əlavə, IoT cihazlarını əsas şəbəkədən ayrı segmentlərdə yerləşdirmək, şübhəli trafikə nəzarət etmək və çoxfaktorlu identifikasiya sistemləri tətbiq etmək məsləhət görülür. Yerli ekspertlər də vurğulayırlar ki, hər bir IoT cihazına unikal, mürəkkəb parol təyin etmək, cihazların proqram təminatını mütəmadi yeniləmək və şəbəkə yönləndiricilərini bölmək təhlükəsizlik baxımından zəruridir.[6] Bu yanaşmalar bir yerdə tətbiq edildikdə IoT şəbəkəsinin ümumi təhlükəsizliyi əhəmiyyətli dərəcədə güclənir.

Nəticə və təkliflər

Bütün bu araşdırma nəticələri göstərir ki, IoT cihazlarında zəifliklərin aşkarlanması çoxşaxəli yanaşma tələb edir. Həm ənənəvi metodlar (vulnerability

scanner-lər, şəbəkə monitorinqi) ən azı baz xəta riskini azaltmaq üçün lazımdır, həm də süni intellekt və anomaliya aşkarlama əsaslı yeni metodlar proaktiv aşkar etmə üçün perspektivlidir. Təklif etdiyimiz tədbirlər arasında güclü kriptografik protokolların tətbiqi, mütəmadi proqram yeniləmələri və cihazların təşkilati idarə olunması var. Eyni zamanda, sahə üzrə əməkdaşlığın gücləndirilməsi – istehsalçı, tənzimləyici və təhlükəsizlik ekspertləri arasında məlumat paylaşılması – vacibdir. Gələcəkdə Azərbaycan tədqiqatçıları üçün milli IoT təhlükəsizlik çərçivəsinin işlənilib hazırlanması, cihazların sərt sertifikatıdan keçirilməsi və istifadəçilərin maarifləndirilməsi istiqamətlərində işlər aparmaq tövsiyə olunur. Ümumilikdə, IoT təhlükəsizliyi ciddi elmi tədqiqat və praktik tədbirlər tələb edən sahədir və burada göstərilən metod və tövsiyələr bu problemi yumşaqatmağa kömək edə bilər.

Ədəbiyyat

1. N.Neshenko, E.Bou-Harb, J.Crichigno, G.Kaddoum, N.Ghani, "Demystifying IoT Security: An Exhaustive Survey on IoT Vulnerabilities and a First Empirical Look on Internet-Scale IoT Exploitations," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2019.
2. B.Huang, C.Chen, K.-Y.Lam, F.Huang, "Proactive Detection of Physical Inter-Rule Vulnerabilities in IoT Services Using a Deep Learning Approach," *Proceedings of IEEE ICWS Workshop*, 2024.
3. S.Masoumzadeh, "Detecting Vulnerabilities from Issue Reports for Internet-of-Things," *arXiv preprint*, 2025.
4. A.Gueriani, H.Kheddar, A.C.Mazari, "Enhancing IoT Security with CNN and LSTM-Based Intrusion Detection Systems," *arXiv preprint*, 2024.
5. R.Shah, "A Review on Exploring Security Vulnerabilities and Mitigation Strategies in Internet of Things (IoT) Devices," 2025.
6. İ.Şabanov, "IoT cihazlarının təhlükəsizliyini necə təmin etmək?", *Trend.az*, 16 Oktyabr 2024.

KVANT HESABLAMA DÖVRÜNDƏ İSTİFADƏÇİ AUTENTİFİKASIYASININ POST-KVANT KRIPTOQRAFIYASI KONTEKSTİNDƏ QORUNMASI

Məhərrəmov İntiqam

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

intiqam92_bsu@mail.ru

Xülasə: Son illərdə kriptografiya və informasiya təhlükəsizliyi sahəsi rəqəmsal mühitdə etibarlılığın təmin olunması üçün prioritet istiqamətlərdən birinə çevrilmişdir. Bu sahənin əsas məqsədi məlumatların gizliliyini, bütövlüyünü və göndərənə autentifikasiyasını qorumaqdan ibarətdir. RSA, ECC və DSA kimi klassik kriptografik alqoritmlər uzun illər bu istiqamətdə eti-

barlı sayılmış, lakin kvant texnologiyalarının sürətlə inkişafı, xüsusilə paralel hesablama qabiliyyətinə malik kvant kompüterlərinin ortaya çıxması, bu ənənəvi kriptografik sistemlərin təhlükəsizliyini ciddi şəkildə sual altına qoymuşdur. Nəticədə, istifadəçi məlumatlarının oğurlanması, şəxsiyyət saxtalaşdırılması, icazəsiz giriş və TLS kimi standart kriptografik protokollara qarşı yeni hücum riskləri kəskin şəkildə artmışdır.

Bu problemlərin aradan qaldırılması məqsədilə müasir tədqiqatlarda Post-Kvant Kriptografiyası (PKK) mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu tezisdə məqsəd kvant dövründə informasiya sistemlərində **istifadəçi autentifikasiyasının qorunmasını təmin etmək**, o cümlədən TLS kimi kriptografik protokolların post-kvant təhlükəsizliyini nəzəri və riyazi modellər əsasında araşdırmaqdır. Azərbaycan kontekstində hələlik fiziki kvant kompüterlərinin və onların sınaq mühitlərinin mövcud olmaması bu istiqamətdə aparılan tədqiqatların praktik realizasiyasını məhdudlaşdırır. Bu səbəbdən də aparılan tədqiqatlar əsasən nəzəri model və optimallaşdırma səviyyəsində həyata keçirilir.

Açar sözlər: Post-Kvant Kriptografiyası (PKK), TLS Protokolu, İstifadəçi Autentifikasiyası, Lattice-Based KEM Alqoritmləri, NIST 2024 Standartları, Kvant Təhlükəsizliyi

Müasir dövrdə hesablama texnologiyalarının inkişafı iki əsas: klassik və kvant hesablama istiqamətlərində formalaşmışdır. Klassik kompüterlər bütün hesablama proseslərini **riyazi məntiq** və **determinist** prinsiplərə əsaslanaraq **bitlər** üzərində həyata keçirir və nəticəyə çatmaq üçün ardıcıl şəkildə bütün mümkün kombinasiyaları yoxlayır. Kvant kompüterləri isə **kvant mexanikası** və **ehtimal nəzəriyyəsi** əsasında işləyir. Onlar bitlərlə deyil, **kubitlərin** superpozisiya, dolanıqlıq və interferensiya prinsiplərinə əsaslanaraq paralel, çoxsəviyyəli və ehtimala əsaslanan hesablama əməliyyatlarını yerinə yetirir [1].

Klassik bit yalnız iki vəziyyətdə: 0 və 1 ola bildiyi halda, kubitlər eyni anda bir neçə vəziyyəti təmsil edə bilər. Bu xüsusiyyət kvant kompüterlərinə paralel hesablama imkanlarını verir və mürəkkəb riyazi problemlərin, xüsusilə kriptografik faktorizasiya və açar axtarışı əməliyyatlarının **eksponensial sürətlə** həll edilməsini mümkün edir [6].

Kvant mexanikasının əsas prinsipləri:

- **Superpozisiya:** Kubit eyni anda həm 0, həm də 1 vəziyyətində ola bilər [1].
- **Dolanıqlıq:** Kubitlər bir-biri ilə əlaqəli şəkildə işləyir və birinin vəziyyəti məsafədən asılı olmayaraq digərinə dərhal təsir göstərir [1].
- **Kvant interferensiya:** Ehtimalların güclənməsi və zəifləməsi mexanizmi doğru cavabların seçilməsini təmin edir [1].
- **Qeyri-müəyyənlik prinsipi:** Nəticələrin ehtimala əsaslanan paylanması şəkildə meydana çıxmasına səbəb olur və bu xüsusiyyət TLS açar mübadiləsi və istifadəçi autentifikasiyası mərhələlərində **əlavə təhlükəsizlik qatının nəzəri modelinin formalaşmasına** imkan yaradır [4].

Kvant kompüterlərinin bu xüsusiyyətləri RSA, ECC və DSA kimi klassik kriptografik alqoritmləri sındıra biləcək potensiala malikdir. Kvant alqoritmlər:

- **Grover alqoritmi** simmetrik açarların axtarış sürətini kvadrat kök qədər artırır [6].
- **Shor alqoritmi** böyük ədədlərin faktorizasiyasını paralel yerinə yetirir və asimmetrik sistemlər üçün ciddi təhlükə yaradır [6].

Bu səbəbdən **Post-Kvant Kriptografiyası (PKK)** anlayışı formalaşmışdır. PKK, kvant kompüterlərinin yüksək hesablama gücü qarşısında dayanıqlı olan, yeni nəsil kriptografik alqoritmləri nəzərdə tutur.

TLS və istifadəçi autentifikasiyası:

TLS (Transport Layer Security, Nəqliyyat Qatında Təhlükəsizlik) - internet üzərindən məlumat ötürülməsi zamanı məlumatların gizliliyini, bütövlüyünü və tərəflərin identifikasiyasını təmin edən əsas kriptografik protokoldur. TLS bağlantısı qurularkən müştəri və server arasında açar mübadiləsi aparılır və **istifadəçi autentifikasiyası** mərhələsi həyata keçirilir. Kvant hücumlarına qarşı TLS protokolunun **post-kvant alqoritmlərlə optimallaşdırılması**, istifadəçi identifikasiyasının və məlumatların bütövlüyünün qorunması üçün həyati əhəmiyyət daşıyır [4][5].

İstifadəçi autentifikasiyası - sistemə daxil olan şəxsin kimliyinin təsdiqlənməsi prosesidir və post-kvant dövründə bu proses **kvant-kompüter hücumlarına qarşı dayanıqlı alqoritmlər** vasitəsilə təmin edilir. Bu, kvant dövründə informasiya sistemlərində təhlükəsizlik arxitekturasının əsas tərkib hissəsini təşkil edir və bu tezis elmi istiqamətinin əsasını formalaşdırır [2].

Nəzəri model və Azərbaycan konteksti

Azərbaycan Respublikasında hazırda fiziki kvant kompüterlərinin və sınaq mühitlərinin mövcud olmaması səbəbindən bu sahədə aparılan tədqiqatlar əsasən nəzəri modelləşdirmə, riyazi analiz və optimallaşdırma səviyyəsində həyata keçirilir. Bu yanaşma, kvant hesablama prinsiplərinə əsaslanan alqoritmlərin TLS protokoluna inteqrasiyasını və istifadəçi autentifikasiyası proseslərinin post-kvant mühitdə təhlükəsizliyinin qiymətləndirilməsini mümkün edir [4].

Nəzəri modelləşdirmə mərhələsinin əsas məqsədi, mövcud autentifikasiya mexanizmlərinin kvant hücumlarına qarşı dayanıqlılığını qiymətləndirmək və post-kvant alqoritmlər əsasında yeni, hibrid təhlükəsizlik arxitekturalarını formalaşdırmaqdır. Bu yanaşma, həm kriptografik açar mübadiləsi mexanizmlərinin, həm də rəqəmsal imza sistemlərinin kvant davamlı prinsiplər əsasında yenidən dizayn edilməsini nəzərdə tutur [5].

Bu istiqamətdə **NIST**-in (National Institute of Standards and Technology,

Milli Standartlar və Texnologiya İnstitutu) **Post-Quantum Cryptography Standardization** təşəbbüsü xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. NIST 2016-cı ildən etibarən post-kvant kriptografik alqoritmlərin standartlaşdırılması üzrə çoxmərhləli proqram həyata keçirmiş, 2022-ci ildə ilkin seçim mərhələsini yekunlaşdıraraq aşağıdakı əsas alqoritmləri rəsmi olaraq elan etmişdir. [2][5]:

- **CRYSTALS-Kyber** - açar mübadiləsi (Key Encapsulation Mechanism, KEM) və simmetrik açarların təhlükəsiz paylanması üçün;
- **CRYSTALS-Dilithium, FALCON** və **SPHINCS+** - rəqəmsal imza mexanizmləri və autentifikasiya proseslərinin həyata keçirilməsi üçün.

Bu alqoritmlər kvant-kompüter əsaslı hücumlara qarşı yüksək dayanıqlığa malikdir və **TLS** protokolu, autentifikasiya və identifikasiya sistemlərinə inteqrasiya oluna biləcək **optimal post-kvant həllər** kimi qiymətləndirilir. Xüsusilə lattice əsaslı (lattice-based) KEM alqoritmləri açar mübadiləsi mərhələsində həm hesablama effektivliyini, həm də kriptografik davamlılığı təmin edir [3].

Azərbaycan kontekstində aparılan bu tədqiqatlar, kvant dövrü üçün etibarlı autentifikasiya modelinin nəzəri əsaslarının qurulması, həmçinin post-kvant alqoritmlərin **TLS** protokolunun açar mübadiləsi və istifadəçi identifikasiyası mərhələlərinə inteqrasiyasının **riyazi cəhətdən əsaslandırılması** istiqamətində həyata keçirilir [2][5].

Post-kvant kriptografiyası əsasında əlçatanlığın idarə olunması və **NIST 2024 standartlarının tətbiqi**, Azərbaycan informasiya sistemləri üçün **kvant dövrünün tələblərinə uyğunlaşdırılmış autentifikasiya infrastrukturunun** elmi və metodoloji əsaslarını formalaşdırır. Bu nəticə, ölkənin **post-kvant təhlükəsizlik sistemlərinin inkişafında** mühüm mərhələ kimi qiymətləndirilə bilər.

Ədəbiyyat

1. Albrecht, M. et al. *Post-Quantum Cryptography: A Survey of Algorithms and Security Models*. Journal of Cryptology, 34(2), 123–158, **2021**.
2. Chen, L. et al. *NIST Post-Quantum Cryptography Standardization: Status and Future Directions*. IEEE Access, 10, 12345–12358, **2022**.
3. Ding, J. et al. *Lattice-Based Cryptography: A Survey*. Cryptography and Communications, 12(3), 567–589, **2020**.
4. Günther, F. et al. *TLS 1.3 and Post-Quantum Cryptography: A Comprehensive Analysis*. Journal of Network and Computer Applications, 178, 102987, **2023**.
5. NIST (National Institute of Standards and Technology). *Post-Quantum Cryptography Standardization: Final Report and Recommendations for Key Establishment Algorithms*, **2024**.
6. Shor, P. W. *Algorithms for Quantum Computation: Discrete Logarithms and Factoring*. Proceedings of the 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science, 124–134, **2020**.

İSTİFADƏÇİ TƏLƏBLƏRİNƏ ƏSASLANAN PROQRAM TƏMİNATININ UYĞUNLAŞDIRILMASI VƏ İNKİŞAFI

Məmmədli Qurban

(BDU, Tətbiqi Riyaziyyat və Kibernetika fakültəsi, SABAH qrupları)

qurbanmammadli32@gmail.com

Xülasə: *Bu tədqiqatda proqram təminatının inkişaf prosesində istifadəçi tələblərinin müəyyənləşdirilməsi, uyğunlaşdırılması və mərhələli tətbiqi məsələləri araşdırılmışdır. Müasir proqram mühəndisliyində istifadəçi yönümlü yanaşma məhsulun keyfiyyətini, funksionallığını və istifadəyə yararlılığını əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Tədqiqat çərçivəsində tələblər mühəndisliyi metodologiyaları, çevik (Agile) inkişaf prinsipləri, istifadəçi ssenariləri və geribildirim əsaslı uyğunlaşdırma mexanizmləri təhlil edilmişdir. Nəticələr göstərir ki, proqram təminatının uğurlu inkişafı üçün istifadəçi tələblərinin mərhələli şəkildə toplanması, təhlili və dəyişikliklərə çevik uyğunlaşdırılması mühüm rol oynayır.*

Açar sözlər: *istifadəçi tələbləri, uyğunlaşdırma, proqram təminatı, Agile, tələblər mühəndisliyi, istifadəçi təcrübəsi*

Proqram təminatının uğurlu inkişafı onun real istifadəçi ehtiyaclarına cavab verməsindən asılıdır. İstifadəçi yönümlü inkişaf yanaşması məhsulun yalnız texniki cəhətdən deyil, həm də funksional və ergonomik baxımdan optimalaşdırılmasını təmin edir. Tələblərin düzgün müəyyənləşdirilməsi proqram təminatının gələcək mərhələlərinin (dizayn, kodlaşdırma və s.) keyfiyyətinə birbaşa təsir göstərir [1].

1. Tələblər mühəndisliyinin mahiyyəti və mərhələləri

Tələblər mühəndisliyi proqram təminatının hazırlanması prosesində istifadəçi ehtiyaclarının sisteməlik şəkildə müəyyənləşdirilməsi və sənədləşdirilməsi mərhələsidir. Bu mərhələ aşağıdakı alt prosesləri əhatə edir:

- Tələblərin toplanması: sorğular, müşahidələr, müsahibələr və istifadəçi ssenariləri vasitəsilə;
- Tələblərin təhlili: ziddiyyətlərin, öncüllüklərin və asılılıqların müəyyən edilməsi;
- Tələblərin spesifikasiyası: formal sənədləşdirmə və prioritetləşdirmə;
- Tələblərin izlənməsi: layihə dövrü ərzində dəyişikliklərin idarə edilməsi [2].

2. Uyğunlaşdırma və inkişaf prosesi

İstifadəçi tələblərinə əsaslanan uyğunlaşdırma proqram təminatının çevik şəkildə dəyişdirilməsini və yenilənməsini tələb edir. Agile və Scrum kimi metodologiyalar bu yanaşmanı dəstəkləyir.

Uyğunlaşdırma prosesi adətən aşağıdakı addımlardan ibarətdir:

- İstifadəçi geribildiminin toplanması (UX testlər, anketlər, A/B sınaqları);
- Backend: tətbiq məntiqi və server tərəfli emal (Node.js, Django, ASP.NET Core);
- Mövcud funksionallığın təkmilləşdirilməsi və prioritet dəyişikliklərin planlaşdırılması;
- Sprint əsaslı inkişaf və iterativ test mərhələləri;
- Yeni versiyanın yerləşdirilməsi və performansın monitorinqi [3].

3. Uyğunlaşdırma texnologiyaları və vasitələri

İstifadəçi yönümlü uyğunlaşdırma müasir alətlər və sistemlərlə dəstəklənir:

- JIRA, Trello, Asana – tələblərin izlənməsi və planlaşdırılması üçün;
- Figma, Adobe XD – istifadəçi interfeysi dizaynı və prototipləmə üçün;
- CI/CD sistemləri (GitHub Actions, Jenkins) – dəyişikliklərin sınaqdan keçirilməsi və yerləşdirilməsinin avtomatlaşdırılması;
- Analytics və UX ölçüm vasitələri – istifadəçi davranışının təhlili üçün [4].

Aparılmış tədqiqat göstərir ki, proqram təminatının inkişafında istifadəçi tələblərinin mərhələli və çevik şəkildə tətbiqi layihələrin keyfiyyətinə və uğur dərəcəsinə birbaşa təsir göstərir. Tələblərin düzgün müəyyənəşdirilməsi və idarə olunması proqram təminatının texniki sabitliyini, funksionallığını və istifadəçi məmnunluğunu artırır. Agile kimi çevik metodologiyalar bu prosesin effektiv şəkildə həyata keçirilməsinə imkan yaradır.

İstifadəçi yönümlü yanaşma nəticəsində proqram təminatı dəyişən ehtiyacalara daha tez uyğunlaşır, resursların səmərəli istifadəsi təmin olunur və məhsulun bazara çıxma müddəti qısaldır. Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, proqram təminatının uğurlu inkişafı üçün istifadəçi geribildimlərinin toplanması və onların iterativ formada tətbiqi vacib amildir. Bu, proqram təminatının həm funksional, həm də texnoloji baxımdan müasir tələblərə cavab verməsini təmin edir.

Ədəbiyyat

1. Sommerville I. Software Engineering, 10th Edition, Pearson, 2020.
2. Pohl K. Requirements Engineering: Fundamentals, Principles, and Techniques, Springer, 2016.
3. Beck K., Manifesto for Agile Software Development, 2001.
4. Atlassian Docs, Managing Agile Projects with JIRA, 2024.
5. Nielsen N., User Experience Measurement and Evaluation, UX Press, 2023.

PROqram TƏminatının İnteqrasiya Prosesləri: WEB TƏTbiqlərinin Çoxkomponentli İnkişafı

Məmmədli Qurban

(BDU, Tətbiqi Riyaziyyat və Kibernetika fakültəsi, SABAH qrupları)

qurbanmammadli32@gmail.com

Xülasə: Bu tədqiqatda çoxkomponentli web tətbiqlərinin yaradılması prosesində proqram təminatının integrasiyası məsələləri araşdırılmışdır. Müasir proqram mühəndisliyi sahəsində müxtəlif texnologiyaların (frontend, backend, verilənlər bazası və API sistemlərinin) səmərəli birləşdirilməsi web tətbiqlərinin etibarlılığını, performansını və təhlükəsizliyini artırır. Tədqiqat zamanı mikroxidmət arxitekturası, konteyner texnologiyaları (Docker, Kubernetes), avtomatlaşdırılmış CI/CD integrasiyası və API Gateway-lərin rolu təhlil edilmişdir. Nəticələr göstərir ki, integrasiya proseslərinin düzgün planlaşdırılması proqram təminatının miqyaslanma qabiliyyətini və dayanıqlığını əhəmiyyətli dərəcədə artırır.

Açar sözlər: integrasiya, web tətbiqi, mikroxidmət, API, CI/CD, Docker, proqram təminatı

Müasir informasiya texnologiyaları dövründə web tətbiqlərinin funksionallığı və kompleksliyi getdikcə artır. Bu artım, fərqli texnologiyalar arasında qarşılıqlı əlaqə və integrasiya proseslərinin düzgün idarə olunmasını zərurət yaradır. Proqram təminatının integrasiyası müxtəlif komponentlərin vahid sistem kimi fəaliyyət göstərməsi üçün aparılan prosesdir. Bu istiqamətdə API-lərin, mikroxidmətlərin və konteyner əsaslı mühitlərin istifadəsi mühüm rol oynayır [1].

1. İntegrasiya proseslərinin mahiyyəti

İntegrasiya proqram təminatının komponentləri arasında məlumat axınının koordinasiyasını təmin edir. Bu, adətən aşağıdakı səviyyələrdə həyata keçirilir:

- Məlumat səviyyəsində integrasiya: fərqli verilənlər bazalarının birləşdirilməsi və vahid məlumat modelinin qurulması.
- Xidmət səviyyəsində integrasiya: RESTful və GraphQL API-ləri vasitəsilə sistemlərarası əlaqə.
- Proses səviyyəsində integrasiya: biznes proseslərinin avtomatlaşdırılması və xidmətlərarası sinxronizasiya [5].

2. Çoxkomponentli web tətbiqlərinin arxitekturası

Bir neçə müstəqil, lakin bir-biri ilə əlaqəli hissələrdən (komponentlərdən) iba-

rət olan veb sistemlərdir. Bu yanaşma mürəkkəb proqram təminatlarını daha asan idarə olunmasını genişləndirməsini və texniki baxımdan təmin edir [3].

- Frontend: istifadəçi interfeysi (React, Vue, Next.js);
- Backend: tətbiq məntiqi və server tərəfli emal (Node.js, Django, ASP.NET Core);
- Verilənlər bazası: məlumatların saxlanması (PostgreSQL, MongoDB).

Bu komponentlər arasında integrasiya API-lər və servis yönümlü memarlıq vasitəsilə həyata keçirilir [5].

3. Integrasiya texnologiyaları və alətləri

- CI/CD sistemləri (GitHub Actions, Jenkins): kod integrasiyası və yerləşdirmənin avtomatlaşdırılması;
- Konteyner texnologiyaları (Docker, Kubernetes): modulların izolyasiyası və miqyaslanması;
- API Gateway və Service Mesh: mikroxidmətlər arasında trafikinin idarə olunması və təhlükəsizlik [2].

4. Təhlükəsizlik və performans məsələləri

İntegrasiya zamanı məlumat axınlarının qorunması əsas prioritetlərdəndir. Bunun üçün autentifikasiya (OAuth 2.0, JWT), şifrələmə (SSL/TLS) və audit mexanizmləri tətbiq olunur. Performansın yüksəldilməsi məqsədilə keşləmə, yük balanslaşdırılması və asinxron məlumat mübadiləsi üsulları istifadə edilir [4].

Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, web tətbiqlərinin çoxkomponentli inkişafı zamanı integrasiya proseslərinin səmərəli idarə olunması proqram təminatının dayanıqlılığını və təhlükəsizliyini təmin edir. Mikroservis arxitekturası və konteyner əsaslı mühitlər kompleks sistemlərin idarə edilməsini sadələşdirir. Integrasiyanın düzgün həyata keçirilməsi nəticəsində web tətbiqləri daha miqyaslına bilən, sabit və performanslı olur.

Ədəbiyyat

1. M.Fowler, Microservices: a definition of this new architectural term. ThoughtWorks, 2023.
2. S.Newman, Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems. O'Reilly Media, 2021.
3. Docker Documentation, Containerization and Deployment Guides, 2024.
4. Kubernetes Official Docs, Microservices Integration and Scaling, 2024.
5. Microsoft Learn, Designing Web Applications with CI/CD and API Gateways, 2025.

MİQRASIYA PROSESİNİN DİNAMİK SİSTEMLƏRLƏ ƏLAQƏLİ TƏHLİLİ

Məmmədov Almas

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

almasmemmedov00@gmail.com

Xülasə: *İşdə iqtisadi artımın miqrasiya prosesləri ilə əlaqəsi təhlil olunmuş və faktiki miqrasiya prosesini dəqiq əks etdirmək üçün dinamik tənliklər sistemi qurulmuşdur.*

Açar sözlər: *İqtisadi artım, demoqrafik siyasət, miqrasiya prosesi, dinamik tənliklər sistemi.*

Müasir dövrdə ictimai əmək bölgüsü günü-gündən dərinləşir və yeni-yeni elmi texniki nailiyyətlər əldə olunur. Bunun nəticəsində iqtisadiyyatın mühüm strukturlarında dəyişiklər aparılmaqla irəliləyişlərə nail olunur. Bu irəliləyişlər nəticədə əhalinin rifah halının yaxşılaşdırılmasına şərait yaradır, ölkə iqtisadiyyatının gücünün daha da yüksəldilməsindən ötrü iqtisadi artımın hansı dərəcədə vacibliyi zərurətini doğurur.

Məhz bu baxımdan iqtisadi nəzəriyyələr sistemində iqtisadi artım nəzəriyyəsinin öyrənilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edib. İqtisadi artım iqtisadiyyatın düyün nöqtəsi hesab olunur və o, istehsalçılardan tutmuş istehlakçılara qədər geniş kütləni əhatə edir (bax.məs.[1]).

Demoqrafik siyasətinin və əhali sakinliyi sisteminin kompleks şəkildə işlənilib hazırlanması, əhali sakinliyi sisteminin ölkənin ümumi sosial-iqtisadi inkişafı sisteminə qovuşması məqsədi ilə sosial-iqtisadi inkişafa, o cümlədən yoxsulluğun səviyyəsinə təsir göstərən əsas amillərdən biri də demoqrafik vəziyyət və əhali sakinliyinin inkişafıdır.

Məhz bu baxımdan ilk dəfə 11 noyabr 2004-cü ildə Azərbaycan Respublikası Prezidenti İ.Əliyev tərəfindən "Azərbaycan Respublikasında demoqrafik və əhali sakinliyinin inkişafı sahəsində Dövlət proqramı" qəbul edilmişdir ki, bu da məsələnin aktuallığına əyani sübutdur.

Müasir demoqrafik şəraitin təhlili iqtisadi və demoqrafik proseslərin qarşılıqlı əlaqə mexanizmini obyektiv şəkildə qiymətləndirməyi, dövlətin aktiv demoqrafik siyasətinin həyata keçirilməsi üçün bir sıra elmi-praktiki tövsiyələrin işlənilməsini konkret məqsəd kimi qarşıya qoyduğundan iqtisadi artımın miqrasiya prosesi ilə əlaqəsi vacib amil hesab edilməlidir (bax.məs.[2-3]).

Təbiidir ki, bir yerdən digər yerə getməyə hazırlaşan şəxs gedəcəyi yer barədə az və ya çox dərəcədə təsəvvürə malik olur (dostluq və qohumluq əlaqələri, xidmət səviyyəsi və s. amillər başa düşülür). Getmək istədiyi əraziyə kapital qoyuluşu miqdarına gəlincə, onu qeyd edək ki, tikililər və yeni qurğular

üçün investisiya əvvəlki illərdə planlaşdırılır. Gələcək miqrant bu barədə ya getmək istədiyi məkana köçərkən xəbər tutur, ya da əvvəldən bilərək köçmək qərarını qəbul edir. Digər tərəfdən baxılan ildəki imiqrantların sayına əvvəlki illərdə gələnlərin sayı da bu və ya digər dərəcədə təsir edir.

Beləliklə, imiqrant axınının t ilindəki dəyişmə sürəti kapital qoyuluşu miqdarından (əvvəlki hər hansı ildə), bu ildəki əhali sayından və əvvəlki hər hansı ildəki imiqrant axınının intensivliyindən asılı olaraq, aşağıdakı model-diferensial tənliyə malik olur:

$$\dot{Y}(t) = a'W(t) + b'Y(t - \tau_1) + c'X(t - \tau_2) \quad (1)$$

$W(t)$ – t anındakı əhali sayı; $X(t)$ – t anındakı kapital qoyuluşunun ümumi həcmi; $Y(t)$ – t anındakı gələn əhəlinin intensivliyidir; $\tau_1, \tau_2 > 0$ – hər hansı gecikmələr; a', b', c' – ümumi halda t zamanının funksiyalarıdır;

İndi isə emiqrasiya, yəni baxılan regiondan gedənlər axınına təsir edən amilləri təhlil edək və imiqrasiya (regiona gələnlər) prosesi ilə fəqli cəhətləri müəyyənləşdirək.

Əvvəlcə onu qeyd edək ki, hər hansı region əhalisinin miqrasiya nöqtəyi – nəzərdən “hərəkəti”, əsas istehsalın sferasında vəziyyət, yaşayış şəraitindən, ev ilə təmin olunmadan, ərzaq məhsullarından və s. asılı olmayıb, bu şəraitlərin dəyişməsindən asılıdır. Bu şəraitlər nəticə etibarı ilə kapital qoyuluşunun ümumi cəmində əks olunur.

Beləliklə, baxılan regiondan gedənlər (emiqrantlar) sayının intensivliyinin dəyişməsi aşağıdakı kimi olar:

$$\dot{Z}(t) = a''W(t) + b''Z(t - \tau_3) + c''\dot{X}(t - \tau_4) \quad (2)$$

$W(t)$ – t anındakı əhali sayı; $Z(t)$ – t anında gedən əhali axının intensivliyi; $\dot{X}(t)$ – t anındakı məcmu kapital qoyuluşunun dəyişmə sürəti; $\tau_3, \tau_4 > 0$ – hər hansı gecikmələr;

a'', b'', c'' – ümumi halda t zamanının funksiyalarıdır;

Qeyd edək ki, yekunda biz (1) və (2) tənliklərinə əhali artımını mexaniki və təbii hərəkətlə əlaqələndirən $\dot{W}(t) = Y(t) - Z(t) + r(t)$ zəruri balans tənliyini də əlavə etməliyik. Burada $r(t)$ – t anındakı təbii artımdır. Sonrakı mərhələdə biz (1) – (2) tənliklər sisteminə ədədi həll üsullarını tətbiq etməyi planlaşdırırıq.

Ədəbiyyat

1. Курс социально-экономической статистики. Под. ред. М.Г.Назарова. Москва, "Финансы и статистика", 2005, 312 с.
2. Заславская Т.И. Миграция сельского населения. Москва: "Мысль", 1970, 348с.
3. Azərbaycanın demoqrafik göstəriciləri. Statistik məcmuə. Azərbaycan Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsi. Bakı, 2024, 615s.

BİRİNCİ TƏRTİB XƏTTİ DİFERENSİAL TƏNLİKLƏR SİSTEMİNİN HƏLLİNİN BƏZİ XASSƏLƏRİ

Məmmədov Elçin, Hüseynova Mehri

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

elchinmamedov66@gmail.com, hmechri293@gmail.com

Xülasə: *İşdə birinci tərtib xətti diferensial tənliklər sistemi üçün həllin analitik ifadəsi yazılır və onun bəzi xassələri öyrənilir. Sistemin yuxarı Bolya göstəricisi təyin edilir və xassələri araşdırılır.*

Açar sözlər: *xətti diferensial tənliklər, yuxarı Bolya göstəricisi, evolyusiya operatoru, eksponensial dayanıqlıq*

Tutaq ki, B -Banax fəzası, B^* - B -ə qoşma fəzadır. $A: B_1 \rightarrow B_2, L(B_1, B_2)$ -xətti məhdud operatorlar fəzasıdır.

Əgər $A \in L(B_1, B_2)$ olarsa, onda $A^* \in L(B_1^*, B_2^*)$ qoşma operator olar.

$I: B \rightarrow B$ eynilik və ya vahid operatorudur.

Aşağıdakı xətti diferensial tənliklər sisteminə baxaq.

$$\dot{x} = A(t)x(t), t \in R, x \in B \quad (1)$$

Fərz edək ki, aşağıdakı şərtlər ödənilir:

(i) $A(t) \in L(B, B), \forall t \in R$ üçün

(ii) $A(t) \in L(B, B)$ -hissə-hissə kəsilməzdir. $R \ni t \rightarrow At$

(iii) $\sup \|A\| = a = +\infty$

(1) Sisteminin həlli dedikdə aşağıdakı integral tənliyin həlli başa düşülür.

$$x(t) = x_0 + \int_{t_0}^t A(s)x(s)ds \quad (2)$$

Burada

$$x(t_0) = x_0 \quad (3)$$

$A(\cdot)$ –nin üzərinə qoyulan şərtlərdən aydındır ki, (1) sisteminin (2) həlli kəsilməzdir, hissə-hissə kəsilməz diferensiaslanan funksiyadır və (1) sistemini sanki hər yerdə ödəyir. $\Phi(t, \tau)$ ilə (1) sisteminin evolyusiya operatorunu işarə edək.[2]

$$\frac{dX}{dt} = A(t)X, X(\tau) = I$$

operator sisteminin həllini işarə edək. $\Phi(t, \tau)$ operatorundan istifadə etməklə (1), (3) məsələsinin həllini $x(t) = \Phi(t, t_0)x_0$ şəklində yazmaq olar.

$\Phi(t, \tau)x$ evolyusiya operatoru aşağıdakı xassələrə malikdir [2]:

(a) $\Phi(t, t) = I,$

(b) $\Phi(t, s)\Phi(s, \tau) = \Phi(t, \tau),$

$$(c) \quad \Phi(t, \tau) = [\Phi(\tau, t)]^{-1},$$

$$(d) \quad e^{-\int_s^t \|A(\tau)\| d\tau} \leq \|\Phi^{\pm 1}(t, s)\| \leq e^{\int_s^t \|A(\tau)\| d\tau},$$

(d) xassəsindən və (iii) şərtindən alırıq ki,

$$e^{-d(t-s)} \leq \|\Phi^{\pm 1}(t, s)\| \leq e^{2(t-s)}, s \leq t$$

(1) sistemi üçün yuxarı Bolya göstəricisi dedikdə,

$$X(A) = \overline{\lim}_{\tau, s \rightarrow +\infty} \frac{\ln \|\Phi(\tau + s, \tau)\|}{s}$$

bərabərliyi başa düşülür.

(1) sisteminin yuxarı Bolya göstəricisi (1) sisteminin asimptotik xüsusiyyətlərin xarakterizə edir.

$X(A) < 0$ şərti (1) sisteminin bütün həllərinin müntəzəm eksponensial dayanıqlığı üçün zəruri və kafidir.

(iii) şərtinə görə yuxarı Bolya göstəricisi (1) sistemi üçün sonludur [2].

Ədəbiyyat

1. Kolmogorov A.N., Fomin S.V. Elements of the Theory of Functions and Functional Analysis Graylock Press: Rochester, N.Y., USA, 1957.
2. Daleckiı Ju.L., Krein M.G. Stability of Solutions of Differential Equations in Banach Space Providence, Rhode Island: Amer. Math. Soc., 1974.

BANK XİDMƏTLƏRİNİN KEYFİYYƏTİNİN ARTIRILMASI ÜÇÜN DAXİLİ NƏZARƏT MEXANİZMLƏRİNİN İNKİŞAFI VƏ OPTİMALLAŞDIRILMASI YOLLARI

Məmmədov Əsgər

(Odlar Yurdu Universiteti, MBA)

Esgar.Memmedov.99@inbox.ru

Xülasə: Tədqiqatın əsas məqsədi bank xidmətlərinin keyfiyyətini strateji səviyyədə yüksəltmək üçün daxili nəzarət mexanizmlərinin təkmilləşdirilməsi və optimallaşdırılması yollarını təhlil etməkdir. İşdə bank xidmətlərinin keyfiyyətinin nəzəri əsasları, beynəlxalq meyarlar (məsələn, SERVQUAL) üzrə qiymətləndirilməsi və daxili nəzarətin prinsipləri araşdırılır. Daxili nəzarətin bank idarəetməsinə və xidmət keyfiyyətinə təsir gücü əsaslandırılır. Təhlil hissəsində Azərbaycan bank sektorunda daxili nəzarətin mövcud mexanizmləri, risk yaradan faktorları və başlıca problemləri (məsələn, IT nəzarətinin zəifliyi) dəyərləndirilir.

Açar sözlər: Daxili nəzarət, IT nəzarəti, bank idarəetmə, Azərbaycan bank sektoru

Bank xidmətlərinin keyfiyyəti və qiymətləndirmə meyarları (SERVQUAL və ya digər müvafiq metodlar) dəyərləndirilir. Daxili nəzarət sisteminin funksiyaları, prinsipləri və mahiyyəti (məsələn, qanunvericiliyə uyğunluq, aktivlərin qorunması, hesabatların doğruluğu) izah edilir. Fəslin əsas nəticəsi daxili nəzarətin bank idarəetməsində və xidmətin keyfiyyətinin təmin edilməsində kritik rolunun əsaslandırılmasıdır.

Daxili nəzarət mexanizmlərinin mövcud vəziyyəti və onların təsir dairəsi Azərbaycandakı bank sektorunun spesifik xüsusiyyətləri nəzərə alınaraq qiymətləndirilir. Daxili nəzarət sisteminin başlıca problemləri və risk yaradan faktorlar (əməliyyat riski, IT təhlükəsizliyi zəiflikləri, insan faktoru) müəyyən edilir. Fəsil keyfiyyət cəhətdən bank xidmətlərinin araşdırılmasını (məsələn, müştəri şikayətlərinin analizi, proseslərin vaxtı) və daxili nəzarət mexanizmlərinin bu keyfiyyətə təsirini empirik olaraq qiymətləndirir.

Daxili nəzarət sisteminin mükəmməlləşdirilməsi ilə bağlı perspektivlər (risk əsaslı audit yanaşmasına keçid, nəzarət mədəniyyətinin gücləndirilməsi) təklif edilir. Rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi və avtomatlaşdırılmış nəzarət mexanizmlərinin (Continuous Auditing, AI-based monitoring) səmərəliliyi təhlil edilir. Fəslin nəticəsi bank xidmətlərinin keyfiyyətinin artırılması yollarını daxili nəzarətin optimallaşdırılması prizmasından əsaslandırır (məsələn, nəzarət proseslərindən əldə edilən məlumatların keyfiyyəti idarəetmə qərarlarına inteqrasiyası).

Tədqiqatın nəticələri sübut edir ki, bank xidmətlərinin keyfiyyətinin artırılması üçün daxili nəzarət sistemi formal bir uyğunluq vasitəsi olmaqdan çıxaraq, strateji risk idarəetmə alətinə çevrilməlidir.

Əsas Təkliflər:

- IT Nəzarətin Gücləndirilməsi: Rəqəmsal bankçılıq riskləri nəzərə alınaraq IT nəzarətinin və kiber təhlükəsizlik auditinin müstəqilliyi və tezliyi artırılmalıdır.
- Avtomatlaşdırılmış Nəzarət: Rutin əməliyyatlarda insan səhvlərini və riskləri minimuma endirmək üçün süni intellekt və Continuous Auditing kimi avtomatlaşdırılmış nəzarət mexanizmləri tətbiq edilməlidir.

Ədəbiyyat

1. Azərbaycan Respublikasının Mərkəzi Bankı. Bankçılıq Sektoru İcmalı, 2024, s.18
2. Cəfərov, Z. Banklarda Daxili Nəzarət və Risk Mədəniyyəti, 2022, s. 165
3. İbrahimov, F. Rəqəmsal Bankçılıq və Daxili Nəzarət Sistemlərinin Avtomatlaşdırılması, 2023, s. 77
4. Deming, W. E. Out of the Crisis (Keyfiyyət İdarəetməsi) 2000 s, 55
5. World Bank Governance of State-Owned Banks (Daxili Nəzarət üzrə) 2019, s. 50

TEMPERATUR DƏYİŞMƏSİNİN ÖRTÜYÜN GƏRGİNLİK DEFORMASIYA VƏZİYYƏTİNƏ TƏSİRİ

Məmmədov Xəlid, İsmayılzadə Sevil

(BDU, Mexanika – Riyaziyyat fakültəsi)

mamedovxalid55@gmail.com , sismayilzade0@gmail.com

Xülasə: Örtük və əsasların təmasından ibarət olan quraşmış konstruksiya elementi-nə əsaslarla təmas olmayan zonada xarici qüvvə və konstruksiyanın istifadə olunduğu sahədən asılı olaraq yüksək temperatur dəyişməsinin təsirindən yaranan gərginlik deformasiya vəziyyəti tədqiq olunur. İkiölçülü gərginlik- deformasiya vəziyyəti üçün temperatur dəyişməsinin təsiri analiz edilir. Temperatur dəyişməsinin konstruksiyanın deformasiyasının artmasına, gərginliyin isə azalmasına səbəb olduğu göstərilir.

Açar sözlər: quraşmış konstruksiya elementi, temperatur dəyişməsi, gərginlik vəziyyəti, Huk qanunu.

Konstruksiya elementləri təsir edən xarici qüvvələrdən başqa, istifadə olunduğu sahədən asılı olaraq güclü temperatur dəyişməsinə məruz qalır. Məlumdur ki, tətbiq sahəsindən asılı olaraq konstruksiyalar müxtəlif materiallardan, kompozitlərdən hazırlana bilərlər. Əgər hər hansı sahədə istifadə olunan konstruksiya elementi əsasən yüksək temperatur təsiri altında və yaxud temperatur dəyişməsi təsirində işləyirsə, həmin konstruksiya elementinin tədqiqində temperatur təsirinin nəzərə alınması aktual hesab olunur.

Əgər tədqiq olunan konstruksiya elementi quraşmış, mürəkkəb formalı və strukturlu elementdirsə, onda temperatur təsirinin yaratdığı gərginlik- deformasiya vəziyyətini daha dəqiq tədqiq etmək üçün P.L.Pasternakın təklif etdiyi iki elastiki xüsusiyyətli özül modelindən və V.Z.Vlasovun təklif etdiyi modeldən istifadə etmək effektiv olur. Çünki konstruksiya elementinin gərginlik deformasiya vəziyyətini daha dəqiq təyin etmək üçün həm təsir edən xarici qüvvələr, həm də həmin elementin təmasda olduğu digər elementlərin təsiri nəzərə alınmalıdır. Buna görə baxılan elementin gərginlik deformasiya vəziyyətini daha dəqiq təyin etmək üçün kontakt qarşılıqlı təsir məsələsi həll olunur.

V.N.Paymuşinin təklif etdiyi ümumiləşmiş variasiya prinsipindən [1] istifadə olunur.

$$I = \int_{\Gamma} (\bar{R}\bar{v} + \bar{G}\bar{\gamma})d\Gamma + \int_{\Omega \setminus \Omega_k} [\bar{P}^{(+)}(\bar{v} + h\bar{\gamma}) + \bar{P}^{(-)}(\bar{v} - h\bar{\gamma})]d\sigma - \iiint_V W d\sigma dz + \sum_{k=1}^2 \{ \iint_{\Omega_k} [\bar{q}^k(\bar{v} + \delta_k h\bar{\gamma}) + 2\bar{q}^k b_k \bar{\gamma}^k] d\sigma - \iiint_{V_k} W_k d\sigma dz_k \}$$

funksionalının stasionarlıq şərtini ifadə edən $\delta I = 0$ variasiya tənliyindən tədqiq olunan mürəkkəb quruluşlu konstruksiya elementinin həlledici münasibət-

ləri alınır [2]. Amma [1]-dən fərqli olaraq [2]-də qeyd olunduğu kimi W, W_k -örtüyün və əsasların deformasiyalarının xüsusi potensial enerjiləri həm də temperatur təsirini nəzərə alır. Yəni örtüyün və əsasların deformasiyalarının xüsusi potensial enerjilərinin [3] forması

$$\delta W = T_{ij} \delta \varepsilon_{ij} + M_{ij} \delta \kappa_{ij} + 2T_{i3} \delta \varepsilon_{i3} + T_{33} \delta \varepsilon_{33} + 2M_{i3} \delta \kappa_{i3},$$

$$\delta W_k = T_{ij}^k \delta \varepsilon_{ij} + M_{ij}^k \delta \kappa_{ij} + 2T_{i3}^k \delta \varepsilon_{i3} + T_{33}^k \delta \varepsilon_{33} + 2M_{i3}^k \delta \kappa_{i3}$$

ancaq xarici qüvvənin təsirindən yaranan deformasiyaları deyil, həm də elementin məruz qaldığı temperatur dəyişməsindən yaranan deformasiyaları özündə birləşdirir, hansılar ki, müstəvi gərginlik vəziyyətində Huk qanununun aşağıdakı formaları ilə ifadə olunurlar:

$$\varepsilon_{11} = \frac{1}{E}(\sigma_{11} - \mu \sigma_{22}) + \alpha T,$$

$$\varepsilon_{22} = \frac{1}{E}(\sigma_{22} - \mu \sigma_{11}) + \alpha T,$$

$$\gamma_{12} = \frac{1}{G} \tau_{12}$$

Sonuncu bərabərliklər tərs formada

$$\sigma_{11} = E_1(\varepsilon_{11} + \mu \varepsilon_{22}) - E_1(1 + \mu)\alpha T,$$

$$\sigma_{22} = E_1(\varepsilon_{22} + \mu \varepsilon_{11}) - E_1(1 + \mu)\alpha T,$$

$$\tau_{12} = G \gamma_{12}$$

şəklində olurlar. Burada $E_1 = E/(1 - \mu^2)$, αT - xətti temperatur deformasiyasıdır. Sonuncu bərabərliklərdən göründüyü kimi temperaturun yüksək olması bir tərəfdən deformasiyaları böyütdüyü kimi, digər tərəfdən həmin deformasiyalar uyğun gərginliklərin azalmasına səbəb olur.

Ədəbiyyat

1. Паймушин В.Н. К вариационным методам решения нелинейных пространственных задач сопряжения деформируемых тел// ДАН СССР. - 1983. -Т. 273, № 5. -С. 1083 - 1086.
2. Məmmədov Xəlid Binnət, İsmayılzadə Sevil Ehtiram, Deformasiya olunan əsaslarla qarşılıqlı təsirdə olan örtüklərdə temperatur dəyişməsinin nəzərə alınması, Azərbaycanın ümummilli lideri H. Əliyevin anadan olmasının 102- ci ildönümünə həsr olunmuş "TƏTBİQİ RİYAZİYYATIN MÜASİR PROBLEMLƏRİ" Respublika elmi konfransının materialları. Bakı-2025, 247-249s.
3. Теория оболочек с учётом поперечного сдвига (научн. Ред. К. З. Галимов), изд-во Казанского ун-та. -Казань, 1977. -212 с.

LAQRANJ TIPLİ OPTİMAL İDARƏETMƏ MƏSƏLƏSİ ÜÇÜN BİR QEYRİ-KLASSİK YANAŞMA BARƏDƏ

Məmmədov İlqar¹, Əliyeva Hökumə²

(¹İdarəetmə Sistemləri İnstitutu,

²BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi (SABAH qrupları))

ilgargurbatoglumamedov@gmail.com, hokumaaliyeva34@gmail.com

Xülasə: İşdə Laqranj tipli toplanmış parametrlı optimal idarəetmə məsələsi üçün bir qeyri-klassik yanaşma təklif edilmiş və həm başlanğıc, həm də qoşma məsələni özündə saxlayan ekvivalent integral tənlik qurulmuşdur. Laqranj məsələsində trayektoriya ciddi monoton artan funksiya olduqda Hamilton funksiyası ilə əlaqədar integral bərabərsizlik isbat edilmişdir.

Açar sözlər: Optimal idarəetmə, Laqranj məsələsi, ekvivalent integral tənlik, qoşma məsələ, Hamilton funksiyası

Adi və xüsusi törəməli tənliklərlə təsvir edilən toplanmış və paylanmış parametrlı optimal idarəetmə məsələləri müxtəlif aspektlərdən [1-3] işlərində öyrənilmişdir. Laqranj məsələsinin qoyuluşu aşağıdakı kimidir:

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t), u(t)), \quad t \in [t_0, t_1], \quad (1)$$

$$x(t_0) = x_0, \quad (2)$$

$$u(t) \in U_m,$$

$$J(u) = \int_{t_0}^{t_1} f_0(t, x(t), u(t)) dt \rightarrow \min. \quad (3)$$

Laqranj məsələsi belə ifadə olunur: U_m mümkün idarəedicilər sinfindən elə $u(t) \in U_m$ idarəedici tapmalı ki, bu idarəediciyə uyğun $x(t)$ funksiyası (1) tənliyini və əlavə olaraq (2) başlanğıc şərtini ödəsin və bu $u(t) \in U_m$ idarəedicisi (3) funksionalına minimum versin.

(1)-(3) Laqranj məsələsini qeyri-klassik formada tədqiq edək:

Nyuton-Leybnis düsturuna görə

$$x(t) = x(t_0) + \int_{t_0}^t \dot{x}(\tau) d\tau, \quad (4)$$

əgər (4) bərabərliyində (1) diferensial tənliyinin sağ tərəfini nəzərə alsaq, alırıq:

$$x(t) = x_0 + \int_{t_0}^t f(\tau, x(\tau), u(\tau)) d\tau. \quad (5)$$

(5) tənliyi ekvivalent integral tənlikdir hansı ki (1) tənliyini və (2) başlanğıc şərtini özündə saxlayır.

(1)-(3) Laqranj məsələsi üçün qoşma məsələni yazaq:

$$\dot{\Psi}(t) = -H_x(t, x(t), \Psi(t), u(t)), \quad (6)$$

$$\Psi(t_1) = 0. \quad (7)$$

(6)-(7) məsələsi (1)-(3) Laqranj məsələsinə qoşma məsələ adlanır.

Burada, $H(t, x(t), \Psi(t), u(t)) = \Psi(t)f(t, x(t), u(t)) - f_0(t, x(t), u(t))$ - Hamilton funksiyası adlanır. İndi isə (6)-(7) qoşma məsələsi üçün ekvivalent integral tənliyi yazaq. Bunun üçün əvvəlcə Nyuton-Leybnis düsturunu yazmalıyıq:

$$\Psi(t) = \Psi(t_1) + \int_{t_1}^t \dot{\Psi}(\xi) d\xi.$$

Yuxarıdakı düsturda (6) və (7) münasibətlərini nəzərə alsaq, alarıq:

$$\Psi(t) = - \int_{t_1}^t H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi, \quad (8)$$

(8) tənliyi (6)-(7) qoşma məsələyə ekvivalent olan integral tənlikdir. (8) integral tənliyinin hər tərəfini $f(t, x(t), u(t))$ funksiyasına vuraq:

$$\Psi(t)f(t, x(t), u(t)) = -f(t, x(t), u(t)) \int_{t_1}^t H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi. \quad (9)$$

(9) bərabərliyinin hər tərəfindən $f_0(t, x(t), u(t))$ funksiyasını çıxaraq:

$$\begin{aligned} & \Psi(t)f(t, x(t), u(t)) - f_0(t, x(t), u(t)) = \\ & = -f(t, x(t), u(t)) \int_{t_1}^t H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi - f_0(t, x(t), u(t)). \end{aligned} \quad (10)$$

Asanlıqla görmək olar ki,

$$\begin{aligned} H(t, x(t), \Psi(t), u(t)) &= -f(t, x(t), u(t)) \int_{t_1}^t H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi - \\ & - f_0(t, x(t), u(t)). \end{aligned} \quad (11)$$

(11) bərabərliyindən alınır ki,

$$f(t, x(t), u(t)) = - \frac{H(t, x(t), \Psi(t), u(t)) + f_0(t, x(t), u(t))}{\int_{t_1}^t H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi}. \quad (12)$$

(12) bərabərliyini (5) bərabərliyində nəzərə alsaq, alarıq:

$$x(t) = x_0 - \int_{t_0}^t \frac{H(\tau, x(\tau), \Psi(\tau), u(\tau)) + f_0(\tau, x(\tau), u(\tau))}{\int_{t_1}^{\tau} H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi} d\tau. \quad (13)$$

(13) tənliyi həm başlanğıc məsələni, həm də qoşma məsələni özündə saxlayan ekvivalent integral tənlikdir.

Teorem: Əgər (1)-(3) Laqranj məsələsində $x(t)$ trayektoriyası ciddi mo-

noton artan funksiya dırsa, onda

$$\int_{t_0}^{t_1} \frac{H(\tau, x(\tau), \Psi(\tau), u(\tau)) + f_0(\tau, x(\tau), u(\tau))}{\int_{t_1}^{\tau} H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi} d\tau < 0$$

bərabərsizliyi doğrudur.

İsbatı: Şərtə görə $x(t)$ ciddi monoton artan funksiya olduğu üçün

$$x(t_1) - x(t_0) > 0.$$

Bunu (13) tənliyində nəzərə alsaq, teoremin hökmünün doğruluğunu alırıq.

Ədəbiyyat

- [1]. V.M.Alekseev, V.M.Tikhomirov, S.V.Fomin. Optimal control. Moscow: Nauka, 1979, 432 p. (in Russian).
- [2]. I.G. Mamedov, A.J. Abdullayeva, On an optimal control problem for 3D Bianchi integro-differential equations with nonsmooth coefficients under conditions in the geometric middle of the domain, Informatics and Control Problems, 2020, volume 40, issue 1, pp. 32-40, ISSN 2664-2085.
- [3]. R.A. Bandaliyev, I.G. Mamedov, M. J. Mardanov, T. K. Melikov. Fractional optimal control problem for ordinary differential equation in weighted Lebesgue spaces // Optimization Letters, 2020, vol.14, p. 1519–1532.

LAQRANJ TIPLİ TOPLANMIŞ PARAMETRLİ OPTİMAL İDARƏETMƏ MƏSƏLƏSİ ÜÇÜN YENİ İNTEQRAL BƏRABƏRSİZLİKLƏRİN ALINMASI

Məmmədov İlqar¹, Əliyeva Hökumə

(¹İdarəetmə Sistemləri İnstitutu,

²BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi (SABAH qrupları))

ilgargurbatoglumamedov@gmail.com, hokumaaliyeva34@gmail.com

Xülasə: İşdə Laqranj tipli toplanmış parametrlə optimal idarəetmə məsələsi üçün bəzi integral bərabərsizliklər alınmışdır.

Açar sözlər: Hevisayd funksiyası, Laqranj məsələsi, integral bərabərsizliklər, trayektoriya, optimal.

Riyazi ədəbiyyatdan məlum olduğu kimi toplanmış və payalanmış parametrlə optimal idarəetmə məsələləri müxtəlif aspektlərdən öyrənilə bilər [1-2]. Laqranj məsələsinin qoyuluşu aşağıdakı kimidir:

$$\dot{x}(t) = F(t, x(t), u(t)), \quad t \in [t_0, t_1], \quad (1)$$

$$x(t_0) = x_0, \quad (2)$$

$$u(t) \in U_m,$$

$$J(u) = \int_{t_0}^{t_1} f_0(t, x(t), u(t)) dt \rightarrow \min. \quad (3)$$

Laqranj məsələsi belə ifadə olunur: U_m mümkün idarəedicilər sinfindən $u(t) \in U_m$ idarəedici tapmalı ki, bu idarəediciyə uyğun $x(t)$ funksiyası (1) tənliyini və əlavə olaraq (2) başlanğıc şərtini ödəsin və bu $u(t) \in U_m$ idarəedici (3) funksionalına minimum versin.

I.Qızıl bölgü üsulu. Riyazi ədəbiyyatdan məlumdur ki, zaman parçasının qızıl bölgü üsulu ilə bölünməsi onun t_0 ilə t_1 arasında bərabər olmayan hissəyə bölünməsinə deyilir ki, bütün parçanın uzunluğunun böyük hissənin uzunluğuna nisbəti, böyük hissənin uzunluğunun kiçik hissənin uzunluğuna nisbətinə bərabər olsun. Qızıl bölgü üsulundan istifadə etməklə $[t_0, t_1]$ zaman parçasının bölünməsi aşağıdakı iki nöqtə ilə müəyyən edilir:

$$t^* = t_0 + \frac{3 - \sqrt{5}}{2} (t_1 - t_0)$$

$$t^{**} = t_0 + \frac{\sqrt{5} - 1}{2} (t_1 - t_0)$$

Bu nöqtələr $[t_0, t_1]$ zaman parçasının mərkəzinə nəzərən simmetrikdir, t^* nöqtəsi zaman parçasının ortasından solda, t^{**} nöqtəsi isə sağda yerləşir.

İnteqral hesabından məlum olan Nyuton-Leybnis düsturuna əsasən $x(t), t \in [t_0, t_1]$ trayektoriyasını aşağıdakı kimi təsvir etmək olar:

$$x(t) = x(t_0) + \int_{t_0}^t \dot{x}(\xi) d\xi, \quad (4)$$

əgər (4) düsturunda (1) tənliyini və (2) başlanğıc şərtinin sağ tərəfini nəzərə alsaq, alarıq:

$$x(t) = x_0 + \int_{t_0}^t F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi. \quad (5)$$

Beləliklə, idarə olunan prosesi təsvir edən (1) tənliyi (2) başlanğıc şərt ilə birlikdə (5) şəklində ikinci növ Volter tipli inteqral tənliyə gətirildi. Aydındır ki, (5) tənliyindəki inteqral ifadə aşağıdakı kimi də yazıla bilər:

$$\int_{t_0}^t F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\tau = \int_{t_0}^{t_1} \theta(t - \xi) F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi, \quad (6)$$

burada

$$\theta(t) = \begin{cases} 1, & t > 0 \\ 0, & t \leq 0 \end{cases} \quad - \text{ bu Hevisayd funksiyasıdır.}$$

Beləliklə, (6) bərabərliyindən istifadə etməklə (5) inteqral tənliyini aşağıdakı ekvivalent inteqral tənlik şəklində yazmaq olar:

$$x(t) = x_0 + \int_{t_0}^{t_1} \theta(t - \xi) F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi. \quad (7)$$

II. Laqranj məsələsində trayektoriya üçün yeni inteqral bərabərsizliklər

Teorem 1. Tutaq ki, $x(t)$, $t \in [t_0, t_1]$ trayektoriyası (3), (7) inteqral şəklində Laqranj məsələsində ciddi monoton azalan funksiyadır. Onda aşağıdakı bərabərsizlik doğrudur:

$$\begin{aligned} x(t) &> x(t^*) + \int_{t_0}^{t_1} \theta(t - \xi) F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi > x\left(\frac{t_0 + t_1}{2}\right) + \\ &+ \int_{t_0}^{t_1} \theta(t - \xi) F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi > x(t^{**}) + \int_{t_0}^{t_1} \theta(t - \xi) F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi > \\ &> x(t_1) + \int_{t_0}^{t_1} \theta(t - \xi) F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi. \end{aligned} \quad (8)$$

İsbatı. $t_0 < t^* < \frac{t_0 + t_1}{2} < t^{**} < t_1$ bərabərsizliyindən istifadə edərək funksiyanın ciddi monoton şəkildə azaldığını fərz edək, onda yazı bilərik:

$$x(t_0) > x(t^*) > x\left(\frac{t_0 + t_1}{2}\right) > x(t^{**}) > x(t_1). \quad (9)$$

Onda, (7) inteqral tənliyində (9) bərabərsizliyini nəzərə alaq:

$$\begin{aligned} x(t) &= x_0 + \int_{t_0}^{t_1} \theta(t - \xi) F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi = x(t_0) + \\ &+ \int_{t_0}^{t_1} \theta(t - \xi) F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi > x(t^*) + \int_{t_0}^{t_1} \theta(t - \xi) F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi > \\ &x\left(\frac{t_0 + t_1}{2}\right) + \int_{t_0}^{t_1} \theta(t - \xi) F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi > x(t^{**}) + \\ &+ \int_{t_0}^{t_1} \theta(t - \xi) F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi > x(t_1) + \int_{t_0}^{t_1} \theta(t - \xi) F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi. \end{aligned} \quad (10)$$

Göründüyü kimi (10) düsturunda alınan inteqral bərabərsizliklər 1-ci teoremdəki (8) düsturunun doğruluğunu göstərir.

Teorem 2. Tutaq ki, $x(t)$, $t \in [t_0, t_1]$ trayektoriyası (3), (7) inteqral şəklində Laqranj məsələsində ciddi monoton azalan funksiyadır. Onda aşağıdakı bərabərsizlik doğrudur:

$$x(t) > \frac{x(t^*) + x\left(\frac{t_0 + t_1}{2}\right)}{2} + \int_{t_0}^{t_1} \theta(t - \xi) F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi. \quad (11)$$

İsbatı. (8) düsturuna əsasən doğrudur:

$$x(t) > x(t^*) + \int_{t_0}^{t_1} \theta(t - \xi) F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi, \quad (12)$$

$$x(t) > x\left(\frac{t_0 + t_1}{2}\right) + \int_{t_0}^{t_1} \theta(t - \xi) F(\xi, x(\xi), u(\xi)) d\xi. \quad (13)$$

Əgər biz (12) və (13) bərabərlərsizliklərini tərəf – tərəfə toplayıb alınan nəticəni 2-yə bölsək, (11) düsturunu alarıq.

Ədəbiyyat

- [1]. V.M. Alekseev, V.M. Tikhomirov, S.V. Fomin Optimal control. Moscow: Nauka, 1979, 432 p. (in Russian).
- [2]. F.P. Vasiliev Optimization Methods. Moscow: Factorial Press, 2002, 824 p. (in Russian).

BOLSA TIPLİ OPTİMAL İDARƏETMƏ MƏSƏLƏSİ ÜÇÜN BİR İNTEQRAL BƏRABƏRSİZLİK BARƏDƏ

Məmmədov İlqar¹, Məmmədova Aminə²

(¹İdarəetmə Sistemləri İnstitutu,

²BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi (SABAH qrupları))

ilgargurbatoglumamedov@gmail.com, amina.mammadova55@gmail.com

Xülasə: *İşdə Bolsa tipli toplanmış parametrlı optimal idarəetmə məsələsi üçün bir qeyri-ənənəvi yanaşma təklif edilmiş və həm başlanğıc, həm də qoşma məsələni özündə saxlayan ekvivalent inteqral tənlik qurulmuşdur. Sonda isə trayektoriya ciddi monoton funksiya olduqda baxılan optimal idarəetmə məsələsi üçün Hamilton funksiyasından asılı inteqral bərabərsizlik isbat edilmişdir. Alınmış nəticə optimallaşdırma və optimal*

idarəetmə nəzəriyyəsində və o cümlədən optimallıq üçün zəruri şərtlər nəzəriyyəsində alınan yeni riyazi effektlərdən biri sayıla bilər.

Açar sözlər: Optimal idarəetmə məsələsi, Bolsa məsələsi, qoşma məsələ, integral tənlik, Hamilton funksiyası, integral bərabərsizlik.

Müxtəlif sinif optimal idarəetmə məsələləri müxtəlif aspektlərdən [1-3] işlərində öyrənilmişdir. Bu işdə isə tədqiqat obyekti olaraq, Bolsa tipli toplanmış parametrlı optimal idarəetmə məsələsi seçilmişdir. Riyazi ədəbiyyatdan yaxşı məlumdur ki, Bolsa məsələsi qoyuluşuna görə Mayer və ya terminal idarə məsələsini, Laqranj məsələsini və onun xüsusi halı olan ən tez təsir məsələsini ümumiləşdirir. Bolsa məsələsinin qoyuluşu aşağıdakı kimidir:

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t), u(t)), \quad t \in [t_0, T], \quad (1)$$

$$x(t_0) = x_0, \quad (2)$$

$$u(t) \in U_m,$$

$$B(u) = \int_{t_0}^T \Phi(t, x(t), u(t)) dt + g(x(T)) \rightarrow \min. \quad (3)$$

Bolsa məsələsi aşağıdakı kimi ifadə olunur:

U_m mümkün idarəedicilər sinfindən elə $u(t) \in U_m$ idarəedicisi tapmalı ki, bu idarəediciyə uyğun $x(t)$ funksiyası (1) tənliyini və əlavə olaraq (2) başlanğıc şərtini ödəsin və tapılan $u(t) \in U_m$ idarəedicisi (3) Bolsa funksionalına minimum versin. Bolsa funksionalının riyazi ifadəsindəki $\Phi(t, x(t), u(t))$ funksiyası integrant, $g(x(T))$ isə terminant adlanır.

(1)-(3) Bolsa məsələsini qeyri-ənənəvi şəkildə tədqiq etmək:

Nyuton-Leybnis düsturuna görə

$$x(t) = x(t_0) + \int_{t_0}^t \dot{x}(\tau) d\tau, \quad (4)$$

əgər (4) bərabərliyində (1) diferensial tənliyinin sağ tərəfini nəzərə alsaq, alarıq:

$$x(t) = x_0 + \int_{t_0}^t f(\tau, x(\tau), u(\tau)) d\tau, \quad (5)$$

(5) tənliyi ekvivalent integral tənlikdir hansı ki (1) tənliyini və (2) başlanğıc şərtini özündə saxlayır.

(1)-(3) Bolsa məsələsi üçün qoşma məsələni yazaq:

$$\dot{\Psi}(t) = -H_x(t, x(t), \Psi(t), u(t)), \quad (6)$$

$$\Psi(T) = -g_x(x(T)) \quad (7)$$

(6)-(7) məsələsi (1)-(3) Bolsa məsələsinə qoşma məsələ adlanır.

Burada,

$H(t, x(t), \Psi(t), u(t)) = \Psi(t)f(t, x(t), u(t)) - \Phi(t, x(t), u(t))$ - Hamilton funksiyası adlanır. İndi isə (6)-(7) qoşma məsələsi üçün integral tənliyi

yazaq. Bunun üçün ilk öncə Nyuton-Leybnis düsturunu qeyd etmək lazımdır:

$$\Psi(t) = \Psi(T) + \int_T^t \dot{\Psi}(\xi) d\xi.$$

Yuxarıdakı düsturda (6) və (7) münasibətlərini nəzərə alsaq, alarıq:

$$\Psi(t) = -g_x(x(T)) - \int_T^t H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi, \quad (8)$$

(8) tənliyi (6)-(7) qoşma məsələyə ekvivalent olan integral tənlikdir. (8) integral tənliyinin hər tərəfini $f(t, x(t), u(t))$ funksiyasına vuraq:

$$\begin{aligned} \Psi(t)f(t, x(t), u(t)) &= -f(t, x(t), u(t)) [g_x(x(T) + \\ &+ \int_T^t H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi], \end{aligned} \quad (9)$$

(9) bərabərliyinin hər tərəfindən $\Phi(t, x(t), u(t))$ funksiyasını çıxaraq:

$$\begin{aligned} \Psi(t)f(t, x(t), u(t)) - \Phi(t, x(t), u(t)) &= -f(t, x(t), u(t)) [g_x(x(T) + \\ &+ \int_T^t H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi] - \Phi(t, x(t), u(t)). \end{aligned} \quad (10)$$

(10) düsturundan asanlıqla görmək olar ki,

$$\begin{aligned} H(t, x(t), \Psi(t), u(t)) &= -f(t, x(t), u(t)) [g_x(x(T) + \\ &+ \int_T^t H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi] - \Phi(t, x(t), u(t)), \end{aligned} \quad (11)$$

Əgər fərz etsək ki, $g_x(x(T) + \int_T^t H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi) = 0$ şərti ödənmir, onda (11) bərabərliyindən alınır ki,

$$f(t, x(t), u(t)) = -\frac{H(t, x(t), \Psi(t), u(t)) + \Phi(t, x(t), u(t))}{g_x(x(T)) + \int_T^t H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi}, \quad (12)$$

(12) düsturunu (5) düsturunda nəzərə alsaq, alarıq:

$$x(t) = x_0 - \int_{t_0}^t \frac{H(\tau, x(\tau), \Psi(\tau), u(\tau)) + \Phi(\tau, x(\tau), u(\tau))}{g_x(x(T)) + \int_T^t H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi} d\tau. \quad (13)$$

(13) tənliyi həm başlanğıc məsələni, həm də qoşma məsələni özündə saxlayan ekvivalent integral tənlikdir.

Teorem 1: Əgər (1)-(3) Bolsa məsələsində $x(t)$ trayektoriyası ciddi monoton artan funksiyaadırsa, onda

$$\int_{t_0}^T \frac{H(\tau, x(\tau), \Psi(\tau), u(\tau)) + \Phi(\tau, x(\tau), u(\tau))}{g_x(x(T)) + \int_T^t H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi} d\tau < 0$$

bərabərsizliyi doğrudur.

İsbatı: Şərtə görə $x(t)$ ciddi monoton artan funksiya olduğu üçün

$$x(T) - x(t_0) > 0$$

Əgər bunu (13) tənliyində nəzərə alsaq, teoremin isbatını almış olarıq.

Teorem 2: Əgər (1)-(3) Bolsa məsələsində $x(t)$ trayektoriyası ciddi monoton azalan funksiyaadırsa, onda

$$\int_{t_0}^T \frac{H(\tau, x(\tau), \Psi(\tau), u(\tau)) + \Phi(\tau, x(\tau), u(\tau))}{g_x(x(T)) + \int_T^T H_x(\xi, x(\xi), \Psi(\xi), u(\xi)) d\xi} d\tau > 0$$

bərabərsizliyi doğrudur.

İsbatı: Teorem 2-nin isbatı teorem 1-ə uyğun olaraq analoji aparılır.

Ədəbiyyat

1. E.B.Lee, L.Markus. Fundamentals of optimal control theory. M.: Nauka, 1972, 576 p. (in Russian).
2. L.S.Pontryagin, V.G.Boltyansky, R.V.Gamkrelidze, E.F.Mishchenko Mathematical theory of optimal processes. / M.: Nauka, 1976, 392 p. (in Russian).
3. R.A.Bandaliyev, I.G. Mamedov, M. J. Mardanov, T. K. Melikov. Fractional optimal control problem for ordinary differential equation in weighted Lebesgue spaces // Optimization Letters, 2020, volume 14, pages 1519–1532.
<https://doi.org/10.1007/s11590-019-01518-6>

QEYRI-LOKAL ŞƏRTLİ HİPERBOLİK TƏNLİKLƏR ÜÇÜN SONLU FƏRQ METODUNUN KÖMƏYİ İLƏ TƏQRİBİ HƏLLƏR

Məmmədova Aynurə

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

aynurmmmdova844@gmail.com

Xülasə: İşdə qeyri-lokal şərtlər integral tənliyə baxılmışdır. Sonlu fərq sxemi qurulmuşdur. 1 və 2 fərq sxemlərinin dayanıqlığı göstərilmişdir.

Açar sözlər: hiperbolik tənlik, integral sərhəd şərtləri, fərq sxemi, fərq sxeminin dayanıqlığı.

Təqdim olunan tezisdə qeyri-lokal şərtlə çoxölçülü hiperbolik tənlik üçün sonlu fərq metodu tətbiq edilmişdir. Fərz edək ki, aşağıdakı kimi sərhəd məsələsinə baxılır

$$\frac{\partial^2 u(t, x)}{\partial t^2} = \sum_{i=1}^m \left(a_i(x) \frac{\partial u(t, x)}{\partial x_i} \right)_{x_i} + f(t, x) \quad (1)$$

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_m) \in \Omega, \quad 0 < t < 1$$

$$u(0, x) = \int_0^1 \alpha(p) u(p, x) dp + \varphi(x) \quad (2)$$

$$u_t(0, x) = \psi(x), \quad x \in \bar{\Omega} \quad (3)$$

$$u(t, x) = 0, \quad 0 < t < 1, \quad x \in S \quad (4)$$

Burada $\Omega \subset R^m = \{x = (x_1, x_2, \dots, x_m): 0 < x_j < 1, 1 \leq j \leq m\}$ Evklid fəzasında açıq kubdur. S-ilə kubun sərhədi işarə edilmişdir, $\bar{\Omega} = \Omega \cup S$; $a_i(x)$, $x \in \Omega$; $\varphi(x)$, $\psi(x)$, $u \in \bar{\Omega}$; $f(t, u)$ $t \in (0, 1)$, $x \in \Omega$ verilmiş hamar funksiyalardır və $a_i(x) \geq a > 0$

Qeyri-lokal şərtli (1)-(4) məsələsinin təqribi həlli üçün t dəyişəninə nəzərən birinci və ikinci tərtib fərq sxemi, fəza dəyişəninə nəzərən isə ikinci tərtib fərq sxemi qurulmuşdur.

Bu fərq sxemlərinin birinci və ikinci tərtib törəmələrin dayanıqlığı göstərilmişdir.

Qeyd edək ki, qeyri-lokal məsələlər müasir fizikanın, biologiyanın, kimyanın və texnikanın vacib tətbiq sahələridir. Belə məsələlər, adətən, prosesin mühüm parametrlərini sərhəddə ölçmək mümkün olmadıqda meydana gəlir.

(1)-(4) şəklində məsələlər kimyəvi proseslərdə, istilik keçirmə proseslərində, plazma fizikasında meydana çıxır.

Tezisdə [1,2]-də olan metodlardan istifadə edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Вазов В., Форсайт Дж. Разностные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных. М. ИЛ, 1963.
2. Годунов С.К., Рябенский В.С. Разностные схемы (введение в теорию). М. Наука, 1972.

QEYRİ-MÜƏYYƏNLİK ŞƏRAİTİNDƏ ÇEVİK İSTEHSALAT SİSTEMLƏRİNDƏ SƏNAYE ROBOTLARININ RƏQƏMSAL ƏKİZ TEXNOLOGİYASININ TƏDQİQAT PERSPEKTİVLƏRİ

Məmmədova Bilqeyis

(ADNSU, İnformasiya Texnologiyaları və İdarəetmə fakültəsi)

bilqeyis509@gmail.com

Xülasə: Bu məqalədə qeyri-müəyyənlik şəraitində çevik istehsalat sistemlərində sənaye robotlarının idarə edilməsində Rəqəmsal Əkiz texnologiyasının rolu və əhəmiyyəti araşdırılır. Rəqəmsal Əkiz texnologiyası real və virtual sistemlər arasında iki istiqamətli əlaqə yaradaraq istehsalatın çevikliyi, səmərəliliyi və etibarlılığını artırır. Müasir sənaye istehsalında avtomatlaşdırma, süni intellekt və rəqəmsallaşma istiqamətində baş verən sürətli inkişaf istehsal sistemlərinin çevik, səmərəli və davamlı fəaliyyətini təmin etmək üçün yeni yanaşmalar tələb edir. Bu kontekstdə Rəqəmsal Əkiz texnologiyası, fiziki obyektin və ya sistemin rəqəmsal surətini yaradaraq istehsalatın simulyasiyası, analizi və optimallaşdırılmasını mümkün edir. Xüsusilə, sənaye robotlarının idarə edilməsində Rə-

qəmsal Əkiz texnologiyasının tətbiqi, istehsalat proseslərinin qeyri-müəyyən şəraitdə belə dəqiq və adaptiv idarə olunmasına şərait yaradır.

Açar sözlər: *Rəqəmsal Əkiz, qabaqcıl robototexnika, ağıllı istehsal, sənaye 4.0, süni intellekt, qeyri-müəyyənlik.*

Giriş: Sənaye 4.0 dövrü ilə birlikdə istehsal sahəsində rəqəmsal transformasiya sürətlənmiş və avtomatlaşdırılmış sistemlər getdikcə daha çevik və intellektual xarakter almışdır [1]. Bu dəyişikliklərin mərkəzində sənaye robotlarının rolu xüsusilə artmış, lakin real şəraitdə baş verən qeyri-müəyyənliklər onların idarə olunmasında yeni problemlər doğurmuşdur. Rəqəmsal Əkiz texnologiyası bu problemləri aradan qaldırmaq üçün ən perspektivli həllərdən biri hesab edilir. Fiziki obyektin virtual nüsxəsinin yaradılması vasitəsilə sistemin vəziyyətini real vaxtda izləmək, sınaqdan keçirmək və optimallaşdırmaq mümkündür. Bu, istehsalat proseslərində xərclərin azalmasına, məhsuldarlığın artmasına və təhlükəsizlik səviyyəsinin yüksəlməsinə səbəb olur. Məqalənin məqsədi Rəqəmsal Əkiz texnologiyasının çevik istehsalat sistemlərində sənaye robotlarının idarə edilməsində oynadığı rolu və onun qeyri-müəyyənlik şəraitində tətbiq imkanlarını araşdırmaqdır.

Rəqəmsal Əkiz texnologiyasının ümumi konsepsiyası: Rəqəmsal Əkiz konsepsiyası fiziki sistemin, obyektin və ya prosesin virtual modelinin yaradılmasına əsaslanır. Bu model real sistemdən gələn məlumatları qəbul edir, onları analiz edir və simulyasiya mühitində təhlil edərək qərar qəbuluna dəstək verir. Rəqəmsal Əkiz sistemlərinin funksionallığı adətən dörd əsas lay üzərində qurulur: Fiziki Lay, Əlaqə Lay, Virtual Lay və Dəstək Lay. Fiziki layda sənaye robotları, sensorlar və aktuatorlar fəaliyyət göstərir. Əlaqə layı, bu elementlərdən toplanan məlumatların bulud və kənar hesablama vasitəsilə emalını təmin edir. Virtual layda isə robotun 3D modeli, davranış və fiziki xüsusiyyətləri simulyasiya edilir. Dəstək layı isə süni intellekt, maşın öyrənməsi və optimallaşdırma alqoritmlərini əhatə edir. Bu arxitektura Rəqəmsal Əkiz Texnologiyası sistemlərinin çevikliyini və qərar qəbulunun keyfiyyətini artırır.

Süni intellekt və maşın öyrənməsi Rəqəmsal Əkiz sistemlərinin əsas intellektual bazasını təşkil edir. Maşın öyrənməsi alqoritmləri robotların hərəkət planlaşdırılması, nasazlıqların aşkarlanması, optimallaşdırma və proqnozlaşdırma kimi funksiyaları dəstəkləyir [3]. Məsələn, dərin öyrənmə modelləri robotların görüntü tanıma və qüsurları aşkarlama bacarığını artırır. Qüvvətləndirici öyrənmə isə robotlara mühitlə qarşılıqlı əlaqə əsasında öz davranışlarını optimallaşdırmağa imkan verir.

Qeyri-müəyyənlik şəraitində istehsalat proseslərinin idarə edilməsi sə-

naye robotları üçün ciddi çağırış yaradır. Rəqəmsal Əkiz yanaşması bu problemi azaldaraq real vaxtda modelləşdirmə və simulyasiya imkanı yaradır. Məsələn, istehsalat xətlərində yaranan nasazlıqlar və ya tədarük zəncirindəki dəyişikliklər Rəqəmsal Əkiz sistemi tərəfindən proqnozlaşdırıla və avtomatik optimallaşdırıla bilər [5]. Beləliklə, Rəqəmsal Əkiz sistemləri qeyri-müəyyən şəraitdə belə istehsalatın fasiləsiz və effektiv fəaliyyətini təmin edir.

Nəticə və gələcək tədqiqat perspektivləri: Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, Rəqəmsal Əkiz texnologiyası sənaye robotlarının idarəetmə səmərəliliyini artırmaqla, Rəqəmsal Əkiz sistemləri vasitəsilə real vaxtda optimallaşdırma və nasazlıqların proqnozlaşdırılması mümkün olmuşdur. Əldə edilən nəticələr sübut edir ki, bu texnologiya istehsalatın dayanıqlılığını və çevikliyini yüksəldir. Süni intellekt və maşın öyrənməsi modellərinin integrasiyası isə qərar qəbulunun dəqiqliyini artıraraq qeyri-müəyyənliklərin təsirini minimuma endirir. Eyni zamanda, Rəqəmsal Əkiz texnologiyası sayəsində fiziki sınaqların sayı azalmış və resurs istifadəsi optimallaşdırılmışdır. İnsan-robot əməkdaşlığı sahəsində də əhəmiyyətli irəliləyişlər əldə edilmişdir.

Gələcəkdə Rəqəmsal Əkiz texnologiyalarının inkişafı sənaye 5.0 konsepsiyası ilə sıx bağlı olacaq [1]. İnsan-robot əməkdaşlığının artırılması, bulud əsaslı istehsalat idarəetməsi, enerji səmərəliliyinin yüksəldilməsi və ekoloji davamlılıq Rəqəmsal Əkiz sistemlərinin əsas tədqiqat istiqamətlərinə çevriləcəkdir. Eyni zamanda, kiber təhlükəsizlik və məlumatların qorunması məsələləri də prioritet təşkil edəcək. Nəticə etibarilə, Rəqəmsal Əkiz sistemləri sənaye müəssisələrinin rəqabət qabiliyyətini və çevikliyini artırmaqla, rəqəmsal transformasiyanın əsas hərəkətverici qüvvəsinə çevriləcək.

Ədəbiyyat

1. J. Leng, J. Guo, J. Xie, X. Zhou, A. Liu, X. Gu, D. Mourtzis, Q. Qi, Q. Liu, W. Shen, L. Wang, Review of manufacturing system design in the interplay of industry 4.0 and industry 5.0 (Part I): design thinking and modeling methods, *J. Manuf. Syst.* 76, 2024, 158–187.
2. G. Wang, C. Zhang, S. Liu, Y. Zhao, Y. Zhang, L. Wang, Multi-robot collaborative manufacturing driven by digital twins: advancements, challenges, and future directions, *J. Manuf. Syst.* 82, 2025, 333–361.
3. T. Yonga Chuengwa, J.A. Swanepoel, A.M. Kurien, M.G. Kanakana-Katumba, K. Djouani, Research perspectives in collaborative assembly: a review, *Robotics* 12, 2023, 37.
4. C. Gkournelos, C. Konstantinou, S. Makris, An LLM-based approach for enabling seamless Human-Robot collaboration in assembly, *CIRP Ann.* 73, 2024, 9–12.
5. D. Mourtzis, S. Tsoubou, J. Angelopoulos, Robotic cell reliability optimization based on digital twin and predictive maintenance, *Electronics* 12, 2023.

BƏZİ İQTİSADI PROSESLƏRİN MODELLEŞDİRİLMƏSİNDƏ OYUNLAR NƏZƏRİYYƏSİ

Məmmədova Elnarə, Xəlilova Mənzər

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika)

menzerxelilova79@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə oyunlar nəzəriyyəsinin bir sıra iqtisadi məsələlərin həllində rolu araşdırılır, matris oyunun iqtisadiyyatda tətbiqinə aid misal baxılır

Açar sözlər: Oyunlar nəzəriyyəsi, Neş tarazlığı, ödəniş matrisi, yəhərvari nöqtə, xalis strategiya, orta uduş

Oyunlar nəzəriyyəsinin iqtisadiyyatda geniş tətbiqi var. O, bazar vəziyyətini təhlil etməyə, qiymət qərarlarını qəbul etməyə, istehsal proseslərinin optimallaşdırmağa və firmaların, istehlakçıların davranışlarını modelləşdirməyə kömək edir. O, bizə qərarlar qəbul etməyə, prosesləri optimallaşdırma və iqtisadi sistemlərdə tarazlığa nail olmağa kömək edir. Oyunlar nəzəriyyəsi hal hazırda bir çox sahələrə tətbiq olunur. Bu tətbiq sahələrindən biri də iqtisadiyyatdır. İqtisadiyyatda matris oyunun tətbiqi ilə bağlı aşağıdakı məsələyə baxaq [2].

Ticarət firmasının mal çeşidinə aid n tip məhsul mövcuddur. Firmadan mağazaya bu məhsullardan yalnız bir növ gətirilməlidir. Əgər j tipli məhsula ($j=1, \dots, n$) tələbat olarsa, mağaza onun satışından P_j məbləğində mənfəət əldə edəcəkdir. Əks halda, yəni məhsula tələbat olmazsa, onun saxlanması çəkilən xərclər mağazaya q_j qədər zərər gətirəcək. Məqsəd — mağazaya hansı tip məhsulun gətirilməsinin məqsədəuyğun olduğunu müəyyən etməkdir. Qeyri-müəyyən alıcı tələbatı şəraitində tədarük prosesində yaranan rəqabət vəziyyəti matrisli oyun vasitəsilə riyazi şəkildə ifadə edilir. Gəlin birinci oyunçu olaraq mağazanı, ikinci oyunçu olaraq isə alıcı tələbatını götürək. Hər iki oyunçunun strategiyası vardır: i -ci məhsulun gətirilməsi — birinci oyunçunun i -ci strategiyası, j -ci məhsula tələbat isə ikinci oyunçunun j -ci strategiyasıdır. Beləliklə, birinci oyunçunun (mağazanın) qazanc matrisi n dərəcəli kvadrat matris şəklində olacaq.

$$A = \begin{pmatrix} p_1 & -q_1 & \dots & -q_1 \\ -q_2 & p_2 & \dots & -q_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -q_n & -q_n & \dots & p_n \end{pmatrix}$$

Ödəniş matrisi

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 10 & 8 & 14 & 7 \\ 5 & 5 & 9 & 6 & 8 \\ 10 & 5 & 6 & 8 & 12 \end{pmatrix}$$

şəkilində olan oyuna baxaq.

Birinci sətirin minimal elementi 2-yə, ikincinin 5-ə, üçüncünün 4-ə bərabərdir.

$$\max_i \min_j a_{ij} = 5$$

Birinci sütunun maksimal elementi 10-a, ikincinin maksimal elementi 10-a, üçüncünün 5-ə, dördüncünün 14 və beşincinin maksimal elementi 12-yə bərabərdir .

$$\min_j \max_i a_{ij} = 5$$

Baxılan oyun (2,3) yəhərvari nöqtəsinə malikdir. Oyunun xalis strategiyalarda həlli yoxdur, bu zaman həlli qarışıq strategiyalarda axtarırıq.

Bir çox oyun məsələlərində qeyri-müəyyənlik, qarşı tərəfin hərəkətləri barədə tam məlumatın olmaması ilə bağlı olur. Məsələn, əvvəlcədən hava şəraitinin məlum olmadığı hallarda, bazarda tələbin və ya alıcıların davranışının dəyişməsi kimi situasiyalar buna misal ola bilər. Bu tip oyunlara “təbiətlə oyunlar” deyilir. Belə hallarda oyun matrisinin sətirləri oyunçunun strategiyalarına, sütunları isə “təbiətin vəziyyətlərinə” uyğun olur. Bu cür oyunların həlli zamanı risk matrisi nəzərdən keçirilir. “Təbiətlə oyunların” həllində bir sıra meyarlar da istifadə olunur. Maksimin meyarı (Vald meyarı) tətbiq edilərkən optimal strategiya, qərar qəbul edən şəxsin (Q.Q.Ş.) elə strategiyası hesab olunur ki, o, minimal uduşların maksimumunu təmin edir. Bu meyarı tətbiq edən şəxs daha çox ən əlverişsiz şəraitə yönəlir, yəni ən pis vəziyyət üçün qərar qəbul edir. Bu meyar bəzən “maksimin meyarı” adlandırılır [2].

Ədəbiyyat

1. В.В.Федосеев, А.Н.Гармаш, Д.М.Дайитбегов и др. Экономико-математические методы и прикладные модели. 2000. — 391 с.
2. Н.Ш.Кремер. Исследование операций в экономике. 2002, 407 стр.

OPTİMAL QƏRARIN SEÇİLMƏSİNDƏ EKSPERT METODLARININ TƏTBİQİ

Məmmədova Elnarə, İzzətova Aysel

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

İzzetovaayssel2000@gmail.com

Xülasə: İşdə qeyri-müəyyənlik şəraitində optimal qərarların qəbulunda ekspert metodlarının tətbiqinə dair müasir yanaşmalar araşdırılır. Mütəxəssislərin kollektiv təcrübəsinin idarəetmə qərarlarının dəqiqliyini və etibarlılığını artırılmasında rolu göstərilir. Ekspert sorğularının əsas mərhələləri və əldə edilən məlumatların emal üsulları izah olunur.

Açar sözlər: ekspert qiymətləndirmələri, qərar qəbuletmə, reytingləşdirmə, qrup fikri, fikirlərin uyğunluğu.

Müasir iqtisadi proseslər mürəkkəbliyi və çoxvariantlılığı ilə seçilir ki, bu da ən uyğun qərarın seçilməsi məsələsini xüsusilə aktuallaşdırır. Statistik məlumatlar mövcud olmadıqda və ya kifayət qədər olmadığı hallarda mütəxəssislərin peşəkar biliyi və təcrübəsinə əsaslanan ekspert metodları mühüm rol oynayır. Bu metodlar subyektiv fikirləri sistemləşdirməyə və onları kəmiyyət göstəricilərinə çevirməyə imkan verir ki, bu da alternativlərin təhlili və müqayisəsini asanlaşdırır.

Məşhur riyaziyyatçı, professor Tomas Lori Saatinin fikrincə, ekspert yanaşmaları keyfiyyət amilləri və çətin formalaşdırılan parametrlərin nəzərə alınması olduğu hallarda daha səmərəli olur. Bu cür metodlar idarəetmə, iqtisadiyyat, layihə fəaliyyəti, strateji planlaşdırma və marketinq tədqiqatlarında geniş tətbiq olunur, çünki insan təcrübəsi burada əsas informasiya mənbəyidir [1].

Ən çox yayılmış ekspert metodları bunlardır:

1. “Delphi” metodu — bir neçə mərhələdə sorğuların keçirilməsi və iştirakçılara geribildirim verilməsi yolu ilə fikirlərin dəqiqləşdirilməsini nəzərdə tutur.
2. Reytingləşdirmə metodu — ekspertlərin qərar variantlarını üstünlük dərəcəsinə görə sıraladığı üsuldur.
3. Cüt müqayisələr metodu — amillərin bir-biri ilə ardıcıl müqayisəsi yolu ilə onların nisbi əhəmiyyətini müəyyən etməyə imkan verir.
4. Analitik iyerarxiya prosesi (AİP) — T. L. Saati tərəfindən təklif olunan bu metodda mürəkkəb məsələ məqsədlər, meyarlar və alternativlərdən ibarət iyerarxik strukturda təqdim olunur [2].

Ekspert metodlarının tətbiqində əsas məqamlardan biri ekspert fikirlərinin uyğunluq dərəcəsinin qiymətləndirilməsidir. Bunun üçün “Kendall” konkordasiya əmsalı, variasiya əmsalı və “Saaty” uyğunluq indeksi kimi statistik göstəricilərdən istifadə olunur. Əgər fikirlərin uyğunluğu yüksəkdirsə, nəticələr etibarlı hesab edi-

lır; uyğunsuzluq olduqda isə əlavə təhlil və müzakirə aparılır [3].

Tədqiqatlar göstərir ki, mütəxəssislərin kollektiv qiymətləndirmələri fərqli fikirlərdən daha dəqiq nəticələr verir. Məsələn, Karsak tərəfindən aparılmış araşdırmada müəssisələrin strateji planlaşdırılmasında “Delphi” metodunun tətbiqi prioritet istiqamətlərin seçilməsində klassik analiz üsulları ilə müqayisədə 18% daha yüksək dəqiqlik təmin etmişdir [4].

Ekspert məlumatlarının emalı və təhlili üçün müxtəlif aqreqasiya üsulları — orta çəkili dəyərlər, median qiymətlər, loqarifmik şkala və ya çoxmeyarlı optimallaşdırma yanaşmaları tətbiq olunur. Əldə edilən nəticələr çox vaxt “Power BI” və ya “Excel” kimi analitik alətlərdə vizuallaşdırılır ki, bu da nəticələrin təfsirini və yekun qərarların qəbulunu sadələşdirir [5].

Ekspert metodlarının praktik tətbiqi investisiya layihələrinin seçilməsi, risklərin qiymətləndirilməsi və inkişaf strategiyalarının müəyyən edilməsi kimi sahələri əhatə edir. Məsələn, investisiya portfeli formalaşdırılarkən ekspertlər variantları “risk”, “gəlirlilik” və “ictimai əhəmiyyət” meyarları üzrə qiymətləndirə bilər və daha sonra cüt müqayisələr metodu vasitəsilə optimal variant müəyyən edilə bilər [6].

Beləliklə, ekspert metodları qeyri-müəyyənlik şəraitində analitik yanaşmanın etibarlı alətidir. Onlar peşəkar bilikləri birləşdirməyə, subyektiv məlumatları strukturlaşdırmağa və obyektiv nəticələr əldə etməyə imkan verir. Ekspert metodlarının riyazi modelləşdirmə və vizuallaşdırma vasitələri ilə birgə tətbiqi qərarların keyfiyyətini artırır, səhv riskini azaldır və planlaşdırmanın effektivliyini yüksəldir [7].

Ədəbiyyat

1. T.L.Saaty The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill, 2020.
2. O.Helmer Analysis of the Future: The Delphi Method. RAND Corporation, 1967.
3. M.G.Kendall, B.Smith The Problem of m Rankings. Annals of Mathematical Statistics, 1939.
4. E.Karsak, C.Ozogul, A.Tolga Application of Delphi-Based Decision Support in Strategic Planning. Expert Systems with Applications, 2021.
5. V.Belton, T.Stewart Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach, 2002.
6. R.L.Keeney, H.Raiffa Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs. Cambridge University Press, 1993.
7. В.И.Козлов, Е.В.Назаренко Экспертные методы и их применение в управлении сложными системами, 2019.

RƏQƏMSAL PLATFORMALAR ƏSASINDA ŞAĞİRTLƏRİN RƏQƏMSAL BACARIQLARININ İNKİŞAFI METODİKASI

Məmmədova Elnarə
(MDU, Pedaqoji fakultəsi)
elnarem975@gmail.com

Xülasə: Rəqəmsal texnologiyaların sürətli genişlənməsi təkcə kommunikasiya və informasiya aldə etmə prosesini deyil, həm də şağırdların əsas kompetensiyalar formalaşdırıldığı təhsil mühitini köklü şəkildə dəyişdirmişdir. Müasir məktəblərdə rəqəmsal platformalar fərdiləşdirilmiş təlimin təşviqi, interaktiv iştirakçılıq və müstəqil axtarış fəaliyyətinin təmin olunması üçün mühüm vasitələrə çevrilmişdir. Bu tədqiqat rəqəmsal platformalardan səmərəli istifadə əsasında şağırdların rəqəmsal bacarıqlarının inkişafı metodikasını araşdırır və strukturlaşdırılmış yanaşmaların texnoloji savadlılığı, problem həll etmə bacarıqlarını və kollaborativ öyrənməni necə gücləndirdiyini təhlil edir. Rəqəmsal bacarıqlar artıq kənar kompetensiyalar deyil; onlar şağırdların akademik göstəricilərini və rəqəmsal cəmiyyətdə fəaliyyətini müəyyən edən əsas qabiliyyətlərə çevrilmişdir. Buna görə rəqəmsal platformaların sistemli və məqsədyönlü istifadəsini təmin edən metodoloji cərchivə xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Tədqiqat göstərir ki, rəqəmsal platformalar şağırdlərə məzmunla fəal, yaradıcı və şağırd-mərkəzli şəkildə məşğul olmaq üçün müxtəlif imkanlar təqdim edir. Təlimin idarəetmə sistemləri, onlayn simulyasiyalar, virtual siniflər, interaktiv tədris resursları və kollaborativ mühitlər şağırdlərə məlumatı araşdırmaq, bacarıqları tətbiq etmək, rəqəmsal məzmun yaratmaq və həmyaşıdları ilə ünsiyyət qurmaq imkanı yaradır. Lakin bu platformaların effektivliyi onların tətbiqini yönləndirən metodoloji prinsiplərdən birbaşa asılıdır.

Aparılan araşdırmalar onu göstərir ki, rəqəmsal platformalar sistemli metodoloji cərchivəyə inteqrasiya olunduqda şağırdlərdə motivasiya, müstəqillik, yaradıcılıq və texnoloji özünəinam əhəmiyyətli dərəcədə artır. Şağırdlər öyrənmə prosesinin fəal iştirakçılarına çevrilir, rəqəmsal mühitlərdə naviqasiya bacarıqlarını genişləndirir və informasiya idarəetməsi, kommunikasiya etikası və rəqəmsal vətəndaşlıq haqqında daha dərindən anlayış formalaşdırırlar. Tədqiqatın nəticəsi olaraq qeyd olunur ki, rəqəmsal platformalar vasitəsilə rəqəmsal bacarıqların inkişafı ən yüksək effektiv pedaqoji innovasiyalar, müəllimlərin davamlı dəstəyi və müasir təhsil tələblərinə uyğun interaktiv, şağırd-mərkəzli fəaliyyətlərin inteqrasiyası zamanı nail olur.

Açar sözlər: rəqəmsal bacarıqlar; rəqəmsal platformalar; şağırd iştirakçılığı; rəqəmsal savadlılıq; metodologiya

Giriş: Qlobal informasiya cəmiyyətinin sürətli transformasiyası rəqəmsal kompetensiyaları XXI əsrdə şağırdlər üçün ən vacib bacarıqlardan birinə çevirmişdir. Rəqəmsal texnologiyalar həyatın demək olar ki, bütün sahələrinə inteq-

rasiya olunduqca, təhsil sistemləri öyrənənlərin müasir cəmiyyətdə fəal iştirak üçün tələb olunan rəqəmsal savadlılıq, texnoloji adaptasiya və tənqidi düşünmə bacarıqları ilə təmin olunması istiqamətində artan təzyiqlə üzləşir. Təlimin idarəetmə sistemləri, tədris proqramları və onlayn kollaborativ mühitlərdən tutmuş müxtəlif rəqəmsal platformalar tədris prosesinin yenidən qurulması və şagirdlərin öyrənmə təcrübəsinin genişləndirilməsi üçün geniş imkanlar yaradır. Bu səbəbdən rəqəmsal platformalar vasitəsilə şagirdlərin rəqəmsal bacarıqlarının inkişafını təmin edən yaxşı strukturlaşdırılmış metodikanın hazırlanması müasir təhsilin əsas prioritetlərindən birinə çevrilmişdir.

Rəqəmsal savadlılıq köməkçi bacarıq olmaqdan çıxaraq akademik uğur, şəxsi inkişaf və gələcək peşə fəaliyyətinin mühüm şərtinə çevrilmişdir. Rəqəmsal platformalar şagirdlərin informasiya əldə etmə imkanlarını genişləndirir, fərdiləşdirilmiş öyrənmə trayektoriyalarını dəstəkləyir və akademik məzmunla interaktiv və yaradıcı məşğul olmağı təşviq edir. Tədqiqatlar göstərir ki, rəqəmsal platformalar məqsədyönlü və əlaqəli pedaqoji struktur daxilində istifadə olunduqda motivasiyanı əhəmiyyətli dərəcədə artırır və öyrənməni dərinə yönəldir. Buna görə də bu platformaların rəqəmsal bacarıqların inkişafına necə töhfə verdiyini anlamaq müasir təhsil tələblərinə uyğun innovativ tədris metodlarının hazırlanması üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Nəzəri hissə: Tədqiqatın əsas məqamlarından biri odur ki, şagirdlərin rəqəmsal savadlılığı, texnologiyadan passiv istifadə deyil, fəal iştirak tələb edən öyrənmə tapşırıqları tətbiq olunduqda daha nəzərəcarpacaq dərəcədə inkişaf edir. Məsələn, rəqəmsal məzmun yaratmaq, virtual mühitlərdə kollaborasiya etmək, multimedialı təqdimatlar hazırlamaq və ya rəqəmsal tapşırıqları icra etmək kimi fəaliyyətlər şagirdlərin daha dərinə öyrənməsini təmin edir və yüksək səviyyəli rəqəmsal kompetensiyaların formalaşmasına şərait yaradır. Şagirdlər rəqəmsal alətləri necə istifadə etməyi deyil, həm də nə zaman və niyə istifadə etməli olduqlarını anlayaraq rəqəmsal qarşılıqlı təsirə daha tənqidi və məqsədyönlü yanaşmağa başlayırlar. Müəllim refleksiyaları göstərir ki, strukturlaşdırılmış istiqamətləndirmə, aydın tapşırıq təlimatları və vaxtında verilən rəy rəqəmsal tapşırıqların effektivliyini artırır və öyrənənlərin texnoloji çaşqınlığını və ya gərginliyini azaldır.

Digər mühüm nəticə rəqəmsal platformaların kollaborativ öyrənməni gücləndirmə rolunu əhatə edir. Paylaşılan sənədlər, virtual siniflər və interaktiv qrup fəaliyyətləri şagirdlərə məzmun ətrafında mənalı ünsiyyət qurmaq, birgə rəqəmsal məhsullar yaratmaq və kollektiv problem həll etmək imkanı verir. Bu, həm rəqəmsal kompetensiyaları, həm də sosial və kommunikativ bacarıqları inkişaf etdirir.

Tədqiqat həmçinin müəyyən etmişdir ki, rəqəmsal platformalar vizual baxımdan zəngin, interaktiv və fərdiləşdirilmiş öyrənmə təcrübələri təqdim etməklə şagird motivasiyasını artırır. Şagirdlər multimodal məzmun, oyunlaşdırılmış tapşırıqlar, real vaxt rejimində rəy və rəqəmsal nişanlar və ya inkişaf indikatorları kimi elementlərə müsbət reaksiya verirlər. Bu xüsusiyyətlər mürəkkəb və ya çətin tapşırıqlara belə davamlı maraq yaradır. Bundan əlavə, rəqəmsal platformalar diferensial təlimə imkan yaradaraq müəllimlərin tapşırıqları fərdi ehtiyaclara uyğunlaşdırmasına və şəxsi rəy təqdim etməsinə şərait yaradır. Bu adaptivlik zəif şagirdlərin özünəinamını artırır, daha inkişaf etmiş öyrənmələrə isə mürəkkəb rəqəmsal tapşırıqları araşdırmaq imkanı verir [3]. Digər əhəmiyyətli müşahidə ondan ibarətdir ki, rəqəmsal platformalar analitik və reflektiv fəaliyyətlər zamanı şagirdlərin tənqidi düşünmə bacarıqlarını gücləndirir. Onlayn informasiyanın qiymətləndirilməsi, rəqəmsal mənbələrin müqayisəsi, media qərəzinin araşdırılması və ya rəqəmsal davranışın təhlili kimi fəaliyyətlər rəqəmsal vətəndaşlıq və etik məsuliyyət haqqında şüurun artmasına təkan verir. Şagirdlər rəqəmsal mühitdə məsuliyyətli davranışın, məlumat məxfiliyinin və hörmətli onlayn ünsiyyətin əhəmiyyətini daha yaxşı dərk edirlər. Bu nəticələr göstərir ki, rəqəmsal bacarıqların inkişafı təkcə texniki biliklərlə məhdudlaşmır, həm də daha geniş idrak və etik ölçüləri əhatə edir.

Ümumilikdə, qiymətləndirmə nəticələri təsdiq edir ki, rəqəmsal platformalar əlaqəli metodoloji çərçivəyə integrasiya edildikdə şagirdlərin rəqəmsal kompetensiyalarını əhəmiyyətli dərəcədə artırır və onların öyrənmə təcrübəsini transformasiya edir. Şagirdlər daha müstəqil öyrənmələrə, daha effektiv əməkdaşlara və daha tənqidi rəqəmsal istifadəçilərə çevrilirlər. Tapıntılar davamlı müəllim hazırlığının, düşünülmüş pedaqoji planlaşdırmanın və mütəmadi qiymətləndirmənin vacibliyini bir daha vurğulayır; belə ki, rəqəmsal platformalar yalnız texnoloji əlavələr kimi deyil, təhsil inkişafı və rəqəmsal səlahiyyətəndirmə üçün güclü alətlər kimi fəaliyyət göstərməlidir [2].

Nəticə: Bu tədqiqatın nəticələri açıq şəkildə göstərir ki, rəqəmsal platformalardan strukturlaşdırılmış və metodoloji əsaslara söykənən istifadə şagirdlərin rəqəmsal bacarıqlarının inkişafında dönüş yaradan rol oynayır. Rəqəmsal texnologiyalar gündəlik həyatın və tədris proseslərinin ayrılmaz hissəsinə çevrildikcə, şagirdlər sadəcə texnologiya ilə tanışlıqdan daha çoxuna ehtiyac duyurlar; onlar rəqəmsal mühitlərdə tənqidi, yaradıcı və məsuliyyətli şəkildə fəaliyyət göstərmək üçün kompleks kompetensiyalar qazanmalıdırlar. Nəticələr göstərir ki, rəqəmsal platformalar təlimə pedaqoji cəhətdən məqsədyönlü şəkildə integrasiya edildikdə, onlar yalnız texniki bacarıqları deyil, həm də idrak,

kommunikativ və kollaborativ qabiliyyətləri gücləndirir.

Tədqiqat aşkar edir ki, rəqəmsal platformalar yalnız aydın öyrənmə məqsədləri və tədris strategiyaları ilə yönləndirildikdə yüksək səmərə verir. Şagirdlər rəqəmsal məzmun yaratmaq, onlayn kollaborasiya və praktik tapşırıqlar vasitəsilə bacarıqlarını inkişaf etdirirlər. Bu fəaliyyətlər onların rəqəmsal kompetensiyalarını mənalı şəkildə dərinləşdirir və tənqidi düşünmə, mənbələri müqayisə etmə, məlumatlı qərar vermə və etik davranış kimi yüksək səviyyəli bacarıqları formalaşdırır. Müəllimlərin mərhələli istiqamətləndirməsi, vaxtında rəy verməsi və reflektiv öyrənmə üçün şərait yaratması şagirdlərin rəqəmsal alətləri müstəqil və inamla araşdırmalarına imkan verir. Bu isə bir daha göstərir ki, səmərəli rəqəmsal bacarıq inkişafı həm texnoloji resurslara, həm də pedaqoji peşəkarlığa əsaslanır.

Ədəbiyyat

1. J.Anderson. Digital Literacy for the 21st Century Classroom. UNESCO Publishing, Paris, 2021, 42 s.
2. D.Bawden, L.Robinson. The Dark Side of Digital Literacy: Issues and Risks. Journal of Information Science, 2020, Vol. 46(5), 656–664.
3. O.Gönülal. Dijital Okuryazarlık ve Eğitim Teknolojileri. Ankara: Pegem Akademi, 2022, 210 s.
4. S.Nəcəfova. Rəqəmsal savadlılıq və rəqəmsal resursların təhsildə tətbiqi. Bakı: Elm və Təhsil, 2023, 188 s.
5. P.P.Нахиев, В.В.Ульянов. Анализ уязвимостей интернет-вещей (IoT) и способы их предотвращения. Вестник науки, 2023, 15 с.
6. K.Yılmaz. Eğitimde Dijital Öğrenme Ortamları ve Öğrenci Etkileşimi. İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık, 2021, 175 s.

ÇUBUĞUN QIZDIRILMASI PROSESİ ÜÇÜN OPTİMAL İDARƏETMƏ MƏSƏLƏSİNDƏ FUNKSIONALIN QRADİYENTİ

Məmmədova Zərifə

(BDU, Tətbiqi-riyaziyyat və kibernetika fakültəsi, SABAH qrupu)

zarifamammadova.sabah@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə çubuğun qızdırılması prosesi üçün optimal idarəetmə məsələsinə baxılır. Burada məqsəd, idarəetmə vasitəsilə çubuğun temperatur paylanması verilmiş paylanmaya mümkün qədər yaxınlaşdırmaqdır.

Açar sözlər: çubuğun qızdırılması, istilik paylanması, ədədi üsullar, qradient, qoşma sərhəd məsələsi, ümumiləşmiş həll.

Praktikada bir sıra optimal idarəetmə məsələləri mövcuddur. Bunlardan biri də çubuğun qızdırılması prosesi üçün yaranan aşağıdakı optimal idarəetmə məsələsidir.

Tutaq ki, l uzunluqlu $0 \leq s \leq l$ çubuğunun sol ucu istilik axınına qarşı izolyasiya olunub, sağ ucunda isə istilik mənbəyi vardır və bundan başqa çubuğun daxili nöqtələrində istilik mənbələri yerləşir. İstilik mənbələrinin sıxlığı $f(s, t)$ ilə göstərilir. $t, 0 \leq t \leq T$ zamanında ətraf mühitin temperaturunu $p(t)$, çubuğun s nöqtəsindəki temperaturunu isə $x = x(s, t)$ ilə işarə edək. $t = 0$ anında çubuğun istilik paylanması $x(s, 0) = \varphi(s)$ məlumdur. Məsələnin məqsədi, istilik mənbələrini elə idarə etməkdir ki, çubuğun temperaturu verilmiş paylanmaya mümkün qədər yaxın olsun[1].

Məsələni aşağıdakı şəkildə ifadə edə bilərik:

$$J(u) = \int_0^l |x(s, T, u) - y(s)|^2 ds \rightarrow \min \quad (1)$$

funksionalını aşağıdakı şərtlər ödənilməklə minimallaşdırmaq tələb olunur:

$$x_t = a^2 x_{ss} + f(s, t), \quad (s, t) \in Q = \{0 < s < l, 0 < t \leq T\}, \quad (2)$$

$$x|_{t=0} = \varphi(s), 0 \leq s \leq l, \quad (3)$$

$$x_s|_{s=0} = 0, x_s|_{s=l} = \vartheta[p(t) - x(l, t)], 0 < t \leq T, \quad (4)$$

$$u = (p(t), f(s, t)) \in U \subseteq H = L_2[0, T] \times L_2(Q). \quad (5)$$

Burada $a^2, l, \vartheta, T > 0$ - verilmiş ədədlər, $\varphi_0(s) \in L_2[0, l]$ -verilmiş funksiya, $U \subset H$ -verilmiş çoxluqdur. $H = L_2[0, T] \times L_2(Q)$ ilə $u = (p(t), f(s, t))$ vektor-funksiyalarından ibarət Hilbert fəzası işarə olunmuşdur. H fəzasında skalyar hasil və norma aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\langle u_1, u_2 \rangle_H = \int_0^T p_1(t)p_2(t)dt + \iint_Q f_1(s, t)f_2(s, t)dsdt,$$

$$\|u\|_H = (\langle u, u \rangle_H)^{1/2} = (\|p\|_{L_2}^2 + \|f\|_{L_2}^2)^{1/2}.$$

Hər bir qeyd olunmuş $u = (p(t), f(s, t)) \in H$ idarəedicisi üçün (2)-(4) sərhəd məsələsinin həlli $W_2^{1,0}(Q)$ fəzasından olan ümumiləşmiş həll kimi təyin olunur.

(1)-(5) məsələsini təqribi həll etmək üçün əksər hallarda ədədi üsullardan istifadə olunur. Belə üsullardan biri də qradiyent üsullarıdır. Bu üsulları tətbiq edərkən (1) məqsəd funksionalının qradiyenti üçün aşkar ifadə olmalıdır. Qradiyentin ifadəsini tapmaq üçün qoşma sərhəd məsələsinin daxil olunması zərurəti yaranır. (1)-(5) məsələsi üçün qoşma məsələnin ifadəsi aşağıdakı şəkildədir:

$$\psi_t = -a^2 \psi_{ss}, (s, t) \in Q, \quad (6)$$

$$\psi|_{t=T} = 2[x(s, T, u) - y(x)], \quad 0 \leq s \leq l, \quad (7)$$

$$\psi_s|_{s=0} = 0, \psi_s|_{s=l} = -\vartheta \psi(l, t, u), \quad 0 \leq t < T. \quad (8)$$

Hər bir $u = (p, t) \in H$ üçün (6)-(8) məsələsinin həlli $W_2^{1,0}(Q)$ fəzasından olan ümumiləşmiş həll kimi təyin olunur.

Teorem. (1) funksionalı (2)-(4) şərtləri daxilində H fəzasında diferensiallanandır və onun qradienti aşağıdakı şəkildədir:

$$J'(u) = (a^2 \vartheta \psi(l, t, u), \psi(s, t, v)) \in H. \quad (9)$$

Bu teoremin və (9) bərabərliyinin doğruluğu üçün ümumi isbat sxemi göstərək[2]. $u = (p(t), f(s, t)) \in H$ idarəedicisi götürək və ona $h = (\Delta p, \Delta f) \in H$ artımı verək. Onda, $\Delta x(s, t) = x(s, t, u + h) - x(s, t, u)$, $(s, t) \in Q$ - (2)-(4) məsələsinin həllinin artımı olacaq.

(2)-(4) şərtlərindən alırıq ki, $\Delta x(s, t)$ funksiyası aşağıdakı sərhəd məsələsinin ümumiləşmiş həllidir:

$$\Delta x_t = a^2 \Delta x_{ss} + \Delta f, (s, t) \in Q, \quad (10)$$

$$\Delta x|_{t=0} = 0, \quad 0 \leq s \leq l, \quad (11)$$

$$\Delta x_s|_{s=0} = 0, \Delta x_s|_{s=l} = \vartheta[\Delta p - \Delta x(l, t)], \quad 0 < t \leq T. \quad (12)$$

(1) bərabərliyindən istifadə edərək funksionalın artımını aşağıdakı şəkildə ifadə edək:

$$\begin{aligned} \Delta J(u) &= J(u + h) - J(u) = \\ &= 2 \int_0^l [x(s, T, u) - y(s)] \Delta x(s, T) ds + \int_0^l |\Delta x(s, T)|^2 ds. \end{aligned} \quad (13)$$

(6)-(8) və (10)-(12) məsələlərinin həlləri üçün uyğun integral eyniliklərdən istifadə edərək aşağıdakı bərabərliyi alırıq:

$$\begin{aligned} &2 \int_0^l [x(s, T, u) - y(s)] \Delta x(s, T) ds = \\ &= a^2 \vartheta \int_0^T \psi(l, t, u) \Delta p(t) dt + \iint_Q \psi(s, t, u) \Delta f(s, t) ds dt. \end{aligned}$$

Bu bərabərlikdən və (13)-dən istifadə etsək:

$$\begin{aligned} \Delta J(u) &= \int_0^T a^2 \vartheta \psi(l, t, u) \Delta p(t) dt + \iint_Q \psi(s, t, u) \Delta f(s, t) ds dt + \\ &+ \int_0^l |\Delta x(s, T, u)|^2 ds. \end{aligned} \quad (14)$$

(10)-(12) məsələsinin həlli üçün məlum qiymətləndirmədən[3] istifadə edərək aşağıdakı bərabərsizliyi alırıq:

$$\int_0^l |\Delta x(s, T, u)|^2 ds \leq M [\|\Delta p\|_{L_2}^2 + \|\Delta f\|_{L_2}^2] = M \|h\|_H^2.$$

Bu qiymətləndirmə və (14) bərabərliyi göstərir ki, (1) funksionalının qradienti üçün (9) bərabərliyi doğrudur. Teorem isbat olundu.

Ədəbiyyat

1. Ф. П. Васильев. Методы решения экстремальных задач. М.: Наука. 1981. 400 с.
2. R.Q. Tağıyev, S.A. Həşimov. Optimallaşdırma və idarəetmənin riyazi əsasları. Dərs vəsaiti. Bakı. 2021. 184 s.
3. О.А. Ладыженская. Краевые задачи математической физики. М.: Наука. 1973. 408 с.

C# MÜHİTİNDƏ AUTENTİFİKASIYA SİSTEMLƏRİNİN TƏHLÜKƏSİZLİK TESTLƏRİNİN AVTOMATLAŞDIRILMASI METODLARI

Məmmədzadə Nicat

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi, SABAH qrupları)

nicatma509@sabah.edu.az

Xülasə: Müasir veb tətbiqlərində autentifikasiya sistemlərinin etibarlılığı istifadəçi məlumatlarının qorunması və icazəsiz girişlərin qarşısının alınması baxımından xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. C# proqramlaşdırma mühitində təhlükəsizlik testlərinin avtomatlaşdırılması bu proseslərin effektivliyini artırmaqla yanaşı, potensial zəifliklərin erkən aşkarlanmasına şərait yaradır. Bu tədqiqatda autentifikasiya sistemlərinin təhlükəsizlik testlərinin avtomatlaşdırılması metodları, test növləri və alətlərinin tətbiq prinsipləri araşdırılmışdır. Eyni zamanda, sınaq ssenarilərinin dizaynı, təhlükəsizlik zəifliklərinin müəyyənləşdirilməsi və test nəticələrinin analizi üçün avtomatlaşdırılmış yanaşmalar təhlil edilmişdir.

Açar sözlər: autentifikasiya, C#, təhlükəsizlik testləri, avtomatlaşdırma, veb tətbiqi, zəiflik analizi.

Müasir veb sistemlərdə autentifikasiya prosesinin təhlükəsizliyini təmin etmək təkcə etibarlı giriş mexanizmləri ilə məhdudlaşmır, eyni zamanda bu mexanizmlərin davamlı şəkildə sınaqdan keçirilməsini də tələb edir. Manual (əl ilə) test üsulları insan səhvlərinə və vaxt itkilərinə səbəb olduğundan, C# mühitində avtomatlaşdırılmış təhlükəsizlik testləri həm səmərəlilik, həm də obyektivlik baxımından daha üstün nəticələr verir [1].

Avtomatlaşdırılmış autentifikasiya testləri, əsasən, identifikasiya, avtorizasiya, sessiya idarəetməsi və məlumat bütövlüyü kimi kritik komponentlərin yoxlanılmasına yönəlir. C# mühitində bu məqsədlə Selenium, OWASP ZAP API, SpecFlow, NUnit, və Postman/Newman kimi test alətlərindən istifadə olunur. Bu alətlər vasitəsilə autentifikasiya prosesindəki potensial zəifliklər — məsələn, parolun şifrələnməməsi, tokenin yanlış saxlanması, sessiyanın vaxtında bağlanmaması və ya “brute-force” hücumlarına qarşı müdafiənin zəifliyi kimi hallar aşkar edilə bilər [2].

Təhlükəsizlik testlərinin avtomatlaşdırılması mərhələləri adətən aşağıdakı ardıcılıqla həyata keçirilir:

1. Test ssenarilərinin modelləşdirilməsi: Autentifikasiya axınlarının, token mübadiləsinin və istifadəçi icazələrinin təsvir olunması.
2. Test skriptlərinin yazılması: C#-da test kitabxanaları (NUnit, xUnit, MSTest) və integrasiya modulları vasitəsilə avtomatik sınaq kodlarının hazırlanması.
3. Hücum simulyasiyaları: SQL injection, XSS, token reuse, və brute-force kimi hücum növlərinin avtomatlaşdırılmış təkrarı [3].
4. Nəticələrin təhlili: Test hesabatlarının (reporting) avtomatik generasiyası və zəiflik dərəcələrinin təsnifləşdirilməsi.

Autentifikasiya sistemlərində avtomatlaşdırılmış test yanaşması, həmçinin davamlı integrasiya (CI/CD) mühitləri ilə birləşdirilərək təhlükəsizlik yoxlamalarının proqram təminatının inkişaf dövrlərinə integrasiya edilməsinə imkan verir. Məsələn, GitHub Actions və ya Azure DevOps vasitəsilə hər “build” zamanı autentifikasiya testlərinin avtomatik icrası tətbiqin təhlükəsizlik səviyyəsini dinamik qorumağa imkan yaradır [4].

Bu metodologiyanın mühüm üstünlüklərindən biri də onun təkrarlanabilən və genişlənə bilən olmasıdır. Avtomatlaşdırılmış testlər müxtəlif sistem konfigurasiyalarında eyni ssenarini icra edə bildiyi üçün nəticələr etibarlı və müqayisə edilə bilən olur. Bundan əlavə, test nəticələrinin avtomatik hesabatlara çevrilməsi təhlükəsizlik komandasına zəiflikləri prioritetləşdirmək və risk dəyərləndirməsini optimallaşdırmaq imkanı yaradır.

Bu tədqiqatdan belə nəticə çıxarılır ki, C# mühitində autentifikasiya sistemlərinin təhlükəsizlik testlərinin avtomatlaşdırılması proqram təminatının keyfiyyətini yüksəltmək, zəifliklərin erkən aşkarlanmasını təmin etmək və təhlükəsizlik proseslərini davamlılaşdırmaq baxımından ən səmərəli yanaşmalardan biridir.

Beləliklə, bu metod veb tətbiqlərinin təhlükəsizlik infrastrukturunun

ayrılmaz hissəsinə çevrilir və gələcəkdə ağıllı (AI əsaslı) test sistemlərinin inkişafı üçün nəzəri baza formalaşdırır [5].

Ədəbiyyat

1. Mustafa R., Əliyev F. *Veb autentifikasiya sistemlərində təhlükəsizlik modelləri*. Bakı: BDU nəşriyyatı, 2024, 112 s.
2. Jones M., Bradley J. *Secure Web Authentication and Automation in .NET*. Springer, 2023, 198 s.
3. OWASP Foundation. *Zed Attack Proxy (ZAP) Documentation*. 2024, 75 s.
4. Rezvani A. *Applied Security Testing in ASP.NET Core*. Elsevier, 2022, 210 s.
5. Alizade S. *Təhlükəsizlik testlərinin avtomatlaşdırılması və AI əsaslı analiz metodları*. Bakı: İnformasiya Texnologiyaları Nəşriyyatı, 2024, 156 s.

JSON WEB TOKEN STRUKTURUNUN ANALİZİ VƏ KRİPTOQRAFİK TƏMİNAT PRİNSİPLƏRİ

Məmmədzadə Nicat

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi, SABAH qrupları)

nicatma509@sabah.edu.az

Xülasə: Müasir veb texnologiyalarında autentifikasiya və avtorizasiya sistemlərinin təhlükəsizliyi əsas məsələlərdən biridir. JSON Web Token (JWT) bu sahədə istifadə olunan yüngül, asinxron və genişlənə bilən məlumat ötürmə mexanizmlərindən biri kimi çıxış edir. Bu tədqiqatda JWT-nin struktur komponentləri — header, payload və signature hissələrinin funksional və kriptografik prinsipləri araşdırılmış, imzalanma alqoritmlərinin (HMAC, RSA, ECDSA) müqayisəli analizi aparılmışdır. Eyni zamanda, tokenlərin bütövlüyünü və autentifikasiyanı təmin edən kriptografik imzaların təhlükəsizlik səviyyələri təhlil edilmişdir.

Açar sözlər: JWT, autentifikasiya, kriptografiya, imzalanma, təhlükəsizlik, məlumat bütövlüyü.

Müasir veb mühitdə məlumat mübadiləsi və identifikasiya prosesləri getdikcə daha mürəkkəb formaya düşür. İstifadəçi autentifikasiyası və avtorizasiyası kimi funksiyalar təkcə sistemlərarası məlumat axını deyil, həm də məxfilik və bütövlüyün qorunmasını tələb edir [1]. Bu baxımdan, JSON Web Token (JWT) texnologiyası təhlükəsiz, yığcam və platformadan asılı olmayan identifikasiya mexanizmi kimi geniş yayılmışdır. JWT-nin əsas məqsədi bir dəfə yaradılmış token vasitəsilə istifadəçini müxtəlif xidmətlər arasında tanımaq və bu

prosesdə serverdə əlavə sessiya məlumatı saxlamadan təhlükəsiz girişi təmin etməkdir.

JWT üç əsas hissədən ibarətdir: header, payload və signature. Header hissəsində tokenin tipi (JWT) və istifadə olunan imzalama alqoritmi (məsələn, HS256, RS256) qeyd olunur. Payload hissəsi istifadəçi ilə bağlı iddiaları (claims) saxlayır; bunlara istifadəçi identifikatoru, rollar, hüquqlar və tokenin qüvvədə olma müddəti kimi məlumatlar daxildir [2]. Signature hissəsi isə bütövlüyü təmin etmək məqsədilə base64url formatında kodlaşdırılmış header və payload hissələrinin gizli və ya açıq açarlarla imzalanması nəticəsində yaranır. Bu mexanizm tokenin dəyişdirilməsini aşkar etməyə imkan verir və sistemin autentifikasiyasını qoruyur.

JWT-nin təhlükəsizliyinin əsasını təşkil edən kriptografik təminat prinsipləri, imzalanma və açar idarəetmə mexanizmləri ilə sıx bağlıdır. Ən sadə üsullardan biri olan HMAC-SHA256 alqoritmi simmetrik açar modelinə əsaslanır, burada həm göndərən, həm də qəbul edən tərəf eyni gizli açardan istifadə edir. Bu üsul az resurs tələb etsə də, paylanmış sistemlər üçün açarların təhlükəsiz mübadiləsinə çətinləşdirir [3].

Bunun əksinə olaraq, RSA və ECDSA alqoritmləri asimmetrik kriptografiyaya əsaslanır. RSA alqoritmində imzalama gizli açarlar, yoxlama isə açıq açarlar həyata keçirilir. Bu model daha təhlükəsiz və miqyaslı biləndir, çünki açıq açarların paylaşılması riski minimaldır. ECDSA isə elliptik əyrilərdən istifadə etməklə eyni təhlükəsizlik səviyyəsini daha az açar ölçüsü ilə təmin edir, nəticədə tokenlərin imzalanması və doğrulanması prosesi daha sürətli olur. Bu xüsusiyyətlər onu resurs məhdudiyyətli mühitlərdə, məsələn, mobil tətbiqlərdə daha əlverişli edir [4].

Bundan başqa, JWT-nin təhlükəsizlik səviyyəsi yalnız imzalanma üsulundan deyil, həm də açarların idarəedilməsi və tokenin ömrü (expiration time) kimi parametrlərdən asılıdır. Tokenlərin çox uzun müddət etibarlı qalması sistemin "replay attack" (təkrar istifadə hücumu) riskini artırır. Buna görə müasir təhlükəsizlik tövsiyələrinə əsasən, tokenlərin qısa müddətli yaradılması və yenilənməsi üçün refresh token mexanizmlərindən istifadə edilməlidir [5].

Digər vacib amil isə tokenin saxlanma yeri və mühitidir. Veb brauzerlərdə JWT-lərin localStorage və ya sessionStorage-da saxlanması XSS (Cross-Site Scripting) hücumlarına qarşı müəyyən risk yarada bilər. Buna qarşı HTTPS istifadəsi, HTTP-only cookie-lərin tətbiqi və tokenlərin şifrələnmiş şəkildə saxlanması kimi tədbirlər görülür. Bu aspektlər JWT-nin praktik tətbiqində mühüm rol oynayır və kriptografik təminat prinsiplərinin real mühitlərdə necə

reallaşdırıldığını göstərir.

Bütün bu amillər birlikdə göstərir ki, JWT-nin təhlükəsizlik səviyyəsi onun arxitekturasının sadəliyinə baxmayaraq çoxsaylı kriptografik qərarlardan və konfigurasiya düzgünlüyündən asılıdır. Bu tədqiqatdan belə nəticə çıxarılır ki, JWT-nin effektiv və təhlükəsiz tətbiqi yalnız standartlara əməl etməklə deyil, həm də implementasiya mərhələsində düzgün kriptografik seçimlərin edilməsi ilə mümkündür.

Beləliklə, bu tezisdən əldə edilən nəticələrə əsasən söyləmək olar ki, JWT texnologiyası müasir veb tətbiqlərində məlumat mübadiləsinin təhlükəsizliyini və sistemlərarası identifikasiyanı təmin edən ən çevik və etibarlı mexanizmlərdən biridir. Onun struktur sadəliyi, kriptografik çevikliyi və asinxron işləmə qabiliyyəti onu gələcəkdə autentifikasiya protokollarının təməl komponentlərindən biri kimi daha da aktuallaşdıracaqdır.

Ədəbiyyat

1. Jones M., Bradley J., Sakimura N. *JSON Web Token (JWT)*. RFC 7519, IETF, 2015, 30 s.
2. Mustafa R., Əliyev F. *Veb autentifikasiya sistemlərində təhlükəsizlik modelləri*. Bakı: BDU nəşriyyatı, 2024, 112 s.
3. Rezvani A. *Applied Cryptography for Web Systems*. Springer, 2022, 256 s.
4. Qasimov E., Hüseynov R. *Kriptografiyanın əsasları və tətbiqləri*. Bakı: Elm, 2023, 198 s.
5. Alizade S. *Web Təhlükəsizliyi və Token Texnologiyaları*. Bakı: İnformasiya Texnologiyaları Nəşriyyatı, 2024, 145 s.

ÖLÜM CƏDVƏLİ HƏYAT SIĞORTASININ DEMOQRAFİK ƏSASI KİMİ

Məmtiyev Tofiq¹, Əliyeva Bibixanım²

(¹Azərbaycan Respublikası Maliyyə Nazirliyi,
fizika-riyaziyyat elmləri namizədi,

²BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi, magistr)
tofiq.memtiyev@gmail.com, beliyeva067@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə həyat sığortası üzrə xalis sığorta haqlarının hesablanması ölüm cədvəlindən istifadə olunması məsələsi öz əksini tapmışdır. Həyat sığortası sığortanın ayrıca bir sahəsi kimi bir sıra xüsusiyyətlərə malikdir, hansı ki, sığorta əməliyyatlarının analizi, hazırlanması və aparılmasının forma və metodlarının seçilməsini şərtləndirirlər. Həyat sığortasının predmeti vətəndaşların həyatı, sağlamlığı və əmək qabiliyyətidir.

Açar sözlər: həyat sığortası, ölüm cədvəli, illik gəlirlilik, xalis sığorta haqqı, cari dəyər.

Həyat sığortasında qeyri-müəyyənlik insanın ömür müddətinin təsadüfi kəmiyyət olması ilə bağlıdır. Buna görə də, həyat sığortası şirkətləri və pensiya fondları insanların yaşaması və ya ölməsi risklərini qiymətləndirməyə imkan verən göstəricilərə malik olmalıdırlar. Belə göstəricilərin əsas mənbəyi kimi ölüm cədvəlini göstərmək olar [1].

Hər bir ölkədə dövlət statistika orqanları əhalinin siyahıya alınması nəticəsində toplanan məlumatlar əsasında müəyyən dövriliklə ölüm cədvəlləri tərtib edirlər. Ölüm cədvəli həyat sığortası şirkətinin statistikasına əsasda da qurula bilər. Belə ki, həyat sığortasının yaxşı inkişaf etdiyi ölkələrdə bu sığorta növü üzrə uzun müddət fəaliyyət göstərən və çox böyük sayda müştəri bazasına malik olan sığorta şirkətləri sığorta olunanların müxtəlif qrupları üçün yaşam və ölüm göstəricilərini daha dəqiq əks etdirən məxsusi ölüm cədvəlləri qururlar [3].

Nümunə üçün, ölüm cədvəlinin bir hissəsi aşağıda göstərilmişdir:

Cədvəl 1

Yaş illərlə (x)	x yaşınadək yaşayanların sayı (l_x)	x yaşından ($x + 1$) yaşına keçdikdə ölənlərin sayı (d_x)	x yaşında olan şəxsin qarşıdakı il ərzində ölməsi ehtimalı (q_x)	x yaşında olan şəxsin ən azı daha bir il yaşaması ehtimalı (p_x)
0	100000	4019	0,04019	0,95981
1	95981	624	0,00650	0,99350
...	...	...	...	...
40	89367	318	0,00356	0,99644
41	89049	338	0,00380	0,99620
42	88711	357	0,00402	0,99598
43	88354	375	0,00424	0,99576
44	87979	392	0,00446	0,99554
45	87587	407	0,00465	0,99535
...	...	...	...	...
85	18995	18995	1,00000	0,00000

Burada həyatın yaşam sığortası üzrə xalis sığorta haqlarının hesablanmasında ölüm cədvəlindən istifadə olunması məsələsinə baxılacaqdır.

Aşağıdakı işarələmələri qəbul edək:

x – sığorta müqaviləsi bağlanan ana sığorta olunanın yaşı;

n – sığortanın müddəti;

S – sığorta məbləği;

i – sığorta haqlarının investisiyası üzrə illik faiz;

$v = 1/(1 + i)$ – illik diskont vuruğu;

P_1 – həyatın sırf yaşam hadisəsindən sığortası üzrə birdəfəlik ödənilən xalis sığorta haqqının məbləği;

P_2 – həyatın ölüm hadisəsindən sığortası üzrə birdəfəlik ödənilən xalis sığorta haqqının məbləği;

P – həyatın yaşam sığortası üzrə birdəfəlik ödənilən xalis sığorta haqqının məbləği.

Onda nəzəriyyədən məlum olan düsturlara əsasən yazı bilərik [2]:

$$P_1 = \frac{l_{x+n}v^n}{l_x} \cdot S, \quad (1)$$

$$P_2 = \frac{d_xv + d_{x+1}v^2 + \dots + d_{x+n-1}v^n}{l_x} \cdot S, \quad (2)$$

$$P = P_1 + P_2. \quad (3)$$

Sığorta məbləği 100 manat və illik gəlirlilik 3% olduqda, sığorta olunanın yaşından, sığortanın müddətindən və ölüm cədvəlinin göstəricilərindən asılı olaraq hesablamaların nəticələri aşağıdakı cədvəldə göstərilmişdir:

Cədvəl 2

(manatla)

Sığorta olunanın yaşı (illərlə)	Birdəfəlik ödənilən xalis sığorta haqqının məbləği (P)	o cümlədən	
		sırf yaşamaq hadisəsindən sığorta üzrə (P_1)	ölüm hadisəsindən sığorta üzrə (P_2)
Sığortanın müddəti 5 il olduqda ($n = 5$)			
20	86,30	85,54	0,76
30	86,33	85,22	1,11
40	86,36	84,54	1,82
50	86,48	82,72	3,76
60	86,68	78,21	8,47
Sığortanın müddəti 10 il olduqda ($n = 10$)			
20	74,60	73,04	1,56
30	74,68	72,43	2,25
40	74,84	70,92	3,92
50	75,38	66,94	8,44
60	76,49	58,06	18,43

Nümunə üçün, $x = 40$ və $n = 5$ olduqda hesablamaları aparaq. Baxılan halda, ölüm cədvəlinə əsasən $l_{40} = 89367, l_{45} = 87587, d_{40} = 318, d_{41} =$

338, $d_{42} = 357$, $d_{43} = 375$ və $d_{44} = 392$ olur. Onda (1) - (3) düsturlarına əsasən yazı bilərik:

$$\begin{aligned}P_1 &= \frac{l_{45}v^5}{l_{40}} \cdot S = \frac{87587 \cdot (1,03)^{-5}}{89367} \cdot 100 = 84,54 \text{ (manat)}, \\P_2 &= \frac{d_{40}v + d_{41}v^2 + d_{42}v^3 + d_{43}v^4 + d_{44}v^5}{l_{40}} \cdot S = \\&= \frac{318 \cdot (1,03)^{-1} + 338 \cdot (1,03)^{-2} + 357 \cdot (1,03)^{-3} + 375 \cdot (1,03)^{-4} + 392 \cdot (1,03)^{-5}}{89367} \cdot 100 = \\&= 1,82 \text{ (manat)}, \\P &= P_1 + P_2 = 84,54 + 1,82 = 86,36 \text{ (manat)}.\end{aligned}$$

Beləliklə, əgər adi maliyyə əməliyyatlarında gələcək ödənişlərin cari dəyəri hesablanarkən yalnız gəlirlilik norması nəzərə alınarsa, həyat sığortasında gələcək ödənişlərin cari dəyəri müəyyən edilərkən gəlirlilik normasından əlavə həm də maliyyə əməliyyatlarının müddəti ərzində yaşamaq və ölüm ehtimalları nəzərə alınır.

Ədəbiyyat

1. T.R.Məmtiyev. Həyat sığortasının riyazi-demoqrafik əsasları. Bakı, 2017, 528 s.
2. T.R.Məmtiyev T.R. Həyat sığortası riyaziyyatı. Bakı, 2020, 726 s.
3. M.B.Finan. A reading of the theory of life contingency models: A preparation for exam MLC/3L. Arkansas Tech University. USA. 2012. 777 p.

QAZANILMAMIŞ SIĞORTA HAQQININ HESABLANMASI METODLARI

Məmtiyev Tofiq¹, Hərbizadə Çimnaz²

*(¹Azərbaycan Respublikası Maliyyə Nazirliyi,
fizika-riyaziyyat elmləri namizədi,*

²BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi, magistr)
tofiq.memtiyev@gmail.com, mathwith.chimnaz@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə qeyri-həyat sığortası üzrə qazanılmamış sığorta haqqının hesablanması metodları öz əksini tapmışdır. Sığorta şirkəti sığorta ödənişlərinin verilməsini təmin etmək üçün sığorta haqları hesabına sığorta ehtiyatları formalaşdırır. Sığorta ehtiyatlarının formalaşdırılması zərurəti sığorta hadisələrinin ehtimal səciyyəli olması və baş vermə vaxtının və zərərin məbləğinin qeyri-müəyyənliyi ilə əlaqədardır. Sığorta ehtiyatlarının həcmi sabit ola bilməz, çünki sığorta prosesinin kəsilməzliyi səbəbindən sığorta şirkətinin cari müqavilələr üzrə öhdəliyinin həcmi dəyişir.

Açar sözlər: qeyri-həyat sığortası, qazanılmış sığorta haqqı, qazanılmamış sığorta haqqı, qazanılmamış sığorta haqları ehtiyatı, sığorta ehtiyatları.

Sığortaçılar fiziki və hüquqi şəxslərlə bağladıkları sığorta (təkrarsığorta) müqavilələri üzrə qəbul etdikləri öhdəlikləri yerinə yetirmək üçün sığorta ehtiyatları formalaşdırırlar. Sığorta ehtiyatlarının əsas mənbəyi sığorta haqlarıdır. Sığorta ehtiyatlarının mühüm tərkib hissələrindən biri qazanılmamış sığorta haqları ehtiyatıdır (QSHE). Qazanılmamış sığorta haqları ehtiyatı gələcək dövrlərdə baş verməsi mümkün olan sığorta hadisələri üzrə sığortaçının gələcək öhdəliklərini səciyyələndirir. Qazanılmamış sığorta haqları ehtiyatının formalaşdırılmasında və istifadə olunmasında məqsəd gələcək dövrlərdə mümkün olan sığorta ödənişləri üzrə gələcək öhdəliklərin təmin olunmasından ibarətdir. Qazanılmamış sığorta haqları ehtiyatı sığortanın hər bir növü üzrə ayrılıqda hesablanır [2].

Sığorta müqavilələrinin bağlanması və icra olunması üzrə sığorta şirkətlərinin fəaliyyəti daim həyata keçirilir, müntəzəm hesabatlılıq isə konkret hesabat tarixinə sığortaçının məsuliyyətinin həcmnin müəyyən olunmasını nəzərdə tutur. Bu zaman belə bir fərziyyədən çıxış edirlər ki, hesabat tarixinə qədər bağlanmış sığorta müqaviləsi üzrə məsuliyyət qismən hesabat tarixindən sonrakı dövrə aid edilir. Məsuliyyətin hesabat tarixindən sonrakı dövrə aid edilən hissəsinə uyğun olan sığorta haqqı qazanılmamış sığorta haqqı adlanır. Məsuliyyətin hesabat dövrünə aid olan hissəsi şərti icra olunmuş qəbul edilir, bu həcmə uyğun sığorta haqqı isə qazanılmış sığorta haqqı adlandırılır [3].

Əgər sığorta müqaviləsinin şərtlərinə əsasən sığorta hadisəsi həmin müqavilənin qüvvədə olma müddəti ərzində istənilən an baş verə bilərsə, onda bu müqavilə üzrə sığorta hadisəsinin başvermə ehtimalı zaman keçdikcə azalır (sığorta müqaviləsinin qalan qüvvədə olma müddətinin onun bütün qüvvədə olma müddətindən neçə dəfə kiçik olmasına mütənasib olaraq). Bu halda qazanılmış sığorta haqqı sığorta müqaviləsinin qüvvədə olma müddətinin hesabat tarixinə nəzərən başa çatmış dövrünə, qazanılmamış sığorta haqqı isə başa çatmamış dövrünə uyğundur [4].

Qazanılmamış sığorta haqları ehtiyatı iki hissədən ibarətdir: qazanılmamış sığorta haqları ehtiyatının baza hissəsi və qazanılmamış sığorta haqları ehtiyatının əlavə hissəsi. Qazanılmamış sığorta haqları ehtiyatının baza hissəsi müəyyən bir sığorta növü üzrə hesabat tarixinə qüvvədə olan sığorta müqavilələri üzrə ayrılıqda hesablanmış qazanılmamış sığorta haqlarının (QSH) cəmiyyəti. Qazanılmamış sığorta haqqını hesablamaq üçün əvvəlcə baza sığorta (təkrarsığorta) haqqı (BSH və ya BTSH) hesablanır.

Milli sığorta bazarında fəaliyyət göstərən sığorta (təkrarsığorta) şirkətləri tərəfindən rəhbər tutulan "Həyat sığortası və qeyri-həyat sığortası üzrə sı-

ğorta ehtiyatlarının formalaşdırılması Qaydası”nın 2.1.5-ci yarım bəndinə əsasən baza sığorta haqqı sığorta müqaviləsi üzrə hesablanmış sığorta haqqından həmin müqavilənin bağlanması üzrə göstərilən vasitəçilik xidməti üçün komissiyon muzzdu (hesablanmış sığorta haqqının 15%-dən çox olmamaqla) çıxıldıqdan sonra qalan məbləğdir. Baza sığorta haqqının belə qaydada hesablanması könüllü formada aparılan sığorta növü üzrə bağlanmış sığorta müqaviləsinə aiddir. İcbari formada aparılan sığorta növü üzrə bağlanmış sığorta müqaviləsi üzrə baza sığorta haqqı hesablanmış sığorta haqqından həmin müqavilənin bağlanması üzrə göstərilən vasitəçilik xidməti üçün komissiyon muzzdu (hesablanmış sığorta haqqının 15%-dən çox olmamaqla) və məcburi ayırma (hesablanmış sığorta haqqının 1%-i) çıxıldıqdan sonra qalan məbləğdir [1].

Qazanılmamış sığorta haqqını hesablamaq üçün beynəlxalq təcrübədə bir neçə metoddan istifadə edilir. Nümunə üçün “*pro rata temporis*” (“müddətə mütənasib”) və “*iyirmi dördə bir*” (“1/24”) metodlarını göstərmək olar.

“*Pro rata temporis*” metodunda aşağıdakı düsturdan istifadə edilir:

$$QSH_i = BSH_i \times (n_i - m_i) / n_i. \quad (1)$$

Burada:

QSH_i – i -ci sığorta müqaviləsi üzrə qazanılmamış sığorta haqqıdır;

BSH_i – i -ci sığorta müqaviləsi üzrə baza sığorta haqqıdır;

n_i – i -ci sığorta müqaviləsinin qüvvədəolma müddətidir (günlərlə);

m_i – i -ci sığorta müqaviləsinin qüvvəyə mindiyi andan hesabat tarixinə qədər olan müddətdir (günlərlə).

“1/24” metodu tətbiq edilərkən belə bir fərziyyə irəli sürülür: ay ərzində qüvvəyə minən bütün sığorta müqavilələri həmin ayın ortasında qüvvəyə minir. Məsələn, A müqaviləsi 1 sentyabrda, B müqaviləsi isə 25 sentyabrda qüvvəyə minmişdirsə, ehtiyatların hesablanması məqsədilə onların hər ikisinin 15 sentyabrda qüvvəyə mindiyi qəbul edilir.

Misal. Sığortaçı “Əmlakın yanğından və digər risklərdən sığortası” növü üzrə 2 sığorta müqaviləsi (A və B) və 1 təkrarsığorta müqaviləsi (C, təkrarsığortaya qəbul edilmiş risklər üzrə) bağlamışdır. Həmin müqavilələr üzrə bəzi məlumatlar aşağıdakı cədvəldə göstərilmişdir (məbləğlər manatla ifadə edilir):

Müqavilələr	Hesablanmış sığorta haqqı	Hesablanmış komissiyon muzzdu	Sığorta müqaviləsinin qüvvədəolma müddətinin başlanğıc tarixi	Sığorta müqaviləsinin qüvvədəolma müddətinin son tarixi
A	30 000	3000	12.02.2025	11.02.2026
B	40 000	6000	10.04.2025	09.04.2026
C	20 000	5000	14.12.2025	13.12.2026

Bu müqavilələr üzrə 2025-ci ilin 31 dekabr tarixinə qazanılmamış

sığorta haqları ehtiyatının baza hissəsinin yekun məbləğini hesablayın.

Həlli:

Əvvəlcə baza sığorta (təkrarsığorta) haqqını hesablayaq:

A: $BSH = 30\,000 - 3000 = 27\,000$ (manat);

B: $BSH = 40\,000 - 6000 = 34\,000$ (manat);

C: $BTSH = 20\,000 - 3000 = 17\,000$ (manat).

C müqaviləsi üzrə komisiyon muzzdu hesablanmış sığorta (təkrarsığorta) haqqının 15%-ni aşdığı üçün hesablamalarda həmin məbləğ 15% həcmində götürülmüşdür. Növbəti hesablamalar üçün (1) düsturundan istifadə edilir:

A: $QSH = 27\,000 \times (365 - 323)/365 = 3106,85$;

B: $QSH = 34\,000 \times (365 - 266)/365 = 9221,92$;

C: $QTSH = 17\,000 \times (365 - 17)/365 = 16208,22$.

Onda qazanılmamış sığorta haqları ehtiyatının baza hissəsinin yekun məbləğini tapa bilirik:

$3106,85 + 9221,92 + 16208,22 = 28536,99$ (manat).

Ədəbiyyat

1. Həyat sığortası və qeyri-həyat sığortası üzrə sığorta ehtiyatlarının formalaşdırılması Qaydası (Azərbaycan Respublikası Mərkəzi Bankının 13 mart 2024-cü il tarixli 12/1 nömrəli Qərarı ilə təsdiq edilmişdir).
2. T.R.Məmtiyev. Qeyri-həyat sığortası riyaziyyatı. Bakı, 2022, 948 s.
3. Страхование: Учебник / Под ред. Т.А.Федоровой. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Экономика, 2004. – 875 с.
4. J.Friedland. Estimating unpaid claims using basic techniques. – *Casualty Actuarial Society*, 2009. – 412 p.

BİRKHOF MƏNADA XARAKTERİSTİK TƏNLİYİN KÖKLƏRİNİN ARQUMENTLƏRİ SABİT OLMAYAN TƏNLİYİN FUNDAMENTAL HƏLLƏR SİSTEMİNİN ASİMPTOTİKASI HAQDA

Məstəliyev Vəqif, İskəndərova Ülviyyə

(Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti)

vagiftrk1@rambler.ru

Xülasə: Təqdim olunan işdə iki tərtibli kompleks parametrlı adi diferensial tənliyin xətti asılı olmayan həllərinin asimptotikası araşdırılır. Tənliyin vacib xüsusiyyəti bu tənliyə uyğun Birkhof mənada xarakteristik tənliyin köklərinin arqumentlərinin sabit ol-mamasıdır. Qoyulan məsələ əvəzləmə vasitəsilə birtərtibli diferensial tənliklər sistemimə

gətirilərək həll xüsusi formada axtarılmaqla fundamental həllər sisteminin asimptotikası qurulması məsələsi integral tənliyin həllinin asimptotikasının qurulmasına ekvivalentliyi göstərilir.

Açar sözlər: *asimptotika, xarakteristik tənlik, fundamental həllər sistemi, köklərin argumenti*

Təqdim olunan işdə

$$y'' - \lambda^2 \left(\frac{x+b}{x+c} \right)^2 y = 0, \quad x \in [0;1] \quad (1)$$

tənliyinin fundamental həllər sisteminin asimptotikasının qurulması öyrənilir. Burada λ , kompleks parametr, b, c kompleks ədədlər, $y(x)$ isə axtarılan funksiyadır.

Məlumdur ki, baxılan tip tənliklərin fundamental həllər sisteminin asimptotikası bu tənliyə uyğun Birkhof mənadada xarakteristik tənliyin köklərinin arqumentləri sabit olduqda öyrənilib. Baxılan tənlikdə isə tənliyə uyğun Birkhof mənadada xarakteristik tənliyin köklərinin arqumentləri sabit deyil. Bu isə tənliyin fundamental həllər sisteminin qurulmasında müəyyən çətinliklərlə müşayiət olunur.

Əvvəlcə tənlik birtərtibli diferensial tənliklər sisteminə gətirilərək aşağıdakı matris tənlik şəklində yazılır:

$$\frac{dY}{dx} = \lambda AY \quad (2)$$

Burada, $A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ \left(\frac{x+b}{x+c} \right)^2 & 0 \end{pmatrix}$ və $Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix}$ işarə edilib.

(2) tənliyinin həllini

$$Y = B(x) \left[E + \frac{1}{\lambda} S(x) \right] e^{\lambda \int_0^x \theta(\xi) d\xi} \quad (3)$$

şəklində axtarılır. Burada, $B = \begin{pmatrix} \sqrt{\frac{b(x+c)}{c(x+b)}} & \sqrt{\frac{c(x+b)}{b(x+c)}} \\ \sqrt{\frac{b(x+b)}{c(x+c)}} & -\sqrt{\frac{c(x+b)}{b(x+c)}} \end{pmatrix}$,

$$\theta = \begin{pmatrix} \frac{x+b}{x+c} & 0 \\ 0 & -\frac{x+b}{x+c} \end{pmatrix}, \quad Q_{ij}(x, \lambda) = (\theta S - S\theta - B^{-1}B')_{ij}, \quad |Q(x, \lambda)| \leq C \quad \text{və}$$

$$S_{ij} = \frac{1}{\theta_i - \theta_j} (B^{-1}B')_{ij}, \quad i \neq j \text{ matrislərdir.}$$

Aşağıdakı teorem isbat olunmuşdur:

Teorem: (1) tənliyinin fundamental həllər sisteminin asimptotikasının qurulması məsələsi

$$\beta_{s,j}(x, \lambda) = e^{\lambda \int_0^x [\theta_s(\eta) - \theta_j(\eta)] d\eta} \left[c_{i,j} + \frac{1}{\lambda} \int_0^x e^{-\lambda \int_0^\xi [\theta_s(\eta) - \theta_j(\eta)] d\eta} \sum_{k=1}^2 q_{s,k}(\xi) \beta_{k,j}(\xi, \lambda) d\xi \right], \quad s, j = 1, 2$$

şəkilli integral tənliklər sisteminin həllinin asimptotikasının qurulmasına ekvivalentdir.

Ədəbiyyat

1. Yu.A.Mamedov, On Sturm-Liouville problem in case of complex density. Vestnik BGU, (1998), no. 1, 133-142.
2. M.L. Rasulov Countour integral method. M., Nauka, Elm, 1964, 462 p.
3. M.V.Fedoryuk, Asymptotic methods for linear ordinary differential equations. M., Nauka, 1984, 352 p.

KƏND TƏSƏRRÜFATINDA İOT TEXNOLOGİYALARININ TƏTBİQİ

Mirzai Nəbəri Səbinə, Babayev Əkbər

(Qərbi Kaspi Universiteti, Bakı, Azərbaycan)

sabinamirzaei@gmail.com, akbarbabayev0@gmail.com

Xülasə: Məqalədə kənd təsərrüfatında "Əşyaların İnterneti" (IoT) texnologiyalarının tətbiqi və bu texnologiyanın istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılması, məhsuldarlığın artırılması və resursların səmərəli idarə olunmasındakı rolu təhlil edilmişdir. Müasir kənd təsərrüfatında sensorlar, dronlar, ağıllı suvarma və monitoring sistemləri kimi IoT həlləri real vaxtda məlumat toplayaraq fermerlərin qərar qəbul etməsini asanlaşdırır. Bu, həm resurs itkisini azaldır, həm də məhsul keyfiyyətini yüksəldir. Məqalədə həmçinin bu texnologiyaların tətbiqi zamanı qarşılaşa biləcək əsas problemlər və onların aradan qaldırılması yolları da müzakirə olunur.

Açar sözlər: IoT, kənd təsərrüfatı, sensorlar, avtomatlaşdırma, monitoring, məhsuldarlıq, smart agriculture.

Giriş

Son illərdə kənd təsərrüfatında rəqəmsal transformasiya sürətlə inkişaf edir. Əşyaların İnterneti (IoT – Internet of Things) bu sahədə ən mühüm texnoloji istiqamətlərdən biri hesab olunur. IoT sistemləri torpaq, hava, su və məhsulun vəziyyətinə dair real vaxt məlumatlarını toplayaraq qərar qəbul etmə prosesini optimallaşdırır. Nəticədə həm xərclər azalır, həm də istehsalın səmərəliliyi yüksəlir [1].

Kənd təsərrüfatında IoT-nin əsas məqsədi məlumat yönümlü idarəetmə modelinə keçidi təmin etməkdir. Bu, ənənəvi metodlarla müqayisədə həm məhsuldarlıq, həm də davamlılıq baxımından böyük üstünlüklər yaradır.

IOT TEXNOLOGİYALARININ ƏSAS TƏTBİQ SAHƏLƏRİ

IoT kənd təsərrüfatında mütəlif istiqamətlərdə tətbiq olunur və hər biri istehsalın ayrı-ayrı mərhələlərini optimallaşdırmağa yönəlib. Əsas sahələr aşağıdakılardır:

1. Ağıllı suvarma sistemləri

Torpağın rütubət səviyyəsini və hava şəraitini izləyən sensorlar suvarma prosesini avtomatik idarə edir. Bu sistemlər yalnız torpağın rütubəti azaldıqda su verir və bununla su itkisini 40%-ə qədər azaldır [2].

2. Torpaq və hava monitorinqi

Sensorlar vasitəsilə torpağın temperaturu, rütubəti, pH dəyəri və qida maddələrinin səviyyəsi təyin olunur. Eyni zamanda meteoroloji məlumatlar analiz edilərək əkin planlaması optimallaşdırılır.

3. Dronlar və peyk nəzarəti

Dronlar geniş ərazilərdə bitki sağlamlığını vizual analiz etməyə və xəstəlikləri erkən mərhələdə aşkar etməyə imkan verir. Peyk görünüşləri isə məhsulun inkişaf dinamikasını izləmək üçün istifadə olunur.

4. Ağıllı heyvandarlıq sistemləri

IoT əsaslı sensorlar heyvanların hərəkətini, qidalanmasını və sağlamlıq vəziyyətini izləyir. Bu məlumatlar fermerlərə xəstəlikləri vaxtında aşkar etməyə və məhsuldarlığı artırmağa kömək edir.

İQTİSADI VƏ EKOLOJİ ÜSTÜNLÜKLƏR

IoT texnologiyalarının kənd təsərrüfatında istifadəsi həm iqtisadi, həm də ekoloji baxımdan faydalıdır. Məsələn:

- Resurs istifadəsində optimallaşma (su, enerji, gübrə);
- Məhsul itkisinə qarşı vaxtında xəbərdarlıq;
- Ətraf mühitin çirklənməsinin azaldılması;
- İstehsal xərclərinin azalması və gəlirin artması.

Bu texnologiyalar “ağıllı kənd təsərrüfatı” (Smart Agriculture) konsepsiyasının əsasını təşkil edir və dayanıqlı kənd təsərrüfatı strategiyalarının formalaşmasına təkan verir.

PROBLEMLƏR VƏ ÇƏTİNLİKLƏR

Hərçənd ki, IoT-nin kənd təsərrüfatında tətbiqi böyük potensiala malikdir, bu texnologiyanın yayılmasında müəyyən çətinliklər də mövcuddur:

- İnfrastruktur (internet bağlantısı və enerji təminatı) çatışmazlığı;
- Sensor və cihazların yüksək qiyməti;
- Məlumat təhlükəsizliyi və kibertəhlükəsizlik riskləri;
- İstifadəçilərin (fermerlərin) texnoloji savad səviyyəsinin aşağı olması [3].

Bu problemlərin aradan qaldırılması üçün dövlət və özəl sektor əməkdaşlığı, subsidiyalar və maarifləndirmə proqramları vacibdir.

IoT texnologiyaları kənd təsərrüfatında inqilabi dəyişikliklərə səbəb olur. Real vaxt məlumatları və avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri fermerlərin resurslardan daha səmərəli istifadə etməsinə imkan verir. Gələcəkdə bu texnologiyaların sünni intellekt və böyük verilənlərlə integrasiyası kənd təsərrüfatında tam avtomatlaşdırılmış idarəetmə mərhələsinə keçidi təmin edə bilər.

Ədəbiyyat

1. M.Quliyev. *Ağıllı kənd təsərrüfatı texnologiyaları*. Bakı, Elm və Təhsil, 2024, 210 s.
2. B.Varma, P.Kapoor. *IoT in Smart Farming: Concepts and Applications*. Springer, 2023, pp. 65–78.
3. FAO Report. *Digital Agriculture Transformation*. Rome, 2022.
4. J.Mehra, S.Gupta. *Internet of Things and Agriculture 4.0*, IEEE Access, 2021, Vol. 9, pp. 783–790.

ƏŞYALARIN İNTERNETİNİN TƏHLÜKƏSİZLİYİ SİMULASIYASI

Mirzai Nəbəri Səbinə, Cəbbarlı Elmar

(Qərbi Kaspi Universiteti, Bakı, Azərbaycan)

sabinamirzaei@gmail.com, cabbarli.elmar@gmail.com

Xülasə: Məqalədə ağıllı şəhər infrastrukturunun kibertəhlükəsizlik aspektləri təhlil edilir. Ağıllı şəhər anlayışı və onun tərkib hissəsi olan IoT (Əşyaların İnterneti) texnologiyalarının şəhər həyatdakı rolu izah olunur. Ağıllı şəhərlərin rəqəmsal sistemlərinə qarşı potensial kiberhücumların yaratdığı risklər beynəlxalq nümunələr əsasında göstərilir. Kritik infrastruktur elementlərinin (enerji, su, nəqliyyat və s.) şəbəkəyə bağlı olmasının doğura biləcəyi fəsadlar vurğulanır. Sonda şəhər IoT ekosisteminin davamlı və təhlükəsiz

işləməsi üçün vacib olan strateji tədbirlər və həllər müzakirə olunur.

Açar sözlər: *Ağıllı şəhər; Əşyaların İnterneti; IoT; Kibertəhlükəsizlik; Kritik infrastruktur; Kiberhücumlar*

Giriş

Ağıllı şəhər konsepsiyası, ənənəvi şəhər infrastrukturunun müasir rəqəmsal texnologiyalar vasitəsilə integrasiyasına əsaslanır. Nəqliyyat, enerji təchizatı, rabitə, su təminatı və digər ictimai xidmətlər **Əşyaların İnterneti** (Internet of Things, IoT) sensorları və şəbəkələri üzərindən vahid platformada idarə olunur. Bu yanaşma şəhər xidmətlərinin səmərəliliyini və vətəndaşların həyat keyfiyyətini xeyli artırır. Lakin bu sistemlərin hər biri kibernühiyyə potensial hədəfidir [1]. Yəni, smart texnologiyalarla təchiz olunmuş şəhərlər kiberhücumlara qarşı həssas vəziyyətdədir və bu hücumlar uğurlu olarsa, şəhərin fiziki infrastrukturuna ciddi zərər vura bilər.

IoT qurğularının şəhər infrastrukturunda geniş tətbiqi kibertəhlükəsizlik müstəvisində yeni çağırışlar yaradır. Beynəlxalq təxminlərə görə, 2025-ci ilədək dünya üzrə IoT cihazlarının sayı 75 milyardı ötəcək [2]. Şəbəkəyə bağlı bu qədər nəhəng sayda qurğu – müxtəlif istehsalçıların sensorları, tətbiqləri və xidmətləri – kiberhücumlar üçün çoxlu sayda zəif nöqtələr meydana gətirir [3]. Üstəlik, ağıllı şəhər həlləri çox zaman mövcud (irisi) şəhər infrastrukturunun üzərində qurulur və bu ənənəvi sistemlərin dizaynında internetə qoşulma nəzərdə tutulmayıb [4]. Nəticədə, köhnə texnologiyaların internetlə integrasiyası onları kibertəhdidlərə qarşı hazırlıqsız vəziyyətə gətirir. Eyni zamanda, IoT cihazlarının proqram təminatında təhlükəsizlik çox vaxt ikinci planda qalır – sürətli inkişaf nəminə keyfiyyətsiz kodlaşdırma, zəif şifrələmə və dəyişdirilməmiş standart parollar kifayət qədər yayılmış problemlərdir [5]. Beləliklə, ağıllı şəhərin rəqəmsal ekosistemi daxilindəki çoxsaylı elementlər potensial hücum səthini genişləndirir və hakerlər üçün nisbətən asan hədəf mühiti formalaşdırır [3].

Son illərdə dünyada ağıllı şəhər infrastrukturuna qarşı həyata keçirilmiş kiberinsidentlər bu təhlükələrin real olduğunu göstərir. Məsələn, 2017-ci ilin aprelində ABŞ-da hakerlər Dallas şəhərinin 156 ədəd fəvqəladə xəbərdarlıq sirenini ələ keçirərək gecə boyunca dəfələrlə işə salıblar [6]. Bu kiberhücum nəticəsində şəhərdə yanlış həyəcan siqnalları yayılaraq əhali arasında təşviş yaranmışdı. Daha ciddi nümunələrdən biri 2015-ci ildə Ukraynada baş verib – “BlackEnergy” adlı zərərli hücum proqramı enerji şirkətinin idarəetmə sistemində nüfuz edərək bir şəhəri tamamilə elektrik enerjisiz qoydu, nəticədə 230 minə yaxın sakin işıqsız və istiliksiz qaldı [7]. Təxminən bir il sonra paytaxt Kiyevin təxminən beşdə birində analoji kiberhücum nəticəsində bir saatlıq elektrik kə-

sintisi yaşandı[8]. Digər bir hadisə 2011-ci ildə ABŞ-ın İllinoys ştatında qeydə alınıb – hakerlər kiçik bir şəhərin su təchizatı sisteminə daxil olaraq su nasosunu sıradan çıxarmışdılar [9]. Bu kimi insidentlər nəticəsində şəhər infrastrukturunda xidmətlər dayanmış, ciddi iqtisadi və sosial fəsadlar meydana gəlmişdir. Yəni, ağıllı şəhərlərin daxilindəki kritik sistemlər (enerji, su, nəqliyyat və s.) kiberhücumla iflic olarsa, şəhər həyatının normal axarı pozularaq insanların təhlükəsizliyi və rifahı üçün təhdid yaranır.

Ağıllı şəhərlərin kibertəhlükəsizliyini təmin etmək üçün həm texnoloji, həm də təşkilati səviyyədə kompleks tədbirlər tələb olunur. Mütəxəssislərin fikrincə, ilk növbədə sistemlərin layihələndirilməsində təhlükəsiz inkişaf dövrü (Secure SDLC) prinsipləri tətbiq edilməli, mütəmadi təhlükəsizlik auditi və sızma testləri keçirilməlidir [10]. Şəbəkə infrastrukturunu və verilənlər mübadiləsi güclü kriptografik alətlərlə şifrələnməli, IoT cihazlarının identifikasiya və autentifikasiyası üçün etibarlı metodlar işlənməlidir. Köhnə və zəif qorunan sistemlər ya yenilənməli, ya da əsas şəbəkədən izolə olunaraq mümkün hücum vektorları minimuma endirilməlidir. Proqram təminatında tapılan boşluqların aradan qaldırılması üçün vaxtında patçların tətbiqi (yeniləmələrin operativ şəkildə qurulması) vacibdir. Həmçinin, şəhər miqyasında fəaliyyət göstərən ixtisaslaşmış monitoring və insidentə cavab mərkəzləri (SOC/CERT) qurularaq 24/7 rejimində şübhəli fəalliyətlərə nəzarət edilməli, hadisələrə operativ reaksiya verilməlidir[10]. Hətta kiberhücum baş verdiyi halda zərəri minimuma endirmək üçün şəhər səviyyəsində fəvqəladə vəziyyət və təxliyə üzrə bütünləşik planların mövcud olması da önəmlidir [10].

Normativ tənzimləmə və beynəlxalq əməkdaşlıq da smart şəhərlərin təhlükəsizliyində mühüm rol oynayır. Avropa İttifaqının Kibertəhlükəsizlik Agentliyi ENISA “ağıllı şəhər”, “ağıllı ev”, “ağıllı avtomobil” və s. mövzular üzrə təlimatlar hazırlayıb yayır [11]. Lakin mütəxəssislər qeyd edirlər ki, təkcə tövsiyə xarakterli təhlükəsizlik qaydaları problemi tam həll etmir – bu qaydaların geniş tətbiqini təmin edəcək məcburi standartlar və hüquqi tənzimləmələr olmalıdır [11]. Yəni, hökumətlər IoT ekosistemi ilə bağlı minimum təhlükəsizlik tələblərini qanunvericilik səviyyəsində müəyyənləşdirməlidirlər ki, özəl sektor da bu normalara əməl etsin. Bu sahədə həm də beynəlxalq əməkdaşlıq və təcrübə mübadiləsi vacibdir, çünki ağıllı şəhərlərə qarşı kibertəhdidlər qlobal xarakter daşıyır və bir ölkənin təcrübəsi digərlərinə faydalı ola bilər.

Azərbaycanda da “ağıllı şəhər” və “ağıllı kənd” konsepsiyalarının tətbiqi istiqamətində addımlar atılmaqla yanaşı, onların təhlükəsizliyinə xüsusi diqqət ayrılır. 2025-ci ilin oktyabrında Bakıda keçirilən beynəlxalq “Critical Infrastruc-

ture Defence Challenge 2025 (CIDC-2025)” kibertəhlükəsizlik festivalında ağıllı şəhər infrastrukturalarının müdafiəsi əsas müzakirə mövzularından biri olmuşdur. Festival çərçivəsində təşkil edilən “Ağıllı şəhərlərdə kibermüharibə” adlı virtual yarışmada dövlət qurumları, kritik infrastrukturalar, banklar və telekommunikasiya sektorunu təmsil edən yerli və xarici komandalar smart şəhər sistemlərinə hücum və müdafiə ssenarilərində bacarıqlarını sınaqlamışlar [12]. Bu cür tədbirlər ölkəmizdə ağıllı şəhər təhlükəsizliyinə verilən əhəmiyyəti göstərir və həm dövlət, həm özəl sektorda kibertəhlükəsizlik sahəsində maarifləndirməni gücləndirir.

Nəticə etibarilə, ağıllı şəhərlərin gələcəyi bilavasitə onların kibertəhlükəsizliyindən asılıdır. Tanınmış mütəxəssis Bryus Şnayyerin dediyi kimi, IoT vasitəsilə “proqram təminatı dünyanı əhatə etdikcə, kibertəhlükəsizlik hər şeyin təhlükəsizliyi deməkdir” [13]. Yalnız müasir müdafiə strategiyaları tətbiq olunmaqla və bütün maraqlı tərəflərin – dövlət orqanları, biznes subyektləri və cəmiyyətin – birgə səyi ilə şəhər digital ekosistemlərin dayanıqlılığı təmin edilə bilər. Əks halda, ağıllı şəhərlərin gətirdiyi faydalar bir anda böyük risklərə çevrilə və şəhər həyatın işini iflic edə bilər.

Ədəbiyyat

1. [1] Bakıda kibertəhlükəsizlik tədbiri - Unikal.az <https://unikal.az/news/500763/bakida-kibertehluksesizlik-tedbiri-kecirilir>
2. [2] Internet of Things (IoT) | NCCoE <https://www.nccoe.nist.gov/iot>
3. [3] [4] [5] [6] [7] [9] [10] [11] [13] [14] Hacking the Smart City – Ackcent <https://ackcent.com/hacking-the-smart-city/>
4. [8] [15] Kiberhücumlar başlaya bilər » Reyting.az <https://reyting.az/slayd/78377-kiberhucumlar-balaya-bilr.html>
5. [12] The State Service for Special Communication and Information Security of the Republic of Azerbaijan <https://scis.gov.az/en/news/view/313>

İNTERNET ƏŞYALARI (IOT) TEXNOLOGİYASININ TİBBDƏ ROLU

Mirzai Nobari Sabina, Əlibabəyev İsmayıl

(Qərbi Kaspi Universiteti, Bakı, Azərbaycan)

sabinamirzaei@gmail.com, isielibabayev@gmail.com

Xülasə: *İnternetin İnterneti (IoT) texnologiyası sağlamlıq sektorunda inqilabi dəyişikliklər yaradır. Ağıllı sensorlar və uzaq monitoring sistemləri xəstələrin sağlamlıq göstəricilərini real vaxtda izləməyə imkan verir, beləliklə xəstəxanalara getmə ehtiyacını*

azaldır və erkən müdaxilə şansını artırır. Bundan başqa, IoT dərman qəbulunu idarə etmək, təcili yardım xidmətlərini optimallaşdırmaq və telemeditsina vasitəsilə həkimlərlə məsafədən əlaqə qurmaq üçün geniş istifadə olunur. Lakin bu texnologiyanın tətbiqində təhlükəsizlik və məxfiliyin təmin olunması, cihazların uyğunluğu və enerji problemləri kimi çətinliklər mövcuddur. Bu problemlərin həlli üçün güclü təhlükəsizlik tədbirləri, standartların yaradılması və enerji effektivliyi üzərində işlər aparılmalıdır. Gələcəkdə IoT cihazları sağlamlıq sahəsində xidmətlərin daha da keyfiyyətli və əlçatan olmasına böyük töhfə verəcək.

Açar sözlər: IoT, tibb, sağlamlıq, diaqnostika, terapiya.

GİRİŞ

Son illərdə texnologiyanın sürətli inkişafı sağlamlıq sektorunda da köklü dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Əşyaların İnterneti (IoT) cihazları bu dəyişikliklərin önündə dayanır və xəstə xidmətlərinin keyfiyyətini, effektivliyini və əlçatanlığını artırmaqda mühüm rol oynayır. Ağıllı sensorlar, geyilə bilən cihazlar, uzaq xəstə monitorinq sistemləri və digər IoT həlləri tibbi prosesləri avtomatlaşdırmaqla yanaşı, xəstələrin həyat keyfiyyətini yaxşılaşdırır və həkimlərin qərar qəbul etməsini asanlaşdırır. Bununla belə, sağlamlıq sahəsində IoT-nin geniş tətbiqi bir sıra texniki və etik problemləri də ortaya çıxarır. Bu məqalədə IoT cihazlarının sağlamlıq sektorundakı əsas tətbiq sahələri, onların yaratdığı üstünlüklər, qarşılaşdığı çətinliklər və bu problemlərin həlli yolları təhlil ediləcəkdir.

IOT TEKNOLOGİYALARININ TİBBDƏ ROLU

IoT texnologiyaları tibb müəssisələrinə işin effektivliyini artırmağa, stasionar rejimdə qalma vaxtını azaltmağa, yeni xidmətlər təqdim etməklə pasiyentlərin səhhətinə nəzarət etməyə, müalicənin gedişi ilə bağlı əlavə informasiya almağa və analiz etməyə, ən yaxşı həkimlərdən konsultasiyalar almağa imkan verir. Sağlamlığın distant monitorinqi tibbi göstəricilərə operativ nəzarəti təmin etməyə, tibbi xidmətə çəkilən xərcin azaldılmasına kömək edir və həkim ilə pasiyent arasında münasibəti sadələşdirir.

TƏTBİQ SAHƏLƏRİ

Hazırda IoT texnologiyaları tibbi seqmentdə aşağıdakı xidmət və tətbiqlərin işlənilməsi üçün geniş imkanlar açır:

- 1) tibbi yardım xidmətinin keyfiyyətini və effektivliyini artırmaq;
- 2) müxtəlif tip verilənlərin toplanması, analizi və interpretasiyasını yerinə yetirmək;
- 3) real vaxt rejimində qərar qəbulunu təkmilləşdirmək;
- 4) ahıl və xroniki xəstəlikləri olan pasiyentlərin sağlamlıq vəziyyətinin daimi izlənilməsi və ya preventiv müdaxilə;

5) fərdi və personallaşdırılmış tibbin inkişafı üçün şəraitin yaradılması və s.

Araşdırmalar göstərir ki, səhiyyə kontekstində *IoT* xidmətinin standart tərfi yoxdur. Hər biri çoxlu sayda tibbi həllər təqdim edən, müxtəlif tibbi xidmətlər göstərən *IoT* texnologiyalarının yayılması gözlənilir. Lakin istisna hallarda xidmət konkret həldən və ya tətbiqdən obyektiv olaraq ayrılmış ola bilər[1]. Bundan əlavə, qeyd etmək lazımdır ki, *IoT* infrastrukturunu üçün vacib olan ümumi xidmətlər və protokollar onların aid olduğu səhiyyə ssenarilərinin funksionallaşmasında kiçik dəyişikliklər tələb edə bilər. Bunlara xəbərdarlıq xidməti, resurslara birgə giriş xidməti, internet xidməti, geterogen qurğular üçün krosskommunikasiya protokolları və əsas qoşulma imkanları üçün birləşmə protokolları aiddir. Qeyd edilməlidir ki, xidmətlər onların yaradıcılarına yönəldiyi halda, tətbiqlər bilavasitə istifadəçilər

və pasiyentlər tərəfindən istifadə olunur.

Aşağıda *IoT* texnologiyalarının istifadəsi ilə bir sıra tibbi sferalarda uğurlu həllər qazanmış praktiki məsələlərə baxılmışdır.

İnzibati idarəetmə. *IoT* texnologiyaları e-tibbin inzibati idarəetmə seqmentində aşağıdakı problemlərin həllində böyük potensiala malikdir:

- Pasiyentə nəzarət və onun sağlamlıq vəziyyətinin (hərərət, təzyiq və digər fiziki göstəricilərinin) izlənməsi;
- Tibb müəsisəsində həkim və pasiyentlərin olduğu yerə real vaxt rejimində nəzarət
- Tibb müəsisəsində və apteklərdə dərman ehtiyatlarının, sərf olunmuş materialların və s. idarə olunması, tibbi avadanlıqların statusunun və vəziyyətinin istənilməsi

Tibbi diaqnostika. Tibbi diaqnostika müxtəlif ölçmə alətlərini əhatə edir və bu sahədə *IoT*-un potensialı hədudsuzdur. Hazırda kliniki diaqnostika sahəsində “ənənəvi” vizuallaşdırma (məsələn, ultrasəs, maqnit-rezonans və kompüter tomoqrafiyası) və laborator diaqnostik metodlardan başqa, bir çox kliniki göstəricilərin (məsələn, ürək sıxılmalarının tezliyi, arterial təzyiq, nəbz, baş-beyin aktivliyi) ölçülməsi üçün ötürücülər, kliniki biomarkerlərin

qiymətləndirilməsi üçün mikroötürücülər və nanosensorlar geniş tətbiq olunur. Bu gün artıq laboratoriya şəraitində *in vivo* (lat. “canlı”) kimi, daha doğrusu, “canlı orqanizm daxilində və ya hüceyrə daxilində” ifratəssas analiz aparmağa imkan verən nano ölçülü bioçiplər istifadə olunmaqdadır.[4]

Distant monitoring. *IoT* əsasında distant monitoring müasir teletibbi sistemlərin və telemetriyanın ayrılmaz hissəsidir. Belə ki, daşınan ötürücülər həkimlərə pasiyentin mühüm həyati funksiyalarını kənardan izləməyə, real za-

man rejimində alınan verilənləri analiz etməyə və onların sağlamlıq vəziyyətlərinin dəyişməsinə proqnozlaşdırmağa imkan verir. Hazırda ürək ritmi, bədənin temperaturu, qan təzyiqinin məsafədən monitorinqi üçün, diabetiklərdə qanda şəkərin səviyyəsinin, nəfəs funksiyalarının real zaman rejimində işlənilməsi üçün ötürücülərə malik diaqnostik komplekslər mövcuddur [2].

Dərman terapiyası. *IoT*-un istifadəsinin böyük fayda gətirəcəyi tibbi sferalardan biri də dərman terapiyasıdır. Artıq bu gün dərman vasitələrinin qəbulunun monitorinqinin effektivliyi üçün həblərə quraşdırılmış ikroötürücülər özlərini təsdiqləmişlər, onlar dərman qəbulunu, bunun təyin olunmuş qrafikə uyğunluğunu izləməyə kömək edirlər. Belə implantlar həm pasiyentin smartfonuna, həm də müalicə edən həkimə "birbaşa qoşula" bilirlər. Hazırda bazarda dərmanların düzgün istifadəsinə nəzarət edən və onların müntəzəm qəbulu ilə bağlı xatırlatmalar edən qurğular geniş yayılıb [3].

Ədəbiyyat

1. McKinsey & Company, "mHealth: A new vision for healthcare", 2010, <http://www.mckinsey.com/mHealth&l=Insights%20%26%20Publications> 2010
2. Kortuem G., Kawsar F., Fitton D., Sundramoorthy V. Smart objects as building blocks for the Internet of Things // IEEE Internet Computing, 2010, vol.14, no.1, pp.44–51.
3. Zhang G., Li C., Zhang Y., Xing C., Yang J., Seman Medical: A kind of semantic medical monitoring system model based on the IoT sensors // Proc. IEEE Int. Conf. eHealth Netw., Appl. Services (Healthcom), 2012, pp.238-243.
4. Имплантируемый чип для мониторинга глюкозы и холестерина, <http://www.medbe.ru/novinki/implantiruemyy-chip-dlya-monitoringa-glyukozy-i-kholesterina>

AĞILLI KƏND TƏSƏRRÜFATI VƏ IOT TEXNOLOGİYALARI

Mirzai Nobəri Səbinə, Əsədzadə Əsəd

(Qərbi Kaspi Universiteti, Bakı, Azərbaycan)

sabinamirzaei@gmail.com, eesedzade@gmail.com.

Xülasə: Bu məqalədə müasir kənd təsərrüfatında "Əşyaların İnterneti" (*IoT*) texnologiyalarının rolu və bu yanaşmanın aqrar istehsalın səmərəliliyinə təsiri araşdırılır. *IoT* sistemlərinin tətbiqi fermerlərə torpaq, hava şəraiti və məhsul vəziyyəti barədə real vaxtda məlumat əldə etməyə imkan verir. Bu, həm resursların optimal istifadəsini, həm də məhsuldarlığın artımını təmin edir. Bununla yanaşı, ağıllı kənd təsərrüfatı modelləri ətraf mühitin qorunmasına və dayanıqlı inkişaf məqsədlərinə nail olunmasına mühüm töhfə verir. Məqalədə həmçinin bu texnologiyaların perspektivləri və gələcək inkişaf istiqamətləri haqqında fikirlər təqdim olunur.

Açar sözlər: *ağıllı kənd təsərrüfatı, IoT, sensor texnologiyaları, aqrar sektor, məlumat analizi, davamlı inkişaf.*

Giriş

Son illərdə kənd təsərrüfatı sektoru texnoloji yeniliklərin təsiri altında ciddi transformasiyaya məruz qalmışdır [1]. Bu yeniliklər içərisində ən diqqətəlayiq istiqamətlərdən biri “Əşyaların İnterneti” (IoT) texnologiyalarının kənd təsərrüfatına tətbiqidir. IoT əsaslı sistemlər vasitəsilə fermerlər torpaq və hava şəraiti, suvarma prosesi və məhsul vəziyyəti haqqında real vaxt rejimində məlumat toplaya bilir. Beləliklə, qərarvermə prosesi daha dəqiq və səmərəli olur.

Ənənəvi kənd təsərrüfatı metodları ilə müqayisədə ağıllı sistemlər resursların istifadəsini optimallaşdırır, itkiləri azaldır və məhsuldarlığı artırır. Məsələn, torpaq rütubətinin avtomatik monitorinqi və suvarma sistemlərinin sensor məlumatlarına əsasən idarə olunması həm suya qənaət edir, həm də ekoloji sabitliyə müsbət təsir göstərir.

Bu kontekstdə ağıllı kənd təsərrüfatı konsepsiyası yalnız istehsal proseslərinin modernləşdirilməsi deyil, həm də kənd təsərrüfatının rəqəmsal inkişaf mərhələsinə keçidini ifadə edir. Bu yanaşma aqrar sektorun dayanıqlılığını artırmaqla yanaşı, gələcəkdə ərzaq təhlükəsizliyinin təmin edilməsində də mühüm rol oynayacaq.

Əsas hissə

IoT texnologiyalarının kənd təsərrüfatında tətbiqi bir-biri ilə əlaqəli bir neçə əsas komponent üzərində qurulur [2]. Bu komponentlərə torpağın nəmlik səviyyəsini ölçən sensorlar, hava şəraitini izləyən monitorinq sistemləri, avtomatlaşdırılmış suvarma qurğuları və GPS əsaslı nəzarət vasitələri daxildir. Bu sistemlər arasında məlumat mübadiləsi bulud texnologiyaları vasitəsilə həyata keçirilir və nəticədə təsərrüfat proseslərinin idarə olunması daha çevik və səmərəli olur.

Sensorlar torpaqda quraşdırılaraq nəmlik səviyyəsini davamlı şəkildə ölçür və əldə edilən nəticələrə əsasən suvarma sistemləri avtomatik tənzimlənilir. Bu üsul həm su israfının qarşısını alır, həm də məhsulun keyfiyyətini və həcmi artırır. Ənənəvi suvarma metodları ilə müqayisədə IoT əsaslı sistemlər 30–40 faizədək suya qənaət etməyə imkan verir ki, bu da iqlim dəyişikliklərinin təsirlərinin azaldılmasında mühüm amil hesab olunur [2].

Toplanan məlumatlar bulud platformalarında saxlanılaraq analitik alqoritmlərlə emal edilir. Bu analizlərin nəticələrinə əsasən fermerlər gələcək məhsul planlaşdırmasını daha dəqiq qura bilir, iqlim dəyişkənlikləri və quraqlıq kimi riskləri əvvəlcədən proqnozlaşdıraraq tədbirlər görə bilirlər. Beləliklə, qərarvermə

prosesi daha elmi əsaslara söykənir və istehsalın sabitliyi təmin olunur.

IoT texnologiyaları həmçinin kənd təsərrüfatında rəqəmsal transformasiyanın əsas istiqamətlərindən birinə çevrilmişdir [3]. Bu transformasiya nəticəsində aqrar idarəetmə sistemləri daha çevik və səmərəli işləyir. Eyni zamanda, gənc mütəxəssislər üçün yeni peşə imkanları yaranır, çünki bu sistemlər süni intellekt və böyük verilənlər texnologiyaları ilə birləşdirildikdə tam avtomatlaşdırılmış idarəetmə modellərinə çevrilə bilər.

Lakin bu texnologiyaların uğurlu tətbiqi üçün uyğun infrastrukturun mövcudluğu vacibdir. İnkişaf etmiş ölkələrdə IoT əsaslı kənd təsərrüfatı sistemləri artıq geniş yayılıb, lakin inkişaf etməkdə olan dövlətlərdə bu istiqamətdə əlavə sərmayə və texniki dəstəyə ehtiyac duyulur. Həmçinin, fermerlərin bu texnologiyalardan effektiv şəkildə yararlanma bilməsi üçün təlim proqramlarının təşkili xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Nəticə

Yekun olaraq qeyd etmək olar ki, IoT texnologiyalarının kənd təsərrüfatında tətbiqi bu sahənin inkişafında mühüm mərhələ hesab olunur. Bu texnologiyalar fermerlərə resurslardan daha qənaətlə istifadə etməyə, məhsuldarlığı artırmağa və idarəetmə proseslərini asanlaşdırmağa imkan verir [1][3]. Sensor sistemləri və analitik platformalar vasitəsilə əldə edilən real vaxt məlumatları sayəsində kənd təsərrüfatı fəaliyyətləri daha planlı və davamlı şəkildə həyata keçirilir.

IoT texnologiyalarının geniş tətbiqi həm iqtisadi, həm də ekoloji baxımdan dayanıqlı inkişafın əsas şərtlərindən biridir. Bu yanaşma su, enerji və torpaq kimi resursların qorunmasına, eyni zamanda məhsul itkilərinin azalmasına şərait yaradır. Gələcəkdə bu sistemlərin süni intellekt və böyük verilənlər analitikası ilə integrasiyası kənd təsərrüfatında tam avtomatlaşdırılmış idarəetmə modellərinin formalaşmasına gətirib çıxaracaq [3].

Beləliklə, IoT texnologiyalarının kənd təsərrüfatına tətbiqi yalnız istehsalın səmərəliliyini artırmaqla məhdudlaşmır, həm də global ərzaq təhlükəsizliyinin təmin edilməsinə mühüm töhfə verir. Bu istiqamətdə düzgün strategiyalar və texnoloji investisiyalar sayəsində aqrar sektorun gələcəkdə daha rəqabətə davamlı və innovativ bir sahəyə çevriləcəyi gözlənilir.

Ədəbiyyat

1. Həsənov, R. (2024). Ağıllı kənd təsərrüfatı sistemləri və yeni texnologiyalar. Bakı: Elm və İnnovasiya Nəşriyyatı.
2. Abbaslı, S. (2023). IoT tətbiqlərinin aqrar sektorda rolu. Aqrar Tədqiqatlar Jurnalı, 15(2), 44–52.
3. Smith, J., & Roberts, K. (2022). Smart Agriculture through IoT Integration. Springer Nature, Berlin.

MALİYYƏ ƏMƏLİYYATLARINDA DƏLƏDUZLUĞUN AŞKAR EDİLMƏSİ – MAŞIN ÖYRƏNMƏSİ YANAŞMASI

Mirzai Nəbəri Səbinə, Əzizova Səbinə

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

sabinamirzaei@gmail.com, sabinaazizova2000@mail.ru

Xülasə: *Bu məqalə maliyyə əməliyyatlarında dələduzluğun aşkar edilməsində maşın öyrənməsi texnologiyalarının tətbiqini araşdırır. Rəqəmsal ödənişlərin artması ilə bank və maliyyə sistemlərində saxtakarlıq halları da çoxalıb. Ənənəvi üsullar bu cür dələduzluqları vaxtında aşkarlamaqda kifayət qədər effektiv deyil. Tədqiqatda əsas məqsəd – məlumatların balanssız olduğu real şəraitdə saxta əməliyyatları avtomatik şəkildə tanıya bilən model qurmaqdır.*

Açar sözlər: *SMOTE texnikası, Autoencoder, Isolation Forest, GAN əsaslı oversampling metodları, “Kaggle” platforması*

Tədqiqatda iki əsas alqoritmdən – Isolation Forest və Autoencoder – istifadə olunmuşdur. Hər iki model anomaliya aşkarlama prinsipi ilə işləyir və əvvəlcədən etiketlenmiş məlumatlara ehtiyac duymur. Məlumatların balanssızlığı problemini aradan qaldırmaq üçün SMOTE texnikası tətbiq edilmişdir. Bu üsul süni nümunələr yaradaraq modelin öyrənmə qabiliyyətini artırır.

Son illərdə rəqəmsal ödəniş sistemlərinin genişlənməsi ilə saxtakarlıq halları daha da artmışdır. Kredit kartı əməliyyatları, onlayn alış-veriş və mobil bankçılıq kimi xidmətlər həm rahatlıq, həm də yeni təhlükə mənbələridir. Dələduzluğun vaxtında aşkarlanması həm müştərinin, həm də maliyyə təşkilatlarının etibarını qorumaq üçün vacibdir. Lakin real məlumatlarda saxta əməliyyatların sayı çox az olduğuna görə, adi alqoritmlər onları tapmaqda çətinlik çəkir. Bu səbəbdən balanssız məlumat problemi maşın öyrənməsində əsas çətinliklərdən biridir.

Əvvəlki tədqiqatlarda nəzarətli öyrənmə modelləri (məsələn, Logistic Regression və Random Forest) geniş istifadə olunsa da, bu yanaşmalar çox vaxt etiketlenmiş və balanslı məlumat tələb edir. Bu məqalədə isə nəzarətsiz öyrənməyə əsaslanan hibrid yanaşma təklif olunur.

Məqsəd – saxtakarlıqları insan müdaxiləsi olmadan, məlumatların təbii quruluşundan öyrənməklə tapmaqdır.

Araşdırmada istifadə olunan məlumat bazası “Kaggle” platformasında yerləşən real kredit kartı əməliyyatları toplusudur. Bu topluda 284,807 əməliyyat qeydi var, onlardan yalnız 492-si saxta kimi etiketlenmişdir. Bu, təxminən 0.17% nisbətində balanssızlıq deməkdir. İlkin mərhələdə məlumatların təmizlənməsi, təkrarlanan sətirlərin silinməsi və normalizasiya prosesi aparılmışdır [2].

Daha sonra SMOTE (Synthetic Minority Oversampling Technique) metodu tətbiq olunmuşdur. Bu metod azlıqda olan sinif üçün yeni nümunələr yaradır və məlumatların paylanmasını tarazlaşdırır. Ardınca iki alqoritm – Isolation Forest və Autoencoder – modelin əsas hissəsini təşkil etmişdir. Isolation Forest qərar ağaclarından istifadə edərək anomaliyalı təcrid edir. Autoencoder isə neyron şəbəkəsi vasitəsilə normal əməliyyatları bərpa etməyi öyrənir və uyğunsuz nümunələri saxta kimi tanıyır.

Model həm SMOTE tətbiq olunmadan, həm də SMOTE ilə birlikdə sınaqdan keçirilmişdir. Qiymətləndirmə meyarları kimi Precision, Recall, F1-score və AUC istifadə edilmişdir. Nəticələr göstərmişdir ki, SMOTE tətbiqi modelin real saxtakarlıqları aşkar etmə qabiliyyətini artırmışdır. Məsələn, Isolation Forest üçün dəqiqlik 0.62-dən 0.75-ə, Recall isə 0.54-dən 0.72-yə yüksəlmişdir [1].

Autoencoder modeli daha yaxşı nəticələr göstərmişdir – Precision 0.80, Recall 0.77, AUC isə 0.88 olmuşdur. Bu, dinamik hədd (threshold) mexanizminin istifadəsi sayəsində mümkün olmuşdur. Bu üsul modelin müxtəlif saxta tiplərinə uyğunlaşmasını təmin edir və yanlış siqnalların sayını azaldır. Ümumilikdə, təklif olunan yanaşma real maliyyə sistemlərində tətbiq üçün əlverişli və effektiv hesab edilir.

Nəticə olaraq, bu tədqiqat göstərir ki, nəzarətsiz öyrənmə modellərini süni məlumat artırma metodları ilə birləşdirmək dələduzluğun aşkarlanması sistemlərini əhəmiyyətli dərəcədə təkmilləşdirir. SMOTE kimi balanslaşdırma texnikaları modellərin xatırlama qabiliyyətini artırır, Autoencoder isə anomaliyalı daha düzgün müəyyənləşdirir.

Bu yanaşma həm də hesablama baxımından səmərəlidir və böyük həcmli maliyyə məlumatlarında uğurla tətbiq oluna bilər.

Gələcək işlərdə aşağıdakı istiqamətlər üzrə araşdırmalar aparmaq məqsəduyğun sayılır:

- Yarı nəzarətli modellərin (semi-supervised learning) tətbiqi;
- GAN əsaslı oversampling metodlarının sınaqdan keçirilməsi;
- Zaman sıralı modellərin (LSTM, Transformer) istifadəsi;
- İzah edilə bilən süni intellekt (XAI) və blockchain texnologiyalarının inteqrasiyası.

Bu inkişafın maliyyə sistemlərində etimadı və təhlükəsizliyi artırmağa kömək edəcəkdir.

Ədəbiyyat

1. Xiyuan Ma, Desheng Wu - Financial Fraud Detection Using Machine Learning. 2025, 210 s.
2. Ashish Ranjan Jha - Fight Fraud with Machine Learning. 2024, 387 s.

AĞILLI EV SİSTEMLƏRİNDƏ IOT TEXNOLOGİYALARININ TƏTBİQİ

Mirzai Nobəri Səbinə, Hüseynov Ayhan

(Qərbi Kaspi Universiteti, Bakı, Azərbaycan)

sabinamirzaei@gmail.com , ayhanhuseynov50@gmail.com

Xülasə: *Müasir dövrdə texnologiyanın inkişafı insan həyatının bütün sahələrinə təsir göstərir. Bu inkişafın əsas istiqamətlərindən biri Əşyaların İnterneti (Internet of Things – IoT) texnologiyasıdır. IoT, müxtəlif cihazların və obyektlərin internet üzərindən bir-biri ilə əlaqə quraraq məlumat mübadiləsi aparmasını təmin edən sistemdir. Bu texnologiyanın ən geniş tətbiq sahələrindən biri isə ağıllı ev sistemləridir. Ağıllı evlər, fərdi yaşayış məkanlarında rahatlıq, təhlükəsizlik və enerji səmərəliliyini artırmaq məqsədilə IoT texnologiyalarını istifadə edən müasir konsepsiyadır. Bu məqalədə ağıllı ev sistemlərinin iş prinsipləri, texnoloji komponentləri, tətbiq sahələri, üstünlükləri və mövcud problemləri araşdırılır.*

Açar sözlər: *əşyaların interneti, ağıllı ev sistemləri, avtomatlaşdırma, enerji səmərəliliyi, təhlükəsizlik sistemləri*

1. Giriş

IoT anlayışı ilk dəfə 1999-cu ildə Kevin Ashton tərəfindən irəli sürülmüş və fiziki obyektlərin internet vasitəsilə bir-biri ilə əlaqəsini təmin edən texnologiya kimi təqdim olunmuşdur [2]. IoT cihazları məlumat toplayaraq digər cihazlarla interaktiv işləyir; evdəki sensorlar, işıqlandırma sistemləri, təhlükəsizlik kameraları və smart kilidlər bir-biri ilə əlaqəlidir [5]. Sistemlər həm rahatlıq, həm də enerji səmərəliliyi və təhlükəsizlik təmin edir [5]. Avtomatlaşdırılmış idarəetmə elektrik və istilik enerjisinə qənaət edir, yaşlı və fiziki məhdudiyyətli şəxslər isə evdə müstəqil və təhlükəsiz yaşaya bilir [1].

2. Ağıllı ev sistemlərinin texnoloji komponentləri

Ağıllı ev sistemləri bir neçə əsas komponentdən ibarətdir və bunlar sinxron işləyərək evdəki proseslərin avtomatik və uzaqdan idarəsini təmin edir [5].

2.1 Sensorlar: Temperatur, işıq, hərəkət və digər parametrləri izləyir və məlumatları mərkəzi idarəetməyə ötürür [3].

2.2 Aktuatorlar: Sensor məlumatlarına əsaslanaraq əməliyyatları yerinə yetirir; məsələn, kondisioneri işə salır və pəncərə/kapı kilidlərini idarə edir [1].

2.3 Gateway/Hub: Bütün cihazları birləşdirir, fərqli istehsalçıların sistemlərinin sinxron işləməsini və uzaqdan idarəni təmin edir [6].

3. Ağıllı ev sistemlərində IoT-un tətbiq sahələri

Ağıllı evlərdə IoT texnologiyasının tətbiqi çoxşaxəlidir və gündəlik həyatın müxtəlif aspektlərini əhatə edir [5].

3.1 İşıqlandırma Sistemləri: İşıq sensorları və hərəkət detektorları otaqda insan olmadıqda işıqları avtomatik söndürür və enerji sərfiyyatını azaldır [1].

3.2 Təhlükəsizlik Sistemləri: Hərəkət sensorları, IP kameralar və ağıllı kilidlər real vaxtda məlumat göndərir, icazəsiz girişlərin qarşısını alır [2].

3.3 Enerji İdarəetməsi: Evdəki cihazların enerji sərfiyyatı izlənilir və səmərəli paylanması təmin olunur [5].

4. Mövcud problemlər

Ağıllı ev sistemlərinin inkişafı ilə yanaşı bir sıra problemlər mövcuddur.

4.1 Məxfilik və təhlükəsizlik: IoT cihazları istifadəçinin evdəki mövqeyi, enerji sərfiyyatı və davranış nümunələri kimi şəxsi məlumatları toplayır. Bu məlumatların qorunmaması kiberhücum və sızıntılara yol açə bilər, istifadəçilərin məxfiliyinə ciddi təhdid yaradır [2],[1].

4.2 Uyğunluq və inteqrasiya: Müxtəlif istehsalçıların cihazlarının uyğun gəlməməsi sistemlərin inteqrasiyasını çətinləşdirir və istifadəçinin rahat idarəsini məhdudlaşdırır [6].

4.3 Yüksək ilkin xərc: Ağıllı ev sistemlərinin quraşdırılması bəzi regionlarda hələ də bahalıdır, bu da texnologiyanın geniş yayılmasını ləngidir [3].

5. Gələcək perspektivlər

Ağıllı ev sistemlərinin gələcəyi süni intellekt (AI) və 5G texnologiyalarının inkişafı ilə daha da genişlənəcək [6]. 5G cihazlar arasında məlumat ötürülməsini sürətləndirəcək və gecikməni minimuma endirəcək. Süni intellekt istifadəçinin gündəlik davranışlarını öyrənərək evdəki cihazları avtomatik tənzimləyəcək, məsələn, smart thermostat optimal temperaturu təmin edəcək [3]. Bulud texnologiyaları ilə məlumatların analizi real vaxtda aparılacaq və bütün sistemlər mərkəzləşdirilmiş şəkildə idarə olunacaq [2]. Alimlərin proqnozuna görə, [2] 2030-cu ilə qədər dünya üzrə 1 milyarddan çox ağıllı ev cihazı aktiv şəkildə istifadə ediləcək və sistemlər insanların həyat tərzini daha da dəyişdirəcək [5].

Ədəbiyyat

1. Gaur, A., Scotney, B., Parr, G., & McClean, S. (2021). *Smart Home Technologies for Health and Energy Management: A Review*. *Sensors*, 21(23), 8128.
2. Lee, I., & Lee, K. (2015). *The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises*. *Business Horizons*, 58(4), 431–440.
3. Alaa, M., Zaidan, B. B., Zaidan, A. A., Talal, M., & Kiah, M. L. M. (2017). *A review of smart home applications based on Internet of Things*. *Journal of Network and Computer Applications*, 97, 48–65.
4. MDPI (2022). *IoT Smart Home Sensor Systems Overview*.
5. PMC9667851 (2022). *Usage and impact of the Internet-of-Things-based smart home technology (IoT-SHT)*.
6. Arrow.com (2024). *Application of the Internet of Things in Smart Homes*.

İNTERNET ƏŞYALARI TEXNOLOGİYASININ HAVA NƏZARƏTİNDƏ ROLU

Mirzai Nobari Sabina, Məmmədov Amil

(Qərbi Kaspi Universiteti, Bakı, Azərbaycan)

sabinamirzaei@gmail.com, memmedovamil045@gmail.com

Xülasə: *Bu məqalədə İnternet Əşyaları texnologiyasının hava nəzarətindəki rolunu və bu sahədəki müasir tətbiqləri araşdırdım. Məqalədə IoT əsaslı hava nəzarət sistemlərinin quruluşu, sensor şəbəkələrinin süni intellekt modelləri ilə integrasiyası, real vaxtda məlumatların işlənməsi, proqnozlaşdırma və anomalionaların aşkarlanması kimi aspektlər müzakirə olunur. Məqsədim IoT texnologiyasının hava nəzarətində necə effektiv istifadə edildiyini göstərmək, hava keyfiyyətinin monitorinqi, hava proqnozu və adaptiv nəzarət sistemlərindəki yenilikləri vurğulamaqdır.*

Açar sözlər: *İnternet Əşyaları texnologiyasının, hava nəzarəti, hava stansiyaları, real vaxt məlumatları, hava proqnozu*

GİRİŞ

İnternet Əşyaları texnologiyası, cihazların bir-biri ilə əlaqə quraraq məlumat mübadiləsi etməsini təmin edir. Bu texnologiya, hava nəzarəti sahəsində də geniş tətbiq tapır[1]. IoT əsaslı hava nəzarət sistemləri, müxtəlif sensorlar vasitəsilə ətraf mühit məlumatlarını toplayaraq, bu məlumatları real vaxtda analiz edir və istifadəçilərə təqdim edir[2]. Bu yanaşma, ənənəvi hava stansiyalarına nisbətən daha çevik və effektiv həllər təqdim edir.[1]

İnternet əşyaları texnologiyasının hava nəzarət sistemləri

IoT əsaslı hava nəzarət sistemləri müxtəlif sensorlardan istifadə edərək hava keyfiyyətini və ətraf mühit faktorlarını ölçür[2]. Bu sensorlara temperatur, rütubət, atmosfer təzyiqi, külək sürəti və istiqaməti, yağıntı miqdarı və hava keyfiyyəti sensorları daxildir. Toplanmış məlumatlar mikrokontrollerlər vasitəsilə emal olunur və simsiz rabitə ilə bulud serverlərinə ötürülür. Bu məlumatlar orada saxlanılır, analiz edilir və istifadəçilərə təqdim olunur[1].

Tətbiq sahələri

Kənd Təsərrüfatı

Kənd təsərrüfatında IoT əsaslı hava nəzarət sistemləri torpağın rütubətini, temperaturu və yağıntı miqdarını ölçərək suvarma prosesini optimallaşdırmağa kömək edir. Bu üsul su sərfiyyatını azaldır və məhsuldarlığı artırır. Məsələn, Myanma ərazisində tətbiq olunan bir sistem fermerlərə həftəlik hava proqnozları təqdim edir və əhəmiyyətli hava dəyişiklikləri barədə dərhal xəbərdarlıqlar göndərir [3].

Şəhər İdarəçiliyi

Şəhər ərazilərində IoT əsaslı hava nəzarət sistemləri hava keyfiyyətini izləyir və çirklənmə səviyyələrini ölçür. Onlar həmçinin ətraf mühitin mühafizəsini dəstəkləyir. Bu sistemlər şəhər planlaşdırılmasında mühüm rol oynayır. Məsələn, Hindistanın Kochi şəhərində sənaye zonalarında toksik qaz sızmalarını real vaxtda izləmək üçün avtomatik hava stansiyaları quraşdırılmışdır [4].

Fəlakət İdarəçiliyi

Fəlakətlər zamanı IoT əsaslı hava nəzarət sistemləri, erkən xəbərdarlıq sistemləri kimi fəaliyyət göstərərək, sel, tufan və digər təbii fəlakətlərin qarşısını almağa kömək edir. Bu sistemlər, real vaxt məlumatları ilə təcili xidmətlərin effektivliyini artırır. Məsələn, Myanma ərazisində tətbiq olunan bir sistem, kənd yerlərindəki fermerlərə daşqın riskləri barədə xəbərdarlıqlar göndərir [3].

Üstünlükləri

IoT əsaslı hava nəzarət sistemlərinin bir sıra mühüm üstünlükləri vardır. Əvvəla, bu sistemlər real vaxt rejimində hava məlumatlarını təqdim edərək istifadəçilərə ətraf mühitdə baş verən dəyişikliklər haqqında dərhal məlumat alma imkanı yaradır[1]. Bu xüsusiyyət hava şəraitindəki dəyişikliklərə çevik reaksiya verməyə və daha səmərəli qərarların qəbuluna şərait yaradır. Bundan əlavə, IoT texnologiyaları uzaqdan nəzarət və idarəetmə imkanı təmin edir ki, bu da istifadəçilərə məlumatları fiziki olaraq həmin yerdə olmadan izləmək və idarə etmək imkanı verir[2]. Digər mühüm üstünlük isə ətraf mühitin qorunması ilə bağlıdır. Havanın keyfiyyətinin davamlı monitorinqi çirklənmə səviyyələrinin müəyyən edilməsinə kömək edir və bunun nəticəsində çirklənmənin azaldılması və davamlı ekosistem idarəçiliyinin təşviqi istiqamətində tədbirlərin görülməsi asanlaşır[4].

Çətinliklər və Məhdudiyyətlər

IoT əsaslı hava nəzarət sistemlərinin bir çox üstünlüklərinə baxmayaraq, bəzi çətinliklər hələ də qalmaqdadır. Məsələn, sensorların dəqiqliyi, məlumatların təhlükəsizliyi və sistemlərin enerji səmərəliliyi kimi məsələlər tam həllini tapmamışdır. [5].

Gələcək Perspektivlər

Gələcəkdə IoT əsaslı hava nəzarət sistemlərinin daha da təkmilləşdirilməsi və daha geniş sahələrdə tətbiq olunması gözlənilir. Süni intellekt və maşın öyrənməsi texnologiyalarının inteqrasiyası bu sistemlərin dəqiqliyini, səmərəliliyini və məlumatların analiz imkanlarını əhəmiyyətli dərəcədə artıracaq[5]. Bu texnologiyalar hava şəraitindəki dəyişikliklərin daha dəqiq proqnozlaşdırılmasına, mümkün fəlakətlər barədə erkən xəbərdarlıqların verilməsinə və qərar

qəbuletmə prosesinin sadələşdirilməsinə imkan yaradacaq[3]. Nəticə etibarilə, bu yeniliklər hava nəzarətinin keyfiyyətini yüksəldəcək, resursların idarə edilməsini təkmilləşdirəcək və ətraf mühitin qorunmasına mühüm töhfə verəcəkdir [6].

Ədəbiyyat

1. Y.L.Zhao, J.Tang, H.P.Huang, Z. Wang, T. L. Chen, C. W. Chiang, P. C. Chiang, *Development of IoT Technologies for Air Pollution Prevention and Improvement, Aerosol and Air Quality Research*, Vol. 20, 2874–2888, 2020. [Aerosol and Air Quality Research](#)
2. "Advancements in air quality monitoring: a systematic review of IoT-based air quality monitoring and AI technologies," *Artificial Intelligence Review*, 2025. [SpringerLink](#)
3. "Data Quality in IoT-Based Air Quality Monitoring Systems: a Systematic Mapping Study," *Water, Air, & Soil Pollution*, 2023. [SpringerLink](#)
4. I. R. Shaikh, S. Tankkar, "IoT Based Air Quality Monitoring with Multi-Model Analysis using Machine Learning Algorithms," *IJRESM*, Vol. 4, No. 11, 2021. [journal.ijresm.com](#)
5. "The Development of an IoT-Based Air Quality Monitoring System Using the Blynk Application," *Journal of Computing Research and Innovation*, 2024. [icrinn.com](#)
6. "Development of IoT Weather Monitoring System," *Journal of Engineering Technology*, 2022. [ejournal.unikl.edu.my](#)

AĞILLI ŞƏHƏRLƏR: RƏQƏMSAL TRANSFORMASIYA ƏSRİNDƏ KRİTİK İNFRASTRUKTURUN QORUNMASI

Mirzai Nobəri Səbinə, Ağa Nicat

(Qərbi Kəspı Universiteti, Bakı, Azərbaycan)

sabinamirzaei@gmail.com, nicataga20@gmail.com

Xülasə: Ağıllı şəhərlər şəhər infrastrukturunun səmərəliliyini, dayanıqlılığını və və-təndəşlərin həyat keyfiyyətini yüksəltmək məqsədilə bir-biri ilə əlaqəli rəqəmsal texnologiyalardan geniş şəkildə istifadə edir. Lakin məlumatlara əsaslanan bu sistemlərə artan etibar, elektrik və su təchizatı şəbəkələri, nəqliyyat sistemləri və səhiyyə müəssisələri kimi kritik infrastrukturuları kiber, fiziki və əməliyyat risklərinə daha açıq vəziyyətə gətirir. Bu tədqiqat ağıllı şəhər infrastrukturunun qarşılaşdığı əsas zəiflikləri araşdırır, xüsusilə kibertəhlükəsizlik təhdidlərinə, məlumatların bütövlüyünə və sistemlərin davamlı işləkliyinə diqqət yetirir. Həmçinin çoxsəviyyəli təhlükəsizlik arxitekturaları, risklərin qiymətləndirilməsi modelləri və dövlət-özəl əməkdaşlığı kimi müasir qoruma yanaşmalarını və çərçivələrini qiymətləndirir. Sonda tədqiqat, gələcəkdə ağıllı şəhərlərin təhlükəsiz, dayanıqlı və davamlı inkişafını təmin etməyə yönəlmiş tövsiyələrlə nəticələnir.

Açar sözlər: Ağıllı şəhərlər, kritik infrastruktur, kibertəhlükəsizlik, IoT təhlükəsizliyi, infrastrukturun qorunması

Giriş

Ağıllı şəhərlər konsepsiyası, xidmətlərin göstərilməsi, resursların idarə olunması və vətəndaş iştirakının gücləndirilməsi məqsədilə informasiya və kommunikasiya texnologiyalarının (İKT) integrasiyasına əsaslanan şəhər inkişafında inqilabi bir mərhələni təmsil edir. Ağıllı şəhərin əsas komponentlərinə ağıllı nəqliyyat sistemləri, ağıllı enerji şəbəkələri, əlaqələndirilmiş səhiyyə sistemləri, avtomatlaşdırılmış tullantı idarəetməsi və real vaxt rejimində fəaliyyət göstərən idarəetmə platformaları daxildir [2].

Bu sistemlər şəhər idarəçiliyində səmərəliliyi və şəffaflığı artırsa da, eyni zamanda ciddi təhlükəsizlik çağırışları ilə də üz-üzədir. Cəmiyyətin davamlı fəaliyyəti üçün həyati əhəmiyyət kəsb edən kritik infrastruktur — Əşyaların İnterneti (IoT) cihazları, bulud texnologiyaları və süni intellekt əsaslı platformalar vasitəsilə — getdikcə bir-biri ilə daha sıx əlaqələnir. Bu sistemlərdən hər hansı birində yaranan nasazlıq və ya pozuntu, şəhər miqyasında elektrik enerjisinin kəsilməsi, nəqliyyatın iflic olması və fəvqəladə hallara cavab xidmətlərinin zəifləməsi kimi ciddi və dağıdıcı nəticələrə yol açə bilər [5].

Ağıllı Şəhər İnfrastrukturuna Əsas Təhdidlər

- **Kibertəhlükəsizlik təhdidləri:** Zərərli proqram təminatları, DDoS hücumları, ransomware və şəhər sistemlərini hədəf alan məlumat sızmaları kimi hadisələr ağıllı şəhərlərin fəaliyyətinə ciddi təhlükə yaradır.
- **IoT zəiflikləri:** Yetərinçə qorunmayan ağıllı sensorlar və cihazlar hücumçular üçün potensial giriş nöqtələri formalaşdırır və sistemin bütövlüyünü poza bilər.
- **Fiziki təhdidlər:** Şəbəkə mərkəzlərinə, sensorlara və idarəetmə sistemlərinə yönəlmiş təxribat və ya icazəsiz fiziki müdaxilələr infrastrukturun işini dayandıra bilər.
- **Məlumatların bütövlüyü riskləri:** Sensorlardan toplanan məlumatların manipulyasiyası avtomatlaşdırılmış qərar qəbulətmə proseslərini yanlış istiqamətə yönəldə və sistem etibarlılığını zəiflədə bilər. [1], [4], [6]

Kritik İnfrastrukturun Qorunması Strategiyaları

- **Çoxqatlı kibertəhlükəsizlik:** Firewall-lar, müdaxilənin aşkarlanması sistemləri və şəbəkə segmentasiyası kimi tədbirləri əhatə edən dərin müdafiə strategiyalarının tətbiqi, potensial hücumların qarşısını almaqda mühüm rol oynayır.
- **Şifrələmə və identifikasiya:** Sistemlər arasında məlumat ötürülməsi və rabitə proseslərində etibarlılığı təmin etmək üçün güclü şifrələmə və identifikasiya mexanizmlərinin istifadəsi vacibdir.
- **Daimi audit və penetrasiya testləri:** İnfrastrukturun zəif tərəflərini vaxtında aşkarlamaq və təhlükəsizlik səviyyəsini davamlı şəkildə artırmaq üçün mütəmadi auditlər və sınaq hücumları həyata keçirilməlidir. [7], [8], [10]

Praktiki tədqiqatlar

- **Atlanta Ransomware Hücumu (2018):** Bu hadisə nəticəsində şəhərin bir sıra bələdiyyə xidmətləri bir neçə gün ərzində fəaliyyətini dayandırdı və rəqəmsal infrastrukturun nə dərəcədə asılı vəziyyətdə olduğunu göstərdi.
- **Ukrayna Elektrik Şəbəkəsinə Hücüm (2015):** Bu hücum ağıllı enerji şəbəkələrinin potensial zəifliklərini üzə çıxararaq, kiberfiziki sistemlərin real təhlükələrə qarşı nə qədər həssas olduğunu nümayiş etdirdi. [3]

Nəticə

Ağıllı şəhərlər şəhər həyatının gələcəyini formalaşdırır, lakin onların uğuru əsas infrastruktur sistemlərinin təhlükəsizliyi və dayanıqlığına birbaşa bağlıdır. Kibertəhlükəsizliyi infrastrukturun dizaynı və idarə olunması proseslərinə integrasiya etməklə, şəhərlər yalnız potensial təhdidlərdən qoruna bilməz, həm də vətəndaşlar arasında etibar yarada bilər. Hökumətlər rəqəmsal şəhər mühitində həm təhlükəsizliyi, həm də funksionallığı qorumaq üçün proaktiv yanaşmalar tətbiq etməli, təhlükəsizlik standartlarına riayət etməli və innovativ həllərin inkişafını dəstəkləməlidir [9].

Ədəbiyyat

- [1] Kalinin, A., et al. (2025) "Securing the smart city: A review of cybersecurity challenges and strategies." *Open Access Research Journal of Multidisciplinary Studies*, 7(1): 94–101. [ResearchGate](#)
- [2] Keating, L. (2025) "Cybersecurity challenges in smart city infrastructure." *International Research Journal of Modern Engineering and Technology Studies*, 1(1): 1–8. [ResearchGate](#)
- [3] Betancur-López, A. F. (2025) "Securing IoT devices in smart cities: A review of proposed solutions." *arXiv:2510.01445*. [arXiv](#)
- [4] Ishak, K. K. (2024) "Smart Cities' Cybersecurity and IoT: Challenges and Future Research Directions." *International Journal of Computer Science*, 51(7): 1–8. [iaeng.org](#)
- [5] Zaman, M. (2024) "A Review of IoT-Based Smart City Development and Applications." *MDPI Sensors*, 7(3): 61–72. [MDPI](#)
- [6] Radoglou-Grammatikis, P., et al. (2021) "Cybersecurity challenges in smart cities: A survey." *Future Generation Computer Systems*, 115: 1–16. [ResearchGate](#)
- [7] Houichi, M. (2024) "Cyber Security within Smart Cities: A Comprehensive Review." *ScienceDirect*, 154(4): 1–15. [ScienceDirect](#)
- [8] Kim, K. (2023) "Cybersecurity and Cyber Forensics for Smart Cities." *National Center for Biotechnology Information*. [PMC](#)
- [9] Ali, M. (2023) "Integration of Data Driven Technologies in Smart Grids for Resilient and Sustainable Smart Cities: A Comprehensive Review." *arXiv:2301.08814*. [arXiv](#)
- [10] Admass, W. S. (2024) "Cyber security: State of the art, challenges and future directions." *ScienceDirect*, 277: 1–15.

FEDERATİV MAŞIN ÖYRƏNMƏNİN IOT SİSTEMLƏRİNDƏ PERFORMANS PROBLEMLƏRİ

Mirzai Nobəri Səbinə, Osmanov Nurlan

(Qərbi Kaspi Universiteti, Bakı, Azərbaycan)

sabinamirzaei@gmail.com , nurlan.osmanov0408@gmail.com

Xülasə: *İnternet Əşyalarının (İnternet of Things - IoT) sürətli inkişafı ilə yüzrlərlə ağıllı cihaz internet vasitəsi ilə bir-biri ilə əlaqəyə girirək çoxlu sayda verilənlər yaradır. Bu məlumatların emalı üçün ənənəvi mərkəzləşdirilmiş maşın öyrənməsi modelləri həm məxfilik, həm də enerji səmərəliliyi baxımından yetərsiz qalır. Bu səbəbdən Federativ Maşın Öyrənməsi (Federated Machine Learning - FML) - məlumatların paylaşılmadan, birbaşa cihazlarda öyrənmə aparılmasına imkan verən yeni yanaşma ön plana çıxır. Lakin FML sistemlərinin də öz qüsurları vardır. Bu qüsurları aradan qaldırmaq üçün tədqiqatlar enerji-effektiv federativ öyrənmə, edge əsaslı sistem, adaptiv cihaz seçimi və real vaxt təhlükə aşkarlanması kimi üsullar təklif edir. Bu məqalədə IoT sistemlərində federativ maşın öyrənmənin əsas performans problemləri, onların səbəbləri, praktik həll istiqamətləri təhlil edilir. Əlavə olaraq məqalədə bu üsulların hibrid istifadəsinin mümkünlüyü də düşünülür.*

Açar sözlər: *federativ maşın öyrənmə, iot sistemləri, performans problemi, cihaz optimallaşdırılması, hibrid sistemlər.*

1. Giriş

Müasir dövrdə yüzrlərlə ağıllı cihaz internet vasitəsi ilə bir-biri ilə əlaqəyə girirək çoxlu sayda verilənlər yaradır. Bu məlumatların emalı üçün istifadə olunan mərkəzləşdirilmiş maşın öyrənməsi modelləri isə həm **məxfilik riskləri**, həm də **enerji sərfiyyatı** baxımından getdikcə səmərəsiz hala gələ bilər.

Bu problemləri aradan qaldırmaq üçün son illərdə **Federativ Maşın Öyrənməsi** konsepsiyası irəli sürülmüşdür [1]. FML məlumatları mərkəzi serverə ötürmədən, birbaşa cihazın özündə öyrənmə prosesi aparılır. Nəticədə həm **istifadəçi məlumatlarının gizliliyi qorunur**, həm də **mərkəzi sistemin yükü azalır** [2].

1.1 Federativ Öyrənmə Problemləri

FML sistemlərinin real IoT mühitlərində tətbiqi bir sıra çətinliklərlə müşahidə olunur:

- **Sistem heterogenliyi (System heterogeneity):** IoT cihazları müxtəlifliyi bu problemin əsas səbəbidir. Zəif cihazlar öyrənmə prosesini ləngidir və bu, ümumi sinxronizasiyanı çətinləşdirir. [2]
- **Məlumatların qeyri-bərabər paylanması (Non-IID data):** Hər cihazın topladığı verilən müxtəlif formaya malik ola bilər. Bu, modelin dəqiqliyinə

mənfi təsir göstərir. [2]

- **Kommunikasiya yüklənməsi (Communication overhead):** Öyrənmə dövrləri zamanı cihazlar model parametrlərini serverə göndərir, bu isə böyük şəbəkə yüklənməsinə səbəb olur. [3]
- **Enerji məhdudiyyətləri:** IoT cihazları çox vaxt batareya ilə işlədiyindən uzunmüddətli təlim prosesi enerji baxımından səmərəsiz ola bilər. [1]
- **Gecikmə və əlaqə sabitliyi:** Şəbəkə fasilələri və gecikmələr performansın aşağı düşməsinə gətirib çıxara bilər. [5]
- **Ədalətlik (Fairness):** Güclü cihazlar daha çox iştirak etdiyindən model qeyri-bərabər şəkildə öyrənilə bilər. [1]

2. Həll üsulları

Federativ maşın öyrənmənin IoT sistemlərində qarşılaşdığı performans problemlərinin azaldılması üçün müxtəlif texniki və alqoritmik yanaşmalar təklif edilmişdir. Əsas həll istiqamətləri aşağıdakılardır:

- **Edge əsaslı federativ öyrənmə (Edge-FL).** Cihazlar və mərkəzi server arasında Edge serverlər qurularaq aralıq səviyyə qurulur. Bu, həm şəbəkə yüklənməsini, həm də gecikməni azaldır, çünki məlumat ötürülməsi lokal səviyyədə həyata keçirilir. [1],[4]
- **Model optimallaşdırma üsulları tətbiqi.** Model çəkirlərinin ölçüsünü azaltmaq üçün *quantization*, *pruning* və *sparse update* üsullarından istifadə olunur. Bu üsullar ötürülən məlumat miqdarını azaldaraq enerji səmərəliliyini artırır. [1]
- **Adaptiv cihaz seçimi.** Bütün cihazların eyni vaxtda təlimdə iştirak etməsi əvəzinə, yalnız enerji baxımından uyğun və aktiv cihazlar seçilir. Bu, zəif cihazların prosesi yavaşlatmasının qarşısını alır və ədalətli resurs bölüşdürməsinə təmin edir. [1], [2]
- **Asinxron federativ öyrənmə.** Cihazların fərqli vaxtlarda parametrlər göndərməsinə imkan verən asinxron yanaşmalar sistemin davamlılığını artırır və şəbəkə fasilələrinin təsirini azaldır. [4]
- **Ağıllı enerji idarəsi.** Cihazların batareya vəziyyəti və prosessor yüklənməsi nəzərə alınaraq enerji adaptiv öyrənmə mexanizmləri tətbiq olunur. Bu, uzunmüddətli federativ öyrənmənin real IoT mühitlərində daha praktik olmasını təmin edir. [3]

Bu üsulların hibrid istifadəsi də mümkünlüyü aktualdır. Bu sistemlərin birgə istifadə FML sistemlərinin performansını yüksək şəkildə artırma bilər.

3. Nəticə

Nəticə olaraq, Federativ Maşın Öyrənməsi IoT sistemlərində məxfilik,

təhlükəsizlik və paylanmış öyrənmə baxımından böyük potensiala malik olsa da, performans problemləri hələ də ciddi araşdırma tələb edir.

Bu həll üsullarının hibrid şəkildə birbə istifadəsi mümkün araşdırma sahələrindəndir. Bu sahəsində aparılan işlər həm elmi, həm də sənaye səviyyəsində IoT sistemlərinin daha etibarlı və dayanıqlı olmasına imkan verəcəkdir.

Ədəbiyyat

1. M. Baqer, Energy-Efficient Federated Learning for Internet of Things: Leveraging In-Network Processing and Hierarchical Clustering
2. N. Albanbay, Y. Tursynbek, K. Graffi, Z. Abilkaiyr, Y. Ayapov, Federated Learning-Based Intrusion Detection in IoT Networks: Performance Evaluation and Data Scaling Study
3. M. Rahmati, Federated Learning-Driven Cybersecurity Framework for IoT Networks with Privacy Preserving and Real-Time Threat Detection Capabilities
4. H. Li, L. Ge, L. Tian, Survey: federated learning data security and privacy-preserving in edge-Internet of Things
5. Y. Alvarez, M.A. Leguizamón-Páez, T.J. Londoño, Risks and security solutions existing in the Internet of things (IoT) in relation to Big Data

AĞILLI EVLƏRDƏ ENERJİ SƏMƏRƏLİLİYİ VƏ TƏHLÜKƏSİZLİK MƏSƏLƏLƏRİ

Mirzai Nobəri Səbinə, Poladov Sadraddin

(Qərbi Kaspi Universiteti, Bakı, Azərbaycan)

sabinamirzaei@gmail.com , sedi.polad@gmail.com

Xülasə: Bu məqalədə ağıllı ev texnologiyalarında enerji səmərəliliyi və təhlükəsizlik məsələləri geniş şəkildə araşdırılır. Müasir dövrdə enerji qənaəti, informasiya təhlükəsizliyi və istifadəçi rahatlığı ağıllı ev sistemlərinin inkişafında əsas istiqamətlərdən birinə çevrilmişdir. Məqalədə yerli və global təcrübələrə əsaslanaraq, enerji sərfiyyatının azaldılması və kibertəhlükəsizliyin təmin olunması üzrə real yanaşmalar təqdim olunur.

Açar sözlər: ağıllı ev, enerji səmərəliliyi, təhlükəsizlik, avtomatlaşdırma, ekoloji dayanıqlılıq.

Giriş

Son illərdə informasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı insan həyatını daha rahat və təhlükəsiz etməyə yönəlmişdir. Bu inkişafın ən nəzərəçarpan nəticələrindən biri ağıllı ev sistemlərinin formalaşmasıdır [1]. Ağıllı ev dedikdə, müxtəlif elektron cihazların və sistemlərin bir-biri ilə əlaqəli şəkildə fəaliyyət göstərdiyi, enerjiyə qənaət və rahatlıq təmin edən yaşayış mühiti nəzərdə tutulur. Belə sistemlər evdəki istilik, işıqlandırma, təhlükəsizlik, su təchizatı və məi-

şərt avadanlıqlarını avtomatik şəkildə idarə etməyə imkan verir. Bu cür texnologiyalar artıq Bakı və digər böyük şəhərlərdə, o cümlədən yeni tikilən yaşayış komplekslərində tətbiq olunmağa başlanmışdır.

Ağıllı ev texnologiyalarının əsas məqsədlərindən biri enerjiyə qənaəti təmin etməkdir. Məsələn, ağıllı termostatlar və sensorlar vasitəsilə otaqda insan olmadıqda işıqlar avtomatik sönmür, istilik sistemləri minimum rejimə keçir. Bu, həm elektrik enerjisinə qənaət yaradır, həm də cihazların uzunömürlülüyünü artırır. Azərbaycanda bəzi müasir yaşayış komplekslərində artıq belə sistemlər quraşdırılır və "Azərişq" tərəfindən tətbiq olunan ağıllı sayğaclar vasitəsilə istehlakçı öz enerji sərfiyyatını real vaxtda izləyə bilir [4].

Enerji səmərəliliyi təkcə ailə büdcəsinə qənaət deyil, həm də ekoloji baxımdan vacib məsələdir. Elektrik enerjisinin səmərəli istifadəsi karbon qazı emissiyalarını azaldır və ətraf mühitin mühafizəsinə töhfə verir. Ağıllı ev sistemləri günəş panelləri və enerji saxlama batareyaları ilə birləşdirildikdə [3], daha müstəqil və ekoloji baxımdan təmiz enerji mühiti yaradır. Məsələn, bəzi fərdi ev sahibləri Bakı ətrafında günəş enerjisi əsaslı istilik sistemlərindən istifadə edərək həm enerjiyə qənaət edir, həm də dövlət şəbəkəsindən asılılığı azaldır.

Bununla yanaşı, ağıllı ev sistemlərinin genişlənməsi yeni təhlükəsizlik problemləri yaradır. İnternetə qoşulan hər bir cihaz potensial risk daşıyır. Zəif parollar, yenilənməyən proqram təminatları və qorunmayan şəbəkələr kibercinayətkarların hədəfi ola bilər. Məsələn, təhlükəsizliyi təmin edilməyən ağıllı kamera vasitəsilə evin daxilinə icazəsiz giriş mümkündür. Buna görə də istifadəçilər davamlı olaraq proqram yeniləmələri etməli, fərqli parollar istifadə etməli və şəbəkə qoruma tədbirlərini gücləndirməlidirlər [3].

Azərbaycan reallığında bu sahədə maarifləndirmə vacib rol oynayır. Bir çox istifadəçi ağıllı cihazların təhlükəsizlik parametrlərini dəyişdirmədən istifadə edir. Bu isə məlumat sızmasına və cihazların idarəetməsinin itirilməsinə səbəb ola bilər. Bu səbəbdən, həm dövlət qurumları, həm də texnologiya şirkətləri tərəfindən istifadəçilər üçün məlumatlandırıcı tədbirlərin keçirilməsi vacibdir [4]. Hazırda bəzi yerli texnoloji şirkətlər ağıllı ev sistemlərinin sertifikatlaşdırılması və təhlükəsizlik testlərindən keçirilməsi üzrə işlər aparır.

Enerji səmərəliliyi və təhlükəsizliyin təmin olunması sahəsində süni intellektin rolu da artır. Süni intellekt istifadəçi vərdişlərini öyrənərək cihazların fəaliyyətini avtomatik tənzimləyə bilər. Məsələn, sistem istifadəçinin evə qayıtma vaxtını analiz edərək, otaqların temperaturunu öncədən uyğun vəziyyətə gətirə bilər. Bu, həm enerji sərfini azaldır, həm də rahatlığı artırır. Eyni zamanda süni intellekt əsaslı sistemlər şübhəli fəaliyyətləri aşkarlayaraq istifadəçiyə

xəbərdarlıq göndərə bilir.

Ağıllı ev texnologiyalarının uğurlu inkişafı üçün dövlət dəstəyi və normativ baza da mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Enerji səmərəliliyinə dair qanunvericiliyin təkmilləşdirilməsi [1, 4], təhlükəsizlik standartlarının tətbiqi və yerli istehsalın stimullaşdırılması bu sahənin inkişafını daha da sürətləndirə bilər. Bu istiqamətdə həyata keçirilən layihələr, xüsusilə də yeni tikilən “yaşıl binalar” konsepsiyası, ağıllı texnologiyaların ölkədə daha geniş yayılmasına təkan verir [2].

Nəticə

Ağıllı ev texnologiyaları müasir dünyanın enerji və təhlükəsizlik problemlərinə real həllər təqdim edir. Bu sistemlər enerji sərfini optimallaşdırmaqla yanaşı, istifadəçilərə daha təhlükəsiz, rahat və ekoloji baxımdan dayanıqlı yaşayış şəraiti yaradır. Mənim fikrimcə, ağıllı ev texnologiyalarının gələcəyi yalnız texniki yeniliklərdən deyil, həm də insanların bu sistemlərə yanaşmasından asılı olacaq. İstifadəçilər texnologiyaya yalnız rahatlıq vasitəsi kimi deyil, məsuliyyət tələb edən bir sistem kimi yanaşmalıdırlar. Ağıllı evlərin uğuru üçün əsas şərtlərdən biri enerji mədəniyyətinin formalaşması və texnoloji savadlılığın artırılmasıdır. Yalnız bu halda biz bu sistemlərin yaratdığı imkanlardan tam səmərə ilə faydalana bilərik.

Ədəbiyyat

1. A.Hüseynova, R.Əslamov, N.Mahmudova “Əşyaların interneti: inkişaf komponentləri və tətbiq sahələri”, Bakı, 2023.
2. “Azərbaycan Respublikası Dövlət Şəhərsalma və Arxitektura Komitəsi” Rəsmi saytı, 2024.
3. E.Qasımov “Süni intellekt və ağıllı texnologiyalar”, Elm nəşriyyatı, Bakı, 2024.
4. “Azərişiq” ASC-nin Rəsmi Hesabatı, “Ağıllı sayğac sistemlərinin tətbiqi təcrübəsi”, Bakı, 2023.
5. Wikipedia: “Əşyaların interneti” (azərbaycanca versiya), 2024.

SƏHİYYƏDƏ IOT SİSTEMLƏRİ: TƏTBİQ SAHƏLƏRİ, PROBLEMLƏR VƏ HƏLL YANAŞMALARI

Mirzai Nobəri Səbinə, Rəhimov Vüqar

(Qərbi Kaspi Universiteti, Bakı, Azərbaycan)

sabinamirzaei@gmail.com, rehimovvuqarr@gmail.com

Xülasə: Səhiyyə ekosistemində IoT texnologiyaları geyilə bilən sensorlar, ağıllı tibbi avadanlıqlar və klinik məlumat sistemləri arasında fasiləsiz əlaqə yaradaraq pasiyent mərkəzli xidmətləri gücləndirir. Bu məqalədə səhiyyədə IoT-nin əsas tətbiq sahələri, məx-

filik və təhlükəsizlik riskləri, interoperabellik imkan və məhdudiyyətləri, eləcə də performans və enerji məhdudiyyətlərinin idarə olunması praktik nümunələrlə ümumiləşdirilir. Yanaşmalar edge əsaslı memarlıq, yerli (on-device) emal, standartlaşdırılmış məlumat mübadiləsi və risk-əsaslı təhlükəsizlik çərçivələri həm klinik nəticələri, həm də əməliyyat səmərəliliyini artırmağa xidmət edir [1].

Açar sözlər: *Əşyaların İnterneti, tele-tibb, məsafədən monitoring, interoperabellik, məxfilik, təhlükəsizlik.*

Giriş

Xroniki xəstəliklərin idarə olunması, reabilitasiya və evdə baxım kimi sahələrdə fasiləsiz sensor ölçmələri və real-vaxta yaxın izləmə tələbi artır. Ağıllı cihazlardan gələn siqnallar klinik qərar dəstəyində istifadə olunur; lakin məlumat axınlarının uyğunsuzluğu, hüquqi-etik tələblər, şəbəkə dayanıqlığı və əməliyyat idarəetməsi kimi məsələlər praktik tətbiqi çətinləşdirir [1]. Bu işdə səhiyyədə IoT sistemlərinin dəyər yaradan ssenariləri və həmin dəyəri təhlükəsiz, etibarlı və ölçülə bilən formada təmin edən memarlıq və idarəetmə prinsipləri ümumiləşdirilir.

1. Səhiyyədə IoT sistemlərinin əsas tətbiq sahələri

(1) Məsafədən monitoring: qlükoza, ürək ritmi, qan təzyiqi kimi göstəricilərin fasiləsiz ölçülməsi erkən xəbərdarlıq və fərdiləşdirilmiş müdaxilə ssenarilərini mümkün edir [2].

(2) Dərman adheziyası: ağıllı qutular və geyilə bilənlər vaxtında xatırlatmalar verir, uyğunluğu artırır [1].

(3) Reabilitasiya və evdə baxım: hərəkət sensorları düşmələri aşkarlayır, tele-reabilitasiya platformalarını qiymətləndirir [2].

2. Məlumatların idarə edilməsi və interoperabellik

Klinik mühitdə məlumatın strukturlaşdırılması və vahid terminologiyalarla təqdim edilməsi səhvlərin qarşısını alır, yenidən istifadəsini asanlaşdırır. Resurs identifikasiyası, versiyalanma, audit jurnalları və profil-əsaslı genişlənmə modelləri praktik sistemlərin əsas sütunlarıdır. Interoperabellik olmadan çoxmənbəli axın klinik qərarlara gecikmə və qeyri-müəyyənlik gətirə bilər [3]. Buna görə təşkilatlar məlumat mübadiləsini mərhələli standartlaşdırmalı, xəstə yolçuluğunun müxtəlif nöqtələrində toplanan siqnalları semantik uyğunlaşdırmalıdır.

3. Təhlükəsizlik və məxfilik

Tibbi məlumatların həssas təbiəti səbəbindən, ötürülən və saxlanılan məlumatın şifrələnməsi, rol-əsaslı giriş nəzarəti və minimum səlahiyyət prinsipi

vacibdir. IoT cihazlarının etibarlı qeydiyyatı, identifikasiya etimadnamələri və yeniləmə kanallarının qorunması hücum səthini azaldır. Məxfilik baxımından psevdonimləşdirmə və anonimləşdirmə tədqiqat ssenarilərində şəxsiyyəti təndən elementləri minimuma endirir [4].

4. Memarlıq: edge, bulud və yerli emal balansı

Gecikməyə həssas həyati göstəricilər üçün edge komponentlərdə ilkin filtrasiya və hadisə aşkarlanması səmərəlidir; yalnız əhəmiyyətli xülasələr mərkəzi sistemlərə ötürülür, bu da şəbəkə yükünü və gecikməni azaldır [2]. Bulud mühiti isə miqyaslına bilən hesablama və uzunmüddətli saxlama təqdim edir. Praktik tətbiqlər üçün hibrid model yerli və bulud resurslarının tamamlayıcı istifadəsi daha dayanıqlı nəticələr verir [1].

5. Əməliyyat idarəetməsi və müşahidəedilmə

Minlərlə cihazın idarə edilməsi üçün kütləvi qeydiyyat, uzaqdan konfigurasiya, versiya nəzarəti və telemetriya toplama zəruridir. Cihaz sağlamlığının monitorinqi, logların mərkəzləşdirilməsi, anomaliya aşkarlanması və sensor kalibrlənməsi əməliyyat sabitliyini yüksəldir. Təşkilati səviyyədə istifadəçi təlimləri və məlumatın saxlanma müddəti siyasətləri əməliyyat riskini azaldır [5].

6. Nəticələrin ölçülməsi

IoT layihələrinin dəyəri yalnız texniki göstəricilərlə deyil, klinik və əməliyyat nəticələri ilə qiymətləndirilməlidir. Məsələn, xəstəxanaya təkrar müraciətlərin azalması, dərman qəbuluna riayət səviyyəsinin yüksəlməsi, diaqnostik gecikmələrin ixtisarı və avadanlıq dayanma müddətinin azalması kimi indikatorlar praktiki təsiri ölçməyə imkan verir. Ölçülə bilən məqsədlər, başlanğıc baza göstəriciləri və müntəzəm monitorinq olmadan davamlı yaxşılaşma çətinidir [1], [2].

Nəticə

Səhiyyədə IoT, sensorlardan toplanan siqnalları əməli qərarlara çevirərək qayğı keyfiyyətini yüksəldir və resurs istifadəsini optimallaşdırır. Dayanıqlı təsir üçün üç təməl şərt öndədir: edge–bulud hibridi ilə gecikmə və dayanıqlığın balansı, standartlaşdırılmış məlumat modelləri vasitəsilə klinik iş axınlarına sıx integrasiya və risk-əsaslı təhlükəsizlik/məxfilik idarəetməsi. Bu çərçivə təkcə texniki göstəriciləri deyil, həm də klinik nəticələri yaxşılaşdırmağı hədəfləyir [1], [2].

Uğurlu tətbiqin davamı üçün idarəetmə və ölçmə intizamı vacibdir: interoperabellik profillərinin saxlanması, məlumat keyfiyyətinin ardıcıl nəzarəti və

real-vaxta yaxın analitika ilə xəbərdarlıqların kontekstə gətirilməsi kliniki qəbul səviyyəsini yüksəldir. Gələcək mərhələdə on-device/edge analitika, etik idarəetmə mexanizmləri və təcrübədən qidalanan təkmilləşdirmə dövrləri səhiyyədə IoT-nin dəyər çıxarışını daha da artıracaq [1], [2].

Ədəbiyyat

1. S.M.R.Islam, D.Kwak, et al., "The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey," IEEE Access, 2015.
2. M.Hassanalieragh, A.Page, T.Soyata, et al., "Health Monitoring and Management Using IoT Sensing with Cloud-Based Processing," IEEE ICC, 2015.
3. HL7 International, "FHIR Release 4 (R4) – Fast Healthcare Interoperability Resources," 2019.
4. ISO/IEC 27001:2022, Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems.
5. World Health Organization, "Global Strategy on Digital Health 2020–2025," 2021.

DÖVLƏT İDARƏÇİLİYİNDƏ MAŞIN ÖYRƏNMƏSİNİN TƏTBİQİ VƏ YARANAN PROBLEMLƏRİ

Mirzəyeva Gülnar, Allahyarova Nərmin

(Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında

Dövlət İdarəçilik Akademiyası)

gulnar.mirzayeva@gmail.com, narmin.allahyarova@gmail.com

Xülasə: *Bu tezisdə dövlət idarəçiliyində maşın öyrənməsi texnologiyasının tətbiqi, onun üstünlüklər və yaratdığı problemlər araşdırılır. Süni intellekt artıq yalnız modern bir yanaşma deyil, əksinə, cəmiyyətin və dövlətin bütün sahələrində qəbul edilməsi və tətbiq olunması vacib olan bir texnologiyaya çevrilmişdir. Dövlət idarəçiliyi isə süni intellektin idarəetmə xidmətlərinin səmərəliliyini, dəqiqliyini və şəffaflığını artırmaq potensialına malik olduğu əsas sahələrdən biridir.*

Süni intellektin öz-özünə öyrənmə və məlumatları operativ emal etmə imkanları ona vətəndaş xidmətlərinə olan tələbatı öncədən proqnozlaşdırmağa şərait yaradır. Dövlət idarəçiliyinə süni intellektin integrasiyası üzrə beynəlxalq meyllər kontekstində bu cür təşəbbüslər dövlətlə vətəndaş arasında qarşılıqlı münasibətlərin yeni mərhələyə yüksəlməsinə və ölkənin inkişaf etmiş dövlətlər sırasındakı mövqeyinin güclənməsinə səbəb ola bilər.

Açar sözlər: *Süni intellekt; Maşın öyrənməsi, Dövlət idarəçiliyi; Böyük verilənlər, Alqoritmlər.*

Bu gün ML alqoritmləri kreditlərin verilməsi, onlayn məhsul tövsiyələri və sosial şəbəkələrdə dost təklifləri kimi məsələlərin əsasını təşkil edir [1].

Bir çox tədqiqatçı dövlət sektorunda maşın öyrənmənin hələ başlanğıc mərhələsində olduğunu və bu sahədə tədqiqatların azlığını qeyd edir [2, 3]. Süni intellektlə bağlı aparılan tədqiqatların əksəriyyəti texniki məsələlərə və ya özəl sektor istifadəsinə yönəlmişdir. Təhlil edilən 1700 məqalənin yalnız 3.5%-i süni intellektin dövlət sektorunda istifadəsi təhlil edilmişdir [2]

Maşın Öyrənməsinin Dövlət İdarəçiliyində Üstünlükləri

1. **Məlumat əsasında qərarvermə** – Böyük həcmli verilənlərin təhlili vasitəsilə dövlət orqanları daha obyektiv və elmi əsaslı qərarlar qəbul edə bilirlər.
2. **Resursların optimallaşdırılması** – Maşın öyrənməsi resursların bölgüsünü daha səmərəli aparmağa imkan yaradır, beləliklə, büdcə və vaxt itkisini minimuma endirir.
3. **Proqnozlaşdırma imkanları** – Sosial-iqtisadi proseslərin inkişafını əvvəlcədən proqnozlaşdırmaq, riskləri müəyyənləşdirmək və qabaqalayıcı tədbirlər görmək mümkün olur.
4. **Şəffaflıq və hesabatlılıq** – Alqoritmik idarəetmə mexanizmləri korrupsiyanın azaldılmasına və ictimai nəzarətin güclənməsinə şərait yaradır.
5. **Xidmətlərin fərdiləşdirilməsi** – Vətəndaşların ehtiyaclarına uyğun xidmətlərin göstərilməsi daha real hala gəlir.

Dövlət siyasətində maşın öyrənməsinin istifadəsi niyə vacibdir?

ML artıq tibbi diaqnozdan ipoteka kreditlərinin verilməsinə, vergi yayınmalarının və terror fəaliyyətlərinin müəyyən edilməsinə qədər bir çox qərar qəbul etmə vəziyyətlərində effektivlik və dəqiqliyi artırmaq potensialını sübut etmişdir.

Maşın öyrənməsi (ML) alqoritmləri mövcud məlumatlar əsasında öyrənərək onlardan qaydalar çıxarır və əldə edilən bilikləri yeni verilənlərə tətbiq edir. Bu xüsusiyyətləri sayəsində ML müxtəlif problemlərin – təsnifat, regressiya və qruplaşdırma kimi həllində geniş tətbiq sahəsinə malikdir. Hazırda ML texnologiyası kreditlərin verilməsi, onlayn məhsul tövsiyələri və sosial şəbəkələrdə əlaqə təklifləri kimi gündəlik proseslərin əsasını təşkil edir [1]. Eyni zamanda, mətn, şəkil və video kimi strukturlaşdırılmamış və yüksək ölçülü məlumatlardan faydalı informasiya çıxarma imkanları ML texnologiyasını məlumatların dəyərini üzə çıxarmaq, vətəndaş suallarına cavabları təkmilləşdirmək, qərarların proqnozlaşdırılmasını gücləndirmək və innovativ dövlət xidmətlərini stimullaşdırmaq üçün əhəmiyyətli bir vasitəyə çevirir.

İlk növbədə, ML alqoritmləri yüksək ölçülü və strukturlaşdırılmamış mə-

lumatlardan - mətnlər, şəkillər, videolar, bloqlar və s. İnformasiya çıxarmaqda misilsiz hesablama qabiliyyətinə malikdir. Rəqəmsal dövrdə hökumətlər qeydiyyat, əməliyyat və arxivləşdirmə məqsədilə dövlət orqanları tərəfindən toplanmış geniş həcmdə məlumatlara çıxış əldə edirlər.

Məsələn, BMT-nin "Big Data" [4, 5] proqramı olan Global Pulse tərəfindən İndoneziyada hazırlanan təbii dil emalı alqoritmi tvitlərdə mal ət, toyuq, soğan və bibər kimi əsas ərzaq məhsullarının qiymətlərinin qeyd olunmasını aşkar edə bilir. Bu, hökumətə real vaxt rejimində ərzaq qiymətlərini izləməyə və qiymət artımlarına erkən reaksiya verməyə imkan verir.

ML alqoritmləri yalnız mətn kimi sadə verilənlərdən deyil, daha mürəkkəb verilənlərdən də lazımi informasiya çıxara bilir. Stanford Universitetindən bir qrup tədqiqatçı ABŞ-ın 200 şəhərində Google Street View görüntülərindən istifadə edərək demoqrafik göstəriciləri proqnozlaşdırmaq üçün model hazırlamışdır. Bu model ev təsərrüfatlarının gəlirlərini yüksək dəqiqliklə təxmin edə bilir və beləliklə həm qapı-qapı sorğuların aparılmasına ehtiyacı azaldır, həm də demoqrafik dəyişikliklərin statistik hesabatlar arasında gecikmə ilə əhatə olunması problemini həll edə bilir.

Maşın öyrənməsinin istifadəsinin yaratdığı çətinliklər

Maşın öyrənməyə əsaslanan qərarların dövlət siyasətində sürətlə artması və bu qərarların insanların hüquqları, maraqları və gözləntilərinə geniş təsir göstərməsi onu artıq təkə texniki sahə olmaqdan çıxarır. ML-nin dövlət sektorunda bir çox üstünlüklər yaratdığı məlumdur. Bununla belə, ədalətlik və institusional problemlər kimi məsələlər hələ də həll olunmamış qalır və hətta mövcud problemləri daha da dərinləşdirə bilər.

Texnologiya icması bu problemlərin ciddiliyini qəbul etsə də, mövcud tədqiqatların böyük hissəsi ya texniki yanaşmalara, ya da özəl sektorda tətbiqlərə fokuslanmışdır. Halbuki dövlət sektoru ilə özəl sektor arasında mülkiyyət forması, inzibati mədəniyyət və siyasi idarəetməyə münasibət kimi fərqlər göstərir ki, bu məsələlərin ictimai siyasət baxımından ayrıca təhlilinə ciddi ehtiyac var.

Ədəbiyyat

1. Adadi, Amina, and Mohammed Berrada. "Peeking Inside the Black-Box: A Survey on Explainable Artificial Intelligence (XAI)." *IEEE Access* 6 (2018): 52138–60. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2870052>.
2. Gomes de Sousa, W., Pereira de Melo, E. R., De Souza Bermejo, P. H., Sousa Farias, R. A., & Oliveira Gomes, A. (2019). *How and where is artificial intelligence in the public sector going? A literature review and research agenda*. Government Information

- Quarterly, 36(4), 101392. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.07.004>.
3. Zuidermijk, Anneke, Yu-Che Chen, and Fadi Salem. "Implications of the Use of Artificial Intelligence in Public Governance: A Systematic Literature Review and a Research Agenda." Government Information Quarterly, March 2021, 101577. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2021.101577>.
 4. E.İ.Əzizbəyov, G.R.Mirzəyeva. Dövlət idarəçiliyində böyükhəcmli verilənlər strategiyaları. Dövlət idarəçiliyi: nəzəriyyə və təcrübə, Elektron dövlət idarəçiliyi və intellectual sistemlər seriyası, 2025, № 2
 5. G.R. Mirzəyeva, N.Z. Allahyarova. Maliyyə bazarındakı səhm qiymətlərinin proqnozlaşdırılmasında maşın öyrənmə alqoritmləri. GƏNC TƏDQİQATÇI JURNALI, 2025, № 2

AZƏRBAYCANDA DOĞUM GÖSTƏRİCİLƏRİNİN TARİXİLİK VƏ MƏRHƏLƏLƏR ÜZRƏ TƏHLİLİNƏ DAİR

Mirzəzadə Nuray

(Bakı Dövlət Universiteti Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)
nuraymirzezade06@gmail.com

Xülasə: *İşdə Azərbaycanda doğum göstəricilərinin mərhələlər üzrə təhlilinə baxılmışdır.*

Açar sözlər: *Doğum, demoqrafik vəziyyət, səviyyə, tarix, statistika, əhali, ailə.*

Azərbaycan Respublikasında doğum göstəricilərinin tarixi və mərhələlər üzrə təhlili ölkənin sosial-iqtisadi inkişaf səviyyəsini, demoqrafik sabitliyini və gələcək nəsillərin formalaşma dinamikasını anlamaq baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Demoqrafik proseslər cəmiyyətin sosial strukturuna, əmək bazarının inkişafına, səhiyyə və təhsil siyasətinə birbaşa təsir göstərən əsas göstəricilərdən biridir. Xüsusilə doğum səviyyəsində baş verən dəyişikliklər uzunmüddətli perspektivdə əhalinin sayına, yaş strukturuna və iqtisadi fəallığa təsir göstərir. Bu baxımdan, doğum göstəricilərinin tarixi dövrlər üzrə tədqiqi, həm sosial-mədəni, həm də iqtisadi amillərlə əlaqələndirilmiş şəkildə araşdırılması mühüm elmi və praktik nəticələrə gətirib çıxarır[1,s.298].

XX əsrin əvvəllərindən başlayaraq Azərbaycan əhalisinin təbii artımında, xüsusilə də doğum səviyyəsində əhəmiyyətli dəyişikliklər müşahidə olunmuşdur. Sovet hakimiyyəti dövründə demoqrafik siyasətin əsas istiqamətlərindən biri ailə institutunun möhkəmləndirilməsi və doğum səviyyəsini tənzimlənməsi olmuşdur. 1940–1980-ci illərdə dövlətin sosial təminat sisteminin genişlənməsi, qadınların əmək fəaliyyətinə cəlb olunması, tibbi xidmətin yaxşılaşdı-

rılması doğum göstəricilərinin sabit qalmasına şərait yaratmışdır. Lakin 1990-cı illərin əvvəllərində baş verən siyasi və iqtisadi böhran, Qarabağ münaqişəsi, sosial qeyri-sabitlik və miqrasiya axınları nəticəsində doğum səviyyəsində kəskin azalma müşahidə edilmişdir. Bu dövr Azərbaycan demoqrafiyasının ən çətin mərhələlərindən biri kimi xarakterizə olunur [1].

Müstəqillik illərində isə iqtisadi sabitlik, sosial rifahın artması, ailə siyasətinin gücləndirilməsi və ana-uşaq sağlamlığının qorunmasına yönəlik proqramların həyata keçirilməsi nəticəsində doğum göstəriciləri nisbətən bərpa olunmuşdur. 2000-ci illərdən etibarən doğum səviyyəsində nisbi artım tendensiyası yaranmış, lakin bu artım regionlar üzrə fərqli şəkildə özünü göstərmişdir. Kənd yerlərində ənənəvi ailə dəyərlərinin qorunması və yüksək doğum göstəriciləri müşahidə olunduğu halda, şəhərlərdə sosial-iqtisadi amillər və qadınların təhsil səviyyəsinin yüksəlməsi nəticəsində doğum səviyyəsi nisbətən azalmışdır.

Beləliklə, Azərbaycanda doğum göstəricilərinin tarixi və mərhələlər üzrə təhlili demoqrafik siyasətin formalaşması üçün mühüm əsas yaradır. Bu tədqiqat doğum səviyyəsinin müxtəlif dövrlərdə sosial, iqtisadi və mədəni amillərlə qarşılıqlı əlaqəsini araşdırmaq, həmçinin müasir demoqrafik proseslərin dayanıqlı inkişaf perspektivlərini müəyyənləşdirmək məqsədi daşıyır [1].

NƏTİCƏ

Aparılan təhlil göstərir ki, Azərbaycanda doğum göstəriciləri tarix boyu sosial, iqtisadi, siyasi və mədəni amillərin təsiri altında formalaşmış və müxtəlif mərhələlərdə fərqli dinamika nümayiş etdirmişdir. XX əsrin əvvəllərindən etibarən əhalinin təbii artım səviyyəsində müşahidə olunan dəyişikliklər həm ölkənin ümumi inkişaf trayektoriyasını, həm də ailə institutunun transformasiyasını əks etdirir. Sovet dövründə dövlətin sosial siyasətləri və qadınların sosial müdafiəsi mexanizmləri doğum səviyyəsinin sabit saxlanmasına şərait yaratmış, müstəqillikdən sonrakı ilk illərdə isə iqtisadi böhran, işsizlik və sosial qeyri-sabitlik bu göstəricilərdə azalmaya səbəb olmuşdur [3].

2000-ci illərdən başlayaraq ölkədə iqtisadi sabitliyin bərpası, sosial rifahın yüksəlməsi və demoqrafik siyasətin yenidən formalaşdırılması doğum səviyyəsində müsbət meyllərin yaranmasına gətirib çıxarmışdır. Bununla yanaşı, regionlar üzrə fərqlər hələ də qalmaqdadır: kənd ərazilərində yüksək doğum göstəriciləri ənənəvi ailə modelinin davamlılığını göstərdiyi halda, şəhər mühitində doğum səviyyəsinin azalması daha çox qadınların təhsil və karyera imkanlarının genişlənməsi ilə əlaqələndirilir [2].

Ümumilikdə, Azərbaycanın doğum göstəricilərinin mərhələlər üzrə təhli-

li demoqrafik siyasətin məqsədyönlü şəkildə həyata keçirilməsinin vacibliyini təsdiqləyir. Bu istiqamətdə sosial rifahın yüksəldilməsi, gənc ailələr üçün iqtisadi stimulların artırılması, ana və uşaq sağlamlığı proqramlarının gücləndirilməsi kimi tədbirlər ölkədə doğum səviyyəsinin sabit və dayanıqlı saxlanması üçün əsas amillərdən hesab olunur. Nəticə etibarilə, doğum göstəricilərinin elmi əsaslarla izlənməsi və tarixilik prizmasında təhlili Azərbaycanın uzunmüddətli demoqrafik təhlükəsizliyinin təminində mühüm rol oynayır.

Ədəbiyyat

1. Mustafazade, Ş. (2025). *Current Trends in Demographic Processes in the Context of Sustainable Development of the Republic of Azerbaijan*. Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi, 8(2), 298–311. <https://doi.org/10.33712/mana.1705711> — səh. 298–311 (çap olunmuş məqalə) ([DergiPark](#))
2. Salayev, K. V., & Kalmykova, N. M. (2024). Socio-Economic and Demographic Determinants of Fertility in Azerbaijan: The Role of Son Preference. *Population & Economics*, 8, Article e118188. <https://doi.org/10.3897/popecon.8.e118188> — səh. (əgər məqalədə səhifə aralığı varsa, onu daxil edin; hazır halda PDF-də səhifə sayı dəqiq deyil) ([Population and Economics](#))
3. State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. (2023). *Demographic indicators of Azerbaijan: Birth* [Electronic database]. Baku: Author. — səhifə sayı verilmir (on-line resurs) ([Statistika Komitəsi](#))

PROMETHEUS'UN BULUDU: MICROSOFT AZURE İLƏ GƏLƏCƏYİN TİBBİ KODLARI

Muradova Vusalə, Abdullayev Aqil

(LDU, Aqrar və Mühəndislik fakültəsi)

vusala.muradova@lsu.edu.az, aaqil7720@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə, Microsoft Azure bulud platformasının xidmətlərindən istifadə edərək pandemiyaların proqnozlaşdırılması və rəqəmsal sağlamlıq sisteminin təkmilləşdirilməsi üçün konseptual bir model təklif olunur. İşin əsas məqsədi mövcud tibbi məlumatların vahid bir mühitdə toplanması, Süni İntellekt (AI) vasitəsilə təhlil edilməsi və bu analizlər əsasında effektiv qərarların verilməsini təmin edən bir platformanın arxitekturasını təsvir etməkdir. Tədqiqat Azure Health Data Services, Azure Machine Learning və Azure Synapse Analytics kimi alətlərin integrasiyası ilə real vaxtda xəstəlik yayılma modellərini yaratmağın yollarını araşdırır və bu prosesdə ortaya çıxan etik, təhlükəsizlik və məlumatın gizliliyi problemlərinin həll yollarını təklif edir [1].

Açar sözlər: Süni İntellekt, Azure Health Data Services, Azure Machine Learning, Azure Synapse Analytics, Python.

COVID-19 pandemiyası bir çox sahələrdə böhranlara səbəb olduğu kimi, informasiya texnologiyaları (İT) sahəsində də müəyyən çatışmazlıqları üzə çıxardı. Belə ki, pandemiya dövründə müxtəlif ölkələrdə xəstəliyin yayılma intensivliyinin vahid bir bazada yerləşdirilməməsi nəticəsində, yayılmaya statistik nəzarətin olmaması xaos vəziyyəti yaratdı. Bu vəziyyət, vahid mərkəzləşdirilmiş sistemin olmamasının bir nəticəsi idi.

Tədqiqat işinin məqsədi Məlumatların Mərkəzləşdirilməsi prosesi ilə çatışmazlıqları aradan qaldırmaqdır. Burada müxtəlif mənbələrdən gələn tibbi məlumatlar Azure Health Data Services ilə toplanır. Daha sonra, bu məlumatlar Məlumatların Təhlili mərhələsində Azure Synapse Analytics ilə emal olunur. Ardından, Proqnozlaşdırma Azure Machine Learning ilə həyata keçirilir və xəstəlik yayılması proqnozlaşdırılır. Nəticələr isə Qərar Qəbulu məqsədilə Power BI ilə vizual şəkildə təqdim olunur. Bütün bu zəncirvari proses Avtomatlaşdırma (Azure Functions) ilə avtomatik idarə olunur[2,3].

Tədqiqat işində problemin həlli üçün Microsoft Azure alətləri və Python texnologiyasından istifadə edilərək proseslərin texniki izahı növbəti qaydada verilmişdir:

1. Azure Health Data Services: Tibbi məlumatları vahid bir mühitdə toplayır və standartlaşdırır.
2. Azure Synapse Analytics: Böyük həcmli tibbi məlumatları emal edir və sürətli təhlil aparır.
3. Azure Machine Learning: Xəstəliklərin yayılmasını proqnozlaşdıran modellər yaradır.
4. Azure Functions: Avtomatlaşdırılmış prosesləri icra edir və xərclərə qənaət edir.
5. Power BI: Təhlil nəticələrini vizual və anlaşılan şəkildə təqdim edir
6. Pandas & NumPy: Məlumatları təmizləmək, formatlaşdırmaq və təhlil üçün hazırlamaq üçün istifadə olunur.
7. Matplotlib & Plotly: Analizlərin nəticələrini və proqnozları vizual qrafiklər şəklində təqdim edir[4,5].

Mövcud Sistemlərlə Müqayisə və Prometheus'un Buludunun
Üstünlükləri

Aşağıda Elektron Sağlamlıq Qeydləri (EHR) sistemləri, Tele-tibb platformaları və Epidemioloji proqnozlaşdırma alətləri ilə Prometheus'un Buludunu müqayisə edən cədvəl verilib(Cədvəl 1).

Prometheus'un Buludunun Mövcud Sistem Növləri ilə Müqayisəsi[6,7].
Cədvəl 1.

Xüsusiyyət	Elektron Sağlam- lıq Qeydləri (EHR)	Tele-tibb Plat- formaları	Epidemioloji Proqno- laşdırma Alətləri	Təklif Olunan Va- hid Platforma
Əsas Məqsəd	Pasiyentlərin tibbi məlumatlarını idarə etmək.	Həkimlə pasiyent arasında onlayn konsultasiya.	Xəstəliklərin yayılmasını mod-elləşdirmək.	Bütün prosesi birləşdirmək.
Məlumatların Birləşdirilməsi	✗ (Yoxdur). Əsasən bir klinikaya aid məlumatları saxlayır.	✗ (Yoxdur). Məlu- matlar ayrı saxlanılır.	✗ (Yoxdur). Məhdud məlu- matlar üzərində işləyir.	✓ (Var). Azure Health Data Ser- vices ilə bütün məlumatları mərkəzləşdirir.
Məlumat Növü	Klinik qeydlər, reseptlər, labora- toriya nəticələri.	Video zəng qeydləri, çatlar.	Demoqrafik və statistik məlu- matlar.	Bütün növ məlu- matlar (klinik, tele- tibb, epidemioloji).
Proqno- laşdırma	✗ (Yoxdur).	✗ (Yoxdur).	✓ (Var). Lakin proqnozları tam və real vaxtlı deyil.	✓ (Var). Azure Machine Learning ilə real vaxtlı və dəqiq proqnozlar.
Miqyaslana bilənlik	✗ (Yoxdur). Məhduddur.	⚠ (Qismən). Bir çox istifadəçi yüklənməsinə dözə bilər.	✗ (Yoxdur).	✓ (Var). Azure-un elastik infrastrukturu sayəsində limitsiz genişlənə bilər.
Təhlükəsizlik	?(Qismən). Məlu- mat sızması riski var.	✓ (Var). Zəng şifrələməsi var.	? (Qismən). Məlumat mənbəyindən asılıdır.	✓ (Var). Azure-un ən yüksək təhlükəsizlik standartları ilə qorunur.
Ümumi Effek- tivlik	Məlumatların saxlanması faydalıdır.	Məsafədən məsləhətləşmədə faydalıdır.	Yalnız tədqiqat üçün uyğundur.	Bütün problemləri həll edir.

Nəticə

Bu tədqiqat işində Microsoft Azure-un geniş bulud xidmətləri portfelinin sadəcə biznes ehtiyacları üçün deyil, həm də global miqyaslı sosial və səhiyyə problemlərinin həlli üçün necə bir vasitə ola biləcəyini nümayiş etdirir. Təklif olunan platforma məlumatların effektiv idarə edilməsi, proqnozlaşdırma və

qərar qəbuletmə mexanizmləri ilə gələcək pandemiyalara qarşı daha hazırlıqlı olmağa imkan yaradır. Tədqiqat işi, texnologiyanın insanlığa necə xidmət edə biləcəyinə dair vacib bir nümunə olaraq, süni intellektin, bulud platformasının və səhiyyənin gələcəyini birləşdirir [8].

Ədəbiyyat

1. World Health Organization (WHO). (2021). "Global strategy on digital health 2020-2025".
2. Microsoft Azure. (2023). *Azure Health Data Services documentation*. <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/health-data-services/>
3. Microsoft Azure. (2023). *Azure Synapse Analytics documentation*. <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/synapse-analytics/>
4. McKinney, W. (2010). *Data Structures for Statistical Computing in Python*. Proceedings of the 9th Python in Science Conference.
5. Yang, Z., Zeng, Z., Wang, K., Wong, S. S., Liang, W., Zanin, M., ... & He, J. (2020). Modified SEIR and AI prediction of the epidemics trend of COVID-19 in China under public health interventions. *Journal of Thoracic Disease*, 12(3), 165.
6. Microsoft Azure. (2023). *Azure Machine Learning documentation*. <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/>
7. Price, W. N., & Cohen, I. G. (2019). *Privacy in the age of medical big data*. *Nature Medicine*, 25(1), 37-43.
8. He, J., Baxter, S. L., Xu, J., Xu, J., Zhou, X., & Zhang, K. (2019). *The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine*. *Nature Medicine*, 25(1), 30-36.

İNFORMASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ TƏHDİDLƏRİN ANALİZİ VƏ RİSKLƏRİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Muratxanova Aynur

(Bakı Dövlət Universiteti, II kurs Magistr)

a.muradxanova@gmail.com

Xülasə: Tezisdə informasiya təhlükəsizliyinə olan təhdidlərin analizi, onların təsnifatı və risklərin qiymətləndirilməsi metodologiyaları araşdırılır.

Açar sözlər: Təhdidlər, risklər, kiberhücum, təhlükəsizlik, şifrələnmə

Müasir dövrdə informasiya texnologiyalarının sürətlə inkişafı və onların həyatımızın bütün sahələrinə nüfuz etməsi informasiya təhlükəsizliyi məsələlərini daha da aktuallaşdırır. Dövlət strukturlarından tutmuş özəl sektora qədər bütün təşkilatlar üçün informasiya resurslarının qorunması prioritet məsələ

hesab olunur. İnformasiya təhlükəsizliyi - informasiyanın məxfiliyinin, bütövlüyünün və əlçatanlığının təmin edilməsi üçün həyata keçirilən tədbirlərin məqsədudur. Bu çərçivədə təhdidlərin düzgün analizi və risklərin dəqiq qiymətləndirilməsi informasiya təhlükəsizliyi siyasətinin əsas dayaqlarından biri sayılır.

İnformasiya sistemlərinə qarşı olan təhdidlər, onların mənbə və növləri, həmçinin bu təhdidlərin mümkün təsirlərini müəyyənləşdirmək və qiymətləndirmək, təhlükəsizlik səviyyəsinin artırılması baxımından zəruridir. Bu səbəbdən, hazırkı tezisdə informasiya təhlükəsizliyinə olan təhdidlərin analizi, onların təsnifatı və risklərin qiymətləndirilməsi metodologiyaları araşdırılır.

1. Təhdid anlayışı və təsnifatı

Təhlükə və ya təhdid - informasiya sistemlərinə zərər yetirmək potensialı olan istənilən hadisə, şəxs, proses və ya texniki nasazlıq kimi qiymətləndirilir. Təhdidlər daxili və xarici, təsadüfi və ya məqsədli ola bilər. Təhdidlərin düzgün təsnifatı onların qarşısını almaq və ya nəticələrini minimuma endirmək üçün vacibdir.

Əsas təhdid növlərinə aşağıdakılar daxildir:

Texnoloji təhdidlər: Proqram təminatındakı boşluqlar, avadanlığın nasazlığı, enerji təchizatının kəsilməsi.

İnsan amili: İşçilərin bilməyərəkdən və ya qəsdən törətdiyi hərəkətlər, sosial mühəndislik, daxili sızmalar.

Təbii fəlakətlər: Zəlzələ, yanğın, daşqın kimi halların informasiya sistemlərinə zərəri.

Kiberhücumlar: DDoS hücumları, zərərli proqram təminatı, məlumatların ələ keçirilməsi, şəbəkəyə icazəsiz giriş.

Təhdid mənbələri də əsasən belə qruplaşdırılır:

Daxili mənbələr: təşkilatın öz işçiləri və ya struktur daxilindəki nasazlıqlar;

Xarici mənbələr: hakerlər, rəqib şirkətlər, dövlətlər və ya terrorçu qruplar.

2. Təhdidlərin analizi

Təhdidlərin analizi informasiya sisteminə qarşı ola biləcək bütün potensial təhlükələrin müəyyənləşdirilməsi və onların sistemə təsir dərəcəsinin araşdırılması prosesidir. Təhdid analizi aşağıdakı mərhələləri əhatə edir:

- Təhlükələrin identifikasiyası

Sistem və mühitlə bağlı bütün mümkün təhlükə növləri müəyyən olunur.

- Təhlükələrin təsnifatı

Təhlükələr ehtimal və təsir səviyyəsinə görə qruplaşdırılır.

- Təsir analizləri

Hər bir təhdidin reallaşması halında sistemə vuracağı zərərin qiymətlən-

dirilməsi aparılır.

Bu mərhələdə təhlil olunan əsas suallar:

Bu təhdid nə qədər realdır?

Təhdidin gerçəkləşməsi sistemə necə təsir edər?

Qarşısını almaq üçün hansı tədbirlər mövcuddur?

3. Risklərin qiymətləndirilməsi

Risk anlayışı - təhdidin gerçəkləşmə ehtimalı ilə onun vuracağı zərərin kombinasiyası kimi izah olunur. Risklərin qiymətləndirilməsi isə bu ehtimal və nəticələrin hesablanması və təhlükəsizlik tədbirlərinin planlaşdırılması üçün əsas təşkil edir.

Risklərin qiymətləndirilməsinin əsas mərhələləri:

3.1. Aktivlərin identifikasiyası

Təşkilatın informasiya resursları (serverlər, məlumat bazaları, proqram təminatı və s.) müəyyən edilir və dəyəri təyin olunur.

3.2. Təhlükələrin və zəifliklərin identifikasiyası

Hər bir aktivə qarşı mümkün təhdidlər və bu təhdidlərə səbəb ola biləcək zəifliklər müəyyən edilir.

3.3. Risk səviyyəsinin hesablanması

Ənənəvi olaraq risk belə hesablanır:

$\text{Risk} = \text{Təhdid ehtimalı} \times \text{Zəiflik səviyyəsi} \times \text{Təsir dərəcəsi}$

3.4. Risklərin prioritetləşdirilməsi

Yüksək risk daşıyan təhdidlərə qarşı dərhal tədbir görülməsi planlaşdırılır.

3.5. Riskin idarəedilməsi strategiyaları

Riskin azaldılması (müvafiq texniki və inzibati tədbirlərlə)

Riskin ötürülməsi (sığorta, xarici xidmət təminatçılmasına ötürmək)

Riskin qəbul edilməsi (əgər risk səviyyəsi qəbul ediləndirsə)

Riskin aradan qaldırılması (təhlükə mənbəyinin tamamilə ləğvi)

4. Təhlükəsizlik siyasətləri və qarşısının alınması tədbirləri

Təhdidlərin qarşısını almaq və riskləri minimuma endirmək üçün hər bir təşkilat informasiya təhlükəsizliyi siyasəti hazırlamalı və həyata keçirməlidir.

Bu siyasət aşağıdakı istiqamətləri əhatə etməlidir:

- İstifadəçi hüquqlarının və səlahiyyətlərinin müəyyənləşdirilməsi
- Məlumatların şifrələnməsi və ehtiyat surətinin çıxarılması
- Şəbəkə və sistem monitorinqi
- Müntəzəm audit və zəiflik skanları
- Kadrların təlimi və maarifləndirilməsi
- İnsidentlərin idarə olunması planları

Müasir yanaşmalardan biri də ISO/IEC 27001 və NIST Risk İdarəetmə Çərçivəsi kimi beynəlxalq standartlara əsaslanan risk qiymətləndirmə metodlarının tətbiqidir.

İnformasiya təhlükəsizliyi sahəsində təhdidlərin analizi və risklərin qiymətləndirilməsi - sistemlərin qorunması və təhlükəsiz mühitin yaradılması üçün vacib addımlardır. Müasir informasiya mühitində təhdidlər sürətlə dəyişir və mürəkkəbləşir. Bu səbəbdən təşkilatlar təhlükəsizlik risklərini dinamik şəkildə qiymətləndirərək, qabaqlayıcı tədbirlər görməlidirlər.

Risklərin düzgün qiymətləndirilməsi və təhdidlərin ətraflı analizi nəticəsində yalnız zərər riskləri azaldılmır, eyni zamanda informasiya sistemlərinin dayanıqlığı və istifadəçi etibarlılığı artırılır. Hər bir təşkilat informasiya təhlükəsizliyini kompleks şəkildə idarə etməklə rəqəmsal dövrdə rəqabətə davamlılığını təmin edə bilər.

Ədəbiyyat

- 1.Вычислительный кластер ВолгГТУ. URL: <https://cluster.vstu.ru/> (дата обращения: 30.11.2021).
- 2.Информационные системы: учебник и практикум для вузов/ под редакцией Н. Н. Лычкиной. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 249 с.- (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-00764-0.
- 3.Богатырев, В. А. Информационные системы и технологии. Теория надежности : учебное пособие для вузов / В. А. Богатырев.Москва 2021.

İNFORMASIYANIN QORUNMASI ÜÇÜN TEXNİKİ VASİTƏLƏR VƏ METODLAR

Muratxanova Aynur

(Bakı Dövlət Universiteti, II kurs Magistr)

a.muradxanova@gmail.com

Xülasə: *İnformasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi üçün müxtəlif üsullardan istifadə olunur. Dinləmə cihazlarının aşkar edilməsi üçün müxtəlif yanaşmalar təklif edilir.*

Açar sözlər: *Dinləmə cihazları, məxfilik, texniki, kibertəhlükəsizlik, informasiya*

Texnologiyanın gündəlik həyatın ayrılmaz hissəsinə çevrildiyi müasir dövrdə məlumatların təhlükəsiz saxlanması məsələsi getdikcə daha da aktuallaşır. Elektron sistemlərdə toplanan məlumatların sayı artdıqca, onların icazəsiz əldə edilməsi və ya zədələnməsi riski də yüksəlir. Məlumatların məxfiliyinin və bütövlüyünün təmin olunması üçün müxtəlif texniki həllər və qoruma üsulları

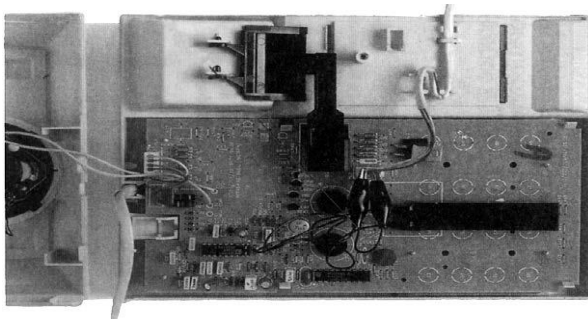
tətbiq olunur. Bu texnoloji vasitələr və metodlar sayəsində sistemlərdəki məlumat axını daha təhlükəsiz olur, kibertəhlükələrə qarşı müdafiə güclənir. Məlumatların qorunması yalnız elektron sənədlər və şəbəkələr üçün deyil, həm də telefon xətləri və digər rabitə vasitələri üçün vacibdir. Məsələn, dinləmə cihazlarının aşkar edilməsi, telefon xətlərinin və aparatlarının xarici müayinəsi kimi tədbirlər məlumatın qorunması üçün praktiki texniki üsullara aid edilir.

Dinləmə cihazlarının aşkar edilməsi, telefon xətlərinin və telefon aparatlarının (TA) xarici müayinəsi ilə başlayır. Bu müayinə metodlar və vasitələr tətbiq etməklə həyata keçirilir. Lakin, bu yoxlama adətən yalnız aparatla paylama qutusunun (RQ) arasındakı hissədə mümkündür. Qalan ərazilərdə isə bu cür yoxlama, AÇS (avtomatik telefon stansiyası) mütəxəssislərinin cəlb olunmasını tələb edir. Bununla yanaşı, telefonun TA-RQ zonasında daha çox qoşulmaların aparılması səbəbindən, diqqətlə incələndikdə, dinləmə cihazlarının və ya onların istifadə olunmasına dair izlərin aşkar edilməsi çox güman ki mümkündür.

Müayinə prosesi aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir:

- Telefon aparatlarının (TA) və telefon gipslərinin açılması.
- Telefon aparatında xarici obyektlərin, məsələn, "jucuk" və ya digər gizli cihazların tapılması.

Şəkil 1-də, İngiltərə istehsalı olan və telefon aparatına yerləşdirilmiş "jucuk"un görünüşü göstərilmişdir. Belə cihazlar saniyələr ərzində quraşdırıla bilər və daha dərin yerə daxil olmağa vaxt olmadıqda istifadə edilir. Diqqətlə yoxlama aparıldıqda, telefonun içində yad bir obyektin olduğunu müəyyən etmək asandır.



Şəkil 1. Telefon aparatında quraşdırılmış gizli məlumatların ələ keçirilməsi cihazı.

Telefon xətlərindəki məlumatların qorunmasını təmin etmək üçün növbəti tədbirlər xüsusi avadanlıqların istifadəsini tələb edir, bu avadanlıqları istifadə etmə prinsipinə görə bir neçə qrupa bölmək olar.

Telefon xətlərinin nəzarət avadanlıqlarına aşağıdakıları misal göstərmək olar :

1. İndikator cihazları

Bu cihazlar, telefon xətlərində gizli dinləmə və ya məlumat ötürmə funksiyası yerinə yetirən aktiv elementlərin, məsələn, mikrofon və ya radiopereçatçıların aşkar edilməsi üçün nəzərdə tutulub.

2. Kabloların analizatorları və kabel lokatorları

Bu cihazlar telefon xətlərinə qoşulmuş gizli avadanlıqları aşkar etməyə imkan verir. Bu cihazlar iki növə ayrılır:

- **Reflektometrlər**, onlar siqnalın cavab vaxtını ölçmə prinsipi ilə gizli qoşulmaları aşkar etməyə imkan verir.
- **Neylinəar lokasiya prinsiplərini istifadə edən cihazlar**, gizli dinləmə üçün zənginləşdirilmiş dövrə elementlərinin (məsələn, diodlar, tranzistorlar) varlığını müəyyən etməyə imkan verir.

3. Sahə detektorları

Bu cihazlar, elektron dinləmə cihazlarının işləməsi ilə yaranan elektromaqnit şüalanmasını aşkar edir. Sahə detektorları, gizli cihazlardan gələn qeyri-qanuni radiosiqnalları müəyyən etmək üçün istifadə olunur.

Xüsusi radiopriyom cihazları və universal nəzarət kompleksləri

Bu cihazlar, geniş spektrli tezliklərdə skanlama aparmağa və şüa verən mənbələri aşkar etməyə imkan verir. Bu, telefon xətlərindəki gizli dinləmə cihazlarının aşkar edilməsini təmin etmək üçün istifadə olunur.

Beləliklə, telefon xətlərindəki məlumatların qorunması və dinləmə cihazlarının aşkar edilməsi, xüsusi avadanlıqların istifadəsi ilə mümkündür. Bu avadanlıqların köməyi ilə, həm kabel xətlərindəki, həm də simsiz rabitə kəmərlərindəki qeyri-qanuni müdaxilələr aşkar edilə bilər.

Telefon xətlərinin dərin araşdırılması üçün, qeyri-qanuni qoşulmaların və dinləmə cihazlarının aşkarlanması məqsədilə daha ciddi avadanlıqlardan istifadə olunur ki, bunlarla effektiv işləmək yalnız mütəxəssislərə mümkündür. Bu avadanlıqlara telefon xətti analizatorları və kabel lokatorları daxildir. Telefon analizatoru, sadə formada, multimetr və telefon aparatındakı dəyişiklikləri aşkar etməyə imkan verən bir cihazın kombinasiyasını təmsil edir. Multimetr vasitəsilə, telefon xətti üzərində telefon qəbulu və ya söndürülməsi vəziyyətində parametrlərin (məsələn, gərginliyin) normadan kənara çıxması müşahidə olunur. Standart dəyərdən yüksək və ya aşağı olan gərginlik və ya müqavimət, müvafiq olaraq, paralel və ya ardıcıl qoşulmuş dinləmə cihazlarını göstərir. Bəzi analizatorlar, zəng siqnalı tərəfindən aktivləşdirilən dinləmə cihazlarını aşkarlamağa imkan verən xüsusiyyətə malikdir və bu cihazların tipik nümunələrindən biri Communication Control şirkəti tərəfindən istehsal

olunmuş CCTA-1000 portativ analizatorudur.

Ədəbiyyat

- 1.Вычислительный кластер ВолгГТУ. URL: <https://cluster.vstu.ru/> (дата обращения: 30.11.2021).
- 2.Информационные системы: учебник и практикум для вузов/ под редакцией Н. Н. Лычкиной. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 249 с.- (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-00764-0.
- 3.Богатырев, В. А. Информационные системы и технологии. Теория надежности : учебное пособие для вузов / В. А. Богатырев.Москва 2021.

ELEKTRON SƏNƏD DÖVRİYYƏSİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ

Mustafayeva Aidə, Aslanova Səadət, Baxşiyeva Günel

(Mingəçevir Dövlət Universiteti, İnformasiya texnologiyaları kafedrası)

aida.mustafayeva@mdu.edu.az, saadat.aslanova@mdu.edu.az, gunel.baxshiyeva@mdu.edu.az

Xülasə: *Təqdim olunan işdə Süni intellekt və electron sənəd dövriyyəsindən bəhs olunur. Belə ki, COVID-19 pandemiyasından sonra daha da intensiv şəkildə rəqəmsal transformasiyadan aktiv istifadə olunmağa başlandı. Pandemiyadan sonra electron sənəd idarəetməsi daha da aktivləşdirildi. İşdə eyni zamanda sənədlərin dövriyyəsi platformalarının malik olduğu iş axını, ERM, formaların emalı və RIM kimi xüsusiyyətlərdən də bəhs olunub. Həmçinin sənəd idarəetməsində süni intellektin şirkətlər üçün faydaları da təqdim olunan işdə öz əksini tapıb.*

Açar sözlər: *süni intellekt, sənəd dövriyyəsi, electron sənəd, informasiya təhlükəsizliyi, proseslərin avtomatlaşdırılması*

Cəmiyyətin müxtəlif təbəqələrində rəqəmsal transformasiyalardan aktiv istifadə olunan dövrdə yaşamağımıza baxmayaraq, süni intellektin sənəd dövriyyəsində tətbiqi son zamanlar meydana gələn məsələlərdəndir. Bununla belə, məhz 2021-ci ildən bu proses əhəmiyyətli dərəcədə intensivləşərək, insanların həyatına müxtəlif səviyyələrdə təsir göstədi. Bu proses əsasən, COVID-19 pandemiyasının yaratdığı böhranın cəmiyyətə qoyduğu yeni tələblər səbəbindən baş verib. Hətta indi, bu hadisələrdən dörd il sonra, üfqudə görünən odur ki, bu tendensiya eksponent olaraq böyüməyə davam edir. Eyni zamanda bu tendensiya insan təcrübəsinin ən əsas aspektlərinə belə təsir edir və mədəniyyətimizi, ünsiyyətimizi, ümumiyyətlə həyatımızı kökündən dəyişdirir. Təbii ki,

bu bizim iş üslubumuza təsir etməyə bilməzdi. Bunlardan biri də sənəd idarəetməsi sahəsində baş verənlərdir. Əvvəllər biz fiziki sənədlərin üstünlük təşkil etdiyi dövr ilə elektron platformalar və rəqəmsal sənədlər tərəfindən ələ keçirilən yeni dövr arasında keçid dövrünü yaşayırdıq. İndi biz idarəetmə proseslərində öz yerini möhkəmlətməmiş süni intellektin meydana çıxması ilə bu prosesin yeni müasirlik səviyyəsinə yüksəldiyini hər zamankından daha çox görürük - bu tendensiya əməl etməyənlər, şübhəsiz ki, geridə qalacaqlar.

Elektron sənəd idarəetməsi nədir? - Elektron sənəd idarəetməsi bir sıra texnoloji vasitələrin köməyi ilə müəyyən bir şirkətə aid məlumat və məlumatları ehtiva edən faylları saxlamağa və idarə etməyə imkan verən müasir sənəd idarəetmə texnologiyasıdır. Menecer və ya hər hansı bir işçi sənədə daxil olmaq istədikdə, onlar sadəcə onlayn platformaya daxil ola və saniyələr ərzində onun rəqəmsal versiyasını tapmaq üçün axtarış edə bilirlər, bu bir çox digər sənədləri əl ilə axtarmaqdan daha rahatdır. Elektron sənəd idarəetməsi iki moduldan ibarətdir: sənədlərin toplanması və idarə olunması.

Sənədlərin toplanması. Bu modul sənədlərdən istifadə etməklə prosesləri sürətləndirir. Müəyyən bir fiziki və ya hüquqi şəxsin şirkətin sistemində qeydiyyatdan keçməsi lazım olduqda, müvafiq məlumatları təhlükəsiz şəkildə qeydiyyata almaq üçün bu formadan istifadə etməklə həyata keçirilir.

Sənədlərin idarə olunması. Bu modul faktiki sənədlərin səmərəli idarə edilməsi üçün istifadə olunur. Xüsusi bir platformanın funksionallığından istifadə edərək, sənədləri və şirkətin ən vacib fayllarını yaddaşa verilmiş formada saxlaya bilərsiniz.

Bu platformalar bir sıra xüsusiyyətlərə malikdir, onlardan iş axını, ERM, formaların emalı və RIM kimiləri misal çəkmək olar.

İş axını. İş prosesinə cavabdeh olan, yəni bütün tapşırıqların həvalə edilmiş insanlar tərəfindən və müəyyən edilmiş müddətlərdə yerinə yetirilməsini təmin edən funksionallıqdır. Bu xatırlatmalar və digər alətlər vasitəsilə həyata keçirilir.

ERM. ERM sənədlərin saxlanması və məlumatların axtarışı üçün cavabdeh olan bir texnologiyadır. Əvvəllər tonlarla kağızlar dolablarda saxlanılır, köhnəlməyə və zamanın təsirinə məruz qalırdısa, indi məhz bu funksionallıq idarəetməni ənənəvi metoddan daha təhlükəsiz və səmərəli edir.

Formaların emalı. Adından göründüyü kimi, bu funksionallıq şirkətin fəaliyyətində iştirak edən bütün insanlar üçün formaların işlənməsinə uyğundur. Sistemdə təchizatçıların, müştərilərin və işçilərin qeydiyyatı üçün idealdır - bütün müvafiq məlumatların təfərrüatlı və təhlükəsiz saxlanması təmin edir.

RIM. (Records and Information Management - Qeydlər və Məlumat İdarəetməsi) Burada söhbət sənədin həyat dövrünün idarə edilməsindən gedir.

RIM şirkətinizin bütün sənədlərinə daxil olmağa və onları kateqoriyalara ayırmağa imkan verən alətdir [1].

Süni intellekt nədir?

Süni intellekt insan fəaliyyətini səmərəli və avtonom şəkildə yerinə yetirmək üçün maşınları öyrənmək və inkişaf etdirmək məqsədinə xidmət edən bir elm sahəsidir. Bu elmi sahə bilavasitə robototexnika, maşın öyrənməsi, təsvir və səsə tanınması və bir çox başqa texnologiyalar anlayışları ilə bağlıdır. Bununla belə, süni intellekt demək olar ki, alqoritmlər, öyrənmə sistemləri, süni neyron şəbəkələri və intellekt hesab etdiyimiz məvhumlarla əlaqəli insan qabiliyyətlərini təqlid edə bilən bir çox başqa texnologiyaları əhatə edir. Bu məqamlar maşına rəşional təhlil aparmağa və müvafiq qərarlar qəbul etməyə imkan verən müxtəlif qavrayışlar əldə etmək üçün müstəqilliyə imkan verir. Analoji olaraq süni intellekt məlumatların təhlili sistemi də ona öz bilik dairəsini genişləndirmək üçün tək başına öyrənmək imkanı verməlidir.

Elektron sənəd dövriyyəsi və süni intellektin birlikdə istifadəsi. Elektron sənəd idarəetməsi süni intellektə əsaslanan həllərin İT sektorunu təkmilləşdirmək üçün görünməmiş potensialı təmsil etdiyi danılmaz faktdır. Hər ikisini birləşdirməklə, məlumatların təhlili sənəd analitikasından istifadə etmək daha çevik, tam və təhlükəsiz olur. Əslində, bu mənzərənin tamamlanması an məsələsidir, çünki robotların GED proseslərinə inteqrasiyası hələ tam qurulmamış olsa da, bu yaxın gələcəyə işarə edən texnoloji əsaslar artıq göz qabağındadır. Proseslər getdikcə robotlaşdıqca, planlaşdırma, inkişaf və rəqabət strategiyaları getdikcə çətinləşir. Ağıllı oxu sistemləri, avtomatlaşdırılmış sənəd idarəetməsi (OCR və ya optik simvol tanıma texnologiyasından istifadə etməklə) və proqnozlaşdırıcı alqoritmlər istifadə olunan alətlərdən yalnız bəziləridir. Beləliklə, yeni hesablama sistemləri sənədlərdən ən aktual məlumatları tanımaq, təhlil etmək, şərh etmək və çıxarmaq deyil, həm də istifadəçiyə tez və dəqiq qərarlar qəbul etmək üçün təlimatlar təqdim etmək qabiliyyətinə malikdir. Beləliklə, elektron sənəd dövriyyəsinə tətbiq edilən süni intellekt texnologiyası gündəlik həyatımızda çox rast gəlinən sənədlərin göndərilməsi, qəbulu və saxlanması proseslərini bizim üçün xeyli asanlaşdıracağını vəd edir.

Sənəd idarəetməsində süni intellektin şirkətlər üçün faydaları. Süni intellektin elektron sənəd dövriyyəsinə tətbiqi şirkətlərə saysız-hesabsız faydalar gətirə bilər. Bəs onlar tam olaraq nədən ibarətdir? Aşağıda əsas olanları sadalayacağıq:

İnformasiya təhlükəsizliyi. Süni intellekt texnologiyası məlumatların təhlilinə, biliklərin əldə edilməsinə və standartlaşdırılmış hərəkətlərin yerinə yetirilmə-

sinə əsaslandığından, təbiidir ki, bu cür həll tendensiyaları proqnozlaşdırmaq və kibertəhlükəsizliyi optimallaşdırmaq üçün nümunəvidir. Məlumat təhlükəsizliyi pozuntularının əksəriyyətinin insan səhvi nəticəsində baş verdiyini nəzərə alsaq, maşın öyrənməsi geniş çeşidli məlumatları təhlil edərək, təhdidləri müəyyən edərək və bu cür hadisələrə cavab vermək üçün düzgün tədbirlər görərək ciddi informasiya təhlükəsizliyi xətlərinin tezliyini azalda bilər [1].

Proseslərin avtomatlaşdırılması və sürətləndirilməsi. Proseslərin avtomatlaşdırılması və koqnitiv bilikləri şirkətlərə mümkün olan ən optimallaşdırılmış şəkildə fəaliyyət göstərməyə, səmərəliliyi və nəticələri artırmağa imkan verir. Süni intellekt idarəetmə işlərinin çoxunu yerinə yetirsə də, komanda digər fəaliyyətlərə, xüsusən də strateji səviyyədə vaxt qazanır.

Məlumatların strukturlaşdırılması və sənədlərin təşkili. Məlumatların strukturlaşdırılması süni intellekt texnologiyasının əsas prinsiplərindən biridir. Hesablamanın bu sahəsi müxtəlif məlumatların təşkili mexanizmlərinin öyrənilməsinə cavabdeh olduğundan, süni intellekt kimi ağıllı həllərdən istifadə şirkətin bütün sənədləşdirilmiş məlumatlarını dəqiq şəkildə təşkil etməyə, əldə etməyə və emal etməyə kömək edərək menecer və komandanızın həyatını asanlaşdırır [2].

Anlayış yaratmaq və qərar qəbul etmək. Süni intellekt maşın öyrənməsi və dərin öyrənmə kimi innovativ konsepsiyalara əsaslandığından, məlumatların işlənməsi və şərh edilməsi üçün böyük imkanlara malikdir. Çünki informasiya insanlar tərəfindən təkrar istehsal oluna bilməyəcək şəkildə süzülür və işlənir. Şübhəsiz ki bu bizə diqqətdən kənarda qala biləcək unikal imkanlardan istifadə etməyə imkan verən mühüm bilik və ideyaların yaradılmasında müəyyənəddir amildir. Süni intellektin qərarların qəbul edilməsində köməkçisi kimi potensialı məhz ondan ibarətdir ki, o, insanlara strateji səviyyədə düzgün hərəkətlər haqqında qərarlar qəbul etmək üçün lazımı zəmin təmin etmək üçün böyük miqdarda ixtisaslı biliklər yarada bilər [3].

Göründüyü kimi, süni intellekt korporativ ssenaridə qalacaq texnoloji alətdir və onun aktuallığını artıq nəzərdən qaçırmmaq olmaz.

Ədəbiyyat

1. A.Mustafayeva Şəbəkə təhlükəsizliyi. Dərslik, Bakı, 2024, 319 s.
2. G.Rzayeva, A.İbrahimova Süni intellekt, insan hüquqları və fərdi məlumatların təhlükəsizliyi. Dərslik, Bakı, 2021, 199 s.
3. M.Mitchell Artificial Intelligence: A Guide for Thinking Humans. Farrar, Straus and Giroux, 2019, 336 s.

ÇOXMƏRHƏLƏLİ İQTİSADI MƏSƏLƏLƏR DİNAMİK PROSES KİMİ

Nəbiyeva Ləman

(Bakı Dövlət Universiteti, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

nabiyeva.lmn@gmail.com

Xülasə: Məqalədə çoxmərhləli iqtisadi məsələlərin dinamik proses kimi modeləşdirilməsi və dinamik proqramlaşdırma ilə həlli yığcam şəkildə təqdim edilir. Vəziyyət və idarəetmə dəyişənləri, keçid funksiyası, mərhələvi xərc və ümumi məqsəd funksiyası, eləcə də başlanğıc və terminal şərtlərdən ibarət standart dinamik sistem sxemi izah olunur. Bellman optimallıq prinsipi, stasionar və qeyri-stasionar siyasətlərin rolu vurğulanır; inventar, istehlak-qənaət və istehsal planlaşdırılması nümunələri əsasında dinamik proqramlaşdırmanın tətbiq imkanları göstərilir.

Açar sözlər: dinamik proqramlaşdırma, çoxmərhləli iqtisadi məsələ, Bellman optimallıq prinsipi, inventar idarəetməsi, istehlak-qənaət modeli, istehsal planlaşdırılması.

Dinamik proqramlaşdırma tətbiqi üçün iqtisadi məsələ dinamik sistem formasında yazılır və üç əsas komponentdən ibarət olur:

1. Vəziyyət vektoru x_t , idarəetmə vektoru u_t və keçid funksiyası $x_{t+1} = f_t(x_t, u_t, \xi_t)$;
2. Mərhələvi xərc funksiyası g_t və onların cəmi şəklində ümumi məqsəd funksiyası $J^\pi(x_0)$;
3. Başlanğıc vəziyyət x_0 və terminal şərtlər ($X_T = \bar{x}, X_T \in S$ və ya terminal xərc ($g_T(X_T)$)).

Vəziyyət iqtisadi sistemin əsas göstəricilərini (kapital, ehtiyat, borc, güc və s.), idarəetmə isə qərarları (istehsal, investisiya, sifariş və s.) əks etdirir. Deterministik hallarda şok yoxdur, stoxastik modellərdə isə keçid ehtimalları matrisi ilə növbəti vəziyyətin paylanması verilir.

Ümumi məqsəd funksiyası

$$J^\pi(x_0) = E[\sum_{t=0}^{T-1} g_t(X_t, U_t, \xi_t) + g_T(X_T)]$$

formasında yazılır və xərclərin minimallaşdırılması və ya mənfəətin maksimalaşdırılması meyarını kəmiyyətcə ifadə edir. Başlanğıc və terminal şərtlər planlaşdırma üfününün əvvəlini və sonundakı tələbləri riyazi şəkildə kodlaşdırır.

Optimal siyasət məqsəd funksiyasını bütün zaman kəsiyi üzrə minimallaşdıran qərarlar ardıcılığıdır. Bellman optimallıq prinsipi qlobal optimallığı mərhələvi rekursiyalar vasitəsilə təmin edir:

$$J_t^* = \min_{u \in U_t(x)} \{g_t(x, u) + E[J_{t+1}^*(f_t(x, u, \xi_t))]\}, J_T^*(x) = g_T(x).$$

Beləliklə, hər mərhələdə qəbul olunan qərar yalnız “bu gün üçün” deyil, gələcək mərhələlər üzrə də optimal siyasətin tərkib hissəsi olmalıdır. Lokal və qlobal optimal siyasət anlayışları siyasətlər çoxluğu Π üzərində müqayisə

edilir; dinamik proqramlaşdırma algoritmi Bellman tənliyi vasitəsilə global optimal dəyər funksiyasını verir.

Sonsuz üfüqlü, diskontlaşdırılmış modellərdə

$$J = E[\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t g(x_t, u_t)], \quad 0 < \beta < 1,$$

zamandan asılı olmayan dinamika və xərclər olduqda stasionar optimal siyasət

$$u_t = \mu(x_t)$$

və stasionar Bellman tənliyi

$$V^*(x) = \min_u \{g(x, u) + \beta E[V^*(f(x, u, \xi))]\}$$

formasında alınır. Sonlu üfüqlü modellərdə isə dəyər funksiyası (t)-dən asılı olduğu üçün optimal siyasət qeyri-stasionar olur.

Dinamik proses kimi çoxmərhləli iqtisadi məsələlərin qısa nümunələri nə baxaq

Inventar (ehtiyat) modeli:

Vəziyyət: ehtiyat səviyyəsi $x(t)$, idarəetmə: sifariş həcmi $u(t)$, dinamika:

$$x_{t+1} = x_t + u_t - \xi_t$$

Mərhləvi xərc sifariş, saxlama və çatışmazlıq xərclərindən ibarətdir, məqsəd isə ümumi xərclərin minimallaşdırılmasıdır. Bellman tənliyi əsasında (s, S) tipli siyasətlərin geniş şərtlər altında optimal olduğu göstərilir.

İstehlak-qənaət modeli:

Vəziyyət: sərvət/kapital k_t , idarəetmə: istehlak c_t ; dinamika:

$$k_{t+1} = (1 + r)(k_t - c_t) + y_{t+1}$$

Məqsəd diskontlaşdırılmış intertemporal faydanın

$$\sum_{t=0}^T \beta^t u(c_t)$$

maksimumudur. Bellman rekursiyası istehlakçının bugünkü istehlak ilə gələcək istehlak arasında mübadiləsini formal şəkildə təsvir edir.

İstehsal proqramının optimallaşdırılması modeli:

Vəziyyət: istehsal gücü k_t , ehtiyat x_t , idarəetmə: istehsal q_t , investisiya i_t , dinamika:

$$k_{t+1} = (1 - \delta)k_t + i_t, \quad x_{t+1} = x_t + q_t - d_t$$

Güc, resurs və büdcə məhdudiyyətləri nəzərə alınmaqla planlaşdırma üfüqi üzrə mənfəət maksimumlaşdırılır. Bellman funksiyası istehsal-ehtiyat-sərmayə kompromislərini müəyyən edir.

Ədəbiyyat

1. D.P.Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, Vol.1. Athena Scientific, 2012.
2. R.Bellman, Dynamic Programming. Princeton University Press, 1957.
3. Ə.İsgəndərov, T.Həsənlı, S.Sadıqova, Riyazi proqramlaşdırmanın əsasları. Bakı, 2018.
4. N.Həsənova, Optimallaşdırma üsulları. Dərslik, Bakı, 2020.

SONLU VƏ SONSUZ MƏRHƏLƏLİ İQTİSADI MƏSƏLƏLƏRİN DİNAMİK PROQRAMLAŞDIRMA ÇƏRÇİVƏSİNDƏ TƏHLİLİ

Nəbiyeva Ləman

(Bakı Dövlət Universiteti, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

nabiyeva.lmn@gmail.com

Xülasə: *Məqalədə sonlu və sonsuz mərhələli dinamik proqramlaşdırma modellərinin iqtisadi məzmunu və riyazi quruluşu müqayisəli şəkildə təhlil olunur. Sonlu horizontlu modellər üçün planlaşdırma üföü, terminal şərt və geriye induksiya alqoritminin rolu izah edilir, kampaniya və layihə tipli məsələlər kontekstində tətbiq nümunələri göstərilir. Sonsuz horizontlu modellər üçün diskontlaşdırılmış və orta xərclər meyarları, diskont əmsalinin iqtisadi mənası və uzunmüddətli siyasətlərin modelləşdirilməsi xüsusiyyətləri şərh edilir. Sonda sonlu və sonsuz mərhələli modellər arasında nəzəri, alqoritmik və praktik fərqlər ümumiləşdirilir.*

Açar sözlər: *dinamik proqramlaşdırma, sonlu horizont, sonsuz horizont, diskontlaşdırma, orta xərclər meyarı, geriye induksiya, uzunmüddətli iqtisadi siyasət.*

Dinamik proqramlaşdırma çoxmərhələli iqtisadi qərarvermə proseslərinin modelləşdirilməsi üçün əsas riyazi alətlərdən biridir. Bertsekas bu sahəni iki böyük sinfə ayırır: sonlu horizontlu (finite horizon) və sonsuz horizontlu (infinite horizon) problemlər; birinci cildini əsasən sonlu, ikinci cildini isə sonsuz horizontlu modellərə həsr etməsi də bu bölgünün prinsipial əhəmiyyətini göstərir [1].

Sonlu və sonsuz horizontlu modellər ümumi konseptual çərçivəni – vəziyyət, idarəetmə, keçid funksiyası və mərhələvi xərc/fayda funksiyalarını – paylaşsalar da, məqsəd funksiyasının tipi, sərhəd şərtləri, hesablama alqoritmləri və iqtisadi interpretasiya baxımından ciddi fərqlərə malikdirlər.

Sonlu mərhələli dinamik proqramlaşdırma məsələlərinə baxaq:

Sonlu mərhələli dinamik proqramlaşdırma modellərində planlaşdırma üföü $t = 0, 1, \dots, T$ müəyyən son tarixə qədər verilir və qərar qəbuletmə prosesi yalnız bu dövrləri əhatə edir. Burada T layihənin, kampaniyanın, proqramın və ya müqavilənin bitmə dövrünü ifadə edir. Ə.İsgəndərov, T.Həsəni və S.Sadiqova dinamik proqramlaşdırmanı “çoxaddımlı qərar qəbuletmə” üsulu kimi səciyələndirərək vurğulayırlar ki, sonlu sayda mərhələdə hər addımda optimal qərarların ardıcılığı formaləşdirilir [3].

Sonlu horizontlu modeldə məqsəd funksiyası adətən

$$J^{\pi}(x_0) = E[\sum_{t=0}^{T-1} g_t(X_t, U_t, \xi_t) + g_T(X_T)]$$

formasını alır; burada g_t mərhələ üzrə xərc və ya fayda, $g_T(X_T)$ isə terminal dəyər funksiyasıdır. Terminal funksiya son dövrdə qalan kapitalın, ehtiyatın və ya layihə nəticəsinin iqtisadi dəyərini əks etdirir.

Terminal şərtlər iki formada verilir:

- sərt terminal şərt – $X_T = \bar{x}$ və ya $X_T \in S$ tipli məhdudiyyət (məsələn, borcun sıfırlanması tələbi);
- yumşaq terminal şərt – yalnız $g_T(X_T)$ vasitəsilə “salvage value” və ya cərimə şəklində nəzərə alınan şərtlər.

Sonlu horizontlu məsələlərin əsas həll aləti geriye induksiyaadır. Bellman optimallıq prinsipinə əsasən, terminal mərhələdə

$$J^T(x) = g_T(x),$$

sonra isə

$$J_t^*(x) = \min_{u \in U_t(x)} \{g_t(x, u) + E[J_{t+1}^*(f_t(x, u, \xi_t))]\}, \quad t = T-1, \dots, 0$$

rekursiyası ilə dəyər funksiyası “T-dən 0-a doğru” hesablanır [1,2]. Bertsekas bu sxemi “finite-horizon DP algorithm” kimi təqdim edir və qeyd edir ki, alqoritm həmişə (T+1) addımdan sonra tamamlanır [1].

İqtisadi baxımdan belə modellər kampaniya və layihə tipli məsələlərə uyğundur:

- müəyyən mövsüm üçün istehsal planlaşdırılması (T-dən sonra ehtiyatın dəyərdən düşməsi və ya ucuzlaşması);
- layihə planlaşdırılması və critical path tipli məsələlər, burada son tarix layihənin tam başa çatdırılmasını tələb edir.

Bu hallarda “oyunun sonu” əvvəlcədən məlumdur və terminal funksiya məhz bu son nöqtədəki dəyəri modelə daxil edir.

Sonsuz mərhələli dinamik proqramlaşdırma məsələlərinə baxaq:

Sonsuz mərhələli modellər iqtisadi qərarların prinsipinə sonsuz zaman horizontu üzrə optimallaşdırılmasını nəzərdə tutur və xüsusilə makroiqtisadi siyasət, dayanıqlı istehlak-qənaət, ehtiyatların uzunmüddətli idarə edilməsi və borc dinamikası kimi sahələr üçün təbii çərçivə yaradır [1].

Ən geniş yayılmış meyar diskontlaşdırılmış xərclər (və ya fayda) funksiyasıdır:

$$J^\pi(x_0) = E[\sum_{t=0}^{\infty} \delta^t g(x_t, u_t)], \quad 0 < \beta < 1$$

Burada β diskontlaşdırma amili olub, gələcək xərclərin və faydaların bugünkü dəyərini müəyyən edir. Yüksək inflyasiya və yüksək faiz dərəcələri şəraitində β daha kiçik, uzunmüddətli dayanıqlı inkişaf strategiyalarında isə vahidə yaxın seçilir.

İkinci mühüm meyar orta xərclər meyarıdır:

$$J_{avg}^{\pi}(x_0) = \lim_{N \rightarrow \infty} \sup \frac{1}{N} E[\sum_{t=0}^{N-1} g(x_t, u_t)],$$

hansı ki stasionar istehsal, ehtiyat və xidmət sistemlərində “bir dövr üçün orta göstərici” kimi təsvir olunur [1].

Sonsuz horizontda artıq terminal mərhələ yoxdur; əsas obyekt sabit nöqtə tipli Bellman tənliyidir:

$$V^*(x) = \min_{u \in U(x)} \{g(x, u) + \beta E[V^*(f(x, u, \xi))]\}$$

Həll sonlu sayda geriye addımlarla deyil, dəyər iterasiyası və siyasət iterasiyası kimi iterativ alqoritmlər vasitəsilə tapılır. Diskontlaşdırma ($\beta < 1$) şərti altında dinamik proqramlaşdırma operatoru kontraksiya olur və iterasiyanın yeganə sabit nöqtəyə yığılmasını təmin edir [1].

N.Həsənova ümumi optimallaşdırma nəzəriyyəsini şərh edərkən diskontlaşdırmanın və məqsəd funksiyasının seçiminin iqtisadi interpretasiya üçün həlledici olduğunu vurğulayır [4]; sonsuz horizontlu dinamik proqramlaşdırma modelləri bu fəlsəfənin formal ifadəsi kimi çıxış edir.

Sonlu və sonsuz mərhələli modellərin fərqlərinin ümumiləşdirilməsi:

Sonlu və sonsuz mərhələli modellər arasındakı əsas fərqləri üç səviyyədə ümumiləşdirmək olar:

1. Nəzəri səviyyə:
 - sonlu horizont: sərhəd şərti ilə verilmiş rekursiv problem (geriyə induksiya);
 - sonsuz horizont: sabit nöqtə problemi (Bellman tənliyi, stasionar dəyər funksiyası).
2. Alqoritmik səviyyə:
 - sonlu horizont: T addımda bitən geriye hesablama, terminasiya zamanəti;
 - sonsuz horizont: yaxınlaşma kriteriyasına qədər davam edən iterativ alqoritmlər, dəyər/siyasət iterasiyası, təxmini DP.
3. Praktiki səviyyə:
 - sonlu horizont: layihə və kampaniya tipli, “sonu məlum” proseslər;
 - sonsuz horizont: uzunmüddətli və dayanıqlı iqtisadi siyasət, istehlak-qənaət, ehtiyatların davamlı idarə edilməsi, borc dinamikası və s.

Bu fərqlərin düzgün başa düşülməsi dinamik proqramlaşdırma üsulunun müxtəlif iqtisadi modellərə tətbiqi üçün nəzəri və praktiki baza yaradır.

Ədəbiyyat

1. Bertsekas D.P. *Dynamic Programming and Optimal Control*, Vol. 1–2. Athena Scientific, 2012.
2. Bellman R. *Dynamic Programming*. Princeton University Press, 1957.
3. Ə.İsgəndərov, T.Həsənlı, S.Sadıqova. *Riyazi proqramlaşdırmanın əsasları*. Bakı, 2012.
4. N. Həsənova. *Optimallaşdırma üsulları*. Dərslik. Bakı, 2024.

ALGORİTMİK DÜŞÜNMƏ VƏ RİYAZİ MODELƏŞDİRMƏNİN İNKİŞAFINDA PROQRAMLAŞDIRMA PLATFORMALARININ ROLU: STEAM ƏSASLI DƏRS MODELİNİN TƏTBİQİ VƏ NƏTİCƏLƏRİ

Nəzərova Gültəkin

(Mingəçevir Dövlət Universiteti)

Gultakin.nazarova.imm24@mdu.edu.az

Xülasə: Məqalə müasir təhsil sistemində algoritmik düşünmə və riyazi modelləşdirmə bacarıqlarının formalaşmasında proqramlaşdırma platformalarının rolunu araşdırır və STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) əsaslı dərs modelinin tətbiqi üzrə empirik nəticələri təqdim edir. XXI əsr kompetensiyalarının — problem həll etmə, tənqidi təfəkkür, sistemli yanaşma və yaradıcılıq — inkişafı şagirdlərdə biliklərin yalnız məzmun səviyyəsində deyil, həm də praktik tətbiq imkanları ilə əlaqələndirilməsini tələb edir. Bu kontekstdə Scratch, Python, Arduino IDE kimi proqramlaşdırma platformaları şagirdlərdə algoritmik ardıcılıq, məntiqi əlaqələndirmə, məlumat strukturlarının qavranılması, dinamik proseslərin modelləşdirilməsi və real problemlərin simulyasiyası kimi bacarıqları gücləndirir.

Aparılmış tədqiqat çərçivəsində STEAM əsaslı dərs modeli tətbiq edilmiş, təcrübə və nəzarət qrupları üzərində müqayisəli təhlil aparılmışdır. Nəticələr göstərir ki, integrasiya olunmuş layihə əsaslı öyrənmə prosesində proqramlaşdırma tapşırıqlarından istifadə şagirdlərin riyazi təfəkkürünü inkişaf etdirir, riyazi problemlərin modelləşdirilməsinə marağı artırır və interdisiplinar biliklərin tətbiqini genişləndirir. Eyni zamanda, müəllim və şagird rəy sorğuları göstərir ki, proqramlaşdırma mühitləri vizual və interaktiv olduğuna görə riyazi anlayışların mənimsənilməsini asanlaşdırır, abstrakt düşünməni konkret kod strukturlarına uyğunlaşdırmaq imkanı yaradır.

Məqalənin nəticələri göstərir ki, STEAM yanaşmasının proqramlaşdırma ilə birgə tətbiqi təkcə riyazi nəticələri yaxşılaşdırmır, həm də şagirdlərin yaradıcı yanaşmasını, əməkdaşlıq bacarıqlarını və layihə menecmenti kompetensiyalarını gücləndirir. Bu isə ümumilikdə tədrisdə innovativ metodların tətbiqinin genişləndirilməsinin vacibliyini ön plana çıxarır.

Açar sözlər: STEAM, algoritmik düşünmə, riyazi modelləşdirmə, proqramlaşdırma platformaları, layihə əsaslı öyrənmə, innovativ təlim texnologiyaları.

Algoritmik düşünmə və riyazi modelləşdirmə bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi yalnız nəzəri biliklərlə məhdudlaşmır; bu prosesin real nəticə verməsi üçün şagirdlərin interaktiv, tətbiq yönümlü mühitlərdə fəaliyyət göstərməsi zəruridir. Proqramlaşdırma platformaları — xüsusilə Scratch, Python, GeoGebra, MATLAB və Arduino IDE — bu baxımdan həm məntiqi ardıcılığın qurulması, həm də riyazi modellərin addım-addım yaradılması üçün unikal imkanlar təqdim edir. Praktiki dərs prosesində müəllim əvvəlcə riyazi bir problemi — məsələn,

lən, xətti funksiyanın qrafik davranışını, ehtimal modellərini, fraktal strukturların yaranmasını və ya hərəkət edən obyektin sürət-zaman əlaqəsini — təqdim edir. Daha sonra həmin riyazi məsələ proqramlaşdırma mühitində tətbiq tapır: şagirdlər Scratch-də obyektin koordinatlarını dəyişərək xətti funksiyanı canlandırır, Python-da tənliklərin həllini avtomatlaşdırır, GeoGebra-da dinamik modellər qurur və nəticələri vizual şəkildə müşahidə edirlər. Bu yanaşma riyazi anlayışların abstrakt səviyyədən praktik sahəyə keçməsinə təmin edir və şagirdlər hər bir əməliyyatın məntiqi əsasını görünən formada izləyə bilirlər. [3]

STEAM əsaslı dərslərin təbiiqə zamanı dərslərin vahidi müxtəlif fənlərin inteqrasiyasına uyğun şəkildə qurulur. Məsələn, “Hərəkət edən robotun məsafə-hərəkət qrafikinə qurulması” mövzusu üzrə şagirdlər fizika biliklərini (sürət, zaman, məsafə), riyazi modelləşdirməni (funksiya, dəyişən, qrafik), mühəndislik komponentini (robotun konstruksiyası), proqramlaşdırmanı (Arduino və ya Scratch ilə kodlama), incəsənət elementini isə təqdimat, animasiya və ya vizual dizayn vasitəsilə tətbiq edirlər. Bu proses real həyatda qarşılaşdıkları problemlərin necə modelləşdirilib həll edilə biləcəyini göstərir və tədqiqat yönümlü öyrənmə vərdişlərini gücləndirir. Tədqiqat nəticələri də göstərir ki, dərslərdə proqramlaşdırma tapşırıqlarının təbiiqə şagirdlərin motivasiyasını əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Şagirdlər kodlaşdırma prosesində “səhv-düzəliş-təkmilləşdirmə” döngəsini yaşayır və bu, onlarda tənqidi düşünmə, sistemli yanaşma və müstəqil qərar vermə bacarıqlarını inkişaf etdirir. Eyni zamanda komanda işi tələb edən layihələr — məsələn, interaktiv oyun yaratmaq, sensorlu sistem qurmaq, simulyasiya modeli hazırlamaq — əməkdaşlıq, kommunikasiya və məsuliyyət kimi sosial bacarıqları gücləndirir. [5]

Praktiki təbiiqlərdə müəllimlər üçün mühüm məqamlardan biri də dərslərin prosesinin mərhələli şəkildə strukturlaşdırılmasıdır: problemin qoyuluşu, riyazi modelin qurulması, kodlaşdırma addımları, test mərhələsi, nəticələrin interpretasiyası və təqdimatı. Bu ardıcılıq həm riyazi modelləşdirməni öyrədir, həm də layihə menecmenti bacarıqlarını formalaşdırır.

Ümumilikdə, proqramlaşdırma platformalarının STEAM yanaşması ilə birgə təbiiqə şagirdlərin düşünmə tərzini dəyişir: onlar artıq riyazi məsələləri abstrakt simvollar toplusu kimi deyil, real sistemlərin davranışını modelləşdirməyə imkan verən canlı strukturlar kimi qavrayırlar. Bu isə müasir təhsil üçün əsas prioritetlərdən olan yaradıcı, analitik və innovativ düşünən nəsillərin yetişdirilməsinə şərait yaradır. STEAM əsaslı dərslərdə proqramlaşdırma platformalarının təbiiqə yalnız öyrənmə prosesini deyil, həm də qiymətləndirmə mexanizmlərini yeniləməyi zəruri edir. Şagirdlərin riyazi modelləşdirmə və algorit-

mik düşünmə bacarıqlarının real şəkildə formalaşib-formalaşmadığını müəyyən etmək üçün ənənəvi testlər kifayət etmir; buna görə də praktik yönümlü, layihə əsaslı və rəqəmsal qiymətləndirmə alətləri tətbiq olunur.

Bu çərçivədə müəllimlər şagirdlərin fəaliyyətini çoxölçülü meyarlar əsasında qiymətləndirirlər: problemi anlama və tərif etmə bacarığı, riyazi modelin doğru qurulması, kodun strukturlaşdırılması, alqoritmin səmərəliliyi, səhvlərin tapılıb aradan qaldırılması, həmçinin təqdimat və əsaslandırma bacarıqları. Məsələn, Python-da yazılan sadə simulyasiya modelinin düzgün işləməsi, dəyişənlərin məntiqi istifadəsi və nəticələrin qrafik formada vizuallaşdırılması qiymətləndirmə kriteriyalarına daxil edilir. [4]

Rəqəmsal qiymətləndirmə platformaları — Google Classroom, Code.org, Moodle, Kahoot, Quizizz və digər interaktiv mühitlər — dərs prosesində operativ geribildirim imkanı yaradır. Şagirdlər proqramlaşdırma tapşırığını yerinə yetirdikdən sonra sistem avtomatik olaraq kodun doğruluğunu yoxlayır, şagird dərhal nəticə alır və növbəti mərhələyə keçir. Bu tip adaptiv qiymətləndirmə şagirdlərin fərdi inkişaf trayektoriyasını dəqiq şəkildə izləməyə imkan verir.

Həmçinin layihə əsaslı qiymətləndirmədə “rubrik” yanaşması geniş tətbiq olunur. Bu rubriklər vasitəsilə şagirdin yalnız kod yazma bacarığı deyil, həm də riyazi məntiqi izah etmə, modelin real problemə uyğunluğunu əsaslandırma, komanda daxilində əməkdaşlıq, yaradıcı yanaşma və təqdimat səriştələri ölçülür. Məsələn, şagirdlərin hazırladığı robotik modelin məsafə-sürət qrafikinin riyazi əsaslandırılması rubrikdə xüsusi meyar kimi qeyd olunur. [1]

Bu qiymətləndirmə mexanizmləri nəticələrin obyektiv şəkildə müəyyən olunmasına, şagirdlərin öz inkişaf səviyyələrini görməsinə və növbəti addımlar üçün fərdi hədəflər qurmasına imkan yaradır. Nəticədə, STEAM əsaslı dərs modeli təkcə öyrənmə prosesini deyil, həm də ölçmə və qiymətləndirmə sistemini yenidən quraraq tədrisin keyfiyyətini yüksəldir.

Ədəbiyyat

1. **Bers, M. U.** Coding as a Playground: Programming and Computational Thinking in the Early Childhood Classroom. New York: Routledge, 2018, 296 s.
2. **Blikstein, P.** Digital Fabrication and ‘Making’ in Education: The Democratization of Invention. Journal of Pre-College Engineering Education Research, 2013, 14 s.
3. **Honey, M., & Kanter, D.** Design, Make, Play: Growing the Next Generation of STEM Innovators. New York: Routledge, 2013, 242 s.
4. **Kazakoff, E. R., & Bers, M. U.** The Impact of Block-Based Programming on Children’s Mathematical Thinking. Computers & Education, 2014, 17 s.
5. **Yakman, G.** STEAM Education: An Overview of Creating a Model of Integrative Education. Engineering Education Journal, 2008, 11 s.

WEB PROQRAMLAŞDIRMA TEXNOLOGİYALARININ ELEKTRON TƏHSİL MÜHİTİNƏ TƏTBİQİ

Orucova Tutu, Mikayılov Elşən

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

otutu@mail.ru, elshanmikayilov2004@gmail.com

Xülasə: *Müasir dövrdə rəqəmsal texnologiyaların sürətli inkişafı təhsil sistemində innovativ yanaşmaların tətbiqini zəruri etmişdir. Elektron tədris sistemləri (e-learning platformaları) tədrisin səmərəliliyini artırmaq, tələbə və müəllim arasında interaktiv əlaqə yaratmaq, biliklərin məsafədən ötürülməsini təmin etmək məqsədi daşıyır. Bu tədqiqat işində web proqramlaşdırma texnologiyalarından (backend yönümlü) istifadə etməklə nümunəvi bir elektron tədris platformasının hazırlanması və onun təhsil prosesində tətbiq imkanları araşdırılmışdır. Hazırlanan sistem müəllimlərə dərslər materiallarını yerləşdirmək, test və qiymətləndirmə modulları vasitəsilə tədris prosesini avtomatlaşdırmaq, tələbələrə isə şəxsi nəticələrini izləmək və öyrənmə prosesini fərdiləşdirmək imkanı yaradır.*

Açar sözlər: *elektron tədris, web proqramlaşdırma, təhsil texnologiyaları, e-learning, informasiya sistemi, interaktiv platforma.*

E-təhsil kompüter və şəbəkə texnologiyalarının təhsil mühitində tətbiqi-
dir. Başqa sözlə desək, e-təhsil öyrənmə təcrübəsini yaratmaq üçün elektron
texnologiyalardan istifadədir. Elektron təhsil sistemi ənənəvi təlim modellərini
tamamlayaraq biliklərin əldə edilməsini daha çevik, fərdiləşdirilmiş və interak-
tiv mühitdə həyata keçirməyə imkan verir. Effektiv elektron tədris mühitinin
yaradılması onun düzgün dizaynından başlayır [1, s. 45].

E-öyrənmə (E-Learning) sistemlərinin əsas hissəsini **kursların idarəet-
mə sistemi (CMS)** və **qiymətləndirmə idarəetmə sistemi (AMS)** təşkil edir.
CMS tədris məzmununu — mətn, şəkil, səs və digər materialları — tələbənin
səviyyəsini və bilik bazasını nəzərə alaraq idarə edir. Adətən, **CMS veb əsaslı
tədris sistemi** (web-based instruction) kimi tanınır. Eyni şəkildə, **AMS** tələbə-
lərin biliyini qiymətləndirmək üçün onların **imtahan və test proseslərini** idarə
edir. Bu qiymətləndirmə üsulu **kompüter adaptiv testləşdirmə (CAT)** ad-
lanır və bu üsulda test tapşırıqları hər bir iştirakçının fərdi bilik səviyyəsinə uy-
ğun şəkildə tənzimlənir [2, s. 2].

Adətən, E-Learning sistemləri müştəri/server (client/server) memarlığı-
na və veb əsaslı texnologiyalara (Web-Based Technologies – WBT) əsaslanır.
Lakin bu texnologiyaların bəzi məhdudiyyətləri var — o, miqyaslanma bilmə
(scalability), elastiklik (flexibility) və uyğunluq (interoperability) baxımından

yetərsizdir. Ənənəvi e-öyrənmə sistemləri qarşılıqlı əlaqə (interconnection) imkanına malik olmadığından, öyrənmə resursları (learning resources) müxtəlif platformalar və tətbiqlər arasında paylaşıla və ötürülə bilmir. Bu məhdudiyyət nəticəsində həmin resurslar tam potensialından istifadə edilə bilmir. E-öyrənmə sistemlərində etibarlı miqyaslanma bilmə və elastiklik çatışmadığı üçün sistemin təkmilləşdirilməsi də asan olmur. Əvvəlki tədqiqatlarda təklif edilən e-öyrənmə sistemi uğurla tətbiq olunsada, uyğunluq (interoperability) problemi tam həll edilməmişdir. E-öyrənmə sistemlərində uyğunluq yaratmaq üçün bir çox tədqiqatlarda veb xidmətlər (Web Services) tətbiq olunmuşdur. Bu yanaşma, öyrənmə resurslarının təqdim edilməsi, yəni məzmunun seçilməsi və birləşdirilməsi prosesinə yönəlmişdir. Veb xidmətlərdən istifadə e-öyrənmə sistemlərini daha uyğunlaşdırılmış (interoperable) edir [2, s. 4].

Microsoft-un .Net platforması və onun əsas hissəsi olan C# proqramlaşdırma dili web tətbiqlərin hazırlanmasında istifadə olunur. ASP.Net Core texnologiyası müştəri-server texnologiyalı proqramlaşdırma imkanlarını birləşdirərək, yüksək performanslı və təhlükəsiz elektron təhsil mühitinin yaradılmasına zəmin yaradır. Bundan əlavə verilənlər bazasının idarə edilməsi üçün Entity Framework Core texnologiyasının tətbiqi, materialların və istifadəçi məlumatlarının təhlükəsiz şərəitdə saxlanılmasını təmin edir [3, s. 89].

Eyni zamanda ASP.Net texnologiyası ilə hazırlanmış təhsil platformalarının istifadəçi interfeysinin zənginləşdirilməsi məqsədi ilə HTML5, CSS3 və Javascript kimi frontend texnologiyalarından geniş istifadə olunur. Bu integrasiya nəticəsində interaktiv və mobilyönümlü interfeyslər yaratmaq mümkündür. Beləliklə tələbə və müəllim həm masaüstü, həm də mobil rejimlərdə olaraq asanlıqla istifadə edə bilər.

Beləliklə baxılan işdə, web proqramlaşdırma texnologiyalarından istifadə etməklə nümunəvi bir elektron tədris platformasının hazırlanması və onun təhsil prosesində tətbiq imkanları araşdırılmışdır. Hazırlanan sistem, bir tərəfdən, müəllimlərə dərş materiallarını yerləşdirmək, test və qiymətləndirmə modulları vasitəsilə tədris prosesini avtomatlaşdırmaq, digər tərəfdən isə, tələbələrə şəxsi nəticələrini izləmək və öyrənmə prosesini fərdiləşdirmək imkanı yaradır.

Ədəbiyyat

1. Horton, W. (2012). E-learning by Design (2nd ed.), 45 s.
2. Al-Mahmood, A., & Huda, N. (2012). "Web Services Based e-Learning System for Interoperability", 2-4 s.
3. Liberty, J. (2022). Programming C# 10 and .Net 6. O'Reilly Media, 89 s.

ŞƏBƏKƏ TƏHLÜKƏSİZLİYİ VƏ MÜDAFİƏ METODLARININ MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ

Orucova Tutu, Cəfərov Seyhun

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi)

otutu@mail.ru , seyhuncfrov785@gmail.com

Xülasə: *Müasir rəqəmsal infrastrukturaların dinamik genişlənməsi və hibrid şəbəkə arxitekturalarının artması kibertəhlükəsizlik risklərini kəskin şəkildə yüksəldir. Bu səbəbdən səmərəli təhlükəsizlik strategiyalarının formalaşdırılması üçün VPN, firewall, IDS/IPS, eləcə də mobil və IoT şəbəkələrində tətbiq olunan müdafiə protokollarının funksional imkanlarının, məhdudiyyətlərinin və qarşılıqlı təsirinin müqayisəli təhlili mühüm əhəmiyyət daşıyır. Tədqiqat şəbəkə təhlükəsizliyinin əsas prinsiplərinə, mövcud hücum növlərinə və qabaqcıl müdafiə mexanizmlərinə əsaslanaraq vahid, optimallaşdırılmış təhlükəsizlik modelinin formalaşdırılmasına yönəlmişdir.*

Açar sözlər: *VPN, firewall, IDS/IPS sistemləri, IoT şəbəkələrində təhlükəsizlik.*

Şəbəkələrdə baş verən hücumlar müxtəlif formalarda ortaya çıxır və hər biri sistemlərin məxfilik, bütövlük və əlçatanlığına ciddi təhdid yaradır. Klassik hücum növlərinə Denial of Service (DoS), Man-in-the-Middle (MitM), phishing, viruslar və wormlar kimi zərərli proqramlar daxildir. DoS hücumu zamanı sistemin resursları tükənir və istifadəçilər üçün əlçatanlıq itir, MitM hücumları isə istifadəçilər arasındakı məlumatların gizliliyini pozur. Anderson şəbəkə hücumlarının təhlilində sistemlərin zəifliklərini və bunlardan istifadə edən hücum mexanizmlərini geniş şəkildə təsvir edir. O qeyd edir ki, paylanmış sistemlərdə zəifliklərin düzgün idarə olunmaması ciddi təhlükələr yaradır və risklərin azaldılması üçün sistemin dizaynında CIA prinsiplərinə riayət etmək vacibdir (Anderson, 2020, s. 102–104).

Kompüter şəbəkələrindəki zəifliklər yalnız texniki çatışmazlıqlarla məhdudlaşmır, həm də istifadəçi səhvləri və sosial mühəndislik hücumları ciddi təhlükə yaradır. Sosial mühəndislik hücumları zamanı hücum edən şəxslər istifadəçiləri aldadaraq həssas məlumatları ələ keçirir. Bu tip hücumların qarşısını almaq üçün istifadəçilərin məlumatlılığı və düzgün davranışı çox önəmlidir. Stallings və Brown bu mövzunu daha sadə dildə izah edir və real həyatda sistemlərin insan amili səbəbi ilə necə pozula biləcəyini nümunələrlə göstərir. Onlar qeyd edirlər ki, yalnız texniki müdafiə yetərli deyil; istifadəçilərin təlimatlandırılması və təhlükəsizlik siyasətlərinin tətbiqi də şəbəkə təhlükəsizliyinin ayrılmaz hissəsidir (Stallings & Brown, 2018, s. 56–58).

Kriptoqrafik protokolların istifadəsi şəbəkə hücumlarına qarşı əsas

müdafiə vasitəsi hesab olunur. Ancaq zəif implementasiyalar və ya düzgün tətbiq edilməyən protokollar ciddi risklər yarada bilər. Schneier şəbəkə təhlükəsizliyindəki praktik problemləri ətraflı şəkildə təqdim edir və göstərir ki, düzgün planlaşdırılmayan və tətbiq edilməyən şifrələmə mexanizmləri sistemlərin asanlıqla kompromat edilməsinə səbəb ola bilər (Schneier, 2015, s. 74–76). O həmçinin vurğulayır ki, müdafiə strategiyası təkcə texnologiya deyil, həm də düzgün prosedurlar və siyasətlər vasitəsilə tam şəkildə formalaşmalıdır.

Müasir şəbəkələrdə, xüsusilə IoT və mobil cihazlarda, hücumların həcmi və mürəkkəbliyi daha da artmışdır. Bu şəbəkələr çox sayda cihazı və istifadəçini əhatə etdiyindən, hər hansı bir zəiflik bütün sistem üçün təhlükə yarada bilər. Forouzan şəbəkə protokollarının və mobil şəbəkələrin zəifliklərini təhlil edir, firewall, IDS/IPS və VPN sistemlərinin bu hücumlara qarşı effektivliyini müqayisəli şəkildə göstərir. O qeyd edir ki, bu texnologiyalar hücumların qarşısını tam almaya bilər, lakin riskləri əhəmiyyətli dərəcədə azaltmaq üçün sisteməlik şəkildə tətbiq edilməlidir (Forouzan, 2017, s. 142–145).

Hücum növlərinin çoxluğu və risklərin fərqliliyi göstərir ki, şəbəkə təhlükəsizliyi yalnız texniki tədbirlərlə deyil, həm də düzgün idarəetmə və istifadəçi təlimi ilə təmin olunmalıdır. Sistemlərin dizaynında CIA triadasına əsaslanmaq, müvafiq protokolların tətbiqi və istifadəçi maarifləndirilməsi kompleks yanaşmanın əsas komponentləridir. Bu yanaşma həm müasir, həm də gələcək şəbəkə təhlükəsizlik sistemlərinin dayanıqlılığını təmin edir.

Ədəbiyyat

1. Anderson, R. (2020). Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems (3rd ed.). Wiley.
2. Stallings, W., & Brown, L. (2018). Computer Security: Principles and Practice (4th ed.). Pearson.
3. Forouzan, B. A. (2017). Cryptography and Network Security (3rd ed.). McGraw-Hill Education.

VİRTUAL TƏHSİLDƏ TƏLƏBƏ UĞURUNUN PROQNOZLAŞDIRILMASI

Osmanlı Təbriz

(Milli Aviasiya Akademiyası, Süni intellekt texnologiyaları şöbəsi)

tosmanli@naa.edu.az

Xülasə: Bu tədqiqatda virtual öyrənmə mühitlərində tələbə məşğulluğu və akademik nəticələrin proqnozlaşdırılması üçün Markov zəncirləri, Gizli Markov Modelləri və nəzarətli maşın öyrənməsi (MÖ) alqoritmlərini birləşdirən hibrid ansambl yanaşması təqdim olunur. 500 tələbənin davranış məlumatları üzərində aparılan eksperimental analiz nəticəsində modelin 91.9% dəqiqlik və 89.9% F1 göstəricisi ilə fərdi modelləri üstələdiyi

müəyyən edilmişdir. Forum iştirakçılığı və tapşırıq tamamlanması əsas proqnoz göstəriciləri kimi çıxış etmiş, nəticələr erkən xəbərdarlıq və adaptiv tədris strategiyalarının formalaşdırılmasına elmi əsas yaratmışdır.

Açar sözlər: *virtual öyrənmə mühiti, tələbə məşğulluğu, akademik nəticələrin proqnozlaşdırılması, Markov zənciri, maşın öyrənməsi, hibrid ansambl modeli*

Virtual öyrənmə mühitləri (VÖM) müasir təhsilin əsas istiqamətlərindən birinə çevrilmişdir. Bu mühitlər tədrisdə çeviklik, əlçatanlıq və fərdiləşmə kimi üstünlüklər təmin etsə də, tələbə məşğulluğunun dəyişkənliyi və akademik nəticələrin proqnozlaşdırılmasında çətinliklər hələ də qalmaqdadır [1]. Ənənəvi sinif şəraitində müəllimlər şifahi və davranış siqnalları vasitəsilə tələbə marağını və iştirak səviyyəsini müşahidə edə bilirlər [2]. Lakin onlayn təhsil mühitlərində bu göstəricilər çox zaman dolayı formada ortaya çıxır və riskli tələbələrərin gec aşkarlanmasına səbəb olur.

Bu tədqiqatın məqsədi VÖM-də tələbə davranışının zaman dinamikasını nəzərə alan, eyni zamanda izah edilə bilən və tətbiq yönümlü nəticələr təqdim edən bir proqnozlaşdırma modeli qurmaq olmuşdur [3]. Təklif olunan yanaşma Markov zəncirləri və Gizli Markov Modelləri (GMM) kimi ardıcılıq modelləri ilə Qərar Ağacı (QA) və Dəstək Vektor Maşını (DVM) kimi nəzarətli MÖ alqoritmlərinin hibrid ansambl integrasiyasına əsaslanır (Şəkil). Markov əsaslı modellər tələbə məşğulluğundakı keçid ehtimallarını və davranış ardıcılıqlarını təhlil etməyə imkan verir, nəzarətli öyrənmə modelləri isə fərdi göstəricilərdən çıxış edərək akademik nəticəni proqnozlaşdırır. Ansambl yanaşması bu iki istiqaməti birləşdirərək daha dəqiq, sabit və interpretasiya oluna bilən nəticələr əldə etməyə imkan yaratmışdır.



Şəkil. Təklif olunan hibrid Markov–MÖ modeli [1]

Araşdırmada istifadə olunan məlumat bazası 500 tələbənin çox kurslu onlayn öyrənmə platformasındakı davranış loglarından ibarətdir. Data toplusunda tələbələrənin davamiyyət səviyyəsi, forum fəaliyyəti, tapşırıqların tamamlanma faizi, platformada keçirdikləri vaxt və yekun qiymətləri kimi göstəricilər yer almışdır. Məlumatların ilkin emalı mərhələsində çatışmayan dəyərlər orta imputasiya üsulu ilə tamamlanmış, rəqəmsal dəyişənlər normalizasiya olunmuş, forum yazıları isə mətn emalı vasitəsilə (tokenləşdirmə, kökə endirmə) tə-

mizlənmişdir [4]. Modelin etibarlılığını təmin etmək məqsədilə məlumat 70% təlim, 15% təsdiqləmə və 15% test dəstlərinə bölünmüşdür.

Empirik mərhələdə tələbə məşğulluğu üç səviyyədə modelləşdirilmişdir: aşağı (S_1), orta (S_2) və yüksək (S_3). Markov zəncirinin keçid ehtimalları bu ardıcılıqlar üzrə hesablanmış və nəticələr göstərmişdir ki, yüksək məşğulluq vəziyyətində olan tələbələrə davranışın davamlılığı yüksək (0.74), aşağı məşğulluq vəziyyətində isə öz-özünə yaxşılaşma ehtimalı zəifdir (Low→High keçidi 0.10). Orta səviyyə tələbələrə həm yuxarı, həm aşağı istiqamətdə keçid ehtimalları balanslı olub, bu qrupun davranış dəyişkənliyinin daha yüksək olduğunu göstərmişdir [5]. Bu, orta məşğulluq səviyyəsində olan tələbələrin adaptiv dəstəyə daha açıq olduğunu sübut edir.

Gizli Markov Modelləri tələbə davranış ardıcılıqlarında gizli yolla məşğulluq trayektoriyalarını aşkar etmək üçün tətbiq edilmişdir. Model nəticəsində tələbələrin müəyyən dövrlərdə yüksək–orta vəziyyətlər arasında dövrü keçidlər göstərdiyi müəyyən olunmuş, bu da müdaxilə üçün optimal zaman pəncərələrinin müəyyənləşdirilməsinə imkan vermişdir [6].

Daha sonra nəzarətli MÖ modelləri (QA və DVM) tələbələrin akademik nəticələrini proqnozlaşdırmaq üçün istifadə edilmişdir. Ansambl modelində bu komponentlərin çıxışları Markov və GMM nəticələri ilə cəkiyə əsaslanan səsvermə sistemi vasitəsilə birləşdirilmişdir. Çəkilər təsdiqləmə mərhələsində əldə olunmuş fərdi dəqiqliklər əsasında müəyyən edilmişdir.

Test mərhələsində əldə olunan nəticələr modelin üstün performansını təsdiqləmişdir. Hibrid ansambl modeli 91.9% dəqiqlik, 89.9% F1 göstəricisi və 0.93 ROC-AUC ilə fərdi modelləri (DVM: 87.3%, QA: 81.6%) əhəmiyyətli dərəcədə üstələmişdir (Cədvəl). Qarışıqlıq matrisinin təhlili göstərmişdir ki, yüksək nəticə göstərən tələbələrə düzgün təsnifat nisbəti 76% olmuş, orta qrupda isə davranış dəyişkənliyi səbəbindən müəyyən qarışıqlıqlar müşahidə edilmişdir. Bununla belə, aşağı nəticə göstərən tələbələrin dəqiq identifikasiyası modelin erkən xəbərdarlıq sistemlərində tətbiq potensialını artırır.

Cədvəl. Müxtəlif modellərin nəticələrinin müqayisəsi

Model	Dəqiqlik	F1 göstəricisi	ROC-AUC
QA	81.6%	79.1%	0.82
DVM	87.3%	84.9%	0.88
GMM	76.2%	73.7%	0.77
Hibrid Markov–MÖ modeli	91.9%	89.9%	0.93

Xüsusiyyətlərin təsir dərəcəsi təhlil edildikdə forum iştirakçılığı (34.2%) və tapşırıq tamamlanması (28.5%) göstəriciləri akademik nəticələrin əsas determinantları kimi müəyyən edilmişdir [7]. Bu nəticə tələbə–müəllim qarşılıqlı əlaqəsinin akademik nəticələrdə həlledici rolunu təsdiqləyir.

Alınan nəticələr praktik baxımdan bir sıra tövsiyələr irəli sürməyə imkan verir. Əvvəla, VÖM-lərdə erkən xəbərdarlıq sistemlərinin Markov əsaslı keçid ehtimalları üzərində qurulması riskli tələbələrin daha tez aşkarlanmasını təmin edə bilər. İkincisi, forum iştirakının tədris qiymətləndirməsində çəkisinin artırılması tələbə motivasiyasına müsbət təsir göstərə bilər. Üçüncüsü, orta səviyyəli tələbələr üçün adaptiv motivasiya mexanizmlərinin tətbiqi tədris keyfiyyətini yüksəldə bilər [8].

Tədqiqatın məhdudiyyətləri sırasında data toplusunun tək platformadan toplanması və emosional-sosial göstəricilərin məhdud inteqrasiyası qeyd edilməlidir. Gələcək işlərdə fərqli ali təhsil mühitlərindən məlumatların daxil edilməsi, multimodal analiz (mətn, klik axınları, sentiment) yanaşmasının tətbiqi və ansambl çəkirlərinin Bayes optimizasiyası ilə avtomatik kalibrasiyası nəzərdə tutulur.

Nəticə etibarilə, təklif olunan hibrid Markov–MÖ yanaşması tələbə məşğulluğu və akademik nəticələrin proqnozlaşdırılmasında həm dəqiqliyi, həm də zaman həssaslığını təmin edir. Modelin əsas elmi yeniliyi onun ardıcıl davranış dinamikalarını ehtimala əsaslanan şəkildə nəzərə alması, eyni zamanda şərh oluna bilən və praktik tətbiqə açıq proqnozlar təqdim etməsidir. Bu yanaşma müəllimlərə, akademik məsləhətçilərə və tədris sistemlərinin dizaynerlərinə tələbələrin uğur trayektoriyalarını optimallaşdırmaq üçün süni intellekt əsaslı dəstək mexanizmi təklif edir.

Ədəbiyyat

1. T.Osmanlı Predictive Analysis of Student Engagement and Academic Performance in Virtual Learning Environments Using a Hybrid Markov–Machine Learning Model. *Asian Journal of Research in Computer Science*, Bakı, 2025, 102–112 s. <https://doi.org/10.9734/ajrcos/2025/v18i8743>
2. E.Kahu Framing Student Engagement in Higher Education. London, 2013, 214 s.
3. M.Hlosta, M.Saqr Markov Chains for Visualising Student Transitions in Online Learning. Berlin, 2018, 25 s. <https://arxiv.org/abs/1811.06369>
4. A.Alhothali Behaviour-Based Machine Learning for Educational Outcome Prediction. Riyadh, 2022, 36 s.
5. V.Verykios Hidden Markov Models for MOOC Engagement Analysis. Afina, 2024, 42 s.
6. M.Adnan Comparative Analysis of Machine Learning Models for Early Risk Prediction. İstanbul, 2021, 28 s.
7. A.Moubayed Engagement Strategies and Academic Outcomes in Virtual Classrooms. Doha, 2020, 31 s. <https://arxiv.org/abs/2101.02006>
8. M.Saqr Medium-Engagement Learners' Volatility and Early Intervention. Qahirə, 2025, 19 s. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1096751625000405>

SADƏ GƏRGİNLİK VƏZİYYƏTLƏRİNDƏ OLAN MATERIALLAR ÜÇÜN UZUNMÜDDƏTLİ MÖHKƏMLİK MƏSƏLƏLƏRİNİN RİYAZİ MODELƏŞDİRİLMƏSİ

Piriyev Sahib, Şahməmmədov Nemət

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

sahib.piriyevev@aztu.edu.az , sahmemmedovnem4@gmail.com

Xülasə: Məqalədə müxtəlif gərginlik vəziyyətində materialların uzunmüddətli möhkəmliyi iki mərhələdə tədqiq edilmişdir. Gizli dağılmada kriterial yavaşma ilə zədələnmə operatorunun sinqulyar, eksponensial və Abel nüfələri üçün düsturlar əldə edilmiş, aşkar dağılmada isə Volterra tipli integral tənlik başlanğıc şərtləri ilə həll edilmişdir.

Açar sözlər: material, uzunmüddətli dağılma, uzunmüddətli möhkəmlik, zədələnmə funksiyası, zədələnmə parametri, konstruksiya elementləri.

Materialın dağılma prosesi onun daxili quruluşundan və xarici təsirlərdən asılıdır, bu da gərginlik vəziyyətini müəyyən edərək dağılmanı şərtləndirir. Dağılmanın bir növü, materialda yaranan və toplanan müxtəlif defektlərlə bağlı olan səpələnmiş dağılmadır. Əgər gərginlik bircinsdirsə onda zədələnmə həcmə görə müntəzəm artır. Gərginlik sahəsi qeyri-bircins olan halda dağılma prosesinin analizi üçün iki mərhələni fərqləndirmək lazımdır: gizli dağılma və aşkar dağılma mərhələləri. Gizli dağılma mərhələsində mikroçatlar və digər defektlər əmələ gəlir, $t = t^*$ olanda artıq lokal dağılma baş verir. Belə lokal dağılma oblastları ətrafında səpələnmiş mikroçatlar və digər defektlər bir-birinə qovuşaraq makroçat əmələ gətirir. Məsələn, materialın yorğunluqdan dağılma təcrübələri göstərir ki, zədələnmənin yığılması ilə xarakterizə olunan inkubasiya dövrü ümumi ömür müddətinin 80–90%-ni təşkil edir, aşkar dağılma isə daha qısa müddətdə baş verir.

Biroxlu dartılmada zədələnmə $\omega(t)$ funksiyası ilə təsvir edilir. Radiusu r olan silindrik çubuq F qüvvəsi ilə dartıldıqda başlanğıc normal gərginlik

$$\sigma_0 = \frac{F}{A_0}, \quad (1)$$

şəklində olur. Burada $A_0 = \pi r^2$ -olub çubuğun en kəsiyinin sahəsidir. Yüklənmədən sonra en kəsikdəki defektlərin böyüməsi sahənin azalmasına səbəb olur. Yəni,

$$A(t) = A_0 - \Delta A(t). \quad (2)$$

Burada $\Delta A(t)$ -zamandan asılı olaraq, sahənin kiçilməsini ifadə edən funksiyadır. Onda en kəsikdə yaranan normal gərginlik də zamandan asılı olaraq dəyişəcək [1-4]:

$$\tilde{\sigma}(t) = \frac{F}{A(t)}. \quad (3)$$

(3)-ü (4)-də yazsaq:

$$\tilde{\sigma}(t) = \frac{F}{A_0 - \Delta A(t)} = \frac{F}{A_0 \left(1 - \frac{\Delta A(t)}{A_0}\right)}. \quad (4)$$

Burada,

$$\omega(t) = \frac{\Delta A(t)}{A_0}. \quad (5)$$

Bu funksiya zədələnmə prosesini xarakterizə edən funksiyadır. (6)-nı (5)-də yazsaq:

$$\tilde{\sigma}(t) = \frac{F}{A_0(1-\omega(t))}. \quad (6)$$

(1)-i (7)-də yazsaq:

$$\tilde{\sigma}(t) = \frac{\sigma_0}{1-\omega(t)}. \quad (7)$$

Bu yanaşmaya əsasən aparılan təcrübələr materialların uzunmüddətli dağılması üzrə bir sıra nəzəriyyələrin formalaşmasına səbəb olmuş və dağılma mexanikasının inkişafını sürətləndirmişdir. [5]-də bu sahədəki əsas nailiyyətlər və çatışmazlıqlar təhlil edilir.

Riyazi Modelin Qurulması

Bircins gərginlik vəziyyətində materialın uzunmüddətli dağılmasının riyazi modelini qurmaq üçün radiusu r olan və F qüvvəsi ilə dartılan silindrik çubuğa baxaq. Dağılma prosesi iki mərhələdən ibarətdir. Birinci mərhələdə yükləmə zamanının başlanğıc qiymətində F qüvvəsinin təsiri nəticəsində materialda mikroçatlar və digər defektlər yaranacaq. $0 \leq \tau \leq t_0$ zaman intervalında baş verən dağılma prosesini gizli dağılma mərhələsi adlandıracağıq. Bu mərhələdə material öz iş qabiliyyətini saxlamış olur. İkinci mərhələdə, $t_0 \leq \tau \leq t^*$ zaman intervalında yaranmış mikroçatlar və digər defektlər bir-biri ilə qovuşaraq makroçatlar yaradacaq. $\tau = t^*$ anında artık tam dağılma baş vermiş olacaq və zamanın bu anında material öz iş qabiliyyətini tam itirmiş olacaq. Onda qeyd edilən şərtlər daxilində $\omega(t)$ zədələnmə funksiyası üçün $\omega(t_0) = 0$ və $\omega(t^*) = 1$ qəbul edə bilərik.

(8)-dən istifadə etməklə biroxlu dartılma vəziyyəti üçün gərginliklə deformasiya arasındakı asılılığı aşağıdakı şəkildə yazı bilərik:

$$\tilde{\varepsilon} = \frac{\tilde{\sigma}}{E(1-\omega(t))}. \quad (8)$$

İrsi mühitlər üçün gərginlik və deformasiya arasındakı asılılıq növbəti şəkildə yazılır [11].

$$\tilde{\varepsilon} = \frac{1}{E} \left(\tilde{\sigma}(t) + \int_0^t B(\tau) \tilde{\sigma}(\tau) d\tau \right). \quad (9)$$

Klassik möhkəmlik şərti:

$$\tilde{\varepsilon} \leq [\varepsilon] \quad (10)$$

Burada $[\varepsilon]$ -deformasiyanın möhkəmlik həddidir. Huk qanunundan istifadə etməklə onu gərginlik üzrə möhkəmlik həddi ilə aşağıdakı şəkildə ifadə etmək olar:

$$[\varepsilon] = \frac{[\sigma]}{E(1-\omega)}. \quad (11)$$

(8)-i (10)-da yazdıqdan sonra, (10) və (12)-ni (11)-də yazsaq, aşağıdakı şəkildə Volterr tipli integral tənli alınır:

$$\frac{\sigma_0}{1-\omega(t)} + \sigma_0 \int_0^t \frac{B(\tau)}{1-\omega(\tau)} d\tau = \frac{[\sigma]}{1-\omega(t)} \quad (12)$$

və ya

$$(1 + B^*)\tilde{\sigma}(\tau) = \frac{[\sigma]}{1-\omega(t)} \quad (13)$$

Burada B^* sürüngəşlik prosesin xarakterizə edən integral tipli operator, $B(\tau)$ isə bu operatorun nüvəsidir.

$$B^* \cdot 1 = \int_0^t B(\tau) d\tau \quad (14)$$

İndi isə dağılma prosesinin birinci mərhələsini araşdıraraq. İstismardan əvvəl çubuqda heç bir defekt olmadığı fərz edilərək, maksimal gərginlik üçün (14) möhkəmlik kriteriyası aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$(1 + B^*)\sigma_{max} = [\sigma]. \quad (15)$$

(1) düsturunun analizi göstərir ki, sadə dartılma vəziyyəti üçün maksimal gərginlik çubuğun en kəsiyində yaranan nörmal gərginliklə ifadə olunur. Onda,

$$\sigma_{max} = \frac{F}{A_0}. \quad (16)$$

Bu düsturu (16) dağılma kriteriyasında yazsaq, ilkin dağılma zamanını təyin etmək üçün növbəti şəkildə cəbri tənlik alırıq:

$$\int_0^{t_0} B(\tau) d\tau = g - 1. \quad (17)$$

Burada $g = \frac{[\sigma]}{\sigma_0}$. (13) tənliyini aşağıdakı şəkildə yazsaq:

$$\int_0^t B(t, \tau) \frac{1}{1-\omega(\tau)} d\tau = \frac{g-1}{1-\omega(t)}, \quad (18)$$

Zədələnmə operatorunun nüvəsini $B(t, \tau) = B_0 = const$ qəbul edib integral tənliyini diferensiallama üsulu ilə həll edək. Bunun üçün (19) tənliyinin hər tərəfini t -yə görə diferensiyallayaq:

$$\frac{B_0}{1-\omega} = \frac{g-1}{(1-\omega)^2} \frac{d\omega}{dt} \quad (19)$$

(20) diferensial tənliyini $\omega(t = t_0) = 0$ başlanğıc şərti daxilində integrallamaqla, zədələnmə funksiyası aşağıdakı şəkildə təyin edilir:

$$\omega(t) = 1 - e^{\frac{B_0}{g-1}(t-t_0)} \quad (20)$$

Analoji qayda ilə (13) tənliyində operatorun nüvəsini $B(t, \tau) = e^{-\alpha(t-\tau)}$

qəbul edib $\omega(t)$ zədələnmə funksiyasını növbəti şəkildə tapılır:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1-\alpha(g-1)}{(g-1)} \cdot (1 - \omega). \quad (21)$$

Göründüyü kimi, skalyar zədələnmə parametri yalnız sadə gərginlik vəziyyətləri üçün uyğundur. Zədələnmənin yığılması defektlərin yaranmasına səbəb olan yüklərdən asılıdır. Mikroçatların ən böyük baş gərginliyə perpendikulyar istiqamətdə inkişaf etməsi polikristallarda zərrəciklərarası əlaqələrin zəifləməsinə və nəticədə materialın dağılmasına gətirib çıxarır.

Ədəbiyyat

1. A. M. Lokoshchenko, Modeling of the Creep and Long-Term Strength of Metals (MGU, Moscow, 2007) [in Russian].
2. A. M. Lokoshchenko, "Long-term strength of metals in complex stress state (a survey)," Mech.Solids 47, 357-372(2012).
<https://doi.org/10.3103/S0025654412030090>
3. L. M. Kachanov, Fundamentals of the Theory of Plasticity (Dover Publ., 2004).
4. A. M. Lokoshchenko, Creep and Long-Term Strength of Metals (Fizmatlit, Moscow, 2016; CRC Press, New York, 2018).
5. A. M. Lokoshchenko, "Use of a vector damage parameter in modeling of long-term strength of metals," Mech.Solids 51, 315–320 (2016).
<https://doi.org/10.3103/S0025654416030080>

MAŞIN ÖYRƏNMƏSİ VƏ ONUN SÜNİ İNTELLEKTLƏ ƏLAQƏSİ

Rəhimova Gülarə, Həsənli Gülçin

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

gulararahim2021@mail.ru, gulchin.hasanli08@gmail.com

Xülasə: Məqalədə maşın öyrənməsinin mahiyyəti, əsas prinsipləri və süni intellektlə qarşılıqlı əlaqəsi araşdırılmışdır. Məqalədə maşın öyrənməsinin insan təcrübəsini təqlid edərək verilənlər üzərində qərarvermə prosesini avtomatlaşdırdığı qeyd olunur, əsas öyrənmə modelləri olan nəzarətli, nəzarətsiz və mükafatlandırılmaya əsaslanan yanaşmaların rolu izah edilir, dərin öyrənmənin süni neyron şəbəkələri vasitəsilə məlumatın semantik mənasını anlama qabiliyyəti qeyd edilir. Nəticə etibarilə, maşın öyrənməsinin süni intellektin inkişafında aparıcı rol oynadığı və gələcək texnoloji tərəqqinin əsas istiqamətlərindən biri olduğu qənaətinə gəlinir.

Açar sözlər: Maşın öyrənməsi, süni intellekt, neyron şəbəkə, dərin öyrənmə, alqoritm, qərarvermə

Maşın öyrənməsi (Machine Learning) müasir informatika elminin ən dinamik inkişaf edən istiqamətlərindən biridir və süni intellekt sistemlərinin yaradılmasında əsas rol oynayır. Maşın öyrənməsi dedikdə, kompüterlərin birbaşa proqramlaşdırılmadan, yəni konkret qaydalar yazılmadan, verilənlər əsasında nümunələri müəyyənləşdirməsi və bu nümunələrdən nəticə çıxarması prosesi başa düşülür. Bu sahə, insanın öyrənmə prinsipinə bənzər şəkildə, sistemin keçmiş təcrübədən istifadə edərək yeni vəziyyətlərdə daha düzgün qərar qəbul etməsini təmin edir.

Əslində maşın öyrənməsi süni intellektin əsas alt sahələrindən biri olmaqla yanaşı, onun praktik funksionallığını təmin edən baza texnologiyasıdır. Süni intellekt anlayışı insan kimi düşünə, qərar verə və təcrübədən öyrənə bilən sistemlərin yaradılmasını nəzərdə tutur. Maşın öyrənməsi isə bu sistemlərə öyrənmək qabiliyyəti qazandırır. Başqa sözlə, süni intellektin nəzəri konsepsiyası varsa, maşın öyrənməsi onun reallaşdırılması üçün praktik vasitə rolunu oynayır [1].

Maşın öyrənməsi sistemlərinin əsasını riyazi modellər, statistik analiz və alqoritmik yanaşmalar təşkil edir. Bu prosesdə kompüterlər verilənlərdəki nümunələri aşkar etməyə və bu nümunələrə əsaslanaraq yeni məlumatlar haqqında qərar verməyə çalışır. Modelləşdirmə mərhələsində verilənlər toplanır, emal olunur, təmizlənir və daha sonra öyrənmə alqoritmində daxil edilir. Alqoritm bu verilənlərdən müəyyən nümunələri, əlaqələri və struktur xassələri öyrənir. Bu bilik bazası gələcək proqnozlar, təsnifat və qərarvermə prosesləri üçün istifadə edilir [3].

Maşın öyrənməsi alqoritmləri müxtəlif üsullara əsaslanır. Ən geniş yayılmış növlər bunlardır: nəzarətli öyrənmə (supervised learning), nəzarətsiz öyrənmə (unsupervised learning) və mükafatlandırılmaya əsaslanan öyrənmə (reinforcement learning).

- *Nəzarətli öyrənmə* üsulunda sistemə həm giriş məlumatları, həm də onların düzgün cavab nümunələri təqdim olunur. Sistem bu nümunələr üzərində təlim keçərək gələcəkdə oxşar verilənlər üçün proqnozlar verməyi öyrənir. Məsələn, spam e-poçtların aşkar edilməsi və ya xəstəliklərin diaqnostikasında bu modeldən geniş istifadə olunur.

- *Nəzarətsiz öyrənmə* zamanı sistemə yalnız emal olunmamış verilənlər təqdim edilir, düzgün cavablar isə məlum olmur. Bu halda alqoritm verilənlərdəki oxşarlıqları və qruplaşmaları öz-özünə müəyyənləşdirir. Belə üsullar kusterləşdirmə və verilənlərin struktur analizində tətbiq edilir.

- *Mükafatlandırılmaya əsaslanan öyrənmə* modelində isə sistem öz dav-

ranışına görə mükafat və ya cərimə alır, nəticədə ən səmərəli qərar qəbul etmə strategiyasını öyrənir. Bu üsul daha çox robot texnikası və oyun nəzəriyyəsinə istifadə edilir [4].

Maşın öyrənməsinin uğurlu fəaliyyətində verilənlərin keyfiyyəti və miqdarı mühüm rol oynayır. Böyük verilənlər (Big Data) texnologiyalarının inkişafı nəticəsində bu sahə daha geniş tətbiq imkanlarına əldə etmişdir. Çünki alqoritmlərin öyrənmə qabiliyyəti birbaşa onların analiz etdiyi məlumatın miqyası və dəqiqliyi ilə əlaqəlidir. Nəticədə sistemlər daha mürəkkəb əlaqələri və gizli nümunələri müəyyənləşdirə bilir.

Son illərdə maşın öyrənməsi sahəsində dərin öyrənmə (deep learning) anlayışı xüsusi diqqət mərkəzinə çevrilmişdir. Dərin öyrənmə çoxqatlı süni neyron şəbəkələrinə əsaslanır və verilənlərin yüksək səviyyəli xüsusiyyətlərini avtomatik şəkildə öyrənmək qabiliyyətinə malikdir. Bu yanaşma insan beyninin fəaliyyət mexanizmini müəyyən qədər modelləşdirir. Məsələn, dərin öyrənmə alqoritmləri şəkillərdəki obyektləri tanımaq, səsləri fərqləndirmək və təbii dili anlamaq kimi mürəkkəb prosesləri uğurla yerinə yetirir. Bu səbəbdən, dərin öyrənmə süni intellektin reallaşmasında mühüm mərhələ hesab olunur və maşın öyrənməsi ilə süni intellekt arasında körpü rolunu oynayır [2].

Maşın öyrənməsi yalnız texnoloji sistemlərin deyil, həm də elmi tədqiqatların inkişafında mühüm vasitəyə çevrilmişdir. Statistik modellərin avtomatlaşdırılması, proqnozlaşdırma sistemlərinin qurulması və verilənlərə əsaslanan qərarvermə prosesləri bir çox sahədə – təhsildən tutmuş maliyyə, tibb və sənaye sektorlarından – səmərəliliyi artırır. Lakin maşın öyrənməsi sahəsində ən əsas məqsəd təkcə texnoloji yenilik deyil, həm də insan düşüncəsini modelləşdirmək və onun qərarvermə mexanizmini hesablama mühitinə inteqrasiya etməkdir.

Süni intellektlə əlaqədə maşın öyrənməsi bir növ “öyrənmə mexanizmi” funksiyasını daşıyır. Əgər süni intellektin məqsədi insan kimi düşünə və qərar verə bilən sistemlər yaratmaqdırsa, maşın öyrənməsi həmin sistemlərə bu qabiliyyəti qazandırır. Süni intellektin səmərəliliyi birbaşa maşın öyrənməsi modellərinin keyfiyyətindən asılıdır. Yəni süni intellekt düşünür, amma düşünmək üçün məlumatı anlamağı və əlaqələri qurmağı maşın öyrənməsindən öyrənir.

Beləliklə, maşın öyrənməsi süni intellektin əsas elmi və praktiki dayağı kimi çıxış edir. O, verilənlərdəki nümunələri aşkarlayaraq biliklərin avtomatik əldə olunmasını təmin edir və nəticədə texnoloji sistemlər “ağıllı” davranış nümayiş etdirir. Müasir elmi yanaşmalar göstərir ki, gələcəkdə süni intellektin inkişafı birbaşa maşın öyrənməsi alqoritmlərinin təkmilləşdirilməsi ilə bağlı olacaq. Bu iki istiqamət bir-birini tamamlayır və birlikdə kompüter elminin yeni

mərhələsini–yəni, məlumatdan bilik yaradılması mərhələsini formalaşdırır [1].

Nəticə. Maşın öyrənməsi elmi və texnoloji tərəqqinin əsas hərəkətverici qüvvələrindən biridir. Onun süni intellektlə qarşılıqlı əlaqəsi sayəsində kompüter sistemləri yalnız verilənləri emal edən vasitələr deyil, eyni zamanda öyrənən, uyğunlaşan və qərar verən intellektual sistemlərə çevrilirlər. Bu isə gələcəyin elmi və texnoloji cəmiyyətində insan və maşın əməkdaşlığının daha yüksək səviyyədə formalaşmasına gətirib çıxaracaqdır.

Ədəbiyyat

1. Əliyev, İ. (2020). Süni İntellekt və Maşın Öyrənməsi. Bakı: Nurlan Nəşriyyat.
2. Zhang, J. M., Harman, M., Ma, L., & Liu, Y. (2019). Machine Learning Testing: Survey, Landscapes and Horizons. arXiv.
3. Ates, E. C., Bostanci, E., & Guzel, M. S. (2021). Comparative Performance of Machine Learning Algorithms in Cyberbullying Detection: Using Turkish Language Preprocessing Techniques. arXiv
4. Бродская М. Доверенный ИИ: начало пути / М. Бродская // Bis journal. - 2023. - № 3. - С. 16-20.
5. Буценко Е. В. Оптимизация управления проектами: монография. / Е.В.Буценко; М-во науки и высш образования Рос. Федерации, Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та. 2023. - 247 с.

KORPORATİV İNFORMASIYA TƏMİNATI ÇƏRÇİVƏLƏRİNDƏ QABAQCIL DATA ANALİTİKASININ İNTEQRASIYASI

Rüstəmovə Həsənli Nuranə

(MAA, Kompüter sistemləri və proqramlaşdırma kafedrası)

nurana.rustamova@naa.edu.az

Xülasə: Qabaqcıl data analitikası, o cümlədən böyük verilənlər (Big Data) və korporativ informasiya təminatının konvergensiyası təşkilatların kibertəhlükəsizliyə yanaşmasında paradigma dəyişikliyinə təmsil edir. Bu integrasiya müəssisələrə reaktiv təhlükəsizlik mövqelərindən proaktiv, kəşfiyyat əsaslı müdafiə mexanizmlərinə keçid etməyə imkan verir ki, bu mexanizmlər təhdidləri pozuntulara çevrilməzdən əvvəl gözləyir, müəyyənləşdirir və zərərsizləşdirir.

Açar sözlər: Kibertəhlükəsizlik, maşın öyrənməsi, korporativ informasiya təminatı, böyük verilənlər, risk idarəetməsi.

Eksponensial data artımı və getdikcə mürəkkəbləşən kiber təhdidlərlə xarakterizə olunan bir dövrdə ənənəvi təhlükəsizlik metodologiyaları qeyri-

adekvat hala gəlmişdir. Təşkilatlar indi böyük verilənlər, süni intellekt, maşın öyrənməsi və avtomatlaşdırılmış hücum vektorlarından istifadə edən rəqiblərə üzləşməkdədirlər. Bu inkişaf edən təhdid mənzərəsi qabaqcıl data analitikası imkanlarının strateji yerləşdirilməsi vasitəsilə korporativ informasiya təminatı çərçivələrində fundamental transformasiyanı zəruri edir.

Tarixi təhlükəsizlik modelləri əsasən perimetr əsaslı müdafiələrə - fire-wall-lara, müdaxilə aşkarlama sistemlərinə və giriş nəzarətinə əsaslanırdı. Lakin bulud hesablamaların, mobil işçi qüvvəsinin və Əşyaların İnterneti (IoT - Internet of things) cihazlarının yayılması perimetr sərhədlərini köhnəlmiş etmişdir. Müasir təhlükəsizlik çərçivələri normal davranış nümunələrini başa düşmək və paylanmış mühitlərdə anomaliyaları aşkar etmək üçün analitikadan istifadə edən data-mərkəzli yanaşmalara doğru fırlanmalıdır. [Kərimov, İbrahim M., & Həsənov. 2018]

Böyük verilənlərin texnologiyaları təhlükəsizliklə əlaqəli informasiyanın böyük həcmələrinin emalı, təhlili və onlardan praktiki kəşfiyyat əldə edilməsi üçün misli görünməmiş imkanlar təqdim edir. Bu sistemlər şəbəkə trafik qeydləri, terminal telemetriyası, istifadəçi davranış analitikası, təhdid kəşfiyyat axınları və tətbiq performans göstəriciləri daxil olmaqla müxtəlif mənbələrdən data qəbul edə bilir və hərtərəfli təhlükəsizlik kəşfiyyat ekosistemi yaradır. Kvant hesablamaları təhlükəsizlik analitikası üçün həm imkanlar, həm də çətinliklər təqdim edir. Kvant alqoritmləri kriptanaliz və təhdid modelləşdirməsində inqilab edə bilsə də, təşkilatlar həm də mövcud şifrələmə standartlarına qarşı kvant dəstəklili hücumlara hazırlaşmalıdırlar. Analitika əsaslı təhlükəsizliyin son təkamülü süni intellekt sistemlərinin rutin təhdid aşkarlanmasını, təhqiqatını və cavabını idarə etdiyi, yalnız ən mürəkkəb və ya təsirli hadisələri insan analitiklərinə eskala etdiyi əsasən avtonom təhlükəsizlik əməliyyatları mərkəzlərini təsəvvür edir. [Məmmədov, Rəşad H. 2019]

Növbəti nəsil təhlükəsizlik analitikası təsvir tanıma (zərərli faylların müəyyənəndirilməsi), təbii dil emalı (təhdid kəşfiyyat hesabatlarının təhlili) və möhkəmləndirmə öyrənməsi (simulyasiya edilmiş hücumlar vasitəsilə təhlükəsizlik siyasətlərinin optimallaşdırılması) üçün getdikcə daha çox dərin öyrənmə üsullarından istifadə edəcək. IoT cihazları çoxaldıqca və kənar hesablama yetkinləşdikcə, təhlükəsizlik analitikası lokallaşdırılmış təhdidlərə daha sürətli cavab verməyi təmin edərək, təhlükəsizlik telemetriyasını şəbəkə kənarında emal etmək və təhlil etmək üçün mərkəzləşdirilmiş data mərkəzlərindən kənara gənişlənməlidir. [Quliyev, Əliş O., Ağayev, Fərid N., & İsmayılova, Sevinc R. 2020]

Qabaqcıl analitika platformaları əsas davranışları müəyyən etmək və po-

tensial təhlükəsizlik hadisələrini göstərən sapmaları müəyyənləşdirmək üçün maşın öyrənməsi alqoritmlərindən istifadə edir. Bu sistemlər saniyədə milyonlarla hadisəni təhlil edir, ənənəvi imza əsaslı aşkarlama mexanizmlərindən yan keçəcək mürəkkəb hücum nümunələrini üzə çıxarmaq üçün görünüşdə əlaqəsiz fəaliyyətləri korrelyasiya edir. [Шлымов, А. С., & Морозов, О. Л. 2019]

Qabaqcıl data analitikasının korporativ informasiya təminatı çərçivələrinə integrasiyası sadəcə texnoloji yeniləməni nəzərdə tutmur, həmçinin təşkilatların təhlükəsizliyi necə konseptuallaşdırdıqları barəsində və əməliyyatlaşdırdıqlarında fundamental transformasiyanı təmsil edir. Böyük verilənlər, maşın öyrənməsi və süni intellektin gücündən istifadə etməklə, müəssisələr reaktiv, perimetr yönümlü müdafiələrdən bütün rəqəmsal ekosistem boyunca təhdidləri gözləyən və zərərsizləşdirən proaktiv, kəşfiyyat əsaslı təhlükəsizlik mövqelərinə keçə bilirlər. Bu transformasiyada uğur strateji baxış, davamlı investisiya, funksiyalar arasındakı əməkdaşlıq və davamlı təkmilləşdirməyə sadıqlıq tələb edir. Qabaqcıl analitikanı təhlükəsizlik çərçivələrinə uğurla integrasiya edən təşkilatlar təkmilləşdirilmiş risk idarəetməsi, təkmilləşdirilmiş əməliyyat səmərəliliyi və getdikcə rəqəmsal biznes mənzərəsində inamla innovasiya etmək qabiliyyəti vasitəsilə əhəmiyyətli rəqabət üstünlükləri əldə edəcəklər. [Панасенко, С. П. 2018]

Korporativ informasiya təminatının gələcəyi daha hündür divarlar tikməkdə deyil, dinamik təhdid mənzərəsini yalnız insan analitiklərinin əldə edə bilməyəcəyi sürət və dəqiqliklə başa düşən, proqnozlaşdıran və ona cavab verən daha ağıllı sistemlər inkişaf etdirməkdədir. Qabaqcıl data analitikası bu gələcək üçün təməl təqdim edir, təşkilatlara rəqabət uğuru üçün vacib olan rəqəmsal transformasiya təşəbbüslərini dəstəkləyərkən ən dəyərli aktivlərini qorumağa imkan verir. [Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. 2009]

Maşın öyrənmə modelləri təhlükəsizlik sistemlərində təhdidləri aşkarlamaq, anormallıqları müəyyənləşdirmək və risk qiymətləndirmə üçün istifadə olunur. Lakin bu modellərinin nə qədər yaxşı işlədiyini anlamaq üçün onların performansını ölçmək lazımdır. Performans metrikaları modellərin fəaliyyətini qiymətləndirmənin əsas vasitəsidir. Dəqiqlik, modelin ümumən nə qədər doğru olduğunu göstərən ən əsas metrikdir. Aşağıda verilmiş düstur, bütün düzgün proqnozların toplam proqnozlara nisbətidir: [Гаманюнов, Д. Н., & Соколов, А. В. 2020]

$$dəqiqlik = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN)$$

Maşın öyrənmə modellərin performansını qiymətləndirmə kompleks prosesdir. Tək bir metrikeyə əsasən qərar verə bilmərik. Bunun əvəzinə, prob-

lemi anlamaq, yəni kontekstə uyğun metrikaları seçmək lazımdır. Həmçinin çoxlu metrikaları birlikdə istifadə etmək. Balansın tapılması faktoru da əsas göstərilir. Təhlükəsizlik kontekstində, False Negatives (FN) (qaçırılan təhdidlər) daha təhlükəlidir və buna xüsusi diqqət verilməlidir. [Hand, D. J., Adams, N. M., & Bolton, R. J. 2007]

Ədəbiyyat

1. Kərimov, İbrahim M., & Həsənov, Vəli S. Korporativ Şəbəkələrdə İnformasiya Təminatı Sistemləri. Baku Technology University Press, 2018, s. 24.
2. Məmmədov, Rəşad H. Maşın Öyrənməsi və Süni İntellekt Texnologiyaları Kiber Təhlükəsizlikdə. Azərbaycan Dövlət Neft-Kimya Universitetinin Nəşriyyatı, 2019, s. 112-135.
3. Quliyev, Əliş O., Ağayev, Fərid N., & İsmayılova, Sevinc R. Təhlükəsizlik İnformasiyası və Hadisə İdarəetməsi (SIEM) Sistemlərinin Real Vaxt Təhlili. Sumqayıt Dövlət Universitetinin Nəşriyyatı, 2020, səhifələr: 78-98.
4. Шумов, А. С., & Морозов, О. Л. Обнаружение аномалий в сетевых потоках данных на основе машинного обучения. Журнал вычислительных технологий, 2019, с. 45-58.
5. Панасенко, С. П. Информационная безопасность предприятия: методология построения корпоративных систем защиты информации. Издательство "Технический университет", 2018, 45 с.
6. Гамаюнов, Д. Н., & Соколов, А. В. Аналитика больших данных для обнаружения кибератак в реальном времени. Безопасность информационных систем, 2020, с. 234-248.
7. Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. Anomaly Detection: A Survey. ACM Computing Surveys (CSUR), 2009, pp. 1-58.
8. Hand, D. J., Adams, N. M., & Bolton, R. J. Pattern Detection and Discovery in Data Mining. Springer, 2007.

MOBİL TEXNOLOGİYALARIN TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ METODLAR VƏ PRAKTİKİ TƏDBİRLƏR

Rüstəmov Nihat

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi)

nrustemov45@gmail.com

Xülasə: *Mobil texnologiyaların sürətli inkişafı ilə yanaşı, bu cihazların və əməliyyat sistemlərinin təhlükəsizliyi də ön plana çıxmışdır. Mobil cihazların istifadəsi üçün yaranan yeni konsepsiyalar və əməliyyat sistemləri, müxtəlif təhlükəsizlik təhdidləri ilə üzləşir. Bu tezis, mobil cihazlar və əməliyyat sistemlərinin təhlükəsizliyini təmin etmə metodları,*

proqram təminatı təhdidləri, şəbəkə təhdidləri və insan faktorunun təhlükəsizlik üzərindəki təsirini araşdırır. Həmçinin, mobil əməliyyat sistemlərinin təhlükəsizliyinə dair mövcud metodların təhlili, tətbiq qablaşdırma (App wrapping) texnikasının üstünlükləri və məhdudiyyətləri, həmçinin korporativ mobil təhlükəsizlik siyasətinin hazırlanması məsələlərini müzakirə edir. Nəticədə, mobil cihazların və əməliyyat sistemlərinin təhlükəsizliyini təmin etmək üçün tətbiq edilən texnologiyalar və təhlükəsizlik tədbirləri arasında balansın qurulması vacibdir.

Açar sözlər: *mobil texnologiyalar, təhlükəsizlik təhdidləri, proqram təminatı təhdidləri, app wrapping, korporativ təhlükəsizlik siyasəti.*

Mobil texnologiyaların inkişafı son illərdə böyük sürətlə irəliləmişdir. Əvvəlcə yalnız sadə danışq və mesajlaşma məqsədli cihazlar olan mobil telefonlar, zamanla güclü hesablama qabiliyyətlərinə malik smartfonlara çevrilmişdir. Bu inkişafı yanaşı, mobil cihazların istifadəsi üçün bir çox yeni konsepsiyalar da yaranmışdır. Mobil əməliyyat sistemlərinin inkişafı da bu trendlə paralel olaraq davam etmişdir. Hal-hazırda mobil cihazlar üçün ən geniş istifadə olunan əməliyyat sistemləri Android və iOS olmaqla, həm funksionallıq, həm də təhlükəsizlik baxımından daim təkmilləşdirilməkdədir.

Mobil texnologiyalar və əməliyyat sistemlərinin təhlükəsizliyinə dair proqram təminatı təhdidləri əhəmiyyətli bir problem olaraq ön plana çıxır. Təhlükəsizlik məsələləri arasında proqram təhdidləri, şəbəkə hücumları, fiziki təhlükəsizlik məsələləri və istifadəçi faktoru əsas yer tutur. Proqram təminatının zəiflikləri, müxtəlif zərərli proqram təminatları (malware), viruslar və trojanlar mobil cihazları ciddi şəkildə təhdid edir [1]. Bununla yanaşı, şəbəkə təhdidləri, xüsusən də simsiz şəbəkələrin və Wi-Fi bağlantılarının istismar olunması, hücumların yayılmasına səbəb ola bilər. Mobil cihazlar, həmçinin fiziki olaraq itirilə bilər və ya oğurlana bilər, bu da məlumat sızıntılarına və təhlükəsizliyin pozulmasına səbəb ola bilər.

Mobil cihazların təhlükəsizliyi üçün müxtəlif metodlar mövcuddur. Bu metodların təhlili, mobil əməliyyat sistemlərinin qorunmasına yönəlmiş ən effektiv yanaşmaların müəyyənəşdirilməsi məqsədini daşıyır. Tətbiq qablaşdırma (App wrapping) texnikası, tətbiqlərin təhlükəsizliyini artırmaq üçün istifadə edilən bir yanaşmadır. Bu metod, tətbiqə əlavə təhlükəsizlik qatları əlavə edərək məlumatların qorunmasını təmin edir. Lakin, bu yanaşmanın məhdudiyyətləri də vardır və tətbiq qablaşdırma yalnız bəzi təhdidlərə qarşı effektivdir.

Korporativ mühitdə mobil cihazların təhlükəsizliyinə yanaşma daha da mürəkkəbləşir. Burada istifadəçi təhdidləri əsas önəmlidir, çünki insan faktoru təhlükəsizlik sistemlərini zəiflədir. İstifadəçilərin məlumatları qorumaq üçün

düzgün davranışlar sərgiləməməsi və təhlükəsizlik qaydalarına riayət etməməsi böyük problemlərə yol açır. İnsan faktorunun bu təhdidlər üzərindəki təsirini öyrənmək, korporativ təhlükəsizlik siyasətinin təkmilləşdirilməsinə və mobil cihazların daha təhlükəsiz istifadəsinə kömək edir [3].

Mobil əməliyyat sistemlərinin təhlükəsizliyi üzrə metodları araşdırdıqda, bir çox fərqli yanaşmalar və texnologiyalar mövcuddur. Bunlar arasında autentifikasiya, şifrələmə, tətbiq analizi və zərərli proqramların qarşısının alınması kimi texnologiyalar ön plana çıxır. Mobil təhlükəsizlik sistemlərinin təkmilləşdirilməsi üçün bu metodların effektivliyi də mütəmadi olaraq qiymətləndirilməlidir. Məsələn, şifrələmə metodları məlumatların qorunmasında ən mühüm alətlərdən biridir və xüsusilə mobil əməliyyat sistemləri üçün vacibdir. Həmçinin, mobil cihazlarda tətbiq qablaşdırma və tətbiq təhlükəsizliyi də mühüm yer tutan elementlərdən biridir. Veb-əsaslı təhlükələr, xüsusilə phishing və spyware kimi təhdidlər, mobil cihazlar üçün böyük təhlükə təşkil edir. Bu təhdidlər, xüsusilə public Wi-Fi şəbəkələrində yayılır. Həmçinin, Android və iOS əməliyyat sistemlərində tətbiq icazələri və malware riskləri təhlil edilmişdir. Mobil cihazlar üzərindən yayılan bu təhdidlərin qarşısını almaq üçün istifadə olunan HTTPS, app vetting və real-time monitoring kimi həllər qiymətləndirilmişdir.

Korporativ mobil texnologiyaların təhlükəsizlik siyasətinin hazırlanması da vacib bir məsələyə çevrilir. Bu siyasətlər, şirkət daxilində mobil cihazların təhlükəsiz istifadəsini təmin etmək və məlumatların sızmasının qarşısını almaq üçün əsas təlimatları müəyyənləşdirir. Təhlükəsizlik tədbirlərinin düzgün inteqrasiyası, həmçinin mobil tətbiqlərin effektiv qorunması və məlumatların təhlükəsizliyinin təmin edilməsi ilə bağlı nəzəri və praktiki nəticələrin təhlili vacibdir.

İşdə mobil cihaz təhlükəsizliyi sahəsində istifadə olunan metodların effektivliyi təhlil edilmiş və bu sahədəki mövcud problemlər (məsələn, istifadəçi təcrübəsi ilə təhlükəsizlik arasında balansın qorunması) müzakirə olunmuşdur. Mobil əməliyyat sistemləri və texnologiyalarının təhlükəsizliyinə dair mövcud metodlar və yanaşmalar, bu sahədəki yeni təhdidlərə qarşı mübarizəni daha da gücləndirəcək və mobil təhlükəsizlik sistemlərinin effektivliyini artıracaqdır [3].

Ədəbiyyat

1. S.Anderson, Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems, Wiley, 2008.
2. S.Caputo, Mobile Security: A Guide for User Privacy and Protection, Syngress, 2019
3. M.S.Ahmed, Mobile Security Challenges: Trends and Countermeasures, Elsevier, 2019.

ÜÇÖLÇÜLÜ KÜRƏVİ LAYDA LAPLAS OPERATORUNUN QRIN FUNKSİYASININ QURULMASI

Rzayeva İndiana

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

rzayevaindiana@gmail.com

Xülasə: Bu işdə daxili kürəvi layda üçölçülü Laplas operatoru üçün Dirixle məsələsinin Qrin funksiyası aşkar şəkildə qurulmuşdur.

Açar sözlər: Laplas operatoru, fundamental həll, Qrin funksiyası, kürəvi lay, harmonik funksiya.

$a < b$ şərtini ödəyən iki müsbət a və b ədədləri götürək. Mərkəzi koordinat başlanğıcında olan konsentrik $S_a(0)$ və $S_b(0)$ sferalarının hüdudlandığı $\Omega_{a,b}(0)$ üçölçülü kürəvi layda Laplas operatoru üçün Dirixle məsələsinin Qrin funksiyasını quraq. $S_a(0)$ sferasının xarici $S_b(0)$ sferasının daxili üzünü seçək və bu səthlərin birləşməsindən alınan səthi $S_{a,b}(0) = S_a(0) \cup S_b(0)$ ilə işarə edək. $\Omega_{a,b}(0)$ kürəvi layda Laplas operatoru üçün Dirixle məsələsinin Qrin funksiyasını $G_{a,b}(x, \xi)$ ilə işarə edək. Qrin funksiyasının tərifinə görə $G_{a,b}(x, \xi)$ -funksiyası

$$G_{a,b}(x, \xi) = \frac{1}{4\pi|x - \xi|} + v(x, \xi), \quad x \in \overline{\Omega}_{a,b}(0), \quad \xi \in \Omega_{a,b}(0)$$

şəklində olmalıdır, burada $v(x, \xi)$ λ -ə nəzərən harmonik və $\overline{\Omega}_{a,b}(0)$ -da kəsilməzdir. Beləliklə $G_{a,b}(x, \xi)$ -funksiyasını tapmaq üçün

$$\begin{cases} \Delta_x v(x, \xi) = 0, & x, \xi \in \Omega_{a,b}(0) \\ v(\eta, \xi)|_{\eta \in S_{a,b}} = -\frac{1}{4\pi|\xi - \eta|} \end{cases} \quad (1)$$

məsələsinin həlli olan $v(x, \xi)$ funksiyasını tapmaq lazımdır. (1) məsələsini ödəyən harmonik $v(x, \xi)$ funksiyasını dəyişənlərin ayrılması üsulu ilə tapaq.

$$\Delta u(r, \varphi, \theta) = 0 \quad (2)$$

Laplas tənliyinin sferik koordinat sistemindəki həllərini

$$u(r, \varphi, \theta) = R(r)Y(\varphi, \theta) \quad (3)$$

şəklində axtaraq. (3)-ü (2)-də nəzərə alsaq

$$\frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dR(r)}{dr} \right) = - \frac{\Delta_{\varphi, \theta} Y(\varphi, \theta)}{Y(\varphi, \theta)} = \lambda \quad (4)$$

bərabərliyini almış olarıq, burada $\Delta_{\varphi, \theta}$ -Laplas-Beltram operatorudur. (4)-dən sferik funksiyalar üçün

$$\Delta_{\varphi, \theta} Y(\varphi, \theta) = -n(n+1)Y(\varphi, \theta), \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$

tənliyini alarıq. Aydındır ki, (5) tənliyinin həlləri

$$Y_n^{(m)}(\varphi, \theta) = P_n^{(m)}(\cos \varphi) \sin m\theta, \quad Y_n^{(-m)}(\varphi, \theta) = P_n^{(m)}(\cos \varphi) \cos m\theta$$

funksiyalarıdır ($P_n^{(m)}$ -qoşulmuş Lejandr funksiyasıdır). (4) və (5) münasibətlərindən $R(r)$ funksiyası üçün

$$r^2 R''(r) + 2rR'(r) - n(n+1)R(r) = 0 \quad (6)$$

tənliyi alınır. (6) tənliyi Eyler tənliyidir. Onun xətti asılı olmayan həlləri

$$R_1(r) = r^n \quad \vee \quad R_2(r) = \frac{1}{r^{n+1}}$$

funksiyalarıdır. Beləliklə alırıq ki, (2) tənliyinin sferik koordinat sistemindəki xətti asılı olmayan həlləri

$$u_{nm}(r, \varphi, \theta) = \begin{cases} r^n Y_n^{(m)}(\varphi, \theta), \\ \frac{1}{r^{n+1}} Y_n^{(m)}(\varphi, \theta), \end{cases} \quad n = 0, 1, 2, \dots; \quad m = 0, 1, 2, \dots, n$$

kürəvi funksiyalardır. Bu xüsusi həllərin xətti kombinasiyası olan

$$u(r, \varphi, \theta) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^n C_{nm} r^n Y_n^{(m)}(\varphi, \theta) + \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^n D_{nm} \frac{1}{r^{n+1}} Y_n^{(m)}(\varphi, \theta) \quad (7)$$

funksiyası Laplas tənliyinin sferik koordinat sistemindəki ümumi həllidir, burada C_{nm} və D_{nm} ixtiyari sabitlərdir.

Teorem. Daxili kürəvi $\Omega_{a,b}(0)$ layında üçölçülü Laplas operatoru üçün Dirixle məsələsinin Qrin funksiyası aşağıdakı şəkildədir:

$$G_{a,b}(x, \xi) = \frac{1}{4\pi|x-\xi|} - \frac{1}{4\pi r} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{r_0}{r} \right)^n \frac{r^{2n+1} - a^{2n+1}}{b^{2n+1} - a^{2n+1}} P_n(\cos \gamma) - \\ - \frac{1}{4\pi a} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{a^2}{r_0 r} \right)^{n+1} \frac{b^{2n+1} - r^{2n+1}}{b^{2n+1} - a^{2n+1}} P_n(\cos \gamma), \quad (8)$$

burada $x = (r, \varphi, \theta)$, $\xi = (r_0, \varphi_0, \theta_0)$ $\Omega_{a,b}(0)$ layının nöqtələri, $\gamma = \overrightarrow{Ox}$ və $\overrightarrow{O\xi}$ vektorları

arasındakı bucaq $\cos \gamma$ isə

$$\cos \gamma = \cos \varphi \cos \varphi_0 + \sin \varphi \sin \varphi_0 \cos(\theta - \theta_0)$$

düsturu ilə təyin olunur.

İsbatı. $Oxyz$ koordinat sistemini elə seçək ki, Oz oxu ξ nöqtəsindən keçsin. Bu halda ξ nöqtəsinin koordinatları $\xi = (r_0, 0, 0)$ şəklində olacaq. Koordinat sisteminin bu şəkildə seçilməsindən aydın olur ki, (1) məsələsi θ dəyişənindən asılı olmayacaq. Ona görə də (1) məsələsinin həlli olan v funksiyası yalnız r və φ dəyişənlərindən asılı olacaqdır. (1) məsələsini aşağıdakı kimi yazaq:

$$\Delta v(r, \varphi) = 0, \quad r \in (a, b), \quad \varphi \in (0, \pi), \quad (9)$$

$$v|_{r=a} = -\frac{1}{4\pi|\xi - \eta|}\bigg|_{r=a} = -\frac{1}{4\pi\sqrt{a^2 + r_0^2 - 2ar_0\cos\varphi}}, \quad (10)$$

$$v|_{r=b} = -\frac{1}{4\pi|\xi - \eta|}\bigg|_{r=b} = -\frac{1}{4\pi\sqrt{b^2 + r_0^2 - 2br_0\cos\varphi}}. \quad (11)$$

Lejandr çoxhədlilərinin törədici funksiyasının (bax, [2]) ayrılışından istifadə edərək $r_0 > a$ və $r_0 < b$ halları üçün aşağıdakı düsturları alırıq:

$$-\frac{1}{4\pi\sqrt{a^2 + r_0^2 - 2ar_0\cos\varphi}} = \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{a}{r_0}\right)^n P_n(\cos\varphi), \quad (12)$$

$$-\frac{1}{4\pi\sqrt{b^2 + r_0^2 - 2br_0\cos\varphi}} = \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{r_0}{b}\right)^n P_n(\cos\varphi). \quad (13)$$

Məlumdur ki, (bax, [1]) (9) tənliyinin ümumi həlli Lejandr çoxhədliləri ilə

$$v(r, \varphi) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n \frac{r^{2n+1} - a^{2n+1}}{r^{n+1}} P_n(\cos\varphi) + \sum_{n=0}^{\infty} d_n \frac{b^{2n+1} - r^{2n+1}}{r^{n+1}} P_n(\cos\varphi) \quad (14)$$

kimi ifadə olunur. (14) düsturunu (10) və (11) sərhəd şərtlərində nəzərə alsaq və (12)- (13) ayrılışlarından istifadə etsək alırıq:

$$\sum_{n=0}^{\infty} d_n \frac{b^{2n+1} - a^{2n+1}}{a^{n+1}} P_n(\cos\varphi) = -\frac{1}{4\pi r_0} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{a}{r_0}\right)^n P_n(\cos\varphi) \quad , \quad (15)$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} c_n \frac{b^{2n+1} - a^{2n+1}}{b^{n+1}} P_n(\cos\varphi) = -\frac{1}{4\pi r b} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{r_0}{b}\right)^n P_n(\cos\varphi) \quad . \quad (16)$$

(15) və (16) bərabərliklərinin sağ və sol tərəflərini müqayisə edərək C_n və d_n əmsalları üçün aşağıdakı ifadələri alırıq

$$c_n = -\frac{1}{4\pi b} \left(\frac{r_0}{b}\right)^n \frac{b^{n+1}}{b^{2n+1} - a^{2n+1}}, \quad d_n = -\frac{1}{4\pi r_0} \left(\frac{a}{r_0}\right)^n \frac{a^{n+1}}{b^{2n+1} - a^{2n+1}}. \quad (17)$$

(17) düsturlarını (14)-də nəzərə alsaq (9) - (11) məsələsinin həlli olan v funksiyası üçün

$$v(r, \varphi) = -\frac{1}{4\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{r_0}{r}\right)^n \frac{r^{2n+1} - a^{2n+1}}{b^{2n+1} - a^{2n+1}} P_n(\cos \varphi) - \\ - \frac{1}{4\pi a} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{a^2}{r_0 r}\right)^{n+1} \frac{b^{2n+1} - r^{2n+1}}{b^{2n+1} - a^{2n+1}} P_n(\cos \varphi) \quad (18)$$

ifadəsini almış olarıq.

Laplas operatoru üçün Dirixle məsələsinin Qrin funksiyasının

$$G_{a,b}(x, \xi) = \frac{1}{4\pi|x-\xi|} + v(x, \xi), \quad x \in \overline{\Omega}_{a,b}(0), \quad \xi \in \Omega_{a,b}(0)$$

ümumi düsturunda (18)-i nəzərə alsaq və $\cos \varphi$ -ni $\cos \gamma$ ilə əvəz etsək (8) düsturunu alırıq. Teorem isbat oldu.

Ədəbiyyat

1. А.Н.Боголюбов, В.В.Кравцов, Задачи по математической физике. М.: Издательство МГУ, 1998, 352 с.
2. А.Г.Свешников, А.Н.Боголюбов, В.В.Кравцов, Лекции по математической физике. М.: Изд-во МГУ, 1993.

İOT CİHAZLARDA TƏHLÜKƏSİZLİK, TOKEN ƏSASLI İDENTİFİKASIYA METODLARINDAN İSTİFADƏ İLƏ TƏHLÜKƏSİZLİYİN ARTIRILMASI

Sadayev Əzbər, Əliyev Mirağa

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi)

asadayev@mail.ru, miraqa.aliyev.qasim@bsu.edu.az

Xülasə: Günümüzdə İoT sistemləri çox sayda ağıllı cihazı bir-birinə bağlayır, hər bir cihaz isə digərləri ilə məlumat mübadiləsi edir ki, bu məlumatlar həssas məlumatlardır. İoT cihazları təhlükəsizliyi cəhətdən həssasdır, resursların limitli olması və zəif konfigurasiyaların nəticəsində, fərdi məlumatlara əlçatanlıq yaranır və sistemə icazəsiz giriş-

lərə yol açılır. Token əsaslı identifikasiya metodlarından istifadə, sistemin təhlükəsizliyinin artırılmasını təmin edir, ənənvi identifikasiya metodlarına nəzərən çox güclü və çevik performans vədə edir. Rust proqramlaşdırma dilindən istifadə etmək, sistemdə ola biləcək yaddaş zəifliklərini (Memory Vulnerabilities) 0-a endirməyə imkan verir.

Açar sözlər: *İoT təhlükəsizliyi, token identifikasiyası, Rust proqramlaşdırması, JWT, OAuth 2.0, dinamik identifikasiya.*

Əşyaların İnterneti, böyük həcməldə ağıllı cihazları bir birinə bağlayır, hər bir cihaz isə aralarında həssas məlumat mübadiləsi aparır. Evlərdən sənayeyə qədər, dünyanın hər bir yerində istifadə edilən ağıllı cihazlar, geniş yayılmasının gətirdiyi problemlərdən biri də, ənənəvi identifikasiya metodlarının həll etməkdə çətinlik çəkdiyi və ya, ümumən həll edə bilmədiyi təhlükəsizlik məsələsi yaranır.

İoT cihazlarının limitli yaddaş (memory) və proses gücü, ciddi təhlükəsizlik tədbirləri alınmasının qarşısında duran problemlərdən biridir. Beləki, sadə bir İoT sensor, misal olaraq temperatur sensoru, bir neçə kilobayt RAMa, bir neçə ay və ya il davam edəcək batareyalara ehtiyac duyurlar. Bu zaman istehsalçılar, təhlükəsizlik ilə funksionallıq arasında qalırlar. Adətən isə burada seçim funksionallıq olur ki, təhlükəsizliy sadəcə cihaza yazılmış, qorunmasız şifrlərdən ibarət olur (Hardcoded credentials). İcazəsiz giriş və ya edilən hücum, bütün bir şəbəkənin işinin dayanmasına, zərər çəkməsinə gətirir çıxarır. Sistemdə cihazların bir biri ilə sıx əlaqədə olduğunu dedik, bu da o deməkdir ki, hücum edən şəxs tək bir İoT cihazına əlçatanlığı olarsa, digərlərinə də əlçatanlığı olacaqdır, bununla da, fərdiliyin pozulması və evlərə fiziki girişlərə gətirib çıxara bilər. Buna görə də, təhlükəsiz və səmərəli identifikasiya metodları, İoT mühitini qormumaq üçün böyük bir rol oynayır. Tutaq ki, ağıllı evdə, temperatur sensoru, mərkəzi isitmə sistemi ilə əlaqədədir. Hücumçu, temperaturu saxtalaşdıraraq, ev sakini üçün narahat mühit yarada bilər, enerji sərfiyyatı yarada bilər və ya ən pis ehtimalda ciddi maddi ziyan verə bilər. [1]

Token əsaslı identifikasiya metodlarından istifadə etməklə, dinamik, zamanda limitli girişlər yarada bilərik, ənənəvi giriş metodlarını üstələyə bilərik. Bu onun üçün yaxşıdır ki, hücumçunun zəif məlumatları tapması çətinləşir, tapsa belə o məlumatları istifadə edə biləcəyi zaman aralığı çox qısıtlıdır. [2]

Token əsaslı indetifikasiyada, hər bir doğrulanan cihaz üçün token yaradılır. Bu token, digital açar kimi, cihazın həqiqətən daxili doğrulamadan keçdiyini təsdiqləyir. Ənənəvi şifrə məntiqində, şifrə əl ilə dəyişənə qədər sabit olaraq qalırdı, token məntiqi isə, müvəqqəti və lazım olan anlarda yaradılır. Bu digital açarlar, müxtəlif məlumatlardan istifadə edərək, kriptografik imzalar ya-

radır. Token adətən 3 komponentdən ibarət olur:

1. Başlıq (Header) (`{"alg":"HS256","typ":"JWT"}`)
2. Gövdə (Payload) (`{"sub":"1234","name":"Miraga","admin":true}`)
3. İmza (Signature) (`ENCRYPT(Header.Payload + secret)`) [3]

Bu token JWT adlanır. Ardıcılıq ilə, *başlıqda* alqoritmın tipi, *gövdədə* cihazın kimliyi, icazələri və s. yazılır. *İmza* isə ən önəmli hissədir, belə ki, *başlıq* və *gövdə* hər biri base64 ilə kodlanır, bir biri ilə nöqtə ilə ayrılır, əlavə olaraq *secret* yazılır və şifrələmə metodlarından biri ilə şifrələnir. İmzalanan token, dəyişdirilə bilməz, dəyişdirilərsə belə, imzalandığı alqoritm ilə dekodlaşdırılırsa (*secret* mütləq qeyd olunur) dəyişdirildiyi ortaya çıxır, imzanın doğrulanma prosesi uğursuzluqla başa çatır. RS256 (SHA-256 + RSA) alqoritmın nümunələrindən biridir, sadə alqoritmə nümunə isə HS256 dır. Fərqləri odur ki, HS256 sadə yazını şifrə olaraq istifadə edərək şifrəliyin, (*secret*: ən-az-256-bit-uzunluqlu), RS256 isə assimetrik şifrələmə alqoritmidir, bir özəl açar olur birdə açıq açar olur (uyğun olaraq *private* və *public key*). Token özəl açar ilə şifrələnir, tokenin doğruluğunun yoxlanması isə açıq açar ilə təyin olunur. Bu alqoritmə assimetrik adı verilməyinin səbəbi isə elə budur, özəl açar sadəcə şifrələyin, açıq açar isə sadəcə doğruluğu yoxlayır, onunla token yaratmaq olmur. Token əlavə olaraq icazələri də özündə saxlamalıdır. Bununla, müraciət edən cihazın hansı resurslara əl çatanlığının olması yoxlanır. Misal, temperatur sensorunda sadəcə oxuma əməliyyatlarına icazə verilməlidir, oxuma-yazma isə həm gərəksiz həm də təhlükəli ola bilər. Sistemin arxitekturası bu şəkildədir [4]:

1. İdentifikasiya serveri, imzalanmış tokenləri yaratmaq üçün.
2. İoT cihazı, tokenləri yadda saxlamağa və serverdən qayıdan tokeni qaytarır.
3. Resurs serveri isə, tokenin doğruluğunu yoxlamaq üçün istifadə olunur.

```
{"device_id":"sensor_001","permissions":["read"],"exp":1730937600}
```

İdentifikasiya prosesi: Server ilə cihaz arasında əlaqə qurulur, hər cihazın öz sertifikatı olur. Server zamanda limitlənmiş token yaradır, cihaz sorğularda bu tokendən istifadə edir, resurs serveri isə, özündə saxladığı açıq açarlardan istifadə edərək, tokenin doğruluğunu yoxlayır. Beləliklə davamlı sorğuların qarşısı alınır və gecikməni azaldır.

```
async fn validate_token(token: &str) -> Result<Claims,
AuthError> {
let key = DecodingKey::from_rsa_pem(PUBLIC_KEY)?;
decode::<Claims>(token, &key,
```

```
&Validation::new(Algorithm::RS256))  
.map([data| data.claims])}
```

Ədəbiyyat

1. Palo Alto Networks. "What Is IoT Security? Internet of Things Network Security." Palo Alto Networks, 2020 <https://www.paloaltonetworks.com/cyberpedia/what-is-iot-security>.
2. Okta. "What Is Token-Based Authentication?" Okta, 23 January 2025, <https://www.okta.com/identity-101/what-is-token-based-authentication/>.
3. Okta. "JSON Web Token Introduction - jwt.io." JWT, <https://www.jwt.io/introduction#what-is-json-web-token>.
4. Tawalbeh, L. A., Muheidat, F., Tawalbeh, M., & Quwaider, M. IoT Privacy and security: Challenges and solutions. Applied Sciences, vol. 10, s.4105-4107, 2020, <https://doi.org/10.3390/app10124102>

DİĞƏR FƏNLƏRİN TƏDRİSİNDƏ İNFORMATİKA FƏNNİNİN ROLU

Sadayev Əzbər, Qasimova Nailə

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

asadayev@bsu.edu.az, n.qasimova2603@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə İnformatika fənninin digər fənlərlə əlaqəsinə baxılmışdır. Bu integrasiyanın əsas istiqamətləri verilmişdir. İnformatikanın biologiya, coğrafiya, fizika və kimya fənləri ilə qarşılıqlı əlaqəsi təhlil edilmişdir. Biopython, GİS və virtual laboratoriyalar kimi vasitələrin tədrisində tətbiq imkanları göstərilmişdir. Bu integrasiyanın şagirdlərdə həm nəzəri biliklərin, həm də praktik bacarıqların inkişafına xidmət etdiyi nəticəsinə gəlinmişdir.

Açar sözlər: Biopython, GİS, virtual laboratoriyalar.

Yaşadığımız dövr elm və texnikanın sürətlə inkişaf etdiyi dövrdür. Cəmiyyətin elə bir fəaliyyət sahəsi yoxdur ki, orada informasiya texnologiyalarının təsiri hiss olunmasın. Müasir inkişafın əsas göstəricilərindən biri informasiya texnologiyalarından düzgün istifadə etmə bacarığıdır. Bu bacarıqlar isə təhsil müəssisələrində yetişdirilir, inkişaf etdirilir. Təhsilin inkişaf səviyyəsi sosial rifahın əsas faktorudur. Bu səbəbdən təhsil müəssisələrində islahatlar düzgün keçirilməlidir. Təhsil islahatlarında gələcəyimizin bu gün parta arxasında oturan şagirdlərdən asılı olması əsas rəhbər fikir olmalıdır.

Müasir təhsil sisteminin islahatlarının formalaşmasına istiqamət verən

fənlərdən biri də informatikadır. İnformatika fənni sadəcə kompüter bilikləri və proqramlaşdırma ilə kifayətlənmir. O, riyaziyyatın dəqiqliyini, coğrafiyanın xəritələrini, biologiyanın canlı aləmini və s. fənlərin zəruri məlumatlarından istifadə edərək yeni qapılar açır. Bu fənlərarası körpü vasitəsilə yalnız nəzəri biliklər əldə edilmir, həm də praktik qabiliyyətləri inkişaf etdirir. Şagirdlər bu integrasiya vasitəsilə həmçinin dünyanın mürəkkəb proseslərini daha dərinləndirərək dərk edə bilirlər. Deməli, informatika – yalnız müasir elmin təməli deyil, həm də digər fənlərin inkişafını sürətləndirən universal açardır.

Biologiya və informatikanın kəsişməsində formalaşan ən mühüm sahələrdən biri **bioinformatika**dır. Bioinformatika biologiyada yaranan böyük həcmli məlumatların — genom ardıcılıqları, zülal strukturları, metabolik şəbəkələr və s. — informatik üsullarla emalı və analizini nəzərdə tutur. Bu kontekstdə **Biopython** kitabxanası mühüm vasitələrdən biri hesab olunur [1].

Biopython şagirdlərə və tədqiqatçılara **DNT və RNT ardıcılıqlarının müqayisəsi, zülal strukturunun analizi, filogenetik ağacların qurulması** kimi məsələləri həll etməyə imkan verir. Orta məktəb səviyyəsində Biopython-dan istifadə şagirdlərə biologiyanın mürəkkəb anlayışlarını informatikanın tətbiqi vasitəsilə daha aydın başa düşmək imkanı yaradır. Bu yanaşma həm biologiya fənninin öyrədilməsində interaktivliyi artırır, həm də şagirdlərdə proqramlaşdırma bacarıqlarının inkişafına təkan verir.

İnformatikanın coğrafiya ilə integrasiyası **Coğrafi İnformasiya Sistemləri (GIS)** vasitəsilə həyata keçirilir. GIS texnologiyaları coğrafi məlumatların toplanması, emalı, saxlanması və vizualizasiyası üçün geniş imkanlar açır. Müasir təhsil sistemində GIS texnologiyalarının tətbiqi şagirdlərin coğrafi prosesləri daha dərinləndirərək qavramasına, məkan düşüncəsini formalaşdırmasına şərait yaradır. Məsələn, şagirdlər GIS platformasında **ərazi dəyişikliklərini izləyərək, xəritə üzərində ətraf mühitin göstəricilərini analiz edə və təbii resursların vəziyyətini qiymətləndirə** bilirlər. Bu, informatikanın metod və alətlərinin coğrafiya fənninə tətbiq olunmasının bariz nümunəsidir. Beləliklə, GIS şagirdlərdə həm coğrafi biliklərin möhkəmlənməsinə, həm də informasiya texnologiyalarının tətbiqi bacarıqlarının inkişafına xidmət edir [2].

Fizika və kimya fənlərinin öyrədilməsində ənənəvi yanaşmalar laboratoriya təcrübələrinə əsaslanır. Lakin bütün məktəblərdə real laboratoriya şəraitinin yaradılması və təhlükəsiz təcrübələrin təşkili hər zaman mümkün olmur. Bu baxımdan informatikanın tətbiqi **virtual laboratoriyalar** tədris prosesində mühüm rol oynayır.

Virtual laboratoriyalar vasitəsilə şagirdlər **elektrik dövrələrinin simul-**

yasiyası, mexaniki hərəkətlərin modelləşdirilməsi, molekulyar quruluşların öyrənilməsi və kimyəvi reaksiyaların gedişinin izlənməsi kimi prosesləri real laboratoriya şəraitinə ehtiyac duymadan icra edə bilirlər. Bu yanaşma bir tərəfdən resurslara qənaət edir, digər tərəfdən şagirdlərə təcrübə aparmaq üçün daha geniş imkanlar yaradır. Eyni zamanda, şagirdlərdə tədqiqatçılıq bacarıqlarını inkişaf etdirir və elmə marağı gücləndirir [3].

İnformatika fənninin digər fənlərlə əlaqəsi müasir təhsil sistemində integrativ yanaşmanın əsas nümunəsidir. **Biopython** biologiyanın, **GIS** coğrafiyanın, **virtual laboratoriyalar** isə fizika və kimyanın tədrisində informatikanın tətbiqinə nümunə olaraq xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu alətlər şagirdlərdə yalnız nəzəri bilikləri gücləndirmir, həm də onların praktik fəaliyyətini stimullaşdırır, elmi-tədqiqat vərdişlərinin inkişafına təkan verir. Beləliklə, informatika fənni digər fənlərlə əlaqəsi vasitəsilə gələcəkdə informasiya cəmiyyətinin tələblərinə cavab verən mütəxəssislərin hazırlanmasına zəmin yaradır.

Ədəbiyyat

1. Mishra et. al. Bioinformation, 2011.
2. M. Əlizadə, F. Eminov İnformatika və geoinformatika. Bakı, 2013.
- 3.A. Filanovich, A. Povzner Virtual Laboratories in Physics Education. 2021.

BİZNES SEKTORUNDA DATA ANALİTİKANIN TƏDQIQI

Sadayev Əzbər, Lətifli Sevinc

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

asadayev@mail.ru, svncatiff@gmail.com

Xülasə: Davamlı inkişaf etməkdə olan data analitika sahəsi dövrümüzün ən vacib elmlərindən biridir. Bu sahə informasiya texnologiyaları, internet istifadəsi, süni intellekt istismarı artdıqca daha da genişlənmiş və demək olar ki, həyatımızın bütün istiqamətlərində rəqəmsal transformasiyanın baş tutmasına təkan vermişdir. Data analitika böyük həcmli bazaların analiz edilməsi və onlardan mühüm nəticələrin əldə edilməsi prosesidir. Bu məqsədlə günümüzdə data analitikası biznes və kommersiya, səhiyyə, təhsil, istehsalat və s. kimi geniş tətbiq sahələrinə malikdir. Biznes sahəsində data ankitikanın tətbiqinə gəldikdə, o, biznes strategiyaları qurmaq, biznesdə böyümək, baş verəcək riskləri əvvəlcədən təxmin edərək yarana biləcək anomaliyaların qarşısını almaq və ya minimuma endirmək üçün istifadə edilir. Bunun üçün təsviri, diaqnostik, proqnozlaşdırıcı və preskriptiv analitika mərhələləri tətbiq olunur.

Açar sözlər: data analitika, biznes, təsviri analitika, diaqnostik analitika, proqnozlaşdırıcı analitika, preskriptiv analitika.

Müasir IT dünyasında rəqəmsallaşma artıq demək olar ki, həyatımızın hər sahəsinə nüfuz edib. Hər gün böyük həcmdə informasiyalar yaranır, toplanılır və emal edilir. İnformasiya texnologiyalarının inkişaf etməsi nəticəsində məlumatların miqdarı daha da artmış və böyük həcmli verilənlərdən səmərəli şəkildə istifadə etmək üçün data analitika vacib bir vasitəyə çevrilmişdir.

Biznes, təhsil, səhiyyə, maliyyə, dövlət və ictimai idarəetmə və başqa sahələrdə daha optimal, dəqiq və effektiv qərarvermə üçün informasiya vacib alətlərdən biridir. Bu sahələrdə iri həcmli məlumatların yığılması, işlənməsi, emal edilməsi, qərarvermə mexanizmlərinin keyfiyyətinin artırılmasını, rəqabət üstünlüyünü, iqtisadi göstəricilərin yaxşılaşdırılmasını təmin edir. Məhz bu kimi ehtiyaclar fonunda “data analitika” biznes və digər istiqamətlər üçün vacib əhəmiyyət kəsb edir[1].

Data analitika müəyyən mənbələrdən dataların toplanması, işlənməsi, analizi və müxtəlif məlumatlardan lazımi nəticələrin çıxarılması prosesidir. Bu proses fərdi şəxslərin, şirkətlərin, müəssisələrin məlumatları anlaması, perspektivli və strateji qərarlar verməsi, yeni trendləri müəyyənləşdirməsi üçün istifadə olunur. Yəni məqsəd sadəcə informasiya toplamaq deyil, onları biznes, elmi və s. Aspektlərdən dəyəərə çevirməkdir [2].

Hal-hazırda data analitika müxtəlif sahələrin inkişafında və uğur qazanmasında açar rolunu oynayır. Bu səbəbdən data analitika marketinq, idman, istehsalat, səhiyyə və s. kimi müxtəlif fəaliyyət sahələrində tətbiq olunur. Biznes sahəsində isə data analitika biznes proseslərinin optimallaşdırılması, anomaliyaların aşkar olunması, müştəri davranışlarının analizi və bir sıra məqsədlər üçün istifadə edilir. Data analitikası müəssisələrin bazar tendensiyaları, məhsuldarlıq, istehsalın iqtisadi göstəriciləri, istifadəçi davranışı, satış və s. haqqında toplanan dataları analiz edərək uzaqgörən və inkişafa yönəlik qərarlar almağa imkan verir. Sözügedən işləri data analitiklər yerinə yetirir. Onlar bunun üçün müxtəlif üsullar və texnologiyalardan, statistik metodlardan, analitik vasitələrdən, alqoritmlərdən istifadə edir və şirkətlərin strateji hədəflərini dəstəkləməkdə rol oynayırlar. Biznes sektorunda data analitikasının əhəmiyyətini aşağıdakı kimi ifadə edə bilərik:

Müştəri davranışlarının analizi. İstifadəçi davranışlarını təhlil edib onların tələblərinə uyğun cavablar verərək xidmət təkmilləşdirilir və müştəri məmuniyyəti artırılır. Bunun üçün Google Analytics, Tableau, Power BI kimi alətlərdən istifadə olunur.

Biznes proseslərinin səmərəliliyinin artırılması. Resursların effektiv paylanması, onların optimal idarə olunması, itkilərin minimuma endirilməsi və la-

zımsız xərclərin qarşısının alınması təmin olunur.

Bazarda rəqabət üstünlüyünün əldə olunması. Müəssisələr məlumatlardan düzgün istifadə edərək bazar trendlərini və ya boşluqları daha tez aşkar edir, effektiv marketinq planları hazırlayır və rəqiblərinə nisbətən üstünlüyə malik olur.

Strateji qərarvermənin dəstəklənməsi. Şirkətlər analitik məlumatlara əsaslanaraq daha dəqiq və əsaslı qərarlar alır və risklərin azaldılmasına şərait yaradır [3].

Biznesdə data analitikası müxtəlif səviyyələrdə tətbiq olunur və məqsədlərinə görə aşağıdakı növlərə bölünür:

Təsviri analitika (Descriptive Analytics). Keçmişdə baş vermiş hadisələrin və məlumatların mövcud vəziyyətini izah edir. Məsələn, son aylardakı satış dinamikasının təhlili. Deskriptiv analitika müştəri davranışlarını, satışları və digər məlumatları anlamaq üçün əlverişlidir. Dashboardlar, hesabatlar, cədvəllər və s. əsasən, bu mərhələdə tətbiq olunur.

Diaqnostik analitika (Diagnostic Analytics). Diaqnostik analitika məlumatların səbəb-nəticə əlaqələrini, yəni keçmişdə baş vermiş hadisələrin səbəblərini aşkar edir. Məsələn, satışların və ya müştəri məmnuniyyətinin niyə azaldığını izah edir. Diaqnostik analitika ilə problemin əsas kökü müəyyənləşdirilir və həmin problemin necə aradan qaldırıla biləcəyini öyrənir.

Proqnozlaşdırıcı analitika (Predictive Analytics). Gələcəkdə baş verə biləcək hadisələri, tendensiyaları ehtimal edir və ola biləcək riskləri təxmin eləyir. Məsələn, gələcəkdə bazar tələbinin, trendlərin, satış sayının proqnozu. Bu mərhələdə statistik modellər, proqnozlaşdırma alqoritmləri və s. tətbiq olunur.

Preskriptiv analitika (Prescriptive Analytics). Gələcək addımlar üçün optimal qərar qəbul etmək məqsədilə strategiyaları təhlil edir. Məsələn, istehsalatın optimallaşdırılması, marketinq strategiyalarının təkmilləşdirilməsi və s. Bu mərhələdə "What-if" analizi, optimizasiya alqoritmləri istifadə olunur [4, 5].

Nəticə etibarilə, müasir biznesin idarə olunması üçün data analitika mühüm sahələrdən biridir. O, şirkətlərin, müəssisələrin keçmiş hadisələri təhlil etməsilə birlikdə, gələcəyi də proqnozlaşdıraraq düzgün və dəqiq qərarlar verməsində həll edici rol oynayır. Gələcəkdə Big Data, süni intellekt, bulud texnologiyalarının inkişafı data analitikanı yeni mərhələyə çıxaracaq və onun biznesdə rolunu daha da genişləndirəcəkdir.

Ədəbiyyat

1. S.Kudyba, *Big Data, Mining, and Analytics*, Auerbach Publications, "Transforming Unstructured Data into Useful Information", 2014, s10.

2. A.AbdulHussein, *Data Analytics and Decision Making*. ECampus Ontario. <https://ecampusontario.pressbooks.pub/dataanalyticsvls1/.s15>.
3. The Institute of Cost Accountants of India. *Applications of Data Analytics in Business Decision Making*. Directorate of Advanced Studies. https://www.icmai.in/upload/AdvStudies/DATA_ANALYTICS_1903_2020.pdf icmai.in, 2020, s4, s9.
4. S.Liu, O.Liu, & J.Chen, *A Review on Business Analytics: Definitions, Techniques, Applications and Challenges*. Mathematics, <https://doi.org/10.3390/math11040899> mdpi.com+1, 2023, s5.

KUN-TAKKER VƏ FAN TEOREMLƏRİNİN ÜMUMİLƏŞMƏLƏRİ

Sadiqov Məsrəddin, Səmədova Fidan

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

misreddin08@rambler.ru, fidansemədova3@gmail.com

Xülasə: İşdə Fan teoremində bərabərliklə məhdudiyyət xətti operatorla verilən hala baxılır və Fan teoreminin analoqu isbat olunur. Ondan istifadə olunaraq bərabərliklə məhdudiyyət xətti operatorla verilən halda Banax fəzasında qabarıq riyazi proqramlaşdırma məsələsi üçün Kun-Takker teoreminin analoqu isbat olunur.

Açar sözlər: xətti fəza, qabarıq çoxluq, qabarıq funksiya, xətti operator, sistem.

Fan teoreminin ümumiləşməsinə Banax fəzasında [1] ədəbiyyatında da baxılmışdır. [2]-də Fan teoremindən istifadə olunaraq sonlu ölçülü fəzada Laqranj prinsipi isbat olunmuşdur.

Teorem 1. Tutaq ki, Z xətti fəza, $C \subset Z$ qabarıq çoxluq, $f_i : C \rightarrow \mathbb{R}$, $i = \overline{1, k}$, qabarıq funksiyalar, $f_i : Z \rightarrow \mathbb{R}$, $i = \overline{k+1, m}$, afin funksiyalardır və

$$f_i(x) < 0, \quad i = \overline{1, k}, \quad f_i(x) = 0, \quad i = \overline{k+1, m} \quad (1)$$

sisteminin C çoxluğunda həlli yoxdur, onda hamısı sıfır olmayan $\lambda_1 \geq 0, \dots, \lambda_k \geq 0, \lambda_{k+1}, \dots, \lambda_m$ ədədləri var ki, $x \in C$ olduqda $\sum_{i=1}^m \lambda_i f_i(x) \geq 0$ bərabərsizliyi ödənilir.

Tutaq ki, Z xətti fəza, $C \subset Z$ qabarıq çoxluq, $f_i : C \rightarrow \mathbb{R}$, $i = \overline{0, 1, k}$, qabarıq funksiyalar, $f_i : Z \rightarrow \mathbb{R}$, $i = \overline{k+1, m}$, afin funksiyalardır. Aşağıdakı qabarıq minimallaşdırma məsələsinə baxaq.

$f_0(x) \rightarrow \min \quad f_i(x) \leq 0, \quad i = \overline{1, k}, \quad f_i(x) = 0, \quad i = \overline{k+1, m}, \quad x \in C \quad (2)$
məsələsinə baxaq.

Teorem 2. Əgər X_0 nöqtəsi (2) məsələsinin minimumu olarsa, onda hamısı sıfır olmayan elə $\lambda_0, \lambda_1 \geq 0, \dots, \lambda_k \geq 0, \lambda_{k+1}, \dots, \lambda_m$ ədədləri var ki, $x \in C$ olduqda $\lambda_0(f_0(x) - f_0(x_0)) + \sum_{i=1}^m \lambda_i f_i(x) \geq 0$ bərabərsizliyi ödənilir və $i=1, \dots, k$ olduqda $\lambda_i f_i(x_0) = 0$ olur.

Teorem 3. Əgər X və Y banax fəzaları, $C \subset X$ qabarıq çoxluq və $\text{int } C \neq \emptyset$, $f_i : C \rightarrow \mathbb{R}$, $i = 1, \dots, k$, qabarıq kəsilməz funksiyalar, $\Lambda : X \rightarrow Y$ kəsilməz xətti operator, $Ax = \Lambda x + \bar{y}$, $\bar{y} \in Y$, $\text{Im } \Lambda = Y$ olarsa və

$$f_i(x) < 0, \quad i = 1, \dots, k, \quad Ax = 0 \quad (3)$$

sisteminin C çoxluğunda həlli yoxdursa, onda hamısı sıfır olmayan elə $\lambda_1 \geq 0, \dots, \lambda_k \geq 0$ ədədləri və $y^* \in Y^*$ vektoru var ki, $x \in C$ olduqda $\sum_{i=1}^k \lambda_i f_i(x) + \langle y^*, Ax \rangle \geq 0$ bərabərsizliyi ödənilir.

Teorem 2.2.1 [3, s.68]-ə əsasən $\Lambda : X \rightarrow Y$ kəsilməz xətti operator olduqda və $\Lambda X = Y$ şərti ödəndikdə Λ operatoru açıq inikas olduğundan X və Y Freşe fəzaları olduqda da teorem 3 doğrudur.

Nəticə 1. Əgər X və Y banax fəzaları, $f : X \rightarrow \mathbb{R}$ qabarıq kəsilməz funksiya, $\Lambda : X \rightarrow Y$ kəsilməz xətti operator, $Ax = \Lambda x + \bar{y}$, $\bar{y} \in Y$, $\text{Im } \Lambda = Y$ və

$$f(x) < 0, \quad Ax = 0$$

sisteminin X fəzasında həlli yoxdursa, onda $y^* \in Y^*$ vektoru var ki, $x \in X$ olduqda $f(x) + \langle y^*, Ax \rangle \geq 0$ bərabərsizliyi ödənilir.

Nəticə 2. Əgər X və Y banax fəzaları, $f_i : X \rightarrow \mathbb{R}$, $i = 0, 1, \dots, k$, qabarıq kəsilməz funksiyalar, $\Lambda : X \rightarrow Y$ kəsilməz xətti operator, $Ax = \Lambda x + \bar{y}$, $\bar{y} \in Y$, $\text{Im } \Lambda = Y$ olarsa və

$$f_0(x) < 0, \quad f_i(x) < 0, \quad i = 1, \dots, k, \quad Ax = 0$$

sisteminin X fəzasında həlli yoxdursa, $f_i(x) < 0$, $i = 1, \dots, k$, $Ax = 0$ sisteminin X -də həlli varsa, onda elə $\lambda_1 \geq 0, \dots, \lambda_k \geq 0$ ədədləri və $y^* \in Y^*$ vektoru var ki, $x \in X$ olduqda $f_0(x) + \sum_{i=1}^k \lambda_i f_i(x) + \langle y^*, Ax \rangle \geq 0$ bərabərsizliyi ödənilir.

Nəticə 3. Əgər X və Y banax fəzaları, $f_i : X \rightarrow \mathbb{R}$, $i = 1, \dots, k$, qabarıq kəsilməz funksiyalar, $\Lambda : X \rightarrow Y$ kəsilməz xətti operator, $Ax = \Lambda x + \bar{y}$, $\bar{y} \in Y$, $\text{Im } \Lambda = Y$ olarsa və

$$f_i(x) + v_i < 0, \quad i = 1, \dots, k, \quad Ax = 0$$

sisteminin X fəzasında həlli yoxdursa, $f_i(x) = 0$, $i = 1, \dots, k$, $\Lambda x = 0$ sisteminin X -də həlli varsa, onda elə $\lambda_1 \geq 0, \dots, \lambda_k \geq 0$ ədədləri və $y^* \in Y^*$ vektoru var

ki, $x \in X$ olduqda $\sum_{i=1}^k \lambda_i (f_i(x) + v_i) + \langle y^*, \Lambda x + \bar{y} \rangle \geq 0$ və $\sum_{i=1}^k \lambda_i v_i + \langle y^*, \bar{y} \rangle \geq 0$ bərabərsizlikləri ödənilir.

Nəticə 4. Əgər X və Y banax fəzaları, $C \subset X$ qabarıq çoxluq və $\text{int } C \neq \emptyset$, $f_i : C \rightarrow \mathbb{R}$, $i = 0, 1, \dots, k$, qabarıq kəsilməz funksiyalar, $\Lambda : X \rightarrow Y$ kəsilməz xətti operator, $Ax = \Lambda x + \bar{y}$, $\bar{y} \in Y$, $\text{Im } \Lambda = Y$ olarsa və

$$f_0(x) < 0, \quad f_i(x) < 0, \quad i = 1, \dots, k, \quad Ax = 0$$

sisteminin C çoxluğunda həlli yoxdursa, $f_i(x) < 0$, $i = 1, \dots, k$, $Ax = 0$ sisteminin C çoxluğunda həlli varsa və elə $\bar{x} \in \text{int } C$ var ki, $A\bar{x} = 0$ olarsa, onda elə $\lambda_1 \geq 0, \dots, \lambda_k \geq 0$ ədədləri və $y^* \in Y^*$ vektoru var ki, $x \in C$ olduqda $f_0(x) + \sum_{i=1}^k \lambda_i f_i(x) + \langle y^*, Ax \rangle \geq 0$ bərabərsizliyi ödənilir.

Nəticə 5. Əgər X və Y banax fəzaları, $f_i : X \rightarrow \mathbb{R}$, $i = 1, \dots, k$, qabarıq kəsilməz funksiyalar, $\Lambda : X \rightarrow Y$ kəsilməz xətti operator, $Ax = \Lambda x + \bar{y}$, $\bar{y} \in Y$, $\text{Im } \Lambda = Y$ olarsa və

$$f_i(x) < 0, \quad i = 1, \dots, k, \quad Ax = 0$$

sisteminin X çoxluğunda həlli yoxdursa, onda elə $y^* \in Y^*$ vektoru və eyni zamanda sıfır olmayan elə $\lambda_1 \geq 0, \dots, \lambda_k \geq 0$ ədədləri var ki, $x \in X$ olduqda $\sum_{i=1}^k \lambda_i f_i(x) + \langle y^*, Ax \rangle \geq 0$ bərabərsizliyi ödənilir.

Nəticə 6. Əgər X və Y banax fəzaları, $C \subset X$ qabarıq çoxluq və $\text{int } C \neq \emptyset$, $f_i : C \rightarrow \mathbb{R}$, $i = 0, 1, \dots, k$, qabarıq kəsilməz funksiyalar, $\Lambda : X \rightarrow Y$ kəsilməz xətti operator, $Ax = \Lambda x + \bar{y}$, $\bar{y} \in Y$, $\text{Im } \Lambda = Y$ və

$$f_i(x) < 0, \quad i=1, \dots, k, \quad Ax = 0$$

sisteminin C çoxluğunda həlli yoxdursa və $A\bar{x} = 0$ tənliyinin $\bar{x} \in \text{int } C$ həlli varsa, onda elə $y^* \in Y^*$ vektoru və eyni zamanda sıfır olmayan elə $\lambda_1 \geq 0, \dots, \lambda_k \geq 0$ ədələri var ki, $x \in C$ olduqda $\sum_{i=1}^k \lambda_i f_i(x) + \langle y^*, Ax \rangle \geq 0$ bərabərsizliyi ödənilir.

Aşağıdakı qabarıq minimallaşdırma məsələsinə baxaq. Tutaq ki, X və Y banax fəzaları, $C \subset X$ qabarıq çoxluq və $\text{int } C \neq \emptyset$, $f_i : C \rightarrow \mathbb{R}$, $i = 1, \dots, k$, qabarıq kəsilməz funksiyalar, $\Lambda : X \rightarrow Y$ kəsilməz xətti operator, $Ax = \Lambda x + \bar{y}$, $\bar{y} \in Y$, $\text{Im } \Lambda = Y$ olarsa

$$f_0(x) \rightarrow \min \quad f_i(x) \leq 0, \quad i = \overline{1, k} \quad A(x) = 0, \quad x \in C \quad (4)$$

məsələsinə baxaq.

Teorem 4. Əgər baxılan şərtlər daxilində X_0 nöqtəsi (4) məsələsinin minimumu olarsa və $f_i(x) < 0$, $i = \overline{1, k}$, $A(x) = 0$ sisteminin C çoxluğunda həlli həlli varsa, elə $\bar{x} \in \text{int } C$ var ki, $A\bar{x} = 0$ olarsa və $\Lambda : X \rightarrow Y$ kəsilməz xətti operator, $Ax = \Lambda x + \bar{y}$, $\bar{y} \in Y$, $\text{Im } \Lambda = Y$ olarsa, onda hamısı sıfır olmayan elə $\lambda_1 \geq 0, \dots, \lambda_k \geq 0$ ədədləri və $y^* \in Y^*$ vektoru var ki, $x \in C$ olduqda $f_0(x) + \sum_{i=1}^k \lambda_i f_i(x) + \langle y^*, Ax \rangle \geq f_0(x_0) + \sum_{i=1}^k \lambda_i f_i(x_0) + \langle y^*, Ax_0 \rangle$ bərabərsizliyi və $i = \overline{1, 2, \dots, k}$ olduqda $\lambda_i f_i(x_0) = 0$ bərabərliyi ödənilir.

Əgər baxılan şərtlər daxilində X_0 nöqtəsi (4) məsələsinin minimumu olarsa, onda teorem 4-ə əsasən

$$0 \in \partial((f_0(x) - f_0(x_0)) + \sum_{i=1}^k \lambda_i f_i(x) + \langle y^*, Ax \rangle)_{|x=x_0} = \partial f_0(x_0) + \sum_{i=1}^k \lambda_i \partial f_i(x_0) + A^* y^*$$

münasibəti alınır.

Ədəbiyyat

1. М.А. Садыгов Экстремальные задачи для включений в частных производных. Deutschland, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014.-390 p.
2. А.Г.Сухарев, А.Ф.Тимохов, В.В. Федоров Курс методов оптимизации.М.: Наука, 1986, 326 с.
3. Н.Данфорд, Дж.Т. Шварц. Линейные операторы. Общая теория. М.: ИЛ, 1964.

TƏRS MƏSƏLƏLƏRİN KOMPUTER REALİZASIYASINDA MÜASİR TENDENSIYALARI VƏ TƏDQİQAT PERSPEKTİVLƏRİ

Səfərliyeva Aydan

(Milli Aviasiya Akademiyası)

safarliyevaaydan@gmail.com

Xülasə: *Tərs məsələlərin kompüter realizasiyası sahəsində müasir elmi-texnoloji yanaşmalar təhlil olunur. Tərs məsələlərin mahiyyəti, onların riyazi və alqoritmik xüsusiyyətləri izah edilir, həmçinin süni intellekt, maşın öyrənməsi, paralel hesablama və bulud texnologiyalarının bu sahəyə tətbiqi istiqamətində son tendensiyalar göstərilir. Tədqiqat nəticəsində müəyyən edilir ki, kompüter texnologiyalarının inkişafı tərs məsələlərin daha sabit, sürətli və yüksək dəqiqlikli həllinə şərait yaradır. Gələcəkdə kəmiyyət modelləşdirmənin avtomatlaşdırılması və adaptiv regularizasiya metodlarının integrasiyası bu istiqamətin əsas perspektivlərindən biridir.*

Açar sözlər: *Tərs məsələ, kompüter modelləşdirmə, süni intellekt, regularizasiya, hesablama sabitliyi.*

Tərs məsələlər riyazi modelləşdirmənin ən mürəkkəb istiqamətlərindən biridir və çox vaxt praktik problemlərin həllində – fizika, mühəndislik, tibbi diaqnostika, geofizika və s. sahələrdə – mühüm rol oynayır. Bu məsələlərdə məqsəd müşahidə olunan nəticələr əsasında sistemin daxili parametrlərini və ya başlanğıc şərtlərini bərpa etməkdir.

Bir çox tərs məsələ düzgün qoyulmamış (ill-posed) məsələdir, yəni həllin mövcudluğu, yeganəliyi və davamlılığı təmin olunmur. Buna görə də, onların kompüter realizasiyası xüsusi sabitləşdirici və regularizasiya üsullarını tələb edir.

Son illərdə kompüter hesablama gücünün artması, paralel alqoritmlərin və süni intellekt metodlarının inkişafı tərs məsələlərin effektiv realizasiyası üçün yeni imkanlar açmışdır. Bu məqalədə həmin tendensiyalar və gələcək tədqiqat istiqamətləri sistemləşdirilmiş şəkildə təqdim olunur.

Tərs məsələlərin mahiyyəti və tətbiq sahələri. Tərs məsələ anlayışı ümumiyyətlə birbaşa məsələnin əksidir: əgər birbaşa məsələdə sistemin parametrləri məlum olub nəticə tapılırsa, tərs məsələdə nəticələr məlumdur və həmin nəticələrdən səbəblər tapılmalıdır.

Tipik nümunələrə aşağıdakılar daxildir:

- istilik keçiriciliyi tənliliklərində başlanğıc temperatur paylanması bərpası,
- elektromaqnit dalğalarının tərs yayılması məsələləri,
- tibbi tomoqrafiyada görüntü bərpası,

- seysmik məlumatlara əsasən yer qatlarının strukturunun müəyyənləşdirilməsi.

Bu məsələlərin ümumi xüsusiyyəti riyazi qeyri-sabitlik və kiçik müşahidə xətlərinin həllə böyük təsir göstərməsidir. Buna görə kompüter realizasiyasında xüsusi alqoritmik yanaşmalar – Tixonov regularizasiyası, bayes yanaşması, iterativ üsullar və s. – geniş tətbiq olunur.

Kompüter realizasiyasının metodoloji əsasları: Klassik dövrdə tərs məsələlərin həlli əsasən analitik və ya yarı-analitik metodlara əsaslanırdı. Lakin real sistemlər çoxölçülü və qeyri-xətti olduğundan bu metodlar praktik cəhətdən məhdud imkanlara malik idi. Müasir kompüter texnologiyaları bu problemləri qismən aradan qaldırmış, yüksək dəqiqlikli riyazi modellərin rəqəmsal realizasiyasına imkan yaratmışdır.

Əsas istifadə olunan metodoloji yanaşmalar bunlardır:

- Regularizasiya üsulları: Tixonov, Morozov və Levenberq–Marquardt yanaşmaları;
- İterativ alqoritmlər: Qradient enməsi, konjuge qradient, Nyuton üsulu;
- Sabitlik analizi: səhv yayılmasının kompensasiyası üçün hesablama sabitliyinin təmin edilməsi;
- Rəqəmsal optimallaşdırma: çoxparametrli modellərdə məqsəd funksiyasının minimallaşdırılması.

Süni intellekt və maşın öyrənməsi - Son illərdə neyron şəbəkələr və dərin öyrənmə modelləri tərs məsələlərin təxmini həllində geniş tətbiq olunur. Bu yanaşmalar qeyri-xətti əlaqələri öyrənərək nəticələri daha sürətli proqnozlaşdırma bilər. Xüsusilə “physics-informed neural networks (PINN)” yanaşması diferensial tənliklərə əsaslanan tərs məsələlərin səmərəli həllini təmin edir.

Paralel və bulud hesablamaları - Böyükölçülü tərs məsələlərin həlli üçün yüksək hesablama gücü tələb olunur. Bu baxımdan GPU əsaslı paralel hesablama və bulud infrastrukturundan istifadə, məsələn, “CUDA”, “OpenMP”, “MPI” kimi texnologiyalar mühüm rol oynayır. Bu yanaşma həll müddətini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır.

Hibrid modelləşdirmə - Ənənəvi riyazi modellərlə süni intellekt metodlarının birləşdirilməsi (hibrid modellər) tərs məsələlərin həm dəqiqliyini, həm də hesablama səmərəliliyini artırır. Bu, xüsusilə səs-küylü və natamam məlumatlar üzərində işləyərkən aktualdır.

Açıq mənbəli proqram təminatları - MATLAB, COMSOL Multiphysics, Python kitabxanaları (NumPy, SciPy, TensorFlow, PyTorch) və xüsusi paketlər tərs məsələlərin modelləşdirilməsini asanlaşdırır və elmi tədqiqatların təkrarlana bilən olmasını təmin edir.

Tədqiqat perspektivləri- Gələcəkdə bu sahənin inkişafı aşağıdakı istiqamətlərdə gözlənilir:

1. Real vaxt rejimində tərs məsələlərin həlli üçün adaptiv alqoritmlər;
2. Avtomatlaşdırılmış regularizasiya üsullarının tətbiqi – məlumat keyfiyyətinə uyğun regularizasiya parametrlərinin avtomatik seçilməsi;
3. Kvant hesablamalar əsasında tərs məsələlərin optimallaşdırılması;
4. Multifiziki və çoxölçülü sistemlərdə inteqrə modellərin yaradılması.

Tərs məsələlərin kompüter realizasiyası müasir elmi tədqiqatlarda çoxşaxəli və dinamik inkişaf edən sahədir. Süni intellekt, paralel hesablamalar və hibrid modelləşdirmə üsulları bu problemlərin effektiv həllinə yeni imkanlar açır. Eyni zamanda, sabitlik və hesablama mürəkkəbliyi kimi problemlər hələ də aktual olaraq qalır.

Aparılmış təhlil göstərir ki, tərs məsələlərin gələcək inkişafı avtomatlaşdırılmış, adaptiv və çoxölçülü modelləşdirmə yanaşmalarının inteqrasiyası ilə sıx bağlı olacaqdır.

Ədəbiyyat

1. Tikhonov, A. N., & Arsenin, V. Y. (1977). *Solutions of Ill-posed Problems*. Washington: Winston.
2. Hansen, P. C. (2010). *Discrete Inverse Problems: Insight and Algorithms*. SIAM.
3. Tarantola, A. (2005). *Inverse Problem Theory and Methods for Model Parameter Estimation*. SIAM.
4. Raissi, M., Perdikaris, P., & Karniadakis, G. (2019). "Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear PDEs." *Journal of Computational Physics*, 378, 686–707.

RUNQE-KUTTA ÜSULUNUN MÜXTƏLİF MODİFİKASIYALARININ MÜQAYİSƏSİ, ONLARIN DƏQİQLİK VƏ DAYANIQLIĞININ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Sərkərova Lalə

(BDU, Mexanika-Riyaziyyat fakültəsi)

Lalasarkarova.bdu@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə Runqe-Kutta üsulunun müxtəlif modifikasiyaları müqayisəli şəkildə təhlil edilmişdir. Onların dəqiqlik və dayanıqlıq baxımından fərqləri qiymətləndirilmiş, hesablama səmərəliliyi müəyyənləşdirilmişdir.

Açar sözlər: Runqe-Kutta üsulu, tərtib, dəqiqlik, dayanıqlıq, lokal xəta, global xəta

Runqe-Kutta üsulu adi differensial tənliklərin ədədi həlli üçün geniş istifadə olunan biraddımlı üsuldur. Bu üsulun müxtəlif modifikasiyaları mövcuddur ki, onlar tənliklərin xüsusiyyətlərinə uyğun olaraq daha dəqiq və ya daha effektiv nəticələr əldə etməyə imkan verir [1]. Runqe-Kutta üsullarının əsas fərqi onların dəqiqlik dərəcəsi və dayanıqlığı (sabitliyi) ilə müəyyən edilir. RK4-yəni, dördüncü dərəcəli Runqe-Kutta üsulu ən çox istifadə olunan üsuldur, çünki o, dəqiqlik və dayanıqlıq arasında optimal tarazlıq yaradır.

$$y_{i+1} = y_i + h \sum_{i=1}^m \gamma_i k_{in} \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (1)$$

üsulunda əmsalların seçilməsindən asılı olaraq müxtəlif dəqiqliyə malik Runqe-Kutta üsullarını qurmaq olar [2]. Runqe-Kutta üsullarının dəqiqliyi bir neçə əsas amildən asılıdır:

1. Addım ölçüsündən h ;
2. Üsulun dərəcəsindən (tərtibindən, p);
3. Tənliyin funksiyasının (və onun törəmələrinin) hamar və differensiallanma səviyyəsindən;
4. Əmsalların düzgün seçilməsindən (Butcer cədvəlindəki sabitlər).

Addım ölçüsü dəqiqliyə ən çox təsir edən parametrdir. Beləki, addım ölçüsü kiçildikcə $h \rightarrow 0$, xəta azalır, yəni dəqiqlik artır. Adətən Runqe-Kutta üsullarının dəqiqliyini göstərmək üçün tərtib (dərəcə) anlayışından da istifadə edilir. RK üsullarının tərtibi aşağıdakı kimi təyin olunur:

Tərif 1. Fərz edək ki, $y(x)$ kafi qədər hamar funksiyadır. Onda

$$|y(x+h) - y_{i+1}| \leq kh^{p+1}, \quad h \rightarrow 0 \quad (2)$$

şərti ödənildikdə, tam qiymətli p kəmiyyətinə (1) üsulunun tərtibi deyilir. RK üsullarında xəta - $O(h^p)$.

Riyazi modeldə və ya differensial tənlikdə çox kiçik səhvlər (məsələn, yuvarlaqlaşdırma xətası) istənilən anda yarana bilər. Əgər istifadə etdiyimiz üsul dayanıqsızdırsa, bu balaca səhvlər hər addımda böyüyür, nəticədə tam fərqli, yanlış cavab alınır. Beləki, əgər kiçik bir xəta zaman keçdikcə böyüyürsə, üsul dayanıqsız, əgər xəta böyümür, əksinə sabit qalır və ya azalırsa, üsul dayanıqlı hesab olunur.

Tərif 2. Əgər

$$\sum_{i=0}^k \alpha_i y_{n+i} = h \sum_{i=0}^k \beta_i f_{n+i} \quad (3)$$

üsulunun xarakteristik çoxhədlisinin yəni, $\rho(\lambda) = \sum_{i=0}^k \alpha_i \lambda^i$ kökləri vahid radiuslu çevrənin daxilində yerləşirsə və sərhəddə təkrarlanan kök yoxdursa, onda üsul dayanıqlıdır.

Bir sadə nümunəyə baxaq:

$$y' = y, \quad y(0) = 1$$

məsələsinin $h = 0,1$ olduqda $x_1 = 0,1$ nöqtəsində y_1 qiymətini tapaq.

Analitik həll:

$$\frac{dy}{dx} = y, \quad \frac{dy}{y} = dx,$$

$$\int \frac{dy}{y} = \int dx, \quad \ln|y| = x + C, \quad y(x) = Ce^x,$$

Beləliklə, $x_1 = 0,1$, düyün nöqtəsində dəqiq həll $y_1 = e^{0,1} = 1,1051709$ olacaq.

RK4 üsulu ilə həll edək:

$$k_1 = f(x_0, y_0) = 1, \quad k_2 = f(x_0 + \frac{h}{2}, y_0 + h \frac{k_1}{2}) = 1.05,$$

$$k_3 = f(x_0 + \frac{h}{2}, y_0 + h \frac{k_2}{2}) = 1.0525,$$

$$k_4 = f(x_0 + h, y_0 + h k_3) = 1.10525$$

$$y_1 = y_0 + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) = 1.10517.$$

İndi isə xətəyə nəzər yetirək:

$$y_{RK4} = 1.10517, \quad y_{\text{deqiqhell}} = 1.1051709, \quad |y_{\text{deqiq}} - y_{RK4}| \approx 9 \times 10^{-7}.$$

Xüsusiyyət	RK2	RK3	RK4
Qiymətləndirmə sayı	2	3	4
Lokal xəta	$O(h^3)$	$O(h^4)$	$O(h^5)$
Qlobal xəta	$O(h^2)$	$O(h^3)$	$O(h^4)$
Dəqiqlik	Orta	Yaxşı	Çox yüksək
Dayanıqlıq	Orta	Yaxşı	yüksək
Hesablama xərci	Az	Orta	Bir qədər çox
Praktiki istifadəsi	Sadə modellər, ilkin testlər üçün	Bəzi fiziki modellər üçün	Əksər riyazi və mühəndislik məsələlərində "standart" üsul
Üstünlük	Sadəliyi	Sabit dəqiqlik və sadəlik	Dəqiqlik və dayanıqlıqda optimal üsul

Nəticə olaraq adi differensial sistemlərin, fiziki modellərin, mexaniki və elektrik sistemlərinin və s. məsələlərin həllində ən əlverişli və geniş istifadə olunan üsul dördüncü dərəcəli Runqe-Kutta üsuludur, çünki az sayda addımda yüksək dəqiqlik verir və dayanıqlığı təmin edir.

Ədəbiyyat

1. Lambert J.D. (1973) Computational methods in ordinary differential equations.
2. Evans, D.J. (1989) New Runge-Kutta Methods for Initial Value Problems.
3. Dahlquist G. (1956) Convergence and stability in the numerical integration of ordinary differential equations, *Mathematica Scandinavica* 33-53.

SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLIGA VƏ DNN METODLARININ NEFT HASİLATININ ARTIRILMASINDAKI HİBRİD İSTİFADƏSİ

Soltanova Aidə, Abasova Xanım, Baqışeva Fəridə

(Bakı Ali Neft Məktəbi, Neft-qaz mühəndisliyi fakultəsi)

aida.soltanova@bhos.edu.az, kxanim.abasova.std@bhos.edu.az, farrida.bagisheva.std@bhos.edu.az

Xülasə: Təqdim olunmuş məqalədə müasir dövrün sürətlə inkişaf edən sahələrindən biri olan süni intellekt və informasiya texnologiyalarının neft-qaz sahəsindəki tətbiqi araşdırılmışdır. Bu sənəyə sahəsində müxtəlif IT vasitələrindən istifadə olunsa da, bu yazı işində neft hasilatının artırılması məqsədi ilə işlənən GA (Genetic Algorithm – Genetik Alqoritim) və DNN (Deep Neural Network – Dərin Neyron Şəbəkə) metodları, onların tətbiq üsulları, müsbət və mənfi cəhətləri və, nəhayət, bu iki üsulun hibrid istifadəsi öz əksini tapmışdır.

Açar sözlər: Süni intellekt, GA, DNN, Neft hasilatı, Hibrid üsul.

Məlumdur ki, sözü gedən sənaye sahəsindəki ən aktual problemlərdən biri neft hasilatının artırılmasıdır. Bu məqsədlə sahənin özünə məxsus kimyəvi və ya fiziki vasitələrinin tətbiqində optimallaşdırılmalar aparılması, yatağın xüsusiyyətlərinin proqnozlaşdırılması və uyğun hasilat artımı metodlarının seçilməsində süni intellekt üsullarından istifadə olunur. Bu üsullardan biri də GA metodudur, hansı ki, Darvinin təbii seçmə nəzəriyyəsinə əsaslanan xüsusi data optimallaşdırma texnikasıdır [1]. Bu nəzəriyyə müxtəlif mümkün olan həll üsullarının yaradılması, onların təhlili və ən optimal variantın seçilməsinə əsaslanır. Sözü gedən metodun neft hasilatının artırılması məqsədi ilə istifadə proseduru detallı və sadə dildə izah edilir. İlk mərhələdə mümkün həllər, məsələn kimyəvi tərkiblər, quyuların yerləri və s. nəzərə alınaraq bir çox fərqli variantlar qeydə alınır. Daha sonra hər bir variant müxtəlif kateqoriyalara (ekonomiya, səmərəlilik, tətbiq çətinliyi, ətraf mühit çirklənməsi və b.) əsasən qiymətləndirilir. Ən yaxşı nəticəyə malik həllər potensial üsullar hesab edilir. Növbəti mərhələ bu potensialların birləşdirilərək yeni

variantlar yaratmasıdır. Bu məqamda həllərdə kiçik dəyişikliklər edilməsi müxtəlifliyin qorunması və həll əhatəsinin artırılması baxımından məqədə uyğundur. Nəhayət, bütün bu addımlar ən optimal cavab müəyyən edilənə qədər numerativ üsullarla təkrarlanır [2].

Neft-qaz sənayesində GA daha çox injeksiya sürəti, təzyiqi və növünün seçilməsində, injeksiya quyularının sayı və yerlərinin müəyyən edilməsində, yatağın keçiriciliyi və porozitisinin simulyasiya modelləri üçün dəqiqləşdirilməsində istifadə olunur [3]. Bu üsulun əsas üstünlüyü geniş həll intervalına malik olması, çətin riyazi modellərə baxmayaraq sürətlə işləməsi, eyni anda bir neçə problemi həll edə bilməsi və digər süni intellekt üsulları ilə rahatlıqla inteqrasiya edilməsidir. Lakin bu metod bir çox simulyasiya modelinin birgə istifadəsini tələb etdiyi üçün bir qədər uzun zaman və güclü texniki təchizata ehtiyac duyur. Həmçinin, burada çox vaxt ən yaxın optimal variant nəticə olaraq düşünülür, başqa sözlə, ən dəqiq həllin tapılmasına həmişə zəmanət verilmir.

Neft-qaz sahəsində istifadə olunan digər bir süni intellekt modeli Dərin neyron şəbəkədir (Deep Neuron Network – DNN). Model çoxdəyişənli verilənlər bazasında olduqca qəliz və xətti olmayan əlaqələri öyrənməyə imkan yaradan çoxlu gizli təbəqələrə sahib olan süni neyron şəbəkəsidir. DNN quyunun hasilatının proqnozlaşdırılması, neft yatağının parametrlərinin və xüsusiyyətlərinin qiymətləndirilməsi, normadan kənar hadisələrin aşkarlanması və əməliyyatın optimallaşdırılması kimi vəzifələri yerinə yetirməkdə istifadə olunur.

DNN modellərinin neft-qaz sənayesində istifadə edilən müxtəlif növləri var:

- Çoxqatlı perseptron (Multilayer perceptron (MLP)): Giriş məlumatlarını strukturlaşdırmaq üçün istifadə olunur (quyu qeydləri (well logs), hasilat tarixçəsi, neft yatağının parametrləri).
- Təkrarlanan Neyron Şəbəkələri / LSTM / GRU: Gündəlik istehsal sürəti, sensor siqnalları və ya azalma əyriləri kimi ardıcılıq və ya zaman seriyası kimi məlumatlar üçün mükəmməldir.
- Fizika ilə məlumatlandırılmış Neyron Şəbəkələri (PINNs): Fiziki qanunlar (maye axını, Darsi qanunu) DNN ilə birləşdirilir. Bu etibarlı extrapolasiya və etik-klavuzlu nəticələr əldə etmək üçün yararlıdır [4].

Riyazi cəhətdən modeli aşağıdakı kimi ifadə edə bilərik:

$$H = f(P, T, \varphi, k, E)$$

P – təzyiq, T – temperatur, φ – porozite, k – keçiricilik, E – enerji sərfiyyatı, H – hasilatı göstərir.

DNN modellərinin neft hasilatının müxtəlif mərhələlərində uğurla tətbiq edilir və sürətli analiz, dəqiq proqnozlar və təkmilləşdirilmiş əməliyyat səmərəliliyi təklif edir. İstehsalın proqnozlaşdırılması: DNN modelləri quyulardan və

ya bütün sahədən gələcək neft hasilatını proqnozlaşdırmaq üçün geniş istifadə olunur. Onlar neft yataqları və əməliyyat parametrləri arasında mürəkkəb əlaqələri tuta bilirlər. Məsələn, neft hasilatını proqnozlaşdırmaq üçün dərin öyrənməyə əsaslanan yanaşma çox yüksək proqnozlaşdırma dəqiqliyini göstərərək 0,9987 korelyasiya əmsali əldə etməyə nail olmuşdur. Quyu qeydlərinin şərhı və petrofiziki proqnozlar: DNN-lər birbaşa quyu qeydlərindən və quyulardan alınan nümunələrdən məsaməlilik, keçiricilik və çatların sıxlığı kimi vacib yataq xüsusiyyətlərini qiymətləndirmək üçün işlədilir. Anomaliyaların aşkarlanması və sığortalama: Sensor və SCADA məlumatlarını təhlil edərək, DNN modeli istifadə edilən avadanlığın nasazlığının erkən əlamətlərini müəyyən edə bilər - məsələn, qazla qaldırılan quyularda və ya nasos sistemlərində - istənilməyən hallar baş verməzdən əvvəl qabaqlayıcı tədbirlər görməyə imkan verir [5].

Neft-qaz mühəndisliyində hibrid modellər müxtəlif süni intellektlərin (Dərin Sinir Şəbəkələri (DNN) ilə Genetik Alqoritmlər (GA)) güclərini birləşdirir. Son illərdə hibrid süni intellekt (AI) modelləri neft hasilatı sistemlərinin optimallaşdırılması üçün ən effektiv yanaşmalardan birinə çevrilmişdir.

DNN-GA neft-qaz sahəsində istifadə olunan ən tanınmış hibrid modellərdən biridir. DNN giriş parametrləri (təzyiq, temperatur, məsaməlilik, keçiricilik, axın sürəti və s.) və istehsal dərəcəsi arasındakı qeyri-xətti əlaqəni öyrənir. GA isə istehsalı maksimuma çatdırır və ya enerji istifadəsini minimuma endirən əməliyyat parametrlərini optimallaşdırır. DNN-GA modelləri standart DNN-lərlə müqayisədə neft hasilatı proqnozlarının dəqiqliyini 12-18% artırır və sərf olunan enerji miqdarını 10%-ə qədər azaldıb.

Hibrid sistemlər tək alqoritmədən istifadə etməklə çoxlu üstünlüklər təklif edir, məsələn tamamlayıcı öyrənmə və optimallaşdırma vasitəsilə daha yüksək proqnoz dəqiqliyi, daha sürətli yanaşma və azaldılmış yoxlama vaxtı, dinamik neft yatağı şəraitinə daha yaxşı uyğunlaşma [6].

Ədəbiyyat

1. M.Mitchell, An Introduction to Genetic Algorithms, MIT Press, 1998.
2. T.Kazımov və T.Bayramova, Genetik Alqoritmlər, "İnformasiya Texnologiyaları" nəşriyyatı, 2015.
3. W.Al-Mudhafer, Adopting Simple and Advanced Genetic Algorithms as Optimisation Tools for IOR, Bahrain, 2011.
4. Y.Yuxi, Using a Deep Neural Network with Small Datasets to Predict the Initial Production of Tight Oil Horizontal Wells, 2023.
5. D.Jian, A deep learning-based approach for predicting oil production: A case study in the United States, 2024.
6. G.Mohammad, Optimizing oil production forecasts in Iranian oil fields: a comprehensive analysis using ensemble learning techniques, 2025.

İSTİLİKKEÇİRMƏ TƏNLİYİ ÜÇÜN OPTİMAL İDARƏETMƏ MƏSƏLƏSİNİN FƏRQ APROKSİMASİYASI

Süleymanlı Ziba

(BDU, Sabah fakültəsi)

suleymanliziba2000@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə istilikkeçirmə tənliyi üçün optimal idarəetmə məsələsinə baxılır. Baxılan məsələnin həlli üçün fərq aproksimasiyaları qurulur.

Açar sözlər: istilikkeçirmə tənliyi, optimal idarəetmə, fərq aproksimasiyası, məqsəd funksionalı, mümkün idarəedici.

Tutaq ki, bircins $0 \leq s \leq l$ çubuğu vardır. Çubuğun ucları istilik keçirməyən şəkildə təcrid edilmişdir və onun daxilində bəzi nöqtələrdə istilik mənbələri yerləşir. Çubuğun s nöqtəsində t anındakı temperaturu $x = x(s, t)$ ilə işarə edək. Fərz edək ki, başlanğıc $t = 0$ anında çubuqdakı temperatur paylanması $x(s, 0) = \varphi(s)$, $0 \leq s \leq l$ məlumdur. Çubuqdakı istilik mənbələrinin sıxlığını elə idarə etmək tələb olunur ki, verilmiş $T > 0$ anında çubuqdakı istilik paylanması verilmiş $y(s)$, $0 \leq s \leq l$ paylanmasına kifayət qədər yaxın olsun [1].

Bu məsələni riyazi şəkildə belə ifadə etmək olar:

$$J(u) = \int_0^l |x(s, T, u) - y(s)|^2 ds \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\frac{\partial x}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 x}{\partial s^2} + u(s, t), \quad (s, t) \in Q = \{0 < s < l, 0 < t \leq T\}, \quad (2)$$

$$x(s, 0) = \varphi(s), \quad 0 \leq s \leq l, \quad (3)$$

$$\frac{\partial x}{\partial s} \Big|_{s=0} = 0, \quad \frac{\partial x}{\partial s} \Big|_{s=l} = 0, \quad 0 < t \leq T, \quad (4)$$

$$u = u(s, t) \in U = \left\{ u(s, t) \in L_2(Q): \iint_Q |u(s, t)|^2 ds dt \leq R^2 \right\}. \quad (5)$$

Burada $l, T, a^2, R > 0$ – verilmiş ədədlər, $y(s), \varphi(s) \in W_2^1[0, l]$ – verilmiş funksiyalar, $u = u(s, t)$ – idarəedici funksiya – istilik mənbəyinin sıxlığı, $x = x(s, t) = x(s, t, u)$ – (2) – (4) sərhəd məsələsinin $u = u(s, t)$ idarəediciyinə uyğun həllidir.

(1)-(5) məsələsinin fərq aproksimasiyasını qurmaq üçün s dəyişəninə görə $h > 0$, t dəyişəninə görə $\tau > 0$ addımlarını seçək və aşağıdakı şəbəkələri daxil edək:

$$\underline{\omega}_h = \{s_i = ih: i = 1, \dots, N-1, hN = l\},$$

$$\omega_h = \{s_i = ih: i = 1, \dots, N\}$$

$$\omega_\tau = \{t_j = j\tau: j = 1, \dots, M, \tau M = T\},$$

$$\omega_T = \omega_h \times \omega_\tau, \overline{\omega_T} = \overline{\omega_h} \times \omega_\tau.$$

Hər bir qeyd olunmuş $u = u(s, t) \in L_2(Q)$ üçün (2)-(4) sərhəd məsələsinin fərq aproksimasiyanı quraq[2].

(2) tənliyini $\frac{1}{h\tau}$ -a vuraq və alınan bərabərliyi $e(s, t) = \{(\xi, \eta): s - 0,5h \leq \xi \leq s + 0,5h, s \in \omega_h, t - \tau \leq \eta \leq t, t \in \omega_\tau\}$ üzrə inteqrallayaq. Nəticədə aşağıdakı bərabərliyi alırıq:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\tau} S^s (x(s, t) - x(s, t - \tau)) = \\ & = \frac{a^2}{h} S^t \left(\frac{\partial x(s + 0.5h, \theta)}{\partial s} - \frac{\partial x(s - 0.5h, \theta)}{\partial s} \right) + S^{st} u(s, t), (s, t) \in \omega_T. \quad (6) \end{aligned}$$

Burada S^s, S^t - ortalaşdırma operatorlarıdır və $S^{st} = S^s S^t$. (6) bərabərliyinə daxil olan törəmələri uyğun fərq nisbətləri ilə, ortalaşdırma inteqrallarını isə düzbucaqlılar düsturu ilə əvəz edək:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\tau} S^s (x(s, t) - x(s, t - \tau)) \approx S^s x_{\bar{t}}(s, t) \approx x_{\bar{t}}(s, t); \\ & S^t \frac{\partial x(s + 0.5h, \theta)}{\partial s} \approx \frac{x(s + h, t) - x(s, t)}{h} = x_s(s, t); \\ & S^t \frac{\partial x(s - 0.5h, \theta)}{\partial s} \approx \frac{x(s, t) - x(s - h, t)}{h} = x_{\bar{s}}(s, t). \end{aligned}$$

Bu bərabərlikləri (6)-da nəzərə alaraq (2) tənliyinin fərq aproksimasiyasını alırıq:

$$x_{\bar{t}} = a^2 x_{\bar{s}s} + u_{h\tau}(s, t), \quad (s, t) \in \omega_T, \quad (7)$$

burada, $u_{h\tau}(s, t) = S^{st} u(s, t), (s, t) \in \omega_T$.

(3) başlangıç şərtini aşağıdakı kimi aproksimasiya edək:

$$x(s, 0) = \varphi_h(s), \quad s \in \bar{\omega}_h \quad (8)$$

Burada $\varphi_h(s) = S^s \varphi(s), s \in \bar{\omega}_h$.

(4) sərhəd şərtlətinin birincisi üçün

$$x_s(0, t) = \frac{h}{2a^2} [x_{\bar{t}}(0, t) - u_{h\tau}(0, t)], \quad t \in \omega_\tau, \quad (9)$$

fərq aproksimasiyasını, (4) sərhəd şərtlərinin ikincisi üçün isə aşağıdakı fərq aproksimasiyasını alırıq:

$$x_{\bar{s}}(l, t) = -\frac{h}{2a^2} [x_{\bar{t}}(l, t) - u_{h\tau}(l, t)], \quad t \in \omega_\tau, \quad (10)$$

(1) və (5) şərtlərinə daxil olan inteqralları düzbucaqlılar düsturu ilə əvəz edərək məqsəd funksionalının

$$J_{h\tau} = (u_{h\tau}) = \sum_{s \in \bar{\omega}_h} m e s e_1(s) |x(s, T, u_{h\tau}) - y_h(s)|^2 \quad (11)$$

və U çoxluğunun

$$\left. \begin{aligned} u_{h\tau} &= u_{h\tau}(s, t) \in U_{h\tau} = \\ &= \left\{ u_{h\tau}(s, t) \in L_2(\bar{\omega}_T) : \|u_{h\tau}\|_{L_2(\bar{\omega}_T)}^2 = \right. \\ &\quad \left. \left[\sum_{(s,t) \in \omega_T} m e s e(s, t) |u_{h\tau}(s, t)|^2 \leq R^2 \right] \right\}. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

fərq aproksimasiyasını qururuq.

Beləliklə, (1)-(5) məsələsinin fərq aproksimasiyası üçün alınmış diskret məsələ belə ifadə olunur: (11) funksionalını (12) ilə təyin olunan $U_{h\tau}$ çoxluğunda (7)-(10) şərtləri ödənilməklə minimallaşdırmaq tələb olunur.

Ədəbiyyat

1. Ф. П. Васильев. Методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1981. 400 с.
2. R.Q. Tağıyev, S.A. Həşimov. Optimallaşdırma və idarəetmənin riyazi əsasları. Dərs vəsaiti. Bakı. 2021. 184 s.

AZƏRBAYCANDA DAXİLİ BAZARININ İDARƏ EDİLMƏSİNDƏ SİĞORTA ŞİRKƏTLƏRİNİN YERİNƏ DAİR

Süleymanova Aysu

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi, magistr)

aysusuleymanova46@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə Azərbaycan sığorta bazarı 2000-ci illərdən etibarən sürətlə inkişaf etmiş, 2012 və 2018-ci illərdə rekord göstəricilər əldə olunmuşdur. Həyat və qeyri-həyat sığortasında tarazlıq yaranmış, maliyyə böhranlarına baxmayaraq artım davam etmişdir və xidmətlərin keyfiyyəti isə hələ inkişaf mərhələsindədir.

Açar sözlər: Daxili bazar, sığorta şirkətləri, sığorta ödənişləri, bazarın idarə edilməsi, sığorta sınıfları.

Keçən əsrin 90-cı illərinin bir sıra yeni şirkətlərinin yaranması ilə rəqabət mühitinin formalaşmasının əsası qoyulsa da, Azərbaycanda sığorta bazarının əsas inkişafı 2000-ci illərdən sonraya təsadüf edir. Statistika görə göstəricilərin son 15 ildə sığorta bazarı öz fəaliyyətinin intensiv inkişaf dövrünü yaşayıb.

Statistik göstəricilərə əsasən, 2003-2008-ci illərdə sığorta şirkətlərinin ümumi kapitalının həcmində 3.4 dəfə artım müşahidə edilmişdir. 2004-cü ildə

Azərbaycanın sığorta bazarında durğunluq hökm sürmüşdürsə (0,7 faiz artım), 2006-cı ildə 6,7 faiz artım müşahidə edilmişdir. Eyni zamanda yeni əsrin başlanğıcında sığorta qurumlarından dövlət büdcəsinə köçürmələr yarım milyon manata belə çatmadığı halda, 2005-ci ildə bu göstərici on bir dəfədən çox artaraq 5,5 milyon manat təşkil etmişdir, bu da o dövr üçün məcmu büdcə gəlirlərinin təxminən 0,3 %-nə bərabər idi. 2008-ci ildə isə sığorta mükafatlarının məbləği və sığorta ödənişləri 2007-ci il ilə müqayisədə 21% artaraq müvafiq olaraq 179,26 milyon isə 49,81 milyon manat olmuşdur. 2010-cu ilin yekununda bir müqavilə üzrə orta ödəniş məbləği 534 manat, müqavilələr üzrə sığorta haqlarının orta göstəricisi isə 148 manat təşkil etmişdir.

Cədvəl 1.

İllər	İllik sığorta haqları (milyon manatla)	Artım faizi (Əvvəlki ilə nisbətən)	Adambaşına sığorta haqqı (manat)	ÜDM- dəki Pay
2011	213	36,90%	23,4	0,40%
2012	342,5	60,80%	37,1	0,60%
2013	405,7	18,50%	43,4	0,70%
2014	429,2	5,80%	45,3	0,70%
2015	442,9	3,20%	46,2	0,80%
2016	486,1	9,80%	50,1	0,80%
2017	556,9	14,60%	56,8	0,80%
2018	727,95	30,72%	73,5	0,90%

Mənbə: Statistika Komitəsinin məlumatı.

Cədvəldən də görünür ki, 2011-ci ildən sığorta bazarının inkişafında intensivlik daha da artmağa başlamışdır. Həmin il ümumi sığorta bazarı üzrə yığılmış sığorta haqları 213 milyon manat təşkil edib, ötən ilə nisbətən 37% artım demək idi. 2012-ci ildə isə yığılmış sığorta haqları rekord səviyyədə - 60,8% artaraq 342,5 milyon manat olmuşdur və həmin ildə sığorta ödənişləri 93,7 milyon manat təşkil edib ki, bu ödənişlərin 40%-ə yaxını 3 sığorta şirkətinin - "Atəşgah Sığorta", "Paşa Sığorta" və "AzərSığorta"- payına düşür. 2013-cü ildə isə 18% artımla daxili bazarda ümumilikdə 405.7 milyon manat həcmində sığorta haqqı əldə edilmişdir, hansı ki, həmin dövr üçün ÜDM-in 0.7%-ni təşkil edirdi. Növbəti illərdə dünyada baş verən maliyyə-iqtisadi böhranı bank-sığorta sektorunun inkişafına əhəmiyyətli dərəcədə mənfi təsirini göstərmişdir. Lakin bu illərdə sığorta şirkətləri tərəfindən ümumi sığorta bazarı üzrə yığılmış sığorta haqlarında azalma müşahidə olunmamış, müvafiq olaraq 6%, 3% və 4,6% artım əldə edilmişdir. Bu son üç ildə toplanan sığorta haqları sabit olaraq ümumi daxili məhsulun 0.8%-ni təşkil etmişdir.

2018-ci il ərzində Azərbaycan sığorta bazarında fəaliyyətdə olan 21 sığorta şirkəti tərəfindən toplanmış sığorta haqları 730 milyon manat, sığorta ödənişləri isə 240 milyon manat təşkil edib. Bu göstəricilər 2017-ci illə müqayisədə 50% artım olduğunu göstərir. Könüllü sığorta məhsulları ilə toplanmış sığorta haqları 536 milyon manat, sığorta ödənişləri isə 173 milyon manat təşkil etmişdir. Müşahidə edilən vacib tendensiyalardan biri isə ildən-ilə artan Həyat və Qeyri-həyat sığortası üzrə ölkəmizdə tarazlığın yaranmasıdır.

Hal-hazırda ölkəmizdə fəaliyyət göstərən sığorta və rəkrar sığorta şirkətləri tərəfindən 40-dan çox sığorta xidmətləri vətəndaşlarımıza göstərilir. Bununla belə ölkəmizdə təklif edilən sığorta xidmətləri dünyanın inkişaf etmiş ölkələri və müqayisədə azlıq təşkil edir və bu xidmətlərin azlığı ölkəmizdə vətəndaşlar üçün bu məhsulların cəlb ediciliyinin normal səviyyədə olmasına səbəb olur. Əminik ki, sığorta şirkətlərinin xidmətləri aparıcı ölkələrin sığorta şirkətlərinin səviyyəsinə yaxınlaşacaq və sığorta istehlakçıları razı qalacaqlar.

Ədəbiyyat

1. Xankişiyev B. (2006) "Sığorta fəaliyyətinin əsasları". Bakı, "İqtisad Universiteti"
2. Xankişiyev B. və Abdullayev P. (2004), "Sığorta işi". Bakı, "Adiloğlu"
3. Shaun C., Luca R., Nilabh k. (2018) "Global insurance trends analysis 2018", London, "Ernst & Young"

AUTOCAD PROQRAMI VASİTƏSİLƏ FİZİKİ EKSPERİMENTLƏRİN RƏQƏMSAL SİMULYASIYASI

Şamilova Bahar, Əlizadə Fidan

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)
bahar322@mail.ru, alizadapheedannn@gmail.com

Xülasə: *Bu işdə AutoCAD proqramı vasitəsilə mühəndis fizikasında fiziki eksperimentlərin rəqəmsal simulyasiyası araşdırılmışdır. Rəqəmsal modelləşdirmə ənənəvi eksperimentlərə nisbətən təhlükəsiz, sərfəli və çevikdir. AutoCAD-in MATLAB və Visual Basic ilə integrasiyası modellərin riyazi analizini və optimallaşdırılmasını təmin edir. Hibrid yanaşma nəticələrin dəqiqliyini artırır, rəqəmsal twin və süni intellekt isə gələcəkdə mürəkkəb fiziki proseslərin daha real simulyasiyasını mümkün edir.*

Açar sözlər: *AutoCAD, mühəndis fizikası, rəqəmsal simulyasiya, modelləşdirmə, rəqəmsal twin, MATLAB, Visual Basic, hibrid eksperiment*

Mühəndis fizikasında eksperimentlər yalnız fiziki prinsipləri yoxlamaqla kifayətlənmir, həm də texnoloji proseslərin optimallaşdırılması, yeni material-

ların sınaqdan keçirilməsi və konstruktor qərarlarının funksional təsirinin qiymətləndirilməsi üçün istifadə olunur. Fiziki eksperimentin üstünlükləri müşahidə edilə bilməsi, ölçülə bilməsi, təkrarlana bilməsi və nəticələrin qrafik və ya riyazi şəkildə təhlil olunmasıdır. Onun mühəndislikdə əhəmiyyəti, xüsusilə təhlükəsizlik, dəqiqlik və səmərəlilik baxımından yüksək qiymətləndirilir. Məsələn, bir binanın dayanıqlığını yoxlamaq üçün həm riyazi təhlil, həm də fiziki modeldən istifadə edilə bilər. Eksperimentin tətbiq sahələri dedikdə materialşünaslıq, termodinamika, elektrik və maqnit sahələri başa düşülür [2].

Son illərdə texnologiyanın inkişafı ilə fiziki eksperimentlərin əksəriyyəti rəqəmsal modelləşdirmə və simulyasiya ilə əvəz olunmağa və ya dəstəklənməyə başlanmışdır. Bu yanaşma mühəndis fizikasında ilkin sınaqları daha sürətli və sərfəli aparmağa imkan verir. Rəqəmsal simulyasiya ənənəvi eksperimentdən bir sıra üstünlüklərlə fərqlənir: bahalı laboratoriya avadanlıqlarına ehtiyac yoxdur, avadanlıqlar zədələnmir, modellər təkrar-təkrar istifadə edilə bilər və parametrləri dəyişməklə nəticəyə asanlıqla çatmaq mümkündür. Eyni zamanda bəzi sınaqların real həyatda aparılması təhlükəlidir, virtual mühitdə isə risk yoxdur. Lakin rəqəmsal simulyasiya həmişə ənənəvi eksperimentin yerini tuta bilmir; nəticələr riyazi modellərin və proqram alqoritmlərinin dəqiqliyindən asılıdır. Mürəkkəb fiziki proseslər, məsələn, turbulent axınlar və kvant hadisələri hələ də tam şəkildə modelləşdirilə bilmir. Buna görə müasir mühəndislikdə ən effektiv yanaşma hibrid üsuldur: əvvəlcə rəqəmsal simulyasiya aparılır, sonra isə nəticələr ənənəvi eksperimentlə təsdiqlənir [1].

Müasir dövrdə rəqəmsal simulyasiya yalnız mövcud proseslərin modelləşdirilməsi ilə məhdudlaşmır, eyni zamanda yeni texnologiyaların inkişafına imkan yaradır. Xüsusilə "rəqəmsal twin" texnologiyası real obyektin tam virtual sürətini yaradaraq onun davranışını dəqiq əks etdirir və beləliklə, zavod avadanlıqları və infrastruktur layihələri virtual mühitdə daim nəzarətdə saxlanıla bilər. Süni intellekt və maşın öyrənməsi simulyasiyanın sürətini və dəqiqliyini artırır, kvant kompüterləri isə mürəkkəb proseslərin, məsələn turbulent axınlar və kvant hadisələrinin daha real və dəqiq simulyasiyasını təmin edir [3].

Fiziki proseslərin modelləşdirmə prosesində parametrik yanaşmadan istifadə olunur ki, bu da ölçülərin dəyişdirilməsi zamanı modelin digər elementlərinin avtomatik uyğunlaşmasını təmin edir. Bu xüsusiyyət mürəkkəb konstruksiyaların çevik və dəqiq bir şəkildə redaktə edilməsinə şərait yaradır. Bununla yanaşı proqramda olan bloklar, skriptlər və qatlar modelləşdirmənin daha funksional şəkildə aparılmasına şərait yaradır. Qeyd edək ki, proqramda 2D modellərin yaradılması ilkin layihə mərhələsində həyata keçirilir. Bu modellər ilkin baza yaratmağa və obyektin ümumi quruluşunu təsvir etməyə zəmin ya-

radır. 3D modellər isə obyektin daha real və vizual təsvirini təqdim edir, eyni zamanda fiziki parametrlərin təsirini daha dəqiq şəkildə təhlil etməyə şərait yaradır. Model hazırlandıqdan sonra analiz prosesi başlayır. Bu mərhələdə hesablama şəbəkəsinin (mesh) qurulması, sərhəd şərtlərinin verilməsi və simulyasiya parametrlərinin təyin olunması həyata keçirilir. Nəticədə model müxtəlif yüklər və şəraitlər altında sınaqdan keçirilə, istilik, gərginlik və digər mühəndislik prosesləri üzrə analiz edilir [4].

Mühəndis fizikasında rəqəmsal simulyasiyanın praktiki tətbiqləri olduqca genişdir və müxtəlif sahələrdə özünü göstərir. Məsələn, qövslü körpülərin dayanıqlığının yoxlanılması üçün kompüter modelində müxtəlif yüklər tətbiq edilir və materialın gərginlik altında necə davrandığı analiz olunur. Bu zaman real körpü inşa edilmədən əvvəl potensial zəifliklər üzə çıxır və layihə daha dayanıqlı formaya salınır.

Rəqəmsal simulyasiyanın fizikada istifadəsini nümunə üzərində izah edək. İstilik yayılması metal lövhədə (Termal analiz) probleminə baxaq. Bir metal lövhənin bir tərəfi qızdırılır. Fizikada belə proseslər istilik ötürməsi və yayılma qanunları ilə izah olunur. Ənənəvi yolla bu təcrübəni aparmaq üçün termometr, qızdırıcı və termal kamera lazımdır. Bu həm baha başa gəlir, həm də təhlükəli ola bilər. İlk mərhələdə proqramda "D rejimində 100mm x 100mm ölçülü kvadrat metal lövhə çəkirik. Çəkdiyimiz lövhə üçün material seçirik. Mən material olaraq mis seçdim, bundan sonra materialın istilik keçiriciliyi müəyyən olunur (mis üçün $k=385 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$). Başlanğıc və sərhəd şərtləri müəyyən edilir. İlk temperatur olaraq 25°C qəbul edilir. Lövhənin sol kənarına sabit 100°C -lik istilik mənbəyi tətbiq olunur. Digər 3 kənar isə ya izolyasiya olunmuş, ya da istilik itkisi olan sərhəd kimi təyin olunur. Bundan sonra proqramda hesablama şəbəkəsi hazırlanır. Mesh nə qədər sıx olarsa, nəticələrin dəqiqliyi bir o qədər yüksək olur, lakin hesablama vaxtı da artır. Hesablama başladıqda AutoCAD proqramı istilik keçiricilik tənliklərinə əsaslanaraq lövhənin hər nöqtəsində temperatur dəyişməsini hesablamağa başlayır [5].

AutoCAD proqramı, digər proqramlaşdırma dilləri və hesablama mühitləri ilə inteqrasiyası sayəsində mühəndislik dizaynı və fiziki eksperimentlərin rəqəmsal simulyasiyasını daha effektiv edir. Proqram 2D və 3D həndəsi modelləri yaratmaq üçün güclü vasitələr təqdim edir, lakin yalnız vizual modelləşdirmə ilə məhdudlaşdıqda potensial tam istifadə olunmur. Visual Basic (VB) vasitəsilə modellərin idarə olunması və parametrlərin avtomatlaşdırılmış dəyişdirilməsi mümkündür, bu isə həm vaxt qənaəti yaradır, həm də insan amilindən qaynaqlanan səhvləri azaldır. MATLAB ilə inteqrasiya isə riyazi analiz imkanlarını genişləndirir; AutoCAD-də hazırlanmış parametrlər MATLAB-a ötürülərək

struktur-mexaniki, termal, axın və digər analizlər aparılır. Nəticələr geri AutoCAD-ə integrasiya edilərək vizual şəkildə təhlil olunur, bu isə mühəndisə həm modelin formasını, həm də performans və optimallaşdırma analizlərini yoxlamağa imkan verir.

AutoCAD proqramı mühəndislikdə yalnız vizual modellərlə məhdudlaşmır, digər proqramlarla integrasiya edilərək mürəkkəb sistemlərin optimallaşdırılmasında istifadə olunur. Guo və həmkarlarının araşdırmasında daxili yanma mühərriki AutoCAD-də modelləşdirilir, sonra Visual Basic vasitəsilə MATLAB-a integrasiya olunur. Bu yanaşma mühəndisə həm geometriyada dəyişiklik etməyə, həm də nəticələri dərhal simulyasiya şəklində görməyə imkan verir. MATLAB mühərrikin yanma dinamikasını, istilik mübadiləsini və qaz hərəkətini modelləşdirərək güc, yanacaq sərfiyyatı və zərərli komponentləri dəqiq qiymətləndirməyə şərait yaradır. [6].

Tədqiqat nəticəsində müəyyən edildi ki, AutoCAD proqramı mühəndis fizikasında fiziki eksperimentlərin rəqəmsal simulyasiyası üçün effektiv alətdir. O, ənənəvi sınaqları təhlükəsiz, sərfəli və çevik şəkildə əvəzləyir, MATLAB və Visual Basic ilə integrasiya olunaraq modellərin analizini və optimallaşdırılmasını asanlaşdırır.

Ədəbiyyat

1. "Engineering Physics" – R.K. Gaur, S.L. Gupta.
2. "Physics for Scientists and Engineers" – Serway & Jewett
3. "Computer Simulation in Physics and Engineering" – Martin Oliver Steinhauser
4. "Simulation Modeling and Analysis" – Averill M. Law
5. "Engineering Design and Graphics with AutoCAD 2023" – James Bethune
6. "From CAD to Physics-based Digital Twin: Framework for realtime simulation of virtual prototypes" — Pereira et al., 2020

MƏXFİ MƏLUMATLARIN QORUNMASINA MÜASİR YANAŞMALAR

Şükürov Elsevər

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

elsever.sh1@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə texniki, təşkilati və hüquqi aspektlər üzrə məxfi məlumatların qorunması üçün mövcud metodlar təhlil edilir. Rəqəmsallaşma və geniş miqyaslı məlumat mübadiləsi şəraitində bu məlumatların qorunması üçün yeni yanaşmalara və kompleks tədbirlərə ehtiyac duyulur.

Açar sözlər: Sıfır etibar, şifrələmə, kriptografiya, diferensial məxfilik

Son dövrlərdə informasiyanın əhəmiyyəti hədsiz dərəcədə artmışdır. Təşkilatlar müştərilərin rəqəmsal qeydlərini, maliyyə və xüsusi biznes məlumatlarını saxlayır. Bu vəziyyət yeni imkanlarla yanaşı, yeni zəifliklərə də səbəb olub. Kiber təhdidlər, daxili risklər və insan səhvləri məxfi məlumatın itirilməsinə və ya ifşasına səbəb ola bilər. Buna görə də, müasir təhlükəsizlik strategiyaları yalnız firewall və parollardan daha çoxunu əhatə edir. Onlar texnoloji həlləri, təşkilati prosedurları və qlobal standartları birləşdirir. Məxfi məlumatın qorunması bu gün arxitektura, texnologiya, məxfilik və idarəetməni nəzərə alaraq çoxşaxəli yanaşma tələb edir [1].

1. Sıfır Etibar yanaşması. Adi təhlükəsizlik bir qala kimi fəaliyyət göstərirdi: içəridə olduğun müddətdə, təhlükəsiz hesab olunurdun. Lakin uzaqdan iş, internet və bulud texnologiyasının məşurlaşması ilə bu model artıq effektivliyini itirdi. Sıfır Etibar yanaşmasını belə ifadə etmək olar: “Heç vaxt etibar etmə, həmişə yoxla” [1]. Hər bir istifadəçi, cihaz və proqram öz şəxsiyyətini təsdiq etməli və hər bir hərəkət üçün icazə almalıdır. Əsas xüsusiyyətlərə aşağıdakılar daxildir:

- Davamlı doğrulama: Şəxsiyyətlərin və cihazların sağlamlığının bir dəfə yox, daim yoxlanılması.
- Ən az imtiyazlı giriş: İstifadəçilərə lazım olan minimum girişi təmin etmək və bununla da sui-istifadə şanslarını azaltmaq.
- Mikro-seqmentasiya: Təcavüzkarların içəridə sərbəst hərəkət etməsinin qarşısını almaq üçün sistemləri daha kiçik hissələrə bölmək. Sıfır Etibar pozuntuların təsirini azaldır və hazırda hökumətlər və böyük təşkilatlar tərəfindən ən çox tövsiyə olunan strategiyalardan biridir.[3]

2. Şifrələmə və Kriptoqrafiya. Şifrələmə məlumatı qorumaq üçün ən qədim və ən etibarlı üsullardan biridir. Müvafiq açar olmadan məlumatları anlaşılmaz edir. Müasir sistemlər şifrələmədən iki əsas şəkildə istifadə edir:

- İstirahətdə olan məlumat: Saxlanılan faylların və verilənlər bazalarının qorunması.
- Tranzit məlumat: İnternet üzərindən ötürülən məlumatların qorunması. Bu tip şifrələmə metodları zəmanət verir ki, düşmənlər məlumatı pozarsa belə, açarlar olmadan ondan istifadə edə bilməyəcəklər [2].

3. Məxfiliyi Qoruma Texnikaları. Təşkilatlar tez-tez tədqiqat və ya biznes məqsədləri üçün məlumatların təhlilini tələb edir, lakin faktiki məlumatların paylaşılması şəxsi məlumatları aşkar edə bilər. Bu problemin həllinə iki mühüm üsul kömək edir:

- Diferensial məxfilik: Nəticələrə kiçik miqdarda təsadüfi “səs-küy” daxil

edir ki, fərdi məlumatlar hələ də ümumi statistik aktuallığını qoruyarkən naməlum qalsın.

- Sintetik məlumatlar: Həqiqi məlumatlara bənzəyən, lakin müəyyən edilə bilən şəxslərin məlumatlarını ehtiva etməyən süni verilənlər toplusunu yaradır. Bu üsullar bizneslərə və tədqiqatçılara qiymətli məlumatlara olan ehtiyac və fərdi məxfiliyin qorunması imperativi arasında təfərrüat yaratmağa imkan verir [2].

4. Məxfi hesablama. Tipik olaraq, məlumat emal zamanı kompüter üçün əlçatan olmalıdır ki, bu da zəiflik yaradır. Məxfi hesablama prosessorlar daxilində təhlükəsiz zonalar yaratmaq üçün Etibarlı İcra Mühitləri (Trusted Execution Environments) kimi tanınan xüsusi aparatlardan istifadə edir. Məlumatlara daha geniş sistemə məruz qalmadan bu təhlükəsiz bölgələrdə daxil olmaq və emal etmək olar. Bulud xidməti təminatçıları indi hətta paylaşılan infrastruktur daxilində də həssas məlumatların mühafizəsi prosesini sadələşdirən məxfi virtual maşınlar təklif edirlər [2].

5. Təşkilati və Əməliyyat Nəzarətləri. Sadəcə texnologiyaya sahib olmaq kifayət deyil. Təşkilatlar mühafizəni gücləndirmək üçün siyasət və prosedurları həyata keçirməlidir:

- Məlumat itkisinin qarşısının alınması (Data Loss Prevention): Həssas məlumatların istifadəsinə nəzarət etmək və təşkilatdan qəsdən buraxılmasının qarşısını almaq üçün nəzərdə tutulmuş proqram təminatı.
- Giriş nəzarəti: Fərdlərin həssas məlumatları görmə qabiliyyətini məhdudlaşdırır. Çox faktorlu autentifikasiya (məsələn, telefona göndərilən kodla birlikdə parolun tələb edilməsi) və dəqiq imtiyazların idarə edilməsi çox vacibdir.
- Təhlükəsiz proqram təminatının inkişafı: Tətbiqlər kodun nəzərdən keçirilməsi və zəifliyin qiymətləndirilməsi kimi təcrübələrdən istifadə etməklə təhlükəsizlik ilə tərtib edilməlidir.
- Maarifləndirmə təlimi: İşçilər fişinq cəhdləri kimi riskləri dərk etməli və həssas məlumatlarla işləmək üçün təhlükəsiz üsulları öyrənməlidirlər [3].

6. Standartlar və Qaydalar. Beynəlxalq standartlar və qanunlar təşkilatlara güclü informasiya təhlükəsizliyi sistemləri qurmağa kömək edir. ISO/IEC 27001 standartı məxfi məlumatların idarə edilməsi və qorunması üçün aydın qaydalar verir. Avropa Birliyinin GDPR(General Data Protection Regulation) kimi qaydalar da şirkətlərdən şəxsi məlumatlara məsuliyyətlə yanaşmağı tələb edir. Bu çərçivələrə riayət etmək təhlükəsizliyin həm texniki, həm də hüquqi

olmasını təmin edir, təşkilatlara etibar qazanmağa və riskləri azaltmağa kömək edir [3,4].

Çətinliklər və Gələcək İstiqamətlər. Müasir metodlara baxmayaraq, məxfi məlumatın qorunması çətin olaraq qalır. Hər gün yeni təhlükələr ortaya çıxır və təcavüzkarlar sistemləri pozmaq üçün davamlı olaraq yenilikçi strategiyalar hazırlayırlar. Bəzi çətinliklərə aşağıdakılar daxildir:

- Təhlükəsizliyi istifadəyə yararlılıqla balanslaşdırmaq: Güclü təhlükəsizlik tədbirləri fərdlərin öz vəzifələrini yerinə yetirməsinə mane olmamalıdır.
- Qabaqcıl texnologiyaların dəyəri: Yüksək səviyyə şifrələmələr və ya məxfi hesablama kimi həllərin həyata keçirilməsi bahalı və ya mürəkkəb ola bilər.
- Qlobal əməkdaşlıq: Məlumat tez-tez beynəlxalq sərhədləri keçərək dünya miqyasında razılaşmalar və əməkdaşlıq tələb edir. İrəliyə baxaraq, təhdidlərin aşkarlanması üçün süni intellektin daha çox istifadəsini gözləyə bilərik [4].

Nəticə. Məxfi məlumatların qorunması müasir dünyanın ən vacib məsələlərindən biridir. Onun qorunması müxtəlif strategiyaların istifadəsini zəruri edir. Sıfır Etibar girişin hər dəfə təsdiqlənməsinə zəmanət verir. Şifrələmə məlumatları həm saxlanarkən, həm də ötürmə zamanı qoruyur. Məxfiliyi qoruyan alətlər təhlükəsiz təhlil etməyə imkan verir. Məxfi hesablama əməliyyat zamanı məlumatların təhlükəsizliyini qoruyur. Təşkilati siyasət, təlim və beynəlxalq standartlara uyğunluq texnologiyanın effektiv idarəetmə ilə dəstəklənməsini təmin edir. Bu yanaşmalar birləşdirildikdə möhkəm və müasir müdafiə meydana gətirir. Bu strategiyaları həyata keçirməklə təşkilatlar riskləri azalda və rəqəmsal mühitdə inamı gücləndirə bilər.

Ədəbiyyat

1. Rose S., Borchert O., Mitchell S., & Connelly S. (2020). Zero Trust Architecture (NIST Special Publication 800-207). National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce.
2. European Network and Information Security Agency (ENISA). (2019). Privacy and Data Protection by Design – from policy to engineering. Publications Office of the European Union.
3. Stallings W. (2017). Cryptography and Network Security: Principles and Practice (7th ed.). Pearson Education.
4. Хорев А. А. (2020). Защита информации в информационных системах. Санкт-Петербург: Питер.

MAYE İLƏ DOYMUŞ MƏSAMƏLİ MÜHİTLƏRDƏ QEYRİ-XƏTTİ DALĞALARIN ƏDƏDİ MODELLEŞDİRİLMƏSİ

Tağıyev Müsrəddin, Aliyeva Ayla

(BDU, Mexanika – Riyaziyyat fakültəsi)

tagiyev.misir@gmail.com, ayla20020609@gmail.com

Xülasə: Baxılan işdə təklif olunan model termodinamik qüvvəni nəzərə almaqla qeyri-xətti dalğaların ikifazlı mühitlərdə yayılma prosesini təsvir edir. Qoyulmuş riyazi məsələ hər bir fazanın kütləsinin və hərəkət miqdarının saxlanmasını təsvir edən tənliklərlə, bərk fazanın reoloji tənliyi və termodinamik münasibətlərlə tamamlanır. Birölçülü məsələyə baxılıb və kiçik parametrlər metodu ilə həll olunub. Nəticədə dispersion münasibət və Korteveq de Friz tipli qeyri-xəttiliyə malik evolyusiya tənliyi alınmışdır. Alınmış tənlik ədədi üsulla həll edilmiş və nəticələr analiz edilmişdir.

Açar sözlər: maye, dalğa, faza, məsaməlilik, mühit, sürət.

Riyazi modelləşdirmə qeyri-xətti dalğalar nəzəriyyəsinin tədqiq olunmasında əhəmiyyətli rol oynayır. Riyazi modelləşdirmə texnoloji təsirləri proqnozlaşdırmağa və optimallaşdırmağa, eksperimental məlumatları şərh etməyə və emal etməyə imkan verir. Bununla əlaqədar olaraq baxılan bu işdə maye ilə doymuş məsaməli mühitlərdə impuls təsiri altında uzununa dalğaların yayılma sürətlərinin və qeyri-xətti dalğaların profilinin dəyişməsinin hesablamaları aparılmışdır. Göstərilmişdir ki, yaranan həyəcanlanma iki ayrı-ayrı dalğa tərəfindən müxtəlif sürətlərlə daşınır. Qeyd edək ki, hər bir dalğanın deformasiyasının məsələnin parametrlərindən asılılığı tədqiq olunmuşdur. Təklif edilən modellər maye doymuş məsaməli mühitlərdə qeyri-xətti dalğaların yayılma proseslərini təsvir edir (burada bir faza bərk, digəri isə maye fazadır). [1-2]. Əvvəlcə baxılan prosesi təsvir edən tənliklər sisteminin hər biri yeni dəyişənlərdə yazılıb. Alınan tənliklər sistemi birgə həll edilmişdir. Axtarılan funksiyalar sıra şəklində göstərilmişdir. Qoyulmuş məsələ kiçik parametrlər metodu ilə həll olunaraq, birinci yaxınlaşmada bıkvadrat tənliklə ifadə olunan dispersiya münasibəti- tənliyi alınmışdır:

$$\alpha_1^{(0)} \rho_1^{(0)} b_0 \left[\alpha_1^{(0)} \rho_2^{(0)} (L_1 - D_1 \gamma) + \rho_1^{(0)} \alpha_2^{(0)} B_1 \right] c^4 + \left[\alpha_1^{(0)} \rho_2^{(0)} \left(\alpha_1^{(0)} a_0 D_1 - a_0 L_1 + \alpha_1^{(0)} \rho_1^{(0)} b_0 - \gamma \rho_1^{(0)} b_0 \right) + \rho_1^{(0)} \alpha_2^{(0)} \left(\alpha_1^{(0)} \rho_1^{(0)} b_0 - a_0 B_1 \right) \right] c^2 - \rho_1^{(0)} \alpha_2^{(0)} a_0 = 0. \quad (1)$$

Burada, $B_1 = \rho_2^{(0)} \beta_2$, $L_1 = \frac{\rho_1^{(0)}}{3} \beta_1$, $D_1 = \frac{\rho_1^{(0)}}{3\alpha_1^{(0)}} \beta_1$, $L_2 = D_2 = 0$, $\alpha_1^{(0)}$, $\alpha_2^{(0)}$ –

uyğun olaraq bərk və maye fazanın başlanğıc konsentasiya, $\rho_1^{(0)}, \rho_2^{(0)}$ – bərk və maye fazaların başlanğıc sıxlıqları, a_0, b_0 – konkret özlü-elastiki modellərə əsasən təyin olunan sabit əmsallardır [3]. β_1 bərk hissəciyin izotermik sıxılma əmsalıdır. Dispersiya tənliyi (1) – ın iki həqiqi kökü var. Tənliyin birinci kökü dalğanın maye fazadakı (skletdəki) sürətini göstərir. Parametrlərin müxtəlif qiymətləri üçün dalğanın sürəti hesablanmış və nəticələr cədvəllərdə əks olunmuşdur. Hesabat zamanı aşağıdakı verilənlərdən istifadə olunmuşdur:

$$\rho_2^{(0)} = 10^{-6} \frac{kq \cdot san^2}{sm^4}, \beta_2 = 4 \cdot 10^{-5} \frac{sm^2}{kq}, \text{ bərk skletdə:}$$

$$\rho_1^{(0)} = 2,5 \cdot 10^{-6} \frac{kq \cdot san^2}{sm^4}, \beta_1 = 2 \cdot 10^{-5} \frac{sm^2}{kq}, E_1 = 10^5 \frac{kq}{sm^2}, \nu = 0,3$$

Bu cədvəllərdən ikisi aşağıda vedrilməmişdir. 2- ci cədvəldə əlavə olaraq $\alpha_2^{(0)} = 0,1, E_1 = 10^4 \frac{kq}{sm^2}, \nu = 0,2$ verilənlərindən istifadə olunmuşdur.

Cədvəl 1

$\alpha_2^{(0)}$	0,05	0,1	0,2
$c_1 \left(\frac{m}{san} \right)$	693	908	1151
$c_2 \left(\frac{m}{san} \right)$	4167	3426	2999

Cədvəl 2

$\beta_1 \left(\frac{sm^2}{kq} \right)$	10^{-6}	$2 \cdot 10^{-6}$	10^{-5}	$5 \cdot 10^{-5}$
$c_1 \left(\frac{m}{san} \right)$	858	861	888	1129
$c_2 \left(\frac{m}{san} \right)$	3749	3613	2873	1533

Digər parametrlərin sabit qiymətlərində 1-ci və 2-ci cədvəllərdən görünür ki, $\alpha_2^{(0)}$ məsaməliliyi artdıqca, eləcədə bərk fazanın sıxılma əmsalı β_1 artdıqca maye fazada dalğanın sürəti monoton artır, bərk fazada isə dalğanın sürəti azalır. Hesabat nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, Puasson elastiklik əmsalının və bərk fazanın sıxlığının eyni zamanda artması skletdə dalğanın sürətinin azalmasına gətirir. Bu halda maye fazada dalğanın sürətinin dəyişməsi çox cüzi dəyişir. Digər parametrlərin müxtəlif qiymətləri üçün də hər iki fazada dalğanın yayılma sürəti öyrənilmişdir. Baxılan işdə həmçinin lay suları ilə doymuş qumdaşında, əhəngdə və kvars qumunda dalğa sürətinin qiymətləri tapılmış və aşağıdakı cədvəldə verilmişdir:

Cədvəl 3

	Qumdaşı	Əhəng	Kvars qumu
$\rho_2^{(0)} \left(\frac{kq \cdot \text{san}^2}{\text{sm}^4} \right)$	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}
$\beta_2 \left(\frac{\text{sm}^2}{kq} \right)$	$4,4 \cdot 10^{-5}$	$4,4 \cdot 10^{-5}$	$4,4 \cdot 10^{-5}$
$c_1 \left(\frac{m}{\text{san}} \right)$	1053	827	1238
$c_2 \left(\frac{m}{\text{san}} \right)$	2913	3511	2862

İkinci yaxınlaşmada Korteveq de – Friz qeyri-xəttiliyinə malik evolyusiya tənliyi alınmışdır:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial x} + \vartheta \frac{\partial \vartheta}{\partial T} - R_2 \vartheta \left(1 + \frac{r}{|R_1|} \left| 1 - \frac{\alpha_1^{(0)} \rho_1^{(0)} - a_0 (b_0 c^2)}{\rho_1^{(0)} (\alpha_1^{(0)} - \gamma)} \right| |\vec{\vartheta}| \right) + R_3 \sum_{l=1}^n (-1)^{l+1} A_{l+1} \frac{\partial^{l+1} \vartheta}{\partial T^{l+1}} = 0. \quad (2)$$

Burada, $A_{l+1} = \left(\Gamma_{m-l} \frac{a_0 b_l}{b_0} - \Gamma_{n-l} a_l \right)$, $T = c^{-1} x - t$.

(2) tənliyinin $m = 3$ və $n = 5$ olduqda müəyyən başlanğıc və sərhəd şərtləri daxilində sonlu fərqlər üsulu ilə həll edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Рамазанов Т. К., Курбанов А. И., Тагиев М. М. Нелинейные волновые процессы в двух взаимопроникающих сжимающих средах. Сборник трудов I респуб. конф. По механике и математике, Часть I, Механика, Баку, 1995, стр. 148-152.
2. Рамазанов Т. К. Нелинейные волны в двухфазных системах. Прик. Механика, Киев, 1995, № 9, стр. 38-45.
3. Николаевский В. Н. Нелинейные волны в грунтах и трещиноватых горных породах. Физ. тех. проб. Разработки полезных ископаемых. Новосибирск, 1988, № 6, стр. 31-38.

KİÇİK ƏMSALA İDARƏEDİCİ DAXİL OLAN ELLİPTİK TƏNLİK ÜÇÜN OPTİMAL İDARƏETMƏ MƏSƏLƏSİNİN FƏRQ APROKSİMASIYASININ YIĞILMASI

Tağıyev Rafiq, Məmmədova Aytac

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

r.tagiyev@list.ru, amamedova0209@mail.ru

Xülasə: Təqdim olunan işdə idarəedicisi funksiya kiçik əmsal olduğu halda periodik sərhəd şərtlili elliptik tənlik üçün fərq aproksimasiyasına baxılmış, onun funksionala görə yığılması üçün qiymətləndirmə alınmışdır.

Açar sözlər: elliptik tənlik, kiçik əmsal, periodiklik şərtləri, optimal idarəetmə məsələsi, fərq aproksimasiyası.

1. Məsələnin qoyuluşu

Tutaq ki, $\Omega = \{x = (x_1, x_2) \in R^2: 0 < x_i < l_i, i = 1, 2\}$ – R^2 -də paralelepipeddir. Fərz edək ki, idarə olunan proses aşağıdakı sərhəd məsələsi ilə təsvir olunur:

$$Lu \equiv - \sum_{i=1}^2 \frac{\partial}{\partial x_i} \left(k(x) \frac{\partial u}{\partial x_i} \right) + v(x)u = f(x), \quad x \in \Omega, \quad (1)$$

$$u|_{x_i=0} = u|_{x_i=l_i}, \quad i = 1, 2, \quad (2)$$

$$k(x) \frac{\partial u}{\partial x_i} |_{x_i=0} = k(x) \frac{\partial u}{\partial x_i} |_{x_i=l_i}, \quad i = 1, 2, \quad (3)$$

burada $v(x)$ idarəedicisi funksiyadır və

$$v \in V = \{v = v(x) \in L_2(\Omega): \mu_1 \leq v(x) \leq \mu_2, \Omega - da s. h. y.\} \quad (4)$$

Burada $\mu_1, \mu_2, l_1, l_2 > 0$ – verilmiş ədədlər, $u(x, v)$ – (1)-(3) məsələsinin v idarəedicisinə uyğun həlli, $k(x), f(x)$ isə aşağıdakı şərtləri ödəyən ölçülən funksiyalardır:

$$k(x) \in W_\infty^3(\Omega) \cap C^1(\bar{\Omega}), \quad 0 \leq v \leq k(x) \leq \mu, \quad x \in \Omega, \quad f(x) \in L_2(\Omega). \quad (5)$$

Aşağıdakı optimal idarəetmə məsələsinə baxaq: (1)-(4) məsələsinin $v \in V$ idarəedicilərinə uyğun $u = u(x) = u(x, v)$ həlləri çoxluğunda

$$J(v) = \iint_{\Omega} |u(x, v) - u_0(x)|^2 dx \quad (6)$$

funksionalını minimallaşdırmaq tələb olunur, burada $u_0(x) \in L_2(\Omega)$ – verilmiş funksiyadır.

Hər bir qeyd olunmuş $v = v(x) \in V$ üçün (1)-(3) sərhəd məsələsinin həlli $W_2^1(\Omega)$ fəzasından olan ümumiləşmiş həll kimi təyin olunur.

Tərif. (1)-(3) məsələsinin $W_2^1(\Omega)$ fəzasında ümumiləşmiş həlli elə $u = u(x) = u(x, v) \in \widehat{W}_2^1(\Omega)$ funksiyasına deyilir ki, $\forall \eta \in \widehat{W}_2^1(\Omega)$ üçün aşağıdakı integral eynilik ödənsin:

$$\iint_{\Omega} \left(\sum_{i=1}^2 k(x) \frac{\partial u}{\partial x_i} \frac{\partial \eta}{\partial x_i} + v(x) u \eta \right) dx = \iint_{\Omega} f(x) \eta dx. \quad (7)$$

Burada $\widehat{W}_2^1(\Omega) - W_2^1(\Omega)$ fəzasından olan l - periodik elementlərindən, yəni $u|_{x_i=0} = u|_{x_i=l_i}, i = 1, 2$ şərtini ödəyən $u = u(x) \in W_2^1(\Omega)$ funksiyalarından ibarət altfəzadır. $L_2(\Omega)$ fəzasındakı normanı $\|u\|$ simvolu ilə işarə edəcəyik.

İsbat etmək olar ki, (1)-(3) məsələsinin $W_2^1(\Omega)$ fəzasından olan yeganə ümumiləşmiş həlli var. Bundan başqa, göstərmək olar ki, $V_* = \{v_* = v_*(x) \in V: J(v_*) = J_* \equiv \inf\{J(v): v \in V\}\}$ optimal idarəedicilər çoxluğu boş deyildir.

(1)-(4) məsələsini və (6) funksionalını aproksimasiya etmək üçün Ω düzbucaqlısında aşağıdakı şəbəkələri daxil edək:

$$\omega_i = \{x_{1i} = j_i h_i: j_i = 1, 2, \dots, N_i - 1, h_i = l_i / N_i\}, i = 1, 2, \quad \omega = \omega_1 \times \omega_2.$$

İşdə istifadə olunan digər şəbəkələrin işarələmələri [1]-ə uyğun gəlir.

Aşağıdakı şəbəkə optimal idarəetmə məsələləri ailəsinə baxaq: tutaq ki,

$$J_h(v_h) = \sum_{x \in \omega^+} |y(x, v_h) - u_{0h}(x)|^2 h_1 h_2 \quad (8)$$

funksionalını aşağıdakı şərtlər ödənilməklə minimallaşdırmaq tələb olunur:

$$- \sum_{i=1}^2 (k^{(-0,5i)}(x) y_{\bar{x}_i})_{x_i} + v_h(x) y = f_h(x), \quad x \in \omega, \quad (9)$$

$$y|_{x_1=0} = y|_{x_1=l_1}, \quad x_2 \in \bar{\omega}_2, \quad y|_{x_2=0} = y|_{x_2=l_2}, \quad x_1 \in \bar{\omega}_1, \quad (10)$$

$$k^{(-0,5_1)} y_{\bar{x}_1}|_{x_1=h_1} = k^{(-0,5_1)} y_{\bar{x}_1}|_{x_1=l_1}, \quad x_2 \in \omega_2, \quad (11)$$

$$k^{(-0,5_2)} y_{\bar{x}_2}|_{x_2=h_2} = k^{(-0,5_2)} y_{\bar{x}_2}|_{x_2=l_2}, \quad x_1 \in \omega_1, \quad (12)$$

$$v_h(x) \in V_h = \{v_h = v_h(x) \in L_2(\omega): \mu_1 \leq v_h(x) \leq \mu_2, x \in \omega\}. \quad (13)$$

Burada $k^{(-0,5_1)}(x) = k(x_1 - 0,5h_1, x_2), x_1 \in \omega_1^+, x_2 \in \omega_2, k^{(-0,5_2)}(x) = k(x_1, x_2 - 0,5h_2), x_1 \in \omega_1, x_2 \in \omega_2^+$.

Aşağıdakı teoremlər (8)-(13) şəbəkə optimal idarəetmə məsələsinin vəziyyətə və funksionala görə xəta qiymətləndirmələri haqqındadır:

Teorem 1. (8)-(13) məsələsinin vəziyyətə görə xətası üçün aşağıdakı qiymətləndirmə doğrudur:

$$\begin{aligned} & (\|\nabla y(x, v_h) - \nabla u(x, v)\|_0^2 + \|y(x, v_h) - u(x, v)\|_0^2)^{\frac{1}{2}} \leq \\ & \leq M[|h| + \|v_h(x) - S_1 S_2 v(x)\|_0]. \end{aligned}$$

Teorem 2. İxtiyari $v \in V$ və $v_h \in V_h$ üçün (8) şəbəkə funksionalının xəta qiymətləndirməsi üçün

$$|\mathcal{J}(v) - \mathcal{J}_h(v_h)| \leq M[|h| + \|v_h(x) - S_1 S_2 v(x)\|_0]$$

bərabərsizliyi doğrudur.

Aşağıdakı teorem fərq aproksimasiyalarının funksionala görə yığılma sürəti haqqındadır:

Teorem 3. (8)-(13) aproksimasiyalarının funksionala görə yığılma sürəti üçün aşağıdakı qiymətləndirmə doğrudur:

$$|\mathcal{J}_{h*} - \mathcal{J}_*| \leq M|h|,$$

burada $\mathcal{J}_{h*} = \inf\{\mathcal{J}_h(v) : v_h \in V_h\}$, $|h| = (h_1^2 + h_2^2)^{1/2}$.

İdarəedici funksiya periodik sərhəd şərtli elliptik tənliyin sağ tərəfinə daxil olan halda optimal idarəetmə məsələsinin fərq aproksimasiyalarının funksionala görə yığılma sürəti üçün qiymətləndirmə [2] işində alınmışdır.

Ədəbiyyat

1. А.А.Самарский, Р.Д.Лазаров, В.Л.Макаров, Разностные схемы для дифференциальных уравнений с обобщенными решениями. М.: Высш. шк., 1987, 296 с.
2. R.K.Tagiyev, A.K.Mammadova, Difference Approximation of the Optimal Control Problem for an Elliptic Equation with Periodic Boundary Conditions. XII International Scientific Conference "Modern Problems of Mathematics and Mechanics", September 03-06, 2025, Baku, Azerbaijan, pp.113-116.

SƏRHƏD ŞƏRTİNDƏ SPEKTRAL PARAMETRİN XƏTTİ FUNKSİYASI OLAN DİRAK SİSTEMİNİN BƏRPASI HAQQINDA

Tagiyeva Qalibə

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

taghiyevagaliba@gmail.com

Xülasə: Bu işdə Dirak operatorunun spektral verilənlərinin xassələri verilmiş və bərpa alqoritmi qurulmuşdur.

Açar sözlər: Dirak sistem, məxsusi ədəd, tərs məsələ

Aşağıdakı spektral məsələyə baxaq:

$$BY'(x) + Q(x)Y(x) = \lambda Y(x) \quad (0 \leq x \leq \pi), \quad (1)$$

$$y_1(0) = 0, \quad (2)$$

$$y_2(0) - (\alpha\lambda + \beta)y_1(\pi) = 0,$$

burada

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}, Q(x) = \begin{pmatrix} p(x) & q(x) \\ q(x) & -p(x) \end{pmatrix}, Y(x) = \begin{pmatrix} y_1(x) \\ y_2(x) \end{pmatrix},$$

λ – spektral parametr, α, β – həqiqi ədədlər, $p(x), q(x) \in W_2^1[0, \pi]$, $W_2^1[0, \pi]$ isə törəməsi $[0, \pi]$ -də kvadratı ilə integrallanan mütləq kəsilməz funksiyalar fəzasıdır. Qeyd edək ki, ayrılan sərhəd şərtləri halında Dirak operatoru üçün düz və tərs məsələlər [1] məqaləsində tam həll olunmuşdur.

(1), (2) məsələsini D ilə işarə edəcəyik. Fərz edək ki,

$$S(x, \lambda) = \begin{pmatrix} s_1(x, \lambda) \\ s_2(x, \lambda) \end{pmatrix} \text{ və } C(x, \lambda) = \begin{pmatrix} c_1(x, \lambda) \\ c_2(x, \lambda) \end{pmatrix}$$

vektor funksiyaları (1) Dirak tənliyinin

$$S(0, \lambda) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, C(0, \lambda) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

başlanğıc şərtlərini ödəyən həlləridir. Onda D sərhəd məsələsinin məxsusi ədədləri aşağıdakı xarakteristik funksiyanın sıfırları ilə üst-üstə düşür:

$$\Delta(\lambda) = 1 - (\alpha\lambda + \beta)s_1(\pi, \lambda). \quad (3)$$

Tutaq ki, $p(0) = p(\pi) = q(0) = q(\pi) = 0$. Məlumdur ki, $s_1(\pi, \lambda), s_2(\pi, \lambda)$ funksiyaları üçün aşağıdakı göstərililər doğrudur (bax: [2]):

$$s_1(\pi, \lambda) = -\sin \pi\lambda + A \frac{\cos \pi\lambda}{\lambda} + \frac{\psi_1(\lambda)}{\lambda},$$

$$s_2(\pi, \lambda) = \cos \pi\lambda + A \frac{\sin \pi\lambda}{\lambda} + \frac{\psi_2(\lambda)}{\lambda},$$

$$A = \frac{1}{2} \int_0^\pi [p^2(x) + q^2(x)] dx,$$

$$\psi_j(\lambda) = \int_{-\pi}^\pi \tilde{\psi}_j(t) e^{i\lambda t} dt, \tilde{\psi}_j(t) \in L_2[-\pi, \pi], j = 1, 2.$$

Bu ifadələrdən və Peli-Viner teoremindən istifadə edərək asanlıqla göstərmək olar ki, D məsələsinin (3) xarakteristik funksiyası

$$\Delta(\lambda) = 1 + (\alpha\lambda + \beta) \sin \pi\lambda - A \cos \pi\lambda + \psi(\lambda) \quad (4)$$

şəklindədir, burada $\psi(\lambda) = \int_{-\pi}^\pi \tilde{\psi}(t) e^{i\lambda t} dt$, $\tilde{\psi}(t) \in L_2[-\pi, \pi]$. Ruşə teoremini

tətbiq etməklə standart üsulla almaq olar ki, D məsələsinin məxsusi ədədləri

$$\mu_k = k + \frac{A}{\pi k} - \frac{(-1)^k}{\alpha \pi k} + \frac{\xi_k}{k}, \quad \{\xi_k\} \in l_2. \quad (5)$$

asimptotikasına malikdir.

D məsələsi ilə yanaşı Dirak tənliyinin və $y_1(0) = y_2(\pi) = 0$ sərhəd şərtlərinin doğurduğu $\tilde{D}$ məsələsinə də baxacağıq. Bu məsələnin xarakteristik funksiyası $\tilde{\Delta}(\lambda) = s_2(\pi, \lambda)$ şəklindədir və onun məxsusi ədədləri üçün

$$\tilde{\mu}_k = k + \frac{1}{2} + \frac{A}{\pi k} + \frac{\eta_k}{k}, \quad \{\eta_k\} \in l_2. \quad (6)$$

asimptotik düstur doğrudur

Tərs məsələ. $\{\mu_k\}$ və $\{\tilde{\mu}_k\}$ spektrləri verildikdə Dirak tənliyinin $Q(x)$ əmsal matrisini və sərhəd şərtinin α və β parametrlərini bərpa etməli. Bu tərs məsələnin həll alqoritmi aşağıdakı şəkildədir.

Alqoritm. Tutaq ki, D və $\tilde{D}$ sərhəd məsələlərinin $\{\mu_k\}$ və $\{\tilde{\mu}_k\}$ spektrləri verilmişdir.

1) (6)-dan istifadə etməklə A sabiti belə tapılır:

$$A = \pi \lim_{k \rightarrow \infty} k(\tilde{\mu}_k - k).$$

2) (5) asimptotikasının köməyi ilə sərhəd şərtinin α əmsalı aşağıdakı kimi müəyyən olunur:

$$\alpha = \frac{1}{2\pi \lim_{k \rightarrow \infty} k(\mu_{2k} - 2k) - A}.$$

3) $\Delta(\lambda)$ və $\tilde{\Delta}(\lambda)$ xarakteristik funksiyaları öz $\{\mu_k\}$ və $\{\tilde{\mu}_k\}$ sıfırları vasitəsilə sonsuz hasil şəklində birqiymətli bərpa olunur.

4) A , α , $\Delta(\lambda)$ məlum olduqda (4) münasibətindən sərhəd şərtinin β əmsalı

belə təyin olunur:

$$\beta = -1 + \lim_{k \rightarrow \infty} \left[\Delta\left(2k + \frac{1}{2}\right) - \alpha\left(2k + \frac{1}{2}\right) \right].$$

5) Dirak tənliyinin və $y_1(0) = y_1(\pi) = 0$ sərhəd şərtlərinin doğurduğu sərhəd məsələsinin $s_1(\pi, \lambda)$ xarakteristik funksiyası (3)-dən tapılır:

$$s_1(\pi, \lambda) = \frac{1 - \Delta(\lambda)}{\alpha\lambda + \beta}.$$

6) $s_1(\pi, \lambda)$ və $\tilde{\Delta}(\lambda) = s_2(\pi, \lambda)$ funksiyalarının sıfırları ardıcılıqları vasitəsilə Dirak tənliyinin $Q(x)$ əmsal matrisi məlum alqoritmın köməyi ilə birqıymətli bərpa olunur (bax: [1], [3]).

Qeyd edək ki, Dirak operatoru üçün müxtəlif qoyuluşlu tərs spektral məsələlərin həll alqoritmləri [2-6] və digər elmi işlərdə verilmişdir.

Ədəbiyyat

1. М.Г.Гасымов, Т.Т.Джабиев. Решение обратной задачи по двум спектрам для уравнения Дирака на конечном отрезке, ДАН Азерб. ССР, 1966, т. 22, № 7, с. 3-6.
2. Т.Ш.Абдуллаев, И.М.Набиев. Алгоритм восстановления оператора Дирака со спектральным параметром в граничном условии, Журн. выч. матем. и матем. физики, 2016, т. 56, № 2, с. 252-258.
3. S.Albeverio, R.Albeverio, Ya.Mыkytyuk. Inverse spectral problems for Dirac operators with summable potentials, Russian J. Math. Physics, 2005, v. 12, № 4, p. 406-423.
4. И.М.Набиев. Решение обратной квазипериодической задачи для системы Дирака, Матем. заметки, 2011, т. 89, № 6, с. 885-893.
5. А.С.Макин. О структуре спектра несамосопряженного оператора Дирака, Матем. сб., 2023, т. 214, № 1, с. 43-60.
6. L.I.Mammadova, I M.Nabiev. Uniqueness of recovery of the Dirac system on a segment by two spectra, Journal of Contemporary and Applied Mathematics, 2026, v. 16, № 1, p. 110-118.

ONLAYN TƏHLÜKƏSİZLİYİN GƏLƏCƏYİ: WEBAUTHN VƏ PUBLIC KEY KRİPTOQRAFİYASINA ƏSASLANAN PAROLSUZ DOĞRULAMANIN TƏHLİLİ, DİZAYNI, TƏTBİQİ VƏ ÇƏTİNLİKLƏRİ

Tağızadə Rasif

(Milli Aviasiya Akademiyası, Kompüter mühəndisliyi)

rasiftaghizade@gmail.com

Xülasə: Parol əsaslı autentifikasiya illərdir ən çox istifadə olunan identifikasiya üsuludur. Lakin zəif parollar, təkrarlanan istifadə və fişinq hücumları bu modelin effektivliyini azaldır. Müasir dövrdə kibertəhlükəsizlikdə parolsuz autentifikasiya sistemləri getdikcə aktuallaşır. WebAuthn (Web Authentication API) və Public Key Infrastructure (PKI) texnologiyaları vasitəsilə istifadəçilərin şəxsiyyəti parol əvəzinə kriptografik açarlarla təsdiqlənir. Bu tədqiqatın məqsədi WebAuthn və Public Key əsaslı sistemlərin işləmə mexanizmini, tətbiq mərhələlərini və real dünyadakı çətinliklərini təhlil etməkdir.

Açar sözlər: WebAuthn, Public Key, Parolsuz autentifikasiya, FIDO2, Kibertəhlükə

sizlik, Kriptoqrafiya.

Rəqəmsal identifikasiya sistemləri müasir veb xidmətlərinin əsas təhlükəsizlik qatını təşkil edir. Parolların sızması və təkrarlanan istifadəsi nəticəsində yaranan hücumlar (credential stuffing, phishing, brute-force və s.) ən geniş yayılmış təhlükəsizlik risklərindəndir. Bu problemlərin qarşısını almaq üçün FIDO2 standartına əsaslanan **WebAuthn** texnologiyası hazırlanmışdır.

WebAuthn texnologiyasının mahiyyəti: WebAuthn, W3C və FIDO Alliance tərəfindən yaradılmış açıq standartdır. Məqsədi istifadəçi autentifikasiyasını **parol əvəzinə asimetrik kriptografik açarlar** vasitəsilə həyata keçirməkdir.

Bu sistemdə:

- **İctimai açar (Public Key)** serverdə saxlanılır,
- **Məxfi açar (Private Key)** isə istifadəçinin cihazında (TPM, Secure Enclave və ya hardware token) qorunur.

Beləliklə, parol heç vaxt şəbəkə üzərindən ötürülmür və fişinq riski minimuma enir.

Arxitektura və Dizayn Prinsipləri: Parolsuz doğrulama sistemi 3 əsas komponentdən ibarətdir:

1. **Relying Party (RP)** – doğrulama sorğusunu qəbul edən server.
2. **Authenticator** – istifadəçi cihazı (məsələn, biometrik sensor və ya USB security key).
3. **Client (Browser və ya App)** – WebAuthn API vasitəsilə RP ilə əlaqə yaradır.

Qeydiyyat mərhələsi (Registration):

1. RP istifadəçiyə qeydiyyat sorğusu göndərir.
2. Cihaz yeni açar cütü yaradır: (PublicKey, PrivateKey).
3. PublicKey RP-yə göndərilir və saxlanılır.

Doğrulama mərhələsi (Authentication):

1. RP istifadəçiyə “challenge” (unikal təsdiqləmə məlumatı) göndərir.
2. Authenticator PrivateKey ilə challenge-i imzalayır.
3. RP imzanı PublicKey vasitəsilə yoxlayır və istifadəçini tanıyır.

Kriptografik əsaslar və təhlükəsizlik mexanizmləri: WebAuthn sistemləri **Public Key kriptografiyasına** əsaslanır. Ən çox istifadə olunan alqoritmlər:

- **RSA** (2048-bit)
- **Elliptic Curve Cryptography (ECC, ECDSA P-256)**

İmza doğrulaması:

$\text{Verify}(\text{Sign}(\text{Challenge}, \text{PrivateKey}), \text{PublicKey}) = \text{True}$

Bu metod simmetrik açarlı sistemlərdəki kimi gizli parolun paylaşılmasına ehtiyac qoymur və MITM (Man-in-the-Middle) hücumlarına qarşı daha dayanıqlıdır.

Tətbiq və İntegrasiya Mərhələləri: Parolsuz sistemlərin tətbiqi üçün

əsas mərhələlər:

- **Frontend integrasiyası:** WebAuthn API (navigator.credentials.create / get) vasitəsilə.
- **Backend integrasiyası:** Serverdə FIDO2-compliant kitabxanalar (məs. Python üçün py_webauthn, Node.js üçün fido2-lib).
- **Authenticator uyğunluğu:** Android, Windows Hello, Apple Touch ID, YubiKey və s.

Bu yanaşma həm veb, həm də mobil mühitlərdə təhlükəsiz autentifikasiya təcrübəsi yaradır.

Əsas çətinliklər və məhdudiyyətlər:

- **Uyğunluq problemi:** Bütün brauzerlər və cihazlar hələ tam WebAuthn dəstəyinə malik deyil.
- **İstifadəçi təcrübəsi:** Parol sistemlərindən keçid zamanı alışqanlıq bərkliyi mövcuddur.
- **Cihaz itkisi:** Private Key cihazda saxlanıldığından, cihazın itməsi ehtiyat bərpa prosesini çətinləşdirir.
- **Təşkilati integrasiya:** Mövcud sistemlərin FIDO2-yə uyğunlaşdırılması əlavə infrastruktur tələb edir.

WebAuthn və Public Key əsaslı autentifikasiya modelləri parolları əvəzləyərək onlayn təhlükəsizliyi ciddi şəkildə gücləndirir. Bu yanaşma:

- Fişinq və credential reuse hücumlarını aradan qaldırır,
- İstifadəçi məlumatlarının sızma riskini minimuma endirir,
- Daha rahat və çevik doğrulama mühiti yaradır.

Gələcəkdə **biometrik autentifikasiya** və **blokçeyn əsaslı identifikasiya sistemləri** ilə integrasiya bu texnologiyanın imkanlarını daha da genişləndirəcək.

Ədəbiyyat

1. **J.Bonneau**, et al. The Quest to Replace Passwords: A Framework for Comparative Evaluation of Web Authentication Schemes. IEEE Symposium on Security and Privacy, 2012.
2. **B.Schneier**. Applied Cryptography. Wiley, 2021.
3. **L.Rokach, O.Maimon**. The Data Mining and Knowledge Discovery Handbook (pp.165–192). DOI:10.1007/0-387-25465-X_9.
4. **FIDO Alliance**. FIDO2: Moving the World Beyond Passwords, 2022.
5. **W3C**. Web Authentication: An API for accessing Public Key Credentials (WebAuthn Level 2), 2023.
6. **NIST**. Digital Identity Guidelines (SP 800-63B), 2023.

FUBKSIYANIN QIYMƏTLƏR ÇOXLUĞUNUN TAPILMASI

Tahirov Bahadur, Rzayeva Nərmən

(BDU, mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

qarabah48@mail.ru

Xülasə: Məsələ həlli şagirdlərin riyazi təfəkkürünü inkişaf etdirən mühüm vasitədir. Çünki məsələ həlli prosesində tədqiq olunan obyekti hər tərəfli öyrənmək imkanı qazanırlar.

Riyazi məsələləri həll etməyi öyrətmək problemi son əsrdə riyaziyyat təliminin ümumididaktik, psixoloji və metodiki problemi ilə məşğul olan tədqiqatçıların əsas tədqiqat obyektinə olmuşdur. Hazırkı dövrdə təlimin məqsədləri müəyyən edilərkən şagirdin şəxsiyyət kimi formalaşması əsas məqsəd seçilir. Bu məqsədə uyğun olaraq riyaziyyat təliminin səviyyəsini yüksəltmək lazımdır.

İş şagirdlərin funksional təfəkkürünü inkişaf etdirən mövzulardan birini həsr olunur.

Açar sözlər: funksiya, funksiyanın xassələri, funksiyanın təyin oblastı, funksiyanın qiymətlər çoxluğu.

Funksiyanın qiymətlər çoxluğunun tapılmasına aid məsələlər şagirdlər üçün xeyli çətinliklər yaradır. Belə məsələlərə müxtəlif müsabiqələrdə və olimpiadalarda həmişə rast gəlmək olar.

Funksiyanın qiymətlər çoxluğunu tapmaq üçün elementar funksiyaların xassələrini, xüsusən onların təyin oblastlarını, qiymətlər çoxluğunu və monotonluq əlamətlərini yaxşı bilmək lazımdır.

Funksiyanın qiymətlər çoxluğunun tapılmasına aid çətin məsələlər aşağıdakı metodlarla həll oluna bilər:

- 1) funksiyanın mürəkkəb argumentlərinin qiymətlərinin ardıcıl tapılması;
- 2) qiymətləndirmə metodu;
- 3) funksiyanın kəsilməzlik və monotonluq xassələrindən istifadə edilməsi;
- 4) törəmənin istifadəsi;
- 5) qrafik metod;
- 6) parametr daxil etmə metodu;
- 7) tərs funksiyanın təyin oblastının tapılması metodu.

Bu metodların mahiyyəti ilə misalların həlli nümunələrində tanış olaq.

Misal 1. $y = \log_{0,5}(5 - (3^x + 1)^2)$ funksiyanın qiymətlər çoxluğunu tapın.

Həlli. $E(3^x) = (0; +\infty)$; $E(3^x + 1) = (1; +\infty)$;

$$E(-(3^x + 1)) = (-\infty; 1); \quad E(5 - (3^x + 1)^2) = (-\infty; 4).$$

$$t = 5 - (3^x + 1)^2$$

əvəzləməsi daxil etsək verilən funksiyanı $y = \log_{0,5} t$, $t \in (0,4)$ şəklində yazmaq olar. Bu funksiya $(0;4)$ aralığında kəsilməz və azalan funksiyadır.

$$\lim_{t \rightarrow 0} \log_{0,5} t = -\infty \quad \text{və} \quad f(4) = \log_{0,5} 4 = -2$$

olduğundan

$$E(\log_{0,5} t) = (-2; +\infty)$$

olacaqdır.

Misal 2. $y = 5^{\frac{2}{1-3^x}}$ funksiyasının qiymətlər çoxluğunu tapın.

$$\textbf{Həlli.} \quad y = 5^{\frac{2}{1-3^x}} \Leftrightarrow \frac{2}{1-3^x} = \log_5 y$$

$$\Leftrightarrow 3^x = \frac{\log_5 y - 2}{\log_5 y} \Leftrightarrow x = \log_5 \left(\frac{\log_5 y - 2}{\log_5 y} \right)$$

funksiyası verilən funksiyanın tərsi olacaqdır. Onun təyin oblastını $D(x)$ ilə işarə edək. $D(x)$ -i tapaq.

$$\frac{\log_5 y - 2}{\log_5 y} > 0 \Leftrightarrow \begin{cases} \log_5 y > 2 \\ \log_5 y < 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y > 25 \\ 0 < y < 1 \end{cases} \Leftrightarrow D(x) = (0;1) \cup (25;+\infty).$$

$$\text{Deməli } e(y) = (0;1) \cup (25;+\infty).$$

Ədəbiyyat

1. Takhirov B.O., Agazade Sh.M. Basic Methods for Finding the Range of a Function // European journal of Technical and Natural Sciences, No3, 2025, p.35-40.

PERİODİK ƏMSALLI ŞTURM-LİUVİLL OPERATORUNUN AŞAĞIDAN MƏHDUDLUĞU HAQQINDA

Talıblı Nigar

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

nigartalibli3@gmail.com

Xülasə: Bu işdə bütün oxda periodik əmsallı Şturm-Liuvill ifadəsinin doğrduğu minimal operatorun aşağıdan məhdudluğu öyrənilmişdir.

Açar sözlər: Şturm-Liuvill diferensial ifadəsi, simmetrik operator, minimal opera-

tor, aşağıdan məhdudluq.

$R = (-\infty, +\infty)$ həqiqi ədədlər çoxluğunda əmsalları T periodlu olan Şturm-Liuvill diferensial ifadəsinə baxaq

$$l = \frac{1}{r(x)} \left\{ \left[\frac{d}{dx} \left(-p(x) \frac{d}{dx} \right) \right] + q(x) \right\}, x \in (-\infty, +\infty),$$

burada $p(x)$ və $r(x)$ funksiyaları $(-\infty, +\infty)$ intervalında müsbətdirlər, $q(x)$ isə həqiqi qiymətli funksiyadır. Fərz edəcəyik ki, $\frac{1}{p(x)}, q(x), r(x)$ funksiyaları $(-\infty, +\infty)$ intervalında lokal inteqrallanırlar.

Skalyar hasili

$$\langle f, g \rangle_T = \int_0^T f(x) \overline{g(x)} r(x) dx;$$

şəklində verilmiş Hilbert fəzasını $L^2(0, T; r)$ ilə işarə edək.

Qeyd. $L^2(a, b; r)$ fəzası $L^2(0, T; r)$ -dan 0 -ı a ilə, T -ni isə b ilə əvəz etməklə alınır.

$D(L'_0)$ təyin oblastı (a, b) aralığında kompakt olan, iki dəfə kəsilməz diferensiallanan funksiyalar çoxluğu olan təsir forması isə

$$L'_0 f = l f = \frac{1}{r(x)} \left\{ \left[\frac{d}{dx} \left(-p(x) \frac{d}{dx} \right) \right] + q(x) \right\} f(x)$$

kimi olan L'_0 operatorunun qapanmasını L_0 ilə işarə edək. Məlumdur (bax, məsələn [1,2] ki, L_0 simmetrik operatorudur və təyin oblastı hər yerdə sıxdır.

Teorem 1. *Tutaq ki, l - requlyar tip Şturm-Liuvill diferensial ifadədir, belə ki, (a, b) aralığının sanki bütün nöqtələrində $p(x) > 0$ şərti ödənilir. Onda l diferensial ifadəsinin köməyi ilə təyin olunan L_0 operatoru aşağıdan məhduddur.*

İsbatı. L'_0 operatorunun aşağıdan məhdudluğunu göstərmək kifayətdir.

l - requlyar tip Şturm-Liuvill diferensial ifadəsi olduğu üçün elə müsbət ε və E ədədləri tapmaq olar ki, (a, b) aralığının hər bir x nöqtəsi üçün $J_\varepsilon(x) = (x - \varepsilon, x + \varepsilon) \cap (a, b)$ çoxluğunda

$$\int_{J_\varepsilon(x)} \frac{1}{p(t)} dt \int_a^b |q_-(t)| dt \leq \frac{1}{2} \text{ və } \int_{J_\varepsilon(x)} r(t) dt \geq \frac{1}{E} \quad (1)$$

şərtləri ödənər, burada $q_-(t) = \min(0, q(t))$. (a, b) aralığının hər bir x və y

nöqtələri və istənilən $u(x) \in D(L'_0)$ funksiyası üçün aşağıdakı qiymətləndirmələr doğrudur:

$$\begin{aligned} \|u(x)\|^2 &\leq 2\|u(y)\|^2 + 2\|u(x) - u(y)\|^2 = 2\|u(y)\|^2 + 2\left\|\int_x^y u'(t)dt\right\|^2 \leq \\ &\leq 2\|u(y)\|^2 + 2\int_x^y p(t)\|u'(t)\|^2 dt \cdot \int_x^y \frac{1}{p(t)} dt. \end{aligned} \quad (2)$$

(2) bərabərsizliklərindən istifadə edərək alarıq:

$$\begin{aligned} \|u(x)\|^2 \int_{J_\varepsilon(x)} r(y)dy &= \int_{J_\varepsilon(x)} \|u(x)\|^2 r(y)dy \leq 2\int_a^b \|u(y)\|^2 r(y)dy + \\ &+ 2\int_a^b p(t)\|u'(t)\|^2 dt \cdot \int_{J_\varepsilon(x)} r(y)dy \cdot \int_{J_\varepsilon(x)} \frac{1}{p(t)} dt. \end{aligned} \quad (3)$$

(3)-dən alarıq

$$\|u(x)\|^2 \leq 2\|u\|^2 \frac{1}{\int_{J_\varepsilon(x)} r(y)dy} + 2\int_a^b p(t)\|u'(t)\|^2 dt \cdot \int_{J_\varepsilon(x)} \frac{1}{p(t)} dt.$$

Bu sonuncu qiymətləndirmədən alarıq ki, istənilən $u(x) \in D(L'_0)$ funksiyası üçün aşağıdakı bərabərsizliklər doğrudur:

$$\begin{aligned} \langle L'_0 u, u \rangle &= \int_a^b p(x)\|u'(x)\|^2 dx + \int_a^b q(x)\|u(x)\|^2 dx \geq \\ &\geq \int_a^b p(x)\|u'(x)\|^2 dx - \int_a^b |q_-(x)|\|u(x)\|^2 dx \geq \\ &\geq \int_a^b p(x)\|u'(x)\|^2 dx - 2\|u(x)\|^2 \sup_{x \in (a,b)} \frac{1}{\int_{J_\varepsilon(x)} r(y)dy} \cdot \int_a^b |q_-(x)|dx - \\ &- 2\int_a^b p(t)\|u'(t)\|^2 dt \cdot \sup_{x \in (a,b)} \int_{J_\varepsilon(x)} \frac{1}{p(t)} dt \cdot \int_a^b |q_-(t)|dt \geq -2E \int_a^b |q_-(t)|dt \langle u, u \rangle. \end{aligned}$$

Beləliklə sonuncu qiymətləndirmələr göstərir ki, istənilən $u(x) \in D(L'_0)$ funksiyası üçün

$$\langle L'_0 u, u \rangle \geq \gamma \langle u, u \rangle$$

bərabərsizliyi doğrudur, burada $\gamma = -2E \int_a^b |q_-(t)|dt$. Teorem isbat olundu.

Teorem 2. Tutaq ki, l - əmsalları T periodlu Şturm-Liuvill diferensial ifadədir, belə ki, $(0, T)$ aralığının sanki bütün nöqtələrində $p(x) > 0$ və $r(x) > 0$ şərtləri ödənilir. Əgər elə müsbət ε , E və D ədədləri tapmaq olarsa ki, $(0, T)$ aralığının hər bir x nöqtəsi üçün $J_\varepsilon(x) = (x - \varepsilon, x + \varepsilon) \cap (0, T)$ çoxluğunda

$$\int_{J_\varepsilon(x)} \frac{1}{p(t)} dt \int_0^T |q_-(t)| dt \leq \frac{1}{2}, \quad (4)$$

$$\int_0^T |q_-(t)| dt \leq D \quad \text{və} \quad \int_{J_\varepsilon(x)} r(t) dt \geq \frac{1}{E} \quad (5)$$

şərtləri ödənərsə, onda L_0 operatoru $L_2(-\infty, +\infty; r)$ fəzasında aşağıdan məhdud olar.

İsbatı. Həqiqi ədədlər çoxluğunu $(-\infty, +\infty) = \bigcup_{k=-\infty}^{\infty} [kT, (k+1)T]$ şəklində

göstərək. $p(x)$, $r(x)$, $q_-(x)$ funksiyaları T periodlu funksiyalar olduğuna görə (4) və (5) şərtləri $(kT, (k+1)T)$ aralığının hər bir x nöqtəsi üçün $J_\varepsilon^{(k)}(x) = (x - \varepsilon, x + \varepsilon) \cap (kT, (k+1)T)$ çoxluqlarında da ödənəcəkdir. Hər hansı bir $u(x) \in D(L'_0)$ funksiyası götürək və integralın additivlik xassəsindən istifadə edərək aşağıdakı bərabərliyi yazaq:

$$\begin{aligned} \langle L'_0 u, u \rangle &= \int_{-\infty}^{\infty} \{p(x)|u'(x)|^2 + q(x)|u(x)|^2\} dx = \\ &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} \int_{kT}^{(k+1)T} \{p(x)|u'(x)|^2 + q(x)|u(x)|^2\} dx. \end{aligned} \quad (6)$$

Teorem 1-ə görə hər bir tam k ədədi üçün

$$\int_{kT}^{(k+1)T} \{p(x)|u'(x)|^2 + q(x)|u(x)|^2\} dx \geq -2E \cdot D \cdot \int_{kT}^{(k+1)T} r(x)|u(x)|^2 dx \quad (7)$$

bərabərsizlikləri ödənəcək. (7) bərabərsizliyini (6) bərabərliyində nəzərə alsaq aşağıdakı bərabərsizliyi alırıq:

$$\begin{aligned} \langle L'_0 u, u \rangle &\geq -2E \cdot D \cdot \sum_{k=-\infty}^{\infty} \int_{kT}^{(k+1)T} r(x)|u(x)|^2 dx = \\ &= -2E \cdot D \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} r(x)|u(x)|^2 dx = -2E \cdot D \cdot \langle u, u \rangle. \end{aligned}$$

Sonuncu aldığımız münasibətlər göstərir ki, L'_0 operatoru aşağıdan $-2E \cdot D$ ədədi ilə məhduddur. L_0 operatorunun məhdudluğu $\bar{L}'_0 = L_0$ bərabərliyindən alınır. Teorem isbat olundu.

Ədəbiyyat

1. М.А.Наймарк, Линейные дифференциальные операторы. Серия. Классика и современность. 2010, 526 с.
2. J.Weidmann, Spectral Theory of Ordinary Differential Operators, Springer Verlag 1987, 310 p.

SÜNİ İNTELLEKT VƏ BÖYÜK VERİLƏNLƏR ƏSASINDA WEB TƏTBİQLƏRİNİN TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN TƏMİN EDİLMƏSİ

Tariverdiyeva Çinarə

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)

ibadzadecinare@gmail.com

Xülasə: Təqdim olunan işdə web tətbiqlərinin təhlükəsizliyinin təmin edilməsində süni intellekt və böyük verilənlərin rolu araşdırılır. Müasir dövrdə artan kiberhücumların qarşısının alınması üçün ənənəvi təhlükəsizlik metodları kifayət etmir. Buna görə də, maşın öyrənməsi, neyron şəbəkələr və böyük verilənlərin analizi kimi texnologiyalar kibertəhlükəsizlik sistemlərinə integrasiya olunur. Tədqiqatda bu yanaşmaların effektivliyi, tətbiq sahələri və gələcək inkişaf istiqamətləri təhlil olunur.

Açar sözlər: süni intellekt, böyük verilənlər, web tətbiqləri, kibertəhlükəsizlik, maşın öyrənməsi, anomaliya aşkarlanması.

İnformasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı web tətbiqlərinin həyatımızın ayrılmaz hissəsinə çevrilməsinə səbəb olmuşdur. Elektron ticarət, onlayn bankçılıq, dövlət xidmətləri və sosial şəbəkələr kimi sahələrdə web tətbiqləri böyük həcmdə şəxsi və maliyyə məlumatlarını emal edir. Bu isə onların kibertəhlükələrə qarşı daha həssas olmasına gətirib çıxarır.

Ənənəvi təhlükəsizlik mexanizmləri (məsələn, firewall-lar, parol sistemləri, şifrələmə alqoritmləri) artıq müasir hücumların mürəkkəbliyinə tam cavab verə bilmir. Buna görə də son illərdə süni intellekt (Sİ) və böyük verilənlər (Big Data) texnologiyalarının kibertəhlükəsizlik sistemlərinə tətbiqi xüsusi aktualıq qazanmışdır [1], [3].

Süni intellektin web təhlükəsizliyində rolu. Süni intellekt sistemləri

hücum modellərini öyrənərək gələcək təhlükələri əvvəlcədən proqnozlaşdırmağa imkan yaradır. Maşın öyrənməsi alqoritmləri (məsələn, *Decision Tree*, *Random Forest*, *Deep Neural Networks*) şəbəkə trafiki, istifadəçi davranışı və sistem jurnallarını analiz edərək anomaliyaları avtomatik müəyyən edə bilər.

Bu yanaşma sayəsində insan müdaxiləsinə ehtiyac azalır və hücumların aşkarlanma sürəti artır. Məsələn, SI əsaslı təhlükəsizlik sistemləri SQL injection, XSS və phishing hücumlarını real vaxt rejimində aşkar edə bilər. **Splunk Security Intelligence, IBM QRadar, Snort AI Plugin, Suricata ML Module** kimi süni intellekt sistemləri artıq bir çox real təhlükəsizlik platformalarında tətbiq olunur. Bu sistemlərin işləmə prinsipi aşağıdakı kimidir: əvvəlcə istifadəçi davranışları və sistem jurnalları (logs) toplanır, sonra model bu məlumatlar əsasında normal və anormal nümunələri fərqləndirir [4]. Məsələn, *Request Frequency Analysis* metodu ilə bir IP ünvanından saniyədə gələn sorğuların sayına baxaraq DDoS hücumlarını müəyyənləşdirmək mümkündür [1].

Böyük verilənlərin analizi və arxitektura həlləri. Web tətbiqlərindən gələn məlumatların həcmi çox böyükdür: hər bir HTTP sorğusu, sessiya məlumatı, istifadəçi əməliyyatı və server cavabı log fayllarında saxlanılır. Bu həcmli məlumatların emalı üçün **böyük verilənlər ekosistemi** istifadə olunur: **Apache Hadoop** və **Apache Spark** real vaxtda log məlumatlarını emal edir [2], [3]. **Kafka** və **Flume** texnologiyaları məlumat axınını idarə edir. Məlumatlar **NoSQL** bazalarında (məsələn, *MongoDB*, *Elasticsearch*) saxlanılaraq sürətli analiz üçün əlçatan olur. Sadə integrasiya arxitekturası aşağıdakı kimidir:

1. Log toplama – Nginx və ya Apache web serverlərindən məlumatların *Filebeat* və *Fluentd* vasitəsilə toplanması.

2. Məlumat axınının yönləndirilməsi – *Kafka* vasitəsilə Spark və Elasticsearch sistemlərinə ötürülməsi.

3. Analiz mərhələsi – Spark ML və ya TensorFlow modelləri ilə anomaliya aşkarlanması.

4. Vizualizasiya və xəbərdarlıq – *Kibana* və *Grafana* kimi interfeyslərdə nəticələrin real vaxtda təqdim olunması.

Bu yanaşma böyük şirkətlərin təhlükəsizlik mərkəzlərində (SOC – *Security Operations Center*) geniş tətbiq olunur.

Süni intellekt və böyük verilənlərin integrasiyası. Süni intellektin məlumatlara əsaslanan qərarvermə mexanizmi böyük verilənlər olmadan mümkün deyil. İnkişaf etmiş integrasiya modeli aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir:

1. Məlumat toplanması – web serverlər, istifadəçi sorğuları, sistem logları və təhlükəsizlik sensorlarından məlumatların alınması.

2. Məlumatların emalı – təmizlənməsi, təsnifatı və model üçün uyğun formata salınması.

3. Modelin öyrədilməsi – maşın öyrənməsi və ya dərin öyrənmə üsulları ilə sistemin hücum nümunələrini tanıması.

4. Aşkarlama və reaksiya – real vaxt rejimində potensial hücumların avtomatik müəyyənləşdirilməsi və cavab tədbirlərinin görülməsi [2].

Belə sistemlər artıq real sınaqlarda 95–97% dəqiqliklə hücumların aşkarlanmasına nail olmuşdur. Bu integrasiya web tətbiqlərinin təhlükəsizliyini yalnız passiv qoruma səviyyəsindən aktiv, öyrənən və adaptiv müdafiə səviyyəsinə qaldırır.

Eksperimental yanaşmalar. Azərbaycan və beynəlxalq miqyasda bu istiqamətdə müxtəlif tədqiqatlar aparılır. Məsələn: **MIT CSAIL** laboratoriyasında “AI Defender” adlı sistem log məlumatlarına əsaslanaraq sıfır gün (zero-day) hücumlarını aşkar edir. **Microsoft Sentinel** bulud əsaslı SIEM platformasında anomaliya aşkarlanması üçün *Azure Machine Learning* modulları tətbiq olunur.

Yerli səviyyədə isə universitetlərdə və startaplarda *Python*-la yazılmış sadə modellərdən istifadə edilərək web sistemlərinin log analizləri həyata keçirilir.

Hər hansı eksperimental ssenarini aşağıdakı kimi tərtib etmək mümkündür:

- Web tətbiqinin *access.log* faylında 100.000-dən çox sorğu saxlanılır.
- *Pandas* və *Scikit-learn* kitabxanaları ilə bu loglar emal olunur.
- *Isolation Forest* və *K-Means Clustering* metodları ilə şübhəli davranışlar (çox tez-tez giriş, təkrarlanan səhv parol cəhdləri və s.) aşkar edilir.
- Sistem bu məlumatları idarə panelinə ötürür və təhlükə reytingini hesablayır.

Süni intellekt və böyük verilənlər real tətbiqlərdə kibertəhlükəsizliyin avtomatlaşdırılmasını təmin edir. Bu texnologiyalar real vaxtda analiz, adaptiv cavab və proqnozlaşdırma imkanları yaradaraq kiberhücumların qarşısının alınmasında yüksək səmərəlilik təmin edir. Gələcək tədqiqatlar bu sistemlərin daha dəqiq, resurs baxımından səmərəli və etik qaydalara uyğun şəkildə işləməsinə yönəldilməlidir. Beləliklə, süni intellekt və böyük verilənlər kibertəhlükəsizlik sahəsində ən perspektivli istiqamətlərdən biri kimi çıxış edir.

Ədəbiyyat

1. S.Russell, P.Norvig. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson, 2022, 1152 p.
2. F.Provost, T.Fawcett. Data Science for Business. O'Reilly Media, 2013, 414 p.
3. R.Zuech, T.M.Khoshgoftaar, R.Wald. "Intrusion detection and Big Data: The future of cybersecurity". Journal of Big Data, 2015, p 45-65.
4. T.Alpcan, T.Başar. Network Security: A Decision and Game-Theoretic Approach. Cambridge University Press, 2011, 296 p.

İŞGALDAN AZAD OLUNMUŞ RAYONLARDA MƏŞĞULLUĞUN İQTİSADI İNKİŞAFA TƏSİRİNƏ DAİR

Yusifova Nərmin

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi)

nyusifova65@gmail.com

Xülasə: *Məqalədə kənddən şəhərə miqrasiyanın artdığı şəraitdə işçi qüvvəsi ilə iqtisadi artım arasındakı əlaqə araşdırılır. Qarabağ və Şərqi Zəngəzurun azad edilmiş ərazilərində bu əlaqənin öyrənilməsi məqsədi ilə beynəlxalq tədqiqatlara, xüsusilə 1960–2019-cu illəri əhatə edən panel analizlərinə istinad edilir. Nəticələr göstərir ki, əhali artımı ilə iqtisadi artımın təsiri ölkələr üzrə fərqlidir və qarşılıqlı asılılıq yaradır. Solou modelinə görə, əhali artımı uzunmüddətdə adambaşına gəliri azaltsa da, təhsil və innovasiyaya sərmayə bu təsiri müsbət istiqamətə çevirə bilər. Azərbaycanın yeni universitetlərinin (Qarabağ, ADA, Ali Neft Məktəbi və s.) yaradılması da bu məqsədə xidmət edir. Qarabağ və Şərqi Zəngəzurdə təhsil və infrastrukturun inkişafı yaxın gələcəkdə işçi qüvvəsi ilə iqtisadi artım arasında müsbət əlaqə formalaşdıracaq.*

Açar sözlər: *əhali dinamikası, iqtisadi artım, zaman sıraları, qeyri-müəyyənlik, əhali artımı*

Miqrasiyanın (kənddən-şəhərə) bütün dünyanı bürüdüüyü müasir dövrdə işçi qüvvəsi və iqtisadi artım arasında əlaqənin öyrənilməsi çox vacib məsələdir. Biz Qarabağ və Şərqi Zəngəzurun işğaldan azad edilmiş rayonlarında işçi sayının iqtisadi artıma necə təsir göstərməyini öyrənmək məqsədi ilə dünya çapında və ölkəmizdə nəşr olunan məqalələri təhlil edərkən Cənubi Amerikanın Argentina və Uruqvay ölkələrində yaşayıb çalışan Qaston Kassials, Fernanda Antonio İqnasio Qonsales və Silviya Londonun əhali və iqtisadi artımın səbəb-nəticə əlaqələrinin panel təhlili məqaləsini istinad materialı kimi qəbul edirik. Bu alimlər 1960-cı ildən 2019-cu ilədək dövrdə 111 ölkədən daxil olan panel verilənlərindən istifadə edərək əhali artımı ilə iqtisadi artım arasında qarşılıqlı əlaqə məsələsinə baxmışlar. Birinci mərhələdə qeyri-parametrik metodla ölkələri üç qrupa ayırmışlar. 2022-ci il BMT-nin verilənlərinə görə dünya əhalisinin sayı 8 milyardı keçmişdir. Proqnozlar artımın yavaşlaması tendensiyasını göstərir, bu da stabilləşməyə gətirib çıxarar. Bu qanunauyğunluqlar bütün ölkələr üçün eyni deyildir. Bəzilərində əhalinin sıfır təbii artımı gözlənilirdi halda bir sıra digər ölkələrdə yaxın illərdə yüksək templər saxlanılır. Əgər bu proqnozlar yaxın gələcəkdə təsdiqini tapsa da, əhalinin miqrasiyasını dayandırmağa elə bir təsdiqedici əlamət yoxdur. Müasir iqtisadiyyat nə qədər ki, əhali tərkibinin sayının stabil səviyyəsinə nail olmayıb, iqtisadi artım üçün neqativ potensial hadisələrin baş vermə risklərindən qaçınılmaz olacaqdır. Bu da əhalinin ümumi yaşayış səviyyəsinə birbaşa təsir göstərəcəkdir. Əhalinin artım tempi-

nin rəqsi xarakteri dinamikaya həm təklif, həm də tələb tərəfindən təsir edəcəkdir. Bu zaman iqtisadi artımın özü əhali artımının qanunauyğunluqlarını formalaşdıracaqdır. Bu isə çox mürəkkəb olan demoqrafik artımla iqtisadi artım arasında qarşılıqlı əlaqənin formasını ortaya çıxaracaqdır.

Əhali artımı və iqtisadi artım arasında olan əlaqə çoxdandır ki, iqtisadçıların, demoqrafiya ilə məşğul olanların, siyasətçilərin mübahisə predmetinə çevrilmişdir. Bu diskussiyanın əsasında əhali artımının iqtisadi göstəriciləri və ümumi yaşayış səviyyəsinə potensial sürətli və yavaş təsirlər öz əksini tapır. Ümumi tarixi diskussiya olmasına baxmayaraq bu günə kimi bu iki dəyişənin qarşılıqlı əlaqəsinin əsasında mexanizmlərin, səbəb və effektlərin nəzəri izahı yoxdur.

Əhali iqtisadi artımın hərəkətverici qüvvəsi kimi çıxış edir. Əhalinin kifayət qədər çox hissəsini iqtisadi inkişafın əsas amillərindən olan işçi qüvvəsi təşkil edir. Eyni zamanda artımın son məqsədi əhalinin ümumi yaşayış səviyyəsinin yaxşılaşdırılmasıdır. Bu iki dinamika arasındakı qarşılıqlı əlaqənin başa düşülməsi üçün iqtisadi artımın aydın olması həlledici rol oynayır. Hələ bugünə kimi belə bir aydınlıq yoxdur ki, əhali artımı iqtisadi artım üçün müsbət, neytral və ya mənfi faktor sayılsın. Dünyanın məşhur iqtisadçılarından iqtisadi artımın əhali dinamikasına necə təsir göstərdiyi barədə xeyli tədqiqat aparmalarına baxmayaraq bu mənada hələki vahid fikrə gəlinməyibdir.

Müasir artım nəzəriyyələri klassik modellərə nisbətən əhali artımına daha uyğun gəlirlər. Artımın standart modellərinə görə əhalini ekzogen dəyişən kimi qəbul edilərək onun fiksə olunmuş templə artdığını qəbul edirlər. Solou modelində (Solow, 1956) əhali artımı ilə əhalinin adambaşına düşən gəliri arasında mənfi əlaqənin olduğunu qəbul edirlər. Uzun müddətli perspektivlərdə əhali artımının daha yüksək artım templəri, əhalini adambaşına düşən istehsal səviyyəsinin çox aşağı dayanıqlı olması ilə əlaqədardır. Qısa müddətli perspektivdə əhali artımının daha da yüksək templəri yeni dayanıqlı vəziyyətə keçid dövründə əhalinin adambaşına düşən daha az istehsal artımına gətirib çıxarır.

Qeyd edək ki, model əhali ilə işçi qüvvəsini bir-birindən fərqləndirmir, yanlış olaraq hesab edir ki, hər ikisi eyni sürətlə və ya stabil şəkildə artır. Bu halda azalan məhdud gəlirlilik tənliyi adambaşına düşən istehsalın stabil və ya fiksə olunmuş səviyyəsini bildirir. Modelə görə dayanıqlı və ya davamlı iqtisadi artım kəsilməz texnoloji tərəqqinin hesabına baş verə bilər.

Bu məqalə üzərində işləyərkən, başqa ölkələrin çoxillik statistik göstəricilərinə baxarkən belə nəticəyə gəlirik ki, əgər təhsil və elmə innovativ yeniliklərə daha çox maliyyə vəsaiti ayrılrsa, seçim prosesi daha şəffaf olsa, yaxşı nəticələr götürə bilərik, yəni insan artımı iqtisadi artımın yüksəlməsinə səbəb olar. Bunu Yaponiya, Koreya, Sinqapur, Malayziya, Skandinaviya ölkələri misalında görmək olar.

Keçən əsrin sonlarında qonşu Qazaxıstan dövləti də bu addımı atmağa məcbur oldu, aparıcı dövlətlərə gəncləri təhsil almağa, daha lazımlı ixtisasa yiyələnməyə göndərməkdənsə, belə təhsil ocaqlarının öz ölkələrində açılmasına üstünlük verdilər.

Bu mənada bizim ölkədə son illərdə açılan və fəaliyyətə başlayan Azərbaycan Diplomatiya Akademiyası, Ali Neft Məktəbi, Azərbaycan-Fransa, Azərbaycan-Türkiyə Universitetləri, Qarabağ Universiteti və nəhayət İtaliya-Azərbaycan Universiteti yaxın zamanlarda öz fəaliyyəti ilə ölkəmizdə böyük dəyişikliklər olmasına şərait yaradacaqdır. Bu universitetlərdə yaradılan şərait, müəllim və əməkdaşların aldıkları yüksək fərqli maaş sistemindən tutmuş normal elmi mühit, normal təchizat deməyə əsas verir ki, istədiyimiz nəticə artıqlaması ilə alınacaqdır.

2-ci ildir fəaliyyətə başlayan Qarabağ Universitetində yaradılan şərait çox ürəkaçandır, bu şərait normal və dünyanın aparıcı universitetlərində yaradılmış şəraitə bənzəyir. Belə universitetləri açmaqda məqsəd bu təhsil ocaqlarını cəmiyyətin sosial, iqtisadi, texnoloji və mədəni inkişafında fəal rol oynayan beynəlxalq nüfuzlu, qabaqcıl elm, təhsil və incəsənət mərkəzlərindən birinə çevirməkdir. Ölkəmizin davamlı sosial, iqtisadi və mədəni inkişafına töhfə verə bilən və beynəlxalq standartlara uyğun keyfiyyətli, yüksək ixtisaslı kadrlar hazırlamaq, nəticəverici elmi istiqamətlərdə tədqiqatlar aparmaq və innovativ metodlardan istifadə etməklə cəmiyyətə faydalı xidmətlər göstərməkdir. Bu ilin sentyabrın 12-də Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Radiasiya Problemləri İnstitutunun ölkəmizin və xarici universitetlərin ilə birgə təşkil etdiyi “Hərbi münasıqışlərin ətraf mühitə təsiri” adlı konfransın bağlanışını keçirtmək məqsədi ilə Xankəndi və Şuşa şəhərində olarkən gördüyümüz quruculuq işləri insanların azad olunmuş ərazilərin bərpası, bizim əzəli torpaqlarımızda əhalinin ürəklə yaşaması və çalışması deməyə əsas verir ki, qısa müddətdə açılmış universitet və məktəblərin sayı artacaq, daha çox müəssisə fəaliyyətə başlayacaq, təhsilin və elmi tədqiqatların inkişafı ilə bağlı innovativ tədbirlərin genişliyi bizə daha operativ formada işçi qüvvəsi ilə iqtisadi artım arasında əlaqənin öyrənilməsinə imkan verəcəkdir.

Ədəbiyyat

1. Cayssials G, González FAI, London S (2024) Əhali və İqtisadi Artım: Panel Səbəb Təhlili. Əhali və İqtisadiyyat 8(3):220–240. <https://doi.org/10.1007/s10868-024-10000-0>.
2. Cayssials – Respublika Universiteti, İqtisadiyyat və Səhiyyə Elmləri Fakültəsi, Metodoloji Tədqiqat Bölməsi, Montevideo, 11200, Uruqvay. E-poçt: gaston.cayssials@fcea.edu.uy
3. Fernando Antonio Ignacio González – Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 1781421, Çili. E-poçt : fernando.gonzalez@fce.unam.tchil

DOMİNANT QARIŞIQ TÖRƏMƏLİ ALTITƏRTİBLİ HİPERBOLİK TƏNLİK ÜÇÜN QURSA TIPLI MƏSƏLƏ

Yusubov Şakir, Babayeva Səbinə

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakultəsi)

yusubov_shakir@mail.ru, babayevashbin323@gamil.com

Xülasə: İşdə dominant qarışıq törəməli altıtərtibli hiperbolik tənlik üçün qoyulmuş Qursa tipli məsələnin həllinin varlıq və yeganəliyi tədqiq edilir.

Açar sözlər: Dominant qarışıq törəmə, hiperbolik tənlik, Qursa tipli şərt.

İşdə $G = \{x = (x_1, x_2, x_3): x_i \in G_i = (x_i^0, x_i^1), i = 1, 2, 3\}$ oblastında verilmiş

$$(l_{222}u)(x) \equiv D_1^2 D_2^2 D_3^2 u(x) + \sum_{\substack{i_1+i_2+i_3 \leq 6 \\ 0 \leq i_k \leq 2 \\ k=1,2,3}} a_{i_1 i_2 i_3}(x) D_1^{i_1} D_2^{i_2} D_3^{i_3} u(x)$$

$$+ a(x)u(\bar{x}) = \varphi_{222}(x) \quad (1)$$

tənliyinin

$$\begin{aligned} (l_{i_1 00}u)(x_2, x_3) &\equiv D_1^{i_1} u(x_1^0, x_2, x_3) \\ &= \varphi_{i_1 00}(x_2, x_3), (x_2, x_3) \in G_2 \times G_3, i_1 = \overline{0,1}, \\ (l_{2 i_2 0}u)(x_1, x_3) &\equiv D_1^2 D_2^{i_2} u(x_1, x_2^0, x_3) \\ &= \varphi_{2 i_2 0}(x_1, x_3), (x_1, x_3) \in G_1 \times G_3, i_2 = \overline{0,1}, \\ (l_{22 i_3}u)(x_1, x_2) &\equiv D_1^2 D_2^2 D_3^{i_3} u(x_1, x_2, x_3^0) \\ &= \varphi_{22 i_3}(x_1, x_2), (x_1, x_2) \in G_1 \times G_2, i_3 = \overline{0,1} \end{aligned} \quad (2)$$

şərtləri daxilində həllinin varlıq və yeganəliyi araşdırılır. Burada

$u(x)=u(x_1, x_2, x_3)$ - axtarılan funksiya, $D_s^k = \frac{\partial^k}{\partial x_s^k}$ - Sobolev mənasında ümumiləşmiş törəmə, $a(x)$ və $a_{i_1 i_2 i_3}(x)$, $i_k = \overline{0,1}$, $k = 1, 2, 3$ - funksiyaları G -də verilmiş ölçülən funksiyalar olub, $a(x)$ və $a_{i_1 i_2 i_3}(x) \in \mathcal{L}_p(G)$;

$$a_{2 i_2 i_3}(x) \in \mathcal{L}_{\infty, p, p}^{x_1, x_2, x_3}(G), a_{i_1 2 i_3}(x) \in \mathcal{L}_{p, \infty, p}^{x_1, x_2, x_3}(G), a_{i_1 i_2 2}(x) \in \mathcal{L}_{p, p, \infty}^{x_1, x_2, x_3}(G),$$

$$a_{22 i_3}(x) \in \mathcal{L}_{\infty, \infty, p}^{x_1, x_2, x_3}(G), a_{2 i_2 2}(x) \in \mathcal{L}_{\infty, p, \infty}^{x_1, x_2, x_3}(G), a_{i_1 22}(x) \in \mathcal{L}_{p, p, \infty}^{x_1, x_2, x_3}(G),$$

$$i_k = \overline{0,1}, k = 1, 2, 3;$$

həmçinin $\varphi_{i_1 00}(x_2, x_3), \varphi_{2 i_2 0}(x_1, x_2), \varphi_{22 i_3}(x_1, x_2)$, $i_k = \overline{0,1}, k = 1, 2, 3$; ver-

ilmiş ölçülən funksiyalar olub, $\varphi_{i_1 00}(x_2, x_3) \in w_p^{(2,2)}(G_2 \times G_3)$,

$$\varphi_{2 i_2 0}(x_1, x_3) \in w_p^{(0,2)}(G_1 \times G_3), \varphi_{22 i_3}(x_1, x_2) \in \mathcal{L}_p(G_1 \times G_2),$$

$i_k = \overline{0,1}, k = 1, 2, 3; 1 \leq p < \infty, \bar{x} \in G$ -qeyd olunmuş nöqtədir.

(1), (2) məsələsinin həlli $D_1^2 D_2^2 D_3^2 u$ dominant qarışıq törəməli
 $W_p^{(2,2,2)}(G) = \{u \in \mathcal{L}_p(G) \mid D_1^{i_1} D_2^{i_2} D_3^{i_3} u \in \mathcal{L}_p(G), i_k = \overline{0,1}, k = 1,2,3\}$

Sobolev fəzasında axtarılır.

[1] işində, (1) tənliyində $\alpha(x) \equiv 0, x \in G$ olduqda Dirixle məsələsi araşdırılıb. Bu işdə (1), (2) məsələsinin verilənləri üzərinə qoyulmuş müəyyən şərtlər daxilində məsələnin həllinin varlıq və yeganəliyi tədqiq edilir.

Ədəbiyyat

1. Юсубов Ш.Ш. О двух различных постановках задачи Дирихле для одного псевдопараболического уравнения шестого порядка // Вестник Бакинского Университета, серия физ.-мат.наук 2016, №1, с.37-41

İDARƏDİCİDƏ GECİKMƏ OLAN KAPUTO KƏSR SİSTEMLƏRİNDƏ OPTİMALLIQ ÜÇÜN ZƏRURİ ŞƏRT

Yusubov Şakir, Həsənova Leyla

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

yusubov_shakir@mail.ru, Leyla.hasanmath@gmail.com

Xülasə: *Təqdim olunan işdə idarəedicidə gecikmə olan Kaputo kəsr sistemlərində optimallıq üçün diferensial maksimum prinsipi şəklində zəruri şərt alınmışdır.*

Açar sözlər: *Optimal idarəedici, zəruri şərt, Kaputo kəsr törəməsi.*

Tutaq ki, idarə olunan proses idarəedicidə gecikmə olan $\alpha \in (0,1)$ tərtibli Kaputo törəməli

$$\begin{aligned} ({}^C D_{t_0+}^{\alpha} x)(t) &= f(t, x(t), u(t), u(t-h)) \\ \text{s. b. } t &\in [t_0, t_1], \end{aligned} \quad (1)$$

diferensial tənliyi və

$$x(t_0) = x_0 \quad (2)$$

başlanğıc şərti ilə təsvir olunur.

Burada n -ölçülü $x(t)$ -vektoru faza dəyişənini, r -ölçülü $u(t)$ -vektoru idarəedici dəyişəni, $v(t) = u(t-h)$, t -zamanı, müsbət h sabiti gecikməni ifadə edir; $t_0, t_1 \in \mathbb{R}$, $x_0 \in \mathbb{R}_n$ -qeyd olunmuş nöqtələr olub $t_1 > t_0 + h$; $f(t, x, u, v)$ funksiyası x, u, v arqumentlərinə nəzərən ikinci tərtib də daxil olmaqla xüsusi törəmələri ilə birlikdə arqumentlərinin küllüsünə nəzərən $[t_0, t_1] \times \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^r \times \mathbb{R}^r$ çoxluğunda kəsilməzdir.

Mümkün idarəedicilər olaraq qiymətləri boş olmayan qabarıq $V \subset \mathbb{R}^r$

çoxluğundan olan ölçülən məhdud r ölçülü $u(t)$, $t \in [t_0 - h, t_1]$ vektor funksiyaları götürülür, burada

$$u(t) \in V, \quad t \in [t_0 - h, t_1]. \quad (3)$$

Qeyd olunmuş $u(t)$, $t \in [t_0 - h, t_1]$ idarəedicisinə uyğun (1), (2) məsələsinin həlli dedikdə elə $x(\cdot) \in AC_\infty([t_0, t_1], \mathbb{R}^n)$ (bax: [1]) funksiyası başa düşülür ki, o (1) diferensial tənliyini sanki bütün $t \in [t_0, t_1]$ üçün və (2) başlangıç şərtini adi mənada ödəsin.

Optimal idarəetmə məsələsində məqsəd mümkün idarəedicilərə uyğun (1), (2) məsələsinin həlləri çoxluğunda

$$J(u) = \varphi(x(t_1)) + \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_{t_0}^{t_1} (t_1 - t)^{\beta-1} f_0(t, x(t), u(t), u(t-h)) dt \quad (4)$$

funksionalını minimallaşdırmaqdır. Burada $\varphi(x)$ iki dəfə kəsilməz diferensiallanan skalyar funksiya, skalyar $f_0(t, x, u, v)$ funksiyası x, u, v arqumentlərinə nəzərən ikinci tərtib də daxil olmaqla xüsusi törəmələri ilə birlikdə arqumentlərinin küllüsünə nəzərən $[t_0, t_1] \times R^n \times R^r \times R^r$ çoxluğunda kəsilməzdir.

(1)-(4) məsələsində optimallıq üçün diferensial maksimum prinsipi şəklində zəruri şərt alınmışdır.

Ədəbiyyat

1. Sh.Sh. Yusubov, E.N.Mahmudov, "Necessary optimality conditions for singular controls of Caputo fractional systems with delay in control", Qualitative Theory of Dynamical systems, 24, 61(2025), <https://doi.org/10.1007/s12346-025-01225-x>

PARABOLİK TİP TƏNLİKLƏR ÜÇÜN BİR QARIŞIQ MƏSƏLƏNİN SONLU FƏRQLƏR ÜSULU İLƏ HƏLLİ

Zaidov Şahmar

(SDU, Riyaziyyat fakultəsi)

shahmar.zaidov@mail.ru

Xülasə: İşdə parabolik tip tənlik üçün sərhəd şərtlərində məchul funksiyanın fəza dəyişəninə nəzərən xüsusi törəməsi iştirak edən bir məsələyə baxılır və bu məsələnin həllinə sonlu fərqlər üsulu tətbiq edilir. Məsələni ikinci tərtib dəqiqliklə approksimasiya edən fərq məsələsi qurulur, fərq məsələsinin həll üsulu verilir və fərq məsələsinin həllinin ilkin məsələnin həllinə yığılması isbat edilir.

Açar sözlər: parabolik tənliklər, sonlu fərq, approksimasiya, ikinci tərtib, törəmə.

1. Məsələnin qoyuluşu

Tutaq ki, düzbucaqlı qapalı $\bar{D} = \{0 \leq x \leq l, 0 \leq t \leq T\}$ oblastında təyin olunmuş elə kəsilməz $u = u(x, t)$ funksiyasını tapmaq tələb olunur ki, bu funksiya

$$\frac{\partial u(x, t)}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} + bu(x, t) + f(x, t), \quad 0 < x < l, 0 < t \leq T, \quad (1)$$

tənliyini

$$\begin{aligned} \frac{\partial u(0, t)}{\partial x} + \alpha_1 u(0, t) &= \mu_1(t), \\ \frac{\partial u(l, t)}{\partial x} + \beta_1 u(l, t) &= \mu_2(t), \end{aligned} \quad 0 \leq t \leq T, \quad (2)$$

sərhəd şərtlərini və

$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad 0 \leq x \leq l \quad (3)$$

başlangıç şərtini ödəsin.

Burada $f(x, t)$, $\mu_1(t)$, $\mu_2(t)$, $\varphi(x)$ funksiyaları öz arqumentlərinin kəsilməz funksiyaları, $a > 0$, b , α_1 , β_1 - həqiqi ədədlərdir.

Fərz edəcəyik ki, bu məsələnin yeganə həlli var.

Bu məsələni sonlu fərqlər üsulu ilə həll etmək üçün, $\bar{D} = \{0 \leq x \leq l, 0 \leq t \leq T\}$ oblastında $\bar{\omega}_{h\tau} = \{(x_n, t_j), x_n = nh, t_j = j\tau, n = 0, 1, 2, \dots, N, j = 0, 1, 2, \dots, j_0, Nh = l, j_0\tau = T\}$ şəbəkə oblastını təyin edək və bu şəbəkə oblastında (1)-(3) məsələsinə uyğun fərq məsələsini yazaq: (1)-(3) məsələsinin həlli olan $u = u(x, t)$ funksiyasının $D = \{0 < x < l, 0 < t < T\}$ oblastında X dəyişəninə nəzərən dördüncü və t dəyişəninə nəzərən üçüncü tərtibədək məhdud xüsusi törəmələri olarsa və (1) tənliyi $\bar{D}$ oblastının $x = 0$ və $x = l$ sərhədləri üzərində də ödənərsə, onda aşağıdakı fərq məsələsi (1)-(3) məsələsini $O(h^2 + \tau^2)$ dəqiqliyi ilə approksimasiya edər [1]:

$$\frac{y_n^{j+1} - y_n^j}{\tau} = \frac{a^2}{2} \Lambda(y_n^{j+1} + y_n^j) + b \frac{y_n^{j+1} + y_n^j}{2} + f_n^j, \quad n = 1, 2, \dots, N-1, \quad (4)$$

$$\frac{y_1^{j+1} - y_0^{j+1}}{h} - \frac{h}{2a^2} \frac{y_0^{j+1} - y_0^j}{\tau} + \left(\alpha_1 + \frac{bh}{2a^2} \right) \frac{y_0^{j+1} + y_0^j}{2} = f_0^j,$$

$$\frac{y_N^{j+1} - y_{N-1}^{j+1}}{h} + \frac{h}{2a^2} \frac{y_N^{j+1} - y_N^j}{\tau} + \left(\beta_1 - \frac{bh}{2a^2} \right) \frac{y_N^{j+1} + y_N^j}{2} = f_N^j,$$

$$j = 0, 1, \dots, j_0 - 1, \quad (5)$$

$$y_n^0 = \varphi_1(x_n), \quad n = 0, 1, 2, \dots, N. \quad (6)$$

Burada

$$\Lambda y_n^j = \frac{y_{n+1}^j - 2y_n^j + y_{n-1}^j}{h^2}, \quad f_0^j = \mu_1(t_j) - \frac{h}{2a^2} f(0, t_j), \quad f_N^j = \mu_2(t_j) + \frac{h}{2a^2} f(l, t_j),$$

$$f_n^j = f\left(x_n, \frac{t_j + t_{j+1}}{2}\right) \quad n = 1, 2, \dots, N-1.$$

2. Fərq məsələsinin həlli

(4)-(6) fərq məsələsini həll etmək üçün, onu aşağıdakı şəkildə yazaq:

$$c_0 y_0^{j+1} - b_0 y_1^{j+1} = g_0^j, \quad -a_n y_{n-1}^{j+1} + c_n y_n^{j+1} - b_n y_{n+1}^{j+1} = g_n^j, \quad n = 1, 2, \dots, N-1, \quad (7)$$

$$-a_N y_{N-1}^{j+1} + c_N y_N^{j+1} = g_N^j, \quad j = 0, 1, \dots, j_0 - 1$$

$$y_n^0 = \varphi(x_n), \quad n = 0, 1, 2, \dots, N. \quad (8)$$

Burada $c_0 = 1 + \frac{h^2}{2a^2\tau} - \frac{h}{2}\left(\alpha_1 + \frac{bh}{2a^2}\right)$, $b_0 = 1$, $a_n = \frac{a^2}{2h^2}$, $c_n = \frac{1}{\tau} + \frac{a^2}{h^2} - \frac{b}{2}$, $b_n = \frac{a^2}{2h^2}$,

$$n = 1, 2, \dots, N-1, \quad a_N = 1, \quad c_N = 1 + \frac{h^2}{2a^2\tau} + \frac{h}{2}\left(\beta_1 - \frac{bh}{2a^2}\right),$$

$$g_0^j = \frac{h^2}{2a^2} f(0, t_j) - h\mu_1(t_j) + \frac{h^2}{2a^2\tau} y_0^j + \frac{h}{2}\left(\alpha_1 + \frac{bh}{2a^2}\right) y_0^j,$$

$$g_n^j = \frac{1}{\tau} y_n^j + \frac{a^2}{2} \Lambda y_n^j + \frac{b}{2} y_n^j + f_n^j, \quad n = 1, 2, \dots, N-1,$$

$$g_N^j = \frac{h^2}{2a^2} f(l, t_j) + h\mu_2(t_j) + \frac{h^2}{2a^2\tau} y_N^j + \frac{h}{2}\left(\beta_1 - \frac{bh}{2a^2}\right) y_N^j.$$

j – un hər bir qiymətində (7)-(8) məsələsi üç nöqtəli fərq məsələsidir. j – un sıfıra bərabər qiymətində (8) şərtlərindən istifadə etməklə (7) məsələsinin sağ tərəfində iştirak edən g_n^0 – ları tapmaq mümkündür. Ona görə j – un bu qiymətində, məlum qovma üsulundan istifadə etməklə, üç nöqtəli (7) fərq məsələsini həll edib, $y_n^1, n = 0, 1, 2, \dots, N$, qiymətlərini tapa bilərik. Daha sonra, ardıcıl olaraq, $j = 1, 2, \dots, j_0 - 1$, götürməklə və hər dəfə tapılmış $y_n^j, n = 0, 1, 2, \dots, N$, qiymətlərini nəzərə almaqla, (7) məsələsini həll edib, bütün $y_n^j, n = 0, 1, 2, \dots, N, j = 2, 3, \dots, j_0$, qiymətlərini tapa bilərik.

3. Məsələnin sonlu fərqlər üsulu ilə həllinin yığılması

İlkin məsələyə uyğun (4)-(5) fərq məsələsini aşağıdakı şəkildə yazaq [2]:

$$\left(\frac{1}{h} + \frac{h}{2a^2\tau} - \frac{1}{2}\left(\alpha_1 + \frac{bh}{2a^2}\right)\right) y_0^{j+1} - \frac{1}{h} y_1^{j+1} - \left(\frac{h}{2a^2\tau} + \frac{1}{2}\left(\alpha_1 + \frac{bh}{2a^2}\right)\right) y_0^j = f_0^j,$$

$$-\frac{a^2}{2h^2}y_{n-1}^{j+1} + \left(\frac{1}{\tau} + \frac{a^2}{h^2} - \frac{b}{2}\right)y_n^{j+1} - \frac{a^2}{2h^2}y_{n+1}^{j+1} - \frac{a^2}{2h^2}y_{n-1}^j - \left(\frac{1}{\tau} - \frac{a^2}{h^2} + \frac{b}{2}\right)y_n^j - \frac{a^2}{2h^2}y_{n+1}^j = f_n^j, \\ -\frac{1}{h}y_{N-1}^{j+1} + \left(\frac{1}{h} + \frac{h}{2a^2\tau} + \frac{1}{2}\left(\beta_1 - \frac{bh}{2a^2}\right)\right)y_N^{j+1} - \left(\frac{h}{2a^2\tau} - \frac{1}{2}\left(\beta_1 - \frac{bh}{2a^2}\right)\right)y_N^j = f_N^j, \quad (9)$$

$$n=1,2,\dots,N-1, \quad j=0,1,\dots,j_0-1, \quad y_n^0 = \varphi(x_n), \quad n=0,1,\dots,N. \quad (10)$$

Teorem 1 (Maksimum prinsipi). Tutaq ki, $y_n^j, n=0,1,\dots,N, j=0,1,\dots,j_0$, şəbəkə funk- siyası (4)-(6) fərq məsələsinin həllidir. Fərz edək ki, $n=0,1,2,\dots,N, j=0,1,\dots,j_0-1$, şərtləri ödənilir. Əgər $f_n^j \leq 0$ ($f_n^j \geq 0$),

$$b < 0, \quad \alpha_1 < 0, \quad \beta_1 > 0, \quad \tau \leq \min\left(\frac{2h^2}{2a^2 - bh^2}, -\frac{2h}{2a^2\alpha_1 + bh}, \frac{2h}{2a^2\beta_1 - bh}\right), \quad (11)$$

şərtləri ödənərsə, onda (9)-(10) fərq məsələsinin eynilik kimi sabitə bərabər olmayan həlli özünün ən böyük müsbət (ən kiçik mənfi) qiymətini $n=0,1,\dots,N, j=1,2,\dots,j_0$, olduqda ala bilməz.

Teorem 2. Tutaq ki, $y_n^j, n=0,1,\dots,N, j=0,1,\dots,j_0$, şəbəkə funksiyası (9)-(10) fərq məsələsinin həllidir. Fərz edək ki, $f_n^j \leq 0, n=0,1,2,\dots,N, j=0,1,\dots,j_0, \varphi(x_n) \leq 0, n=0,1,\dots,N, (f_n^j \geq 0, n=0,1,\dots,N, j=0,1,\dots,j_0, \varphi(x_n) \geq 0, n=0,1,\dots,N)$ şərtləri ödənilir. Əgər (11) şərtləri ödənərsə, onda

$$y_n^j \leq 0 \quad (y_n^j \geq 0), \quad n=0,1,\dots,N, j=0,1,\dots,j_0.$$

Bu teoremin hökmünün doğruluğu maksimum prinsipindən alınır.

Nəticə. Tutaq ki, (11) şərtləri ödənilir. Onda (9)-(10) fərq məsələsinə uyğun bircins məsələnin yalnız trivial $y_n^j \equiv 0, n=0,1,\dots,N, j=0,1,\dots,j_0$, həlli var və deməli (9)-(10) fərq məsələsinin yeganə həlli var.

Teorem 3 (Müqayisə teoremi). Tutaq ki, $y_n^j, n=0,1,\dots,N, j=0,1,\dots,j_0$, (9)-(10) fərq məsələsinin həlli, $\tilde{y}_n^j, n=0,1,\dots,N, j=0,1,\dots,j_0$, isə (9)-(10) fərq məsələsində $f_n^j, n=0,1,2,\dots,N, j=0,1,\dots,j_0$, və $\varphi(x_n), n=0,1,\dots,N$, funksiyalarını, uyğun olaraq $\tilde{f}_n^j, n=0,1,2,\dots,N, j=0,1,\dots,j_0$, və $\tilde{\varphi}(x_n), n=0,1,\dots,N$, funksiyaları ilə əvəz etdikdə alınan məsələnin həllidir. Tutaq ki, (11) münasibətləri ödənilir. Əgər $|f_n^j| \leq \tilde{f}_n^j, n=0,1,2,\dots,N, j=0,1,\dots,j_0$, və $|\varphi(x_n)| \leq \tilde{\varphi}(x_n), n=0,1,\dots,N$, şərtləri ödənərsə, onda $|y_n^j| \leq \tilde{y}_n^j, n=0,1,\dots,N, j=0,1,\dots,j_0$.

Teorem. Tutaq ki, (1)-(3) məsələsinin həlli olan $u = u(x, t)$ funksiyası $D = \{ 0 < x < l, 0 < t \leq T \}$ oblastında X dəyişəninə nəzərən dördüncü, t dəyişəninə nəzərən üçüncü tərtibədək məhdud xüsusi törəmələrə malikdir. Əgər (11) şərtləri ödənərsə, onda (9)-(10) fərq məsələsinin həlli (1)-(3) məsələsinin həllinə yığılır və bu zaman

$$\|y - u\| \leq L\xi(h + \tau)$$

qiymətləndirilməsi doğrudur. Burada

$$\|y - u\| = \max_{0 \leq n \leq N, 0 \leq j \leq j_0} |y_n^j - u(x_n, t_j)|.$$

Ədəbiyyat

1. Самарский А.А. (1971) Введение в теорию разностных схем. М. Наука, 552 с.
2. Ханкишиев З.Ф. (2021) Решение одной задачи для линейного нагруженного дифференциального уравнения параболического типа с интегральными условиями. Вестник Бакинского Университета, серия физико-математических наук, № 4, с.25-38.

XƏTTİ VOLTER İNTEQRO-DİFERENSİAL TƏNLİKLƏRİN HƏLLİNƏ EYLER ÜSULUNUN TƏTBİQİ

Zeynalova Aysel

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakultəsi)

aysel.zeynal@inbox.ru

Xülasə: Təqdim olunan işdə xətti Volter tipli inteqro-diferensial tənliklərin ədədi həllinə baxılmışdır. Məlumdur ki, bu tip tənliklərdə inteqral və diferensial tənliklərin iştirak etməsi nəticəsində müəyyən çətinliklərlə rastlaşırıq. Bu çətinliyi aradan qaldırmaq üçün adətən inteqralı inteqral cəmi ilə əvəz etmək üsulundan istifadə edilir. Nəticədə alınan tənliyi həll etmək məqsədilə təqribi üsullardan istifadə edilir. Bu məqsədlə Eyer üsulundan istifadə edilmiş və bu üsul inteqro-diferensial tənlik üçün Koşi məsələsinin ədədi həllinə tətbiq edilmişdir. Qeyd edək ki, tərtib olunan üsulun dəqiqlik dərəcəsi 1-ə bərabərdir.

Açar sözlər: Volter tip inteqro-diferensial tənlik, Koşi məsələsi, biraddımlı üsul, Eyer üsulu.

Burada xətti Volter tipli inteqro-diferensial tənlik üçün Koşi məsələsinin həllinə baxılmışdır. Xətti Volter inteqro-diferensial tənliyi üçün Koşi məsələsi aşağıdakı fəradır[1]-[3]:

$$y'(x) = f(x) + \int_{x_0}^x K(x, t)y(t)dt, \quad y(x_0) = y_0, \quad x_0 \leq x \leq X. \quad (1)$$

Volter tipli integro-diferensial tənlik üçün Koşi məsələsinin ədədi həllini tapmaq məqsədilə biraddımlı üsuldən istifadə olunması təklif olunmuşdur. Belə ki, Eyler üsulundan istifadə edilmişdir.

(1) tənliyinin sağ tərəfindəki integralı integral cəmi ilə əvəz edək. Onda Eylerin aşkar üsulu üçün aşağıdakını alırıq:

$$y_{i+1}=y_i + h(f(x_{i+1})+f(x_i))/2 + h(K(x_i,x_i)+K(x_{i+1},x_i))y_i \quad (2) \quad i=0,1,2,...,N.$$

(2) formulası aşkar olduğu üçün hesablama rekurent üsul formasında yerinə yetirilir. Bu formula vasitəsilə (1) məsələsinin həllini $x_i=x_0+ih$ nöqtələrində tapmaq olar. Burada $h>0$, $[x_0,X]$ parçasını bərabər hissələrə bölən sabitdir və addım adlanır.

$i=0$ olduqda:

$$y_1=y_0 + h(f(x_1)+f(x_0))/2 + h(K(x_0,x_0)+K(x_1,x_0))y_0.$$

Beləliklə, xətti Volter integro-diferensial tənlik üçün Koşi məsələsinin Eyler üsulu ilə həllinə baxıldı.

Ədəbiyyat

1. A.A.Samarskiy, A.V.Gulin Numerical Methods. Moskva, 1989.
2. P.Linz Analytical and Numerical methods for Volterra Equations. Philadelphia. Society for Industrial and Applied Mathematics, 1985.
3. J.C.Butcher Numerical Methods for ODE. Wiley, 2016

NEUTROSOPHIC TOPOLOGY ON THE SETS

Abdullayev Sebuhi, İmranlı Simara

(BDU, Mexanika-Riyaziyyat fakültəsi)

sebuhiabdullayev@mail.ru, imranlisimara@gmail.com

Abstract. *The present study is devoted to describe the concepts of continuous, open and closed mapping by using soft points on neutrosophic topological spaces. Additionally, continuous, open and closed mapping on neutrosophic topological spaces and their characterizations are also introduced. Finally, some of the crucial properties of the proposed concepts are investigated. Taking advantage of neutrosophic topology, we obtain the family of topologies and normal topologies. It is clear that the category of neutrosophic topological spaces is an extension both the category of soft topological spaces and the category of topological spaces.*

We define the concept of neutrosophic topology (cotopology) τ on X and show that each neutrosophic topology constitutes a descending family of topologies. Later in the paper, we introduce the concepts of base and subbase in neutrosophic topological space of sets.

Keywords: *neutrosophic set, neutrosophic topology (cotopology), base, subbase in neutrosophic topological space.*

Definition 1. [2] A neutrosophic set A on the universe of X is defined as

$$A = \{ \langle x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) \rangle, x \in X \}, \text{ where } T, I, F: X \rightarrow]^{-0}, 1^+[\text{ and } \\ -0 < 0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3^+$$

Definition 2. [1,3] Let X be an initial universe set and E be a set of parametres. Let $P(X)$ denote the set of all neutrosophic sets of X . Then, a neutrosophic soft set $(\tilde{F}, E)$ over X is a set defined by a set valued function $\tilde{F}$ representing a mapping $\tilde{F}: E \rightarrow P(X)$ where $\tilde{F}$ is called approximate function of the neutrosophic soft set $(\tilde{F}, E)$. In other words, the neutrosophic soft set is a parameterized family of some elements of the set $P(X)$ and therefore it can be written as a set of ordered pairs,

$$(\tilde{F}: E) = \{ (e, \langle x, T_{\tilde{F}(e)}(x), I_{\tilde{F}(e)}(x), F_{\tilde{F}(e)}(x) \rangle : x \in X) : e \in E \}$$

where $T_{\tilde{F}(e)}(x), I_{\tilde{F}(e)}(x), F_{\tilde{F}(e)}(x) \in [0,1]$ respectively called the truth-membership, indeterminacy-membership, falsity-membership function of $\tilde{F}(e)$. Since supremum of each T, I, F is 1 so the inequality $0 \leq T_{\tilde{F}(e)}(x), I_{\tilde{F}(e)}(x), F_{\tilde{F}(e)}(x) \leq 3$ is obvious.

Theorem 1. [1,5] a) If $\tau = (\tau_T, \tau_I, \tau_F)$ is a neutrosophic topology on X , then $v = (v_T, v_I, v_F)$ is a NCT on X such that $v_T(A) = \tau_T((A)^C)$, $v_I(A) = \tau_I((A)^C)$, $v_F(A) = \tau_F((A)^C)$.

b) If $v = (v_T, v_I, v_F)$ is a NCT on X , then $\tau = (\tau_T, \tau_I, \tau_F)$ is a neutrosophic topology on X such that $\tau_T(A) = v_T((A)^C)$, $\tau_I(A) = v_I((A)^C)$, $\tau_F(A) = v_F((A)^C)$.

Theorem 2. Let (X, τ) be a NTS . For each $r \in (0,1]$,

$$\tau_{T_r}: \{A \subset X: \tau_T(A) \geq r\}, \quad \tau_{I_r}: \{A \subset X: \tau_I(A) \geq r\}, \quad \tau_{F_r}: \{A \subset X: \tau_F(A) \geq 1 - r\},$$

are three descending families of topologies of X such $\tau_{T_r}, \tau_{I_r}, \tau_{F_r}$.

Theorem 3. Let (X, τ) be a NTS and $Y \subset X$. Define three mappings $(\tau_{TY}, \tau_{IY}, \tau_{FY}): P(X) \rightarrow [0,1]$ by:

$$\begin{aligned} \tau_{TY}(A) &= \vee \{ \tau_T(B): A = B \cap Y, B \subset X \}, \\ \tau_{IY}(A) &= \vee \{ \tau_I(B): A = B \cap Y, B \subset X \}, \\ \tau_{FY}(A) &= \wedge \{ \tau_F(B): A = B \cap Y, B \subset X \}. \end{aligned}$$

Then the triplet $(\tau_{TY}, \tau_{IY}, \tau_{FY})$ is a neutrosophic topology on Y and

$$\tau_{TY}(B \cap Y) \geq \tau_T(B), \quad \tau_{IY}(B \cap Y) \geq \tau_I(B), \quad \tau_{FY}(B \cap Y) \leq \tau_F(B).$$

Reference

1. Atanassov, K. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy sets and system, 20(1), 87-96.
2. Bayramov, S., Gunduz, C. (2021). Mappings on intuitionistic fuzzy topology of soft sets. Filomat, 35, 4341-4351.

3. Bayramov, S., Gunduz (Aras), C. (2014). On intuitionistic fuzzy soft topological spaces. TWMS J. Pure Appl. Math., 5(1), 66-79.
4. Bayramov, S., Gunduz, C. (2013). Soft locally compact spaces and soft paracompact spaces. Journal of mathematics and system science, 3, 122-130.
5. Bayramov, S., Aras, C.G., Kocinac, Lj.D.R. (2023). Interval-valued topology on soft sets. Axioms, 12(7), 692-712.

CORRELATION-BOUNDED MULTI-ATTRIBUTE SELECTIVITY ESTIMATION VIA MIN/MAX-LINKED HISTOGRAMS AND LP-TIGHTENED FEASIBLE BANDS

Aliyev Chinar

(BDU, Applied Mathematics and Cybernetics, Department of Informatics)

chinaraliyev@gmail.com

Abstract: Selectivity estimation is a critical task for query optimizer. To produce efficient execution plan for a given query depends on the quality of estimation. Existing commercial database management systems (DBMSs) often rely on the **attribute value independence (AVI) assumption**, which simplifies selectivity estimation by treating attributes as independent. However, empirical evidence consistently shows that real-world datasets exhibit significant correlations among attributes, making the AVI assumption unrealistic and leading to substantial errors in cardinality estimation. We study multi-dimensional range selectivity estimation when only partition-level **marginal** histograms are kept and, for each attribute, a small set of popular (Top-N) values is augmented with a row-id (RID) span $[B, E]$. We introduce **RLTN-F(RID linked TOPN selectivity from RID overlap Fraction)**, a storage-light estimator that (i) uses full-inclusion matches of Top-N spans across attributes with a simple min-frequency contribution and subtract-all update, and (ii) handles partial overlaps by sweeping RID windows

Keywords: query optimization, selectivity estimation, histograms, approximate query answering.

1. Introduction:

The initial solution was introduced by Muralikrishna and DeWitt [3] in the form of a multi-dimensional equi-depth histogram. A limitation of this early approach was its heuristic method for selecting attributes for partitioning. This was subsequently refined by Poosala and Ioannidis [4] with the MHIST algorithm. Subsequent research has yielded a variety of alternative methods, including histogram-based techniques such as MinSkew [5], GenHist [6], and

Dignitary [9], as well as non-histogram-based approaches [7, 8]. We leverage a simple but potent signal: at histogram-build time we attach to each Top-N value u a **RID span** $[B(u), E(u)]$ **within its partition**, indicating where its rows lie after grouping and partitioning. At query time, we intersect these spans across attributes to recover correlated mass for the query region - **without** ever storing a joint table. Although in this paper any type of histogram could be used, but we use compressed histogram which tries to keep popular and top-n values in separate buckets. Since, we try to catch correlation using Top-N and bucket boundaries. In addition, we provide frequency of each bucket boundary.

Our contribution can be summarized as:

- We introduce a practical head estimator that reconstructs correlated mass using only Top-N **frequencies** and their **RID spans**, no joint frequency storage.
- Brings multi-dimensional range selectivity estimation to one dimensional space. It simplifies the multi-dimensional optimal partitioning and optimal sort parameter problems.
- No need to worry about the curse dimensionality problem, our approach can be scaled easily.
- Since, it uses only attribute level one-dimensional histograms and does not have complexity that the multi-dimensional histogram has.
- One-dimensional histograms already have been implemented in commercial databases, so our approach can be integrated to the existing implementation. Since, we only supply additional information to the one-dimensional histograms.

2. Problem Statement and suggested solution

Problem statement. Given a table T with d attributes $A_1, \dots, A_d$ partitioned into P partitions with row counts $\{R_i\}$, and for each partition-attribute pair a marginal histogram plus a Top-N list where each Top-N atom u carries a frequency $f(u)$ and a RID span $I_u = [B(u), E(u)]$, estimate the selectivity of a multidimensional range query Q that specifies a value/range constraint $R_j(Q)$ for every A_j . For a RID interval $W = [x_1, x_2)$ (half-open), define the **overlap fraction** $\alpha(u | W) = \frac{|I_u|}{|I_u \cap W|} \in [0, 1], |I_u| := E(u) - B(u) + 1$.

For a Top-N atom uuu in attribute j , its **window contribution capacity** equals $f(u)\alpha(u | W)$.

Let $X_i = \{B(u), E(u) + 1 : u \in \cup_j H_{ij}\}$ be all endpoints in partition i . Their sorted order induces **windows** $W_i = \{W_k = [x_k, x_{k+1})\}$. In each window, every I_u is either disjoint or fully covers the window. We decompose the selectivity in

partition i as

$$\hat{p}_i \approx \underbrace{\frac{H_i}{R_i}}_{\text{head}} + \underbrace{p_i^{\text{tail}}}_{\text{residual AVI}}$$

- Case-1: For a $u \in H_{ij}$ there is at least one interval for each attribute which includes the atoms RID range, so full inclusion case.
- Case-2: For a $u \in H_{ij}$ there is at least one intersected interval for each attribute. So the overlap case.

References:

1. V.Poosala,Y.E.Ioannidis,P.J.Haas,andE.J.Shekita.“Improved Histograms for Selectivity Estimation of Range Predicates”.
2. Y. Ioannidis “*The History of Histograms (abridged)*” 2003
3. Muralikrishna M., DeWitt D.: Equi-Depth Histograms for Estimating Selectivity Factors for MultiDimensional Queries. SIGMOD Conf. (1988) 28-36
4. Poosala V., Ioannidis Y.: Selectivity Estimation Without the Attribute Value Independence Assumption. VLDB Conf. (1997)
5. S. Acharya, V. Poosala, and S. Ramaswamy. Selectivity estimation in spatial databases. In SIGMOD, pages 13–24,
6. D. Gunopulos, G. Kollios, V. J. Tsotras, and C. Domeniconi. Selectivity estimators for multidimensional range queries over real attributes, VLDB J., 14(2):137–154, 2005.
7. J.-H. Lee, D.-H. Kim, and C.-W. Chung. Multi-dimensional selectivity estimation using compressed histogram information. In SIGMOD, pages 205–214, 1999.
8. Y. Matias, J. S. Vitter, and M. Wang. Wavelet-based histograms for selectivity estimation. In SIGMOD, pages
9. M. Shekelyan, A. Dignos, and J. Gamper, “Digithist: a histogram- based data summary with tight error bounds,” PVLDB, vol. 10, no. 11, pp. 1514–1525, 2017.
10. UCI machine learning repository. <https://archive.ics.uci.edu/ml/index.ph>

NUMERICAL SOLUTION OF A MODEL BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR THE LAPLACE EQUATION

Aliyeva Sabina, Jabrayilov Shamo

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakultəsi)

binaaliyeva@mail.ru

Abstract: *The thesis considers the numerical solution of the two-dimensional Laplace equation with boundary conditions of the first kind. The Laplace equation is approximated using the finite difference method based on second-order central difference formulas on a uniform grid. The resulting system of linear algebraic equations is solved by the Gauss–Seidel*

iterative method. The obtained numerical results are compared with the exact solution, confirming the accuracy of the applied approach. The error of the method is $O(h^2 + l^2)$.

Keywords: Laplace equation, finite difference method, Gauss–Seidel method, numerical solution, boundary conditions, Dirichlet condition.

Let the equation be given as:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f(x, y) \quad (1)$$

with the boundary conditions of the first kind:

$$u|_{\Gamma} = \varphi(M) \quad (2)$$

Due to the fact that $f(x, y) = 4$, $x \in [0; 1]$, $y \in [0; 1]$, the exact solution to equation (1) is the function

$$u(x, y) = x^2 + y^2$$

which satisfies the boundary conditions:

$$u(0, y) = y^2, \quad u(1, y) = 1 + y^2,$$

$$u(x, 0) = x^2, \quad u(x, 1) = 1 + x^2$$

Choose the step size $h = \frac{a}{n}$ and $l = \frac{b}{m}$, where $i = \overline{0, n}$ and $j = \overline{0, m}$.

Let us define a uniform grid of nodes:

$$x_j = h \cdot i$$

$$y_i = l \cdot j$$

Approximate the partial derivatives $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ and $\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$ at each internal node using second-order central difference formulas.

$$\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right)_{i,j} = \frac{u_{i+1,j} - 2u_{i,j} + u_{i-1,j}}{h^2} + O(h^2)$$

$$\left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)_{i,j} = \frac{u_{i,j+1} - 2u_{i,j} + u_{i,j-1}}{l^2} + O(l^2)$$

Replace the Laplace equation with the finite-difference equation:

$$\frac{u_{i+1,j} - 2u_{i,j} + u_{i-1,j}}{h^2} + \frac{u_{i,j+1} - 2u_{i,j} + u_{i,j-1}}{l^2} = 0$$

$$i=1, 2, \dots, n-1, \quad j=1, 2, \dots, m-1.$$

The error of replacing the differential equation with a finite difference equation is:

$$O(h^2 + l^2).$$

The value of the grid function is given by:

$$u_{ij} = \frac{1}{2} \left[\frac{l^2}{l^2 + h^2} (u_{i-1,j} + u_{i+1,j}) + \frac{h^2}{l^2 + h^2} (u_{i,j+1} + u_{i,j-1}) \right],$$

Boundary conditions:

$$u_{i,0} = f_3(x_i), \quad u_{i,m} = f_4(x_i), \quad i=1,2,\dots,n-1,$$

$$u_{0,j} = f_1(y_j), \quad u_{n,j} = f_2(y_j), \quad j=1,2,\dots,m-1.$$

For solving the equation we apply the Gauss-Seidel method and the matrix sweep method to solve the problem. The results of the solution are presented in Tables 1, 2 for $N=10$ and $M=10$.

Table 1. Results of solving equation (1) using the Gauss-Seidel method.

Point	Exact Value	Approximated Solution	Error
(0.93333334; 0.93333334)	1.7422222	1.769305	0.027708283
(0.89999998; 0.03333335)	0.81111109	0.83176279	0.02065168
(0.89999998; 0.93333334)	1.68111111	1.718901	0.0377899
(0.80000001; 0.1)	0.64999998	0.64250479	0.00749519
(0.89999998; 0.1)	0.81999999	0.87125242	0.051252391
(0.94999999; 0.94999999)	1.80499999	1.822245	0.017245056
(0.96666664; 0.96666664)	1.8688889	1.8777022	0.008813362
(0.96666664; 0.03333335)	0.93555558	0.9443689	0.008813362
(0.96666664; 0.93333334)	1.8055556	1.80096	0.0045956
(0.97500002; 0.92500001)	1.80625	1.8192412	0.012991147

Table 2. Results of solving equation (1) using the matrix sweep method.

Point	Exact Value	Approximated Solution	Error
(0.80000001; 0.80000001)	1.2835299	1.281765	0.0017649499
(0.30000001; 0.89999998)	0.8999998	0.901151	0.0011510008
(0.69999999; 0.69999999)	0.98000002	0.98391938	0.0039193579
(0.1; 0.69999999)	0.5030422	0.50152111	0.001521094
(0.80000001; 0.69999999)	1.13574426	1.1328721	0.0028721632
(0.40000001; 0.80000001)	0.80000001	0.80282724	0.0028272432
(0.89999998; 0.30000001)	0.8999998	0.90715349	0.0071534859
(0.1; 0.89999998)	0.81999999	0.82044297	0.00044299962
(0.80000001; 0.89999998)	1.45167953	1.4508398	0.00083973759
(0.1; 0.80000001)	0.64999998	0.65093225	0.00093226088

References

1. Самарский, А. А. / Введение в теорию разностных схем / А. А. Самарский. Москва: Наука, 1971, 226 с.
2. Крылов, В. И., Бобков, В. В., Монастырский, П. И. / Вычислительные методы, т.2, Конструктивная теория функций / В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырский. Москва: Наука, 1977, 175 с.
3. Самарский, А. А. / Введение в численные методы / А. А. Самарский. Москва: Наука, 1982, 211 с.

HYBRID AND ADAPTIVE FUZZY TIME SERIES FORECASTING MODELS

Alizada Parvin

(Baku State University, Faculty of Applied Mathematics and Cybernetics)

palizade@inbox.ru

Abstract: *This paper presents hybrid and adaptive fuzzy time series forecasting models combining fuzzy logic with deep learning architectures. The research focuses on integrating the interpretability of fuzzy systems with the learning ability of neural networks, enabling accurate predictions under uncertain and nonlinear conditions. The adaptive mechanism dynamically adjusts the degree of fuzziness based on data variability, allowing the model to respond to structural changes in time series. Experimental results demonstrate improved accuracy and robustness compared to classical methods.*

Keywords: *fuzzy time series, hybrid model, deep learning, adaptive fuzziness, forecasting.*

In modern forecasting problems, data are often uncertain, incomplete, and non-stationary. Traditional statistical models such as ARIMA or exponential smoothing have limited capacity to represent nonlinear patterns and uncertainty [1]. The fuzzy time series (FTS) framework, introduced by Song and Chissom, has become a powerful tool for modeling vague information [2]. However, classical fuzzy systems rely on predefined membership functions and fixed rule bases, which reduce flexibility when dealing with rapidly changing data.

To overcome these limitations, hybrid and adaptive fuzzy forecasting models have been proposed [3][4]. A hybrid model integrates fuzzy logic with deep neural networks (DNNs) to capture both qualitative and quantitative characteristics of time series. The neural network component, typically implemented as a Long Short-Term Memory (LSTM) network [5], extracts temporal features, while the fuzzy inference layer enhances interpretability and manages uncertainty.

The general structure of the proposed hybrid system consists of two main modules. The first module employs an LSTM network to learn nonlinear temporal dependencies and produce preliminary forecasts. The second module performs fuzzy inference of the Mamdani type, refining the output through rule-based reasoning. For example, rules such as “IF the trend is increasing AND the variance is high THEN forecast slightly higher” enable human-like decision logic within the predictive process [6].

In addition to the hybrid design, this study introduces an adaptive

fuzzification mechanism. The fuzzification parameters (membership function width, number of intervals, and linguistic granularity) are dynamically tuned using a feedback-based optimization process [7]. The mechanism evaluates the forecasting error and modifies fuzziness degree to minimize prediction uncertainty. As a result, the model adapts to both long-term drifts and short-term fluctuations, maintaining consistent accuracy [8].

Experimental validation was carried out using synthetic and real-world time series from finance, energy, and meteorology. The hybrid adaptive model achieved lower Mean Absolute Error (MAE) and Root Mean Square Error (RMSE) compared to classical FTS and pure LSTM models. Specifically, the hybrid approach improved accuracy by 12–18% and exhibited greater stability under noisy conditions [9].

In conclusion, hybrid and adaptive fuzzy time series models provide a promising framework for forecasting in uncertain and dynamic environments. Future work will focus on enhancing self-learning capabilities and implementing real-time adaptive mechanisms for large-scale data streams [10].

References

1. L.A.Zadeh, Fuzzy sets, *Information and Control*, 8(3), 338–353, 1965.
2. Q.Song, B.S.Chissom, Forecasting enrollments with fuzzy time series—Part I, *Fuzzy Sets and Systems*, 54(1), 1–9, 1993.
3. S.M.Chen, Forecasting enrollments based on fuzzy time series, *Fuzzy Sets and Systems*, 81(3), 311–319, 1996.
4. S.Ghosh, S.Datta, Hybrid neuro-fuzzy models for time series forecasting: a review, *Neural Computing and Applications*, 32, 973–989, 2020.
5. S.Hochreiter, J.Schmidhuber, Long short-term memory, *Neural Computation*, 9(8), 1735–1780, 1997.
6. L.Wang, J.M.Mendel, Generating fuzzy rules by learning from examples, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 22(6), 1414–1427, 1992.
7. K.Huarng, Effective lengths of intervals to improve forecasting in fuzzy time series, *Fuzzy Sets and Systems*, 123(3), 387–394, 2001.
8. J.Zang, L.Wang, Adaptive fuzzy logic systems: theory and applications, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 29(4), 761–772, 2021.
9. S.Li, X.Jin, Y.Xue, Forecasting with fuzzy time series combined with LSTM neural network, *Expert Systems with Applications*, 164, 113–118, 2021.
10. H.Nguyen, C.Walker, *A first course in fuzzy logic*, Chapman and Hall/CRC, 2018.

INTERVAL VALUED TOPOLOGY ON FUZZY SETS

Gahramani Janel, Bayramov Sadi

(BSU, Faculty of Mechanics and Mathematics)

gahramanijanel@gmail.com, baysadi@gmail.com

Abstract: We study the concept of interval-valued fuzzy set on the family of fuzzy $FS(X)$. Later we define the concept of interval-valued fuzzy topology. At the end, a basis of an interval-valued topology on a fuzzy set is defined.

Key words: Interval-valued fuzzy topology, base, subbase.

Let $FS(X)$ fuzzy sets on X , the set of all closed subintervals of I is denoted by $[I]$.

Definition 1. The mapping $\tau = [\tau^-, \tau^+] : FS(X) \rightarrow [I]$ is called an interval-valued topology on $FS(X)$ if it satisfies to following axioms:

- 1) $\tau(\bar{0}) = \tau(\bar{1}) = [1, 1]$
- 2) $\tau(A \wedge B) \geq \tau(A) \wedge \tau(B)$ for each $A, B \in FS(X)$
- 3) $\tau(\bigvee_{j \in J} A_j) \geq \bigwedge_{j \in J} \tau(A_j)$

The pair $(FS(X), \tau)$ is called an interval-valued topological space.

Theorem 1. Let $\{\tau_{\tilde{a}}\}_{\tilde{a} \in I}$ be a descending family of fuzzy topology on X . Then the mapping $\tau : FS(X) \rightarrow [I]$

$$\tau(A) = \bigvee_{A \in \tau_{\tilde{a}}} \tilde{a}$$

is an interval-valued topology on $FS(X)$.

Theorem 2. Let τ_1, τ_2 be interval-valued topologies on $FS(X)$. Then $\tau_1 = \tau_2$ if and only if $[\tau_1]_{\tilde{a}} = [\tau_2]_{\tilde{a}}$ for each $\tilde{a} \in [I]$.

Theorem 3. Let $(FS(X), \tau)$ be an interval-valued topological space and let $Y \subset X$. We define the mapping $\tau_Y : FS(Y) \rightarrow [I]$ as follows: for each $A \in FS(Y)$,

$$\tau_Y(A) = \bigvee_{B \in FS(X), A=B/Y} \tau(B)$$

Then τ_Y is an interval-valued topology on $FS(Y)$ and $\tau_Y(A) \geq \tau(A)$.

Definition 2. $(FS(X), \tau)$ interval-valued topological spaces and $\mathcal{B} : FS(X) \rightarrow [I]$ be a mapping such that $\mathcal{B} \subset \tau$ i.e., $\mathcal{B}(A) \leq \tau(A)$. Then $\mathcal{B}$ is called on interval-valued base for τ , if for each $A \in FS(X)$,

$$\tau(A) = \bigvee_{\{B_j\} \subset FS(X), A = \bigvee B_j} \bigwedge_{j \in J} \mathcal{B}(B_j)$$

Theorem 4. Let $\mathcal{B}: FS(X) \rightarrow [I]$ be a mapping, satisfies the following conditions:

- 3) $B(A \wedge B) \geq B(A) \wedge B(B)$, then $\tau(A) = \bigvee_{B_j=A} \bigwedge_j B_j(A)$ is interval-valued topology and $\mathcal{B}$ is base.

Literature

1. Sadi Bayramov, Çiğdem Gündüz Aras, Ljubiša D. R. Kočinac, Interval-Valued Topology on Soft Sets, *Axioms*, 2023, 12, 692, Pages 1-20.
2. D. L. Shi, J. I. Baek, M. Cheong, S. H. Han, K. Hur Ordinary interval-valued fuzzifying topological spaces *AFMI*, 2023, Volume 25, No. 2, Pages 175–203

ADDRESSING PROBLEM OF ETHICAL AI THOROUGH EXPLAINABLE MODEL AND FUZZY LOGIC

Gardashova Latafat, Kosov Pavel

(Azerbaijan State Oil and Industry University,

Faculty of Information Technologies and Control)

l.gardashova@asoiu.edu.az; plavel_kosov@asoiu.edu.az

Abstract: Artificial Intelligence (AI) increasingly helps to make decisions in healthcare, finance, criminal justice, education, etc., but the opacity of these systems have serious ethical issues. We explore how eXplainable AI (XAI) methodologies can solve ethical issues coming from AI black-box models. Our approach combines structured knowledge framework with fuzzy reasoning to create transparent, reliable explanations that help users evaluate prediction quality. We demonstrate how designed explanatory mechanisms can improve accountability and ethics while handling the inherent fuzziness in real-world knowledge, showing that better explainability fundamentally supports practices of Ethical AI.

Keywords: XAI, Ethical AI, Explainability, Ontology, Fuzzy Knowledge, Fuzzy System.

Introduction

Usage of Artificial Intelligence (AI) in decision-making has created ethical questions about transparency, responsibility, and equity. While black-box algorithms achieve impressive performance, they hide their reasoning purposes. Research directions have emerged to address these challenges. DARPA's eXplainable AI (XAI) program [1] established principles for explainable systems, showing the need for human-understandable output. Approaches based on semantic web technologies showed promise in providing structured explanations [2], where ontologies help to present expert knowledge.

Fuzzy logic [3] has demonstrated its effectiveness across different do-

mains, from mathematical modeling to control systems, providing flexible framework for handling uncertainty and imprecision in real-world [4]. Recent work has explored fuzzy ontologies to handle uncertainty [5], demonstrating that graduated truth values better capture domain knowledge than crisp logical systems. The integration of fuzzy logic with XAI represents a significant step toward addressing both technical and ethical challenges [6, 7].

Building on these foundations, we propose that knowledge-based XAI frameworks using fuzzy logic presents solutions to AI ethics problems. By capturing expert knowledge through formal semantic structures and delivering explanations with confidence measures, these methods connect computational outputs to human understanding, building trust towards AI systems.

Preliminaries

Ontologies. Formally ontologies can be presented as triplet $O = (C, \leq_C, R, \leq_R, A^O)$ where the set of object concepts is represented as C and has a partial order $\leq_C$. R is a set of relations between objects, which is partially ordered by $\leq_R$, and is represented as $R \subseteq C \times C$. Also, A^O is a set of axioms for the ontology O . If (a, b) belongs to R , this can be written as $b = r(a)$.

Fuzzy Logic. Consider a domain X . We can characterize a fuzzy set A within X through its membership functions $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$, where $\mu_A(x)$, quantifies how strongly element x belongs to A [3, 4]. Linguistic modifiers can adjust functions in such way as: intensifier $Very(A)$ uses $\mu_{Very(A)}(x) = (\mu_A(x))^2$, while weakener $Slightly(A)$ applies $\mu_{Slightly(A)}(x) = \sqrt{(\mu_A(x))}$.

Fuzzy OWL2 Ontologies. They are extending OWL2 ontologies by incorporating fuzzy values. Fuzzy assertions can be represented as $\langle a: C, n \rangle$, where instance a fits category C with strength $n \in [0,1]$. Relationship statements appear as $\langle \langle a, b \rangle : R, n \rangle$, indicating connection R between instances a and b holds with confidence n . Hierarchical relationships take form $\langle C_1 \sqsubseteq C_2, n \rangle$, expressing that C_1 specializes C_2 to degree n [5, 6].

Experimental Work

Our system uses fuzzy ontology for explainable credit risk assessment to show the capabilities of the system. The structure organizes three main classes: Risk (with GoodRisk/BadRisk subclasses), LoanTaker (dataset individuals), and ExplanatoryConcept (containing five explanatory dimensions: CheckingAccount, CreditAmount, Duration, Housing, and SavingAccount). Each dimension has fuzzy linguistic values.

Our architecture in Fig. 1 for fuzzy ontology-based system uses N+1

models: M_{global} predicts target class while $M_1, \dots, M_N$ identify “explanatory” properties. Predictions populate the ABox of fuzzy ontology with graduated assertions like $\langle LoanTaker_0: GoodRisk, 0.94 \rangle$. The engine of logical reasoning validates consistency and generates explanations with certainty degrees by giving output as JSON file for future integration of various user interfaces [6].

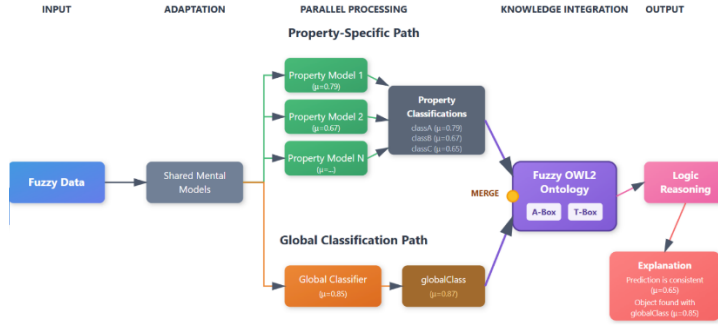


Fig. 1. Architecture for our fuzzy ontology-based explainable system

Given training data $D = (x_j, y_j)_{j=1}^m$ with feature space $X = X^1 \times X^2 \times \dots \times X_d$, we can divide features into fuzzy sections. Parameters $[a, b, c]$ define the fuzzy section. For example, loan amounts might split into: SmallCredit with $\mu_{small}(x)$ covering $[0, 5000]$, MediumCredit with $\mu_{Medium}(x)$ spanning $[3000, 15000]$, and LargeCredit with $\mu_{Large}(x)$ extending $[10000, \infty)$ [3].

Instead of binary classification $f: X \rightarrow 0,1$, the fuzzy approach gives $f_{fuzzy}: X \rightarrow [0,1]$ with interpretations: $f_{fuzzy}(x) \geq 0.8$ shows high risk, $0.4 \leq f_{fuzzy}(x) < 0.8$ indicates moderate risk, and $f_{fuzzy}(x) < 0.4$ suggests low risk. This supports ethical principles through clarity, responsibility, and justice.

Results and Discussion

Traditional ontology-based XAI uses crisp assertions $\langle individual : Class \rangle$ with binary truth, producing explanations like “GoodRisk because hasOwnHousing AND hasSmallCredit” without confidence indicators. Our fuzzy approach employs graduated assertions $\langle individual : Class, n \rangle$ where $n \in [0,1]$, generating “GoodRisk (0.94): OwnHousing (0.79), ShortDuration (0.67), SmallCredit (0.55)”. Key advantages include: 1) uncertainty representation matching human thinking; 2) ethical accountability through confidence-based values; 3) adjustable certainty thresholds for risk-sensitive applications.

Conclusion

By addressing clarity, responsibility, and justice issues in complex algorithms, explainable AI offers a promising approach to Ethical AI. Knowledge-

based methods such as semantic web technologies (fuzzy OWL2 ontologies in our case) with fuzzy mathematics provide organized frameworks for reliable explanations with confidence indicators. These methods help users to understand AI logic, identify bias, and identify situations requiring human intervention.

However, technical explanations cannot solve all AI ethics issues. AI scientists, field practitioners, ethics scholars, and policy architects must collaborate for deployment. In the future, we must adapt these frameworks across fields, standardize explanation effectiveness metrics, and create regulatory structures that require sufficient transparency for consequential AI uses. Openness and human understanding let us build Ethical AI systems that serve humanity.

References

1. D.Gunning, D.W.Aha DARPA's Explainable Artificial Intelligence Program. AI Magazine, 2019, vol.40, №2, 44-58p.
2. M.Bellucci, N.Delestre, N.Malandain, C.Zanni-Merk Combining an explainable model based on ontologies with an explanation interface to classify images. Procedia Computer Science, 2022, vol.207, 2395-2403p.
3. L.A.Zadeh Fuzzy Sets, 1965, vol.8, №3, 338-353 p.
4. L.Gardashova Fuzzy Logic and Its Applications. Book, Baku, 2023, 423p.
5. F.Bobillo, U.Straccia Fuzzy ontology representation using OWL 2. International Journal of Approximate Reasoning, 2011, vol.52, №7, 1073-1094p.
6. P.Kosov, N.El Kadhi, C.Zanni-Merk, L.Gardashova Formalizing fuzzy explainability: enhancing XAI trustworthiness with fuzzy-ontology-based explanatory properties. Procedia Computer Science, 2024, vol.270, 3768-3777p.
7. R.Confalonieri, T.Weyde, T.R.Besold, F.Moscato del Prado Martín Using ontologies to enhance human understandability of global post-hoc explanations of black-box models. Artificial Intelligence, 2021, vol.296.

ON A BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR A FOURTH-ORDER ELLIPTIC EQUATION WITH AN INTEGRAL CONDITION

Gonagova Leyla, Murselova Matanat

(BSU, Faculty of Mechanics and Mathematics)

leylagonagova@gmail.com

Key words: *fourth-order elliptic equation; boundary value problem*

Consider the equation

$$u_{iiii}(x,t) + u_{xxxx}(x,t) = f(x,t) \quad (1)$$

and substitute for it in the domain $D_T = \{(x, t) : 0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq T\}$ a boundary value problem with boundary conditions

$$u(x, 0) = \varphi_0(x), \quad u_t(x, T) = \varphi_1(x),$$

$$u_{tt}(x, 0) = \varphi_2(x), \quad u_{ttt}(x, T) = \varphi_3(x) \quad (0 \leq x \leq 1), \quad (2)$$

$$u_x(0, t) = u_x(1, t) = u_{xxx}(0, t) = 0 \quad (0 \leq t \leq T) \quad (3)$$

with integral condition

$$\int_0^1 u(x, t) dx = 0 \quad (0 \leq t \leq T) \quad (4)$$

where $f(x, t)$, $\varphi_i(x)$ ($i = \overline{0, 3}$), are the given functions, and $u(x, t)$ is the unknown function to be determined.

Definition 1. The function $u(x, t) \in C^4(D_T)$ is said to be a classical solution of the problem (1)-(4), if this function satisfies Equation (1) in D_T , the condition (2) on $[0, 1]$, and the statements (3)-(4) on the interval $[0, T]$.

Summary: In this paper, a boundary value problem for a fourth-order elliptic equation is investigated. First, the initial problem is reduced to the equivalent problem for which the existence and uniqueness theorem of the solution is proved. Then, using these facts, the existence and uniqueness of the classical solution of the initial problem is proved.

Reference

1. On an Inverse Boundary Value Problem for a Fourth Order Elliptic Equation with Integral Condition. Abstract and applied Analysis, Volume 2014, Article ID 858516, 10 p.

A COMPUTATIONAL APPROACH TO SOLVING ODES USING RUNGE KUTTA METHOD

Guliyeva Farida

(BDU, Mexanika riyaziyyat fakültəsi)

faridaguliyeva30@gmail.com

Abstract: This study focuses on the computational implementation of the Runge-Kutta method for solving ordinary differential equations (ODEs), specifically those presented as initial value problems (IVPs). The main objective is to analyze the accuracy, stability, and computational efficiency of the Runge-Kutta method through several numerical examples. Using MATLAB as the computational environment, different step sizes and

function types are tested to demonstrate the practical applicability of the method. The obtained results indicate that the classical fourth-order Runge-Kutta method (RK4) provides a balance between accuracy and computational cost, making it one of the most efficient single-step methods for solving ODEs. This work offers a clear computational framework for implementing and analyzing numerical solutions of ODEs.

Keywords: Ordinary Differential Equations (ODEs), Initial Value Problems (IVPs), Runge-Kutta Method, Numerical Analysis, MATLAB, Computational Methods, Autonomous differential equations.

The fourth-order Runge-Kutta method is a commonly used approach for efficiently determining initial values when solving equations. It achieves a good balance between accuracy and computational cost by estimating slopes at multiple points within each step and combining them to obtain a reliable result. This method involves computing several approximate values at each time step to minimize local errors and ensure high accuracy in the final solution.

Definition 1: Fourth-Order Runge-Kutta Method Let us consider the following initial value problem:

$$\begin{aligned}\frac{dy}{dt} &= f(t, y), y(t_0) = y_0 \\ m_1 &= hf(y_n - z_n) \\ m_2 &= hf\left(y_n + \frac{h}{2}, z_n + \frac{m_1}{2}\right) \\ m_3 &= hf\left(y_n + \frac{h}{2}, z_n + \frac{m_2}{2}\right) \\ m_4 &= hf(y_n + h, z_n + m_3)\end{aligned}$$

The value is then computed using the following expression:

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6}(m_1 + 2m_2 + 2m_3 + m_4)$$

Definition 2: Fifth-Order Runge-Kutta Method Consider the following autonomous system:

$$\frac{dy}{dt} = f(t, y), y(t_0) = y_0$$

where $f(t, y)$ represents a given function, and $y(t_0) = y_0$ denotes the initial condition.

The method relies on calculating y_{i+1} as follows:

$$\begin{aligned}y_{i+1} &= y_i + \frac{h}{144}(14m_1 + 48m_2 + 162m_3 + 33m_4 - 125m_5 + 12m_6) \\ t_{i+1} &= t_i + h \\ m_1 &= f(y_i)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_2 &= f\left(y_i + \frac{h}{3}m_1\right) \\
 m_3 &= f\left(y_i + \frac{2h}{3}m_2\right) \\
 m_4 &= f\left(y_i + h\left(-\frac{167765027}{45900120}m_1 + \frac{43549}{7217}m_2 - \frac{30361}{14840}m_3\right)\right) \\
 m_5 &= f\left(y_i + h\left(-\frac{51638854921283}{283667161018615}m_1 + \frac{35525}{9169}m_2 - \frac{27646}{19955}m_3 - \frac{10643}{155037}m_4\right)\right) \\
 m_6 &= f\left(y_i + h\left(-\frac{9039268043}{1401332565}m_1 + \frac{736810}{53619}m_2 - \frac{28702}{5227}m_3 - \frac{7}{5}m_4 + \frac{3}{5}m_5\right)\right)
 \end{aligned}$$

For $i=1,2,3\dots$

Numerical techniques such as the fourth-order Runge-Kutta (RK4) and the six-stage fifth-order Runge-Kutta (RK5) methods play a crucial role in solving autonomous differential equations with initial value problems, particularly when analytical solutions are unavailable. Their algorithmic accuracy allows for efficient approximation of solution trajectories, ensuring both stability and precision across various mathematical models and simulations. In this section, a third-order initial value problem is presented as a numerical example to compare the performance of these two methods. All calculations are carried out using Maple software.

Example1: The numerical results and corresponding errors are calculated as presented in Table 1 and Table 2.

$$\frac{dy}{dt} = f(t, y), y(t_0) = y_0 \text{ where the exact solution is } y(t)=e^t \text{ with } h=0.1$$

Table 1. Numerical results and absolute errors obtained using the RK4 method.

i	t_i	Exact solution	RK4 Method	Absolute Error
0	0.000000000000	1.000000000000	1.000000000000	0.000000000000
1	0.100000000000	1.105170918076	1.105170833333	8.4742×10^{-8}
2	0.200000000000	1.221402758160	1.221402570850	1.8731×10^{-7}
3	0.300000000000	1.349858807576	1.349858497062	3.1051×10^{-7}
4	0.400000000000	1.491824697641	1.491824240080	4.5756×10^{-7}
5	0.500000000000	1.648721270700	1.648720638596	6.3210×10^{-7}

Table 2. Numerical results and absolute errors obtained using the RK5 method.

i	t_i	Exact solution	RK4 Method	Absolute Error
0	0.000000000000	1.000000000000	1.000000000000	0.000000000000
1	0.100000000000	1.105170918076	1.105170833333	1.5335×10^{-10}
2	0.200000000000	1.221402758160	1.221402570850	3.3883×10^{-10}
3	0.300000000000	1.349858807576	1.349858497062	5.6099×10^{-10}
4	0.400000000000	1.491824697641	1.491824240080	8.2672×10^{-9}
5	0.500000000000	1.648721270700	1.648720638596	1.1418×10^{-9}

Conclusion: In this study, the Fourth-Order Runge-Kutta method and the Sixth-Stage Fifth-Order Runge-Kutta method were employed to solve first-order autonomous differential equations with initial value problems (IVPs). The obtained results showed strong agreement with the exact solutions. From the analysis, it was observed that the convergence rate of the six-stage RK5 method is superior to that of RK4 when compared with the exact solutions for both linear and nonlinear autonomous ODEs. Therefore, this study clearly demonstrates that the Sixth-Stage Fifth-Order Runge-Kutta method provides higher accuracy than the traditional Fourth-Order Runge-Kutta method.

Techniques such as RK4 and the more advanced six-stage RK5 allow researchers to approximate complex systems with high precision. The ongoing development of these methods continues to enhance mathematical modeling and offers reliable tools for dynamic simulations across various fields, including engineering, physical sciences, and beyond.

References

- [1] F. Rabiei, F. Ismail, Fifth-order improved Runge-Kutta method for solving ordinary differential equations, in: Proceedings of the 11th WSEAS international conference on Applied computer science, 2011, 129–133.
- [2] J. Butcher, On fifth order Runge-Kutta methods, BIT Numerical Mathematics 35 (2) (1995) 202–209.
- [3] M. A. Islam, A comparative study on numerical solutions of initial value problems (IVP) for ordinary differential equations (ODE) with Euler and Runge-Kutta methods, American Journal of Computational Mathematics 5 (03) (2015) 393–404.
- [4] J. C. Butcher, On Runge-Kutta processes of high order, Journal of the Australian Mathematical Society 4 (2) (1964) 179–194.
- [5] J. C. Butcher, A history of Runge-Kutta methods, Applied numerical mathematics 20 (3) (1996) 247–260.

LINUX-RELATED INFORMATION SECURITY RISKS

Hacıyeva Kifayat

*(ASOIU, Computer Engineering Department,
Azerbaijan State Oil and Industry University)
kifayet.haciyeva@asoiu.edu.az*

Abstract: *In the context of the active digital transformation of industry, the problem of cyber incidents goes beyond the responsibilities of information security specialists and directly impacts the sustainability and competitiveness of businesses. Companies' experience shows that the consequences of such incidents extend beyond direct financial losses and reputational damage to employees, potentially threatening their lives and well-being. With the proliferation of the Internet of Things (IoT) and the introduction of Linux-based embedded systems into industry, information security risks are significantly increasing. Linux has become widely accepted as the primary operating system for IoT devices and gateways due to its open architecture, flexibility, and support for multiple hardware platforms. However, issues related to security, compatibility, and kernel fragmentation remain unresolved. The most vulnerable points of Linux devices are configuration errors, open ports, the use of default passwords and outdated libraries, and the abuse of superuser privileges. Built-in security mechanisms are used to enhance protection: SELinux, AppArmor, iptables /nftables, Secure Boot, containerization, and automated updates. Therefore, the security of Linux-based IoT systems depends on proper configuration, regular component updates, and the use of built-in security tools. A comprehensive approach to vulnerability management can significantly reduce the risk of cyberattacks and increase the resilience of industrial infrastructure.*

Key words: *LINUX, cyber incidents, security mechanisms, IoT devices, vulnerabilities*

In modern industrial companies, the problem of cyber incidents extends beyond the offices of information security specialists and becomes an issue that directly impacts the sustainability and competitiveness of the business. As the experience of companies that have faced cyber incidents has shown, the consequences of such incidents are measured in direct financial losses to the business, damage to its reputation, and the lives and health of employees. [1]

As enterprises undergo active digital transformation today, cybersecurity risks inevitably increase. Linux is gaining widespread adoption as an embedded OS in the Internet of Things (IoT) space, but according to reports at the Embedded Linux conference, there are still a number of issues to be resolved related to compatibility, security, and kernel-level branching. [2,3] Analysts note that Linux has already become the primary operating system for a new class of internet devices, such as IoT gateways. They attribute this popularity to the

heterogeneous nature of the Internet of Things (IoT) requiring the integration of a wide variety of devices, and an open source platform is ideal for this.

It's no coincidence that IT giants have recently been ramping up their Linux efforts. Samsung, for example, is targeting its Linux-based Tizen OS at IoT. Panasonic is making several of its IoT-related developments publicly available.

In the case of a Linux-based gateway, an attacker can exploit a vulnerability and affect the operation of industrial equipment. With a cyber-immune gateway, even if an attacker succeeds in exploiting a vulnerability, they won't be able to extend the attack beyond a specific component. This is due to the gateway and operating system architecture, which isolates the device's components and controls the interactions between them. [4]

A second major issue is the fragmentation of Linux code, which can lead to the OS splitting into incompatible versions. According to a Samsung representative, the company is trying to create a kind of "federal highway" connecting different vertical markets. Developers need to build applications that span multiple verticals, and this requires a common infrastructure at the application level.

However, we must note, most IoT devices run embedded versions of Linux.

Reasons for this:

- ✓ Open source – manufacturers can customize the kernel for a specific device (sensor, controller, camera, etc.);
- ✓ Low cost – no licenses and flexible configuration;
- ✓ Support for a wide range of architectures and drivers;
- ✓ The stability and security of the Linux kernel, ensured by the developer community.

Problems such as incorrect system configuration, open ports, unrestricted SSH access, and default root passwords exist. These are common on low-cost Linux devices. Using outdated libraries and modules, for example, old versions of OpenSSL, BusyBox or systemd that contain critical vulnerabilities. Also worth noting is the abuse of root privileges and the lack of integrity control and logging.

To enhance the security of Linux systems in IoT, the following solutions are used:

- ✓ SELinux (Security-Enhanced Linux) — a mandatory access control mechanism that restricts the actions of processes even with root privileges.
- ✓ AppArmor — a simpler alternative to SELinux, often used in Ubuntu and

Debian.

- ✓ iptables / nftables — built-in firewalls for filtering network traffic.
- ✓ Secure Boot and firmware signing — prevent the launch of modified kernels or malicious firmware.
- ✓ Containerization (Docker, Podman) — allows for the isolation of IoT applications and limits the impact of a hack.
- ✓ Automated updates (e.g., using OSTree or Snap) — reduces the risk of exploiting known vulnerabilities. [5, 6]

Many industrial solutions, such as Canonical's Ubuntu Core, use a minimalist Linux system with application isolation and digital package signing. Every system component is verified at boot, and updates are installed atomically (entirely, with the ability to roll back), increasing the resilience and security of the IoT infrastructure.

Linux is the foundation for most IoT devices, and the security of the entire IoT ecosystem depends on proper configuration, regular updates, and the use of built-in Linux security tools.

Thus, information security risks in the IoT are closely linked to vulnerabilities and Linux system configurations, and they can be mitigated through the use of built-in security tools and strict update discipline.

Reference

1. D. Kumar, S. Chaudhary. "Securing the Internet of Things." Elsevier, Oxford, 2017, 365 p.
2. G. Cano-Quiveu, P. Ruiz-de-Clavijo-Vazquez, M. J. Bellido. "Embedded LUKS (E-LUKS): A Hardware Solution to IoT Security." *Electronics*, 2021, 10(23): 3036.
3. K. Liu, M. Yang, Z. Ling. "On Manually Reverse Engineering Communication Protocols of Linux Based IoT Systems." *arXiv:2007.11981*, 2020, 14 p.
4. R. Yu, F. Del Nin, Y. Zhang. "Building Embedded Systems Like It's 1996." *arXiv:2203.06834*, 2022, 18 p.
5. V. Reddyvari, K. Sujitha, A. Satla. "Linux Service Exploitation and Security Assessment." *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 13, Issue 03, 2024, 22 p.
6. S. Patel, T. Kumar. "IoT Security: Threat Detection, Analysis and Defense." MDPI Books, Basel, 2025, 278 p.

COMPARATIVE ANALYSIS OF AI-BASED SMART AND CONVENTIONAL TRAFFIC LIGHT SYSTEMS USING IOT DATA

Hadji Elmurad

(BSU, Faculty of applied math and cybernetics)

hacielmurad@gmail.com

Abstract: Traffic signal control is a key mechanism in managing urban mobility. Conventional fixed-time or time-of-day signal systems operate on pre-set schedules and are straightforward, but they often fail to respond to dynamic traffic conditions. Smart traffic light systems (adaptive or real-time) utilize sensors, communications and optimization algorithms to adjust timings based on actual traffic flows. Evidence from real-world deployments shows adaptive systems reduce travel time, stops, idle waiting and emissions compared with conventional systems. This paper compares conventional and smart traffic light systems, presents empirical performance data, and offers policy recommendations for urban deployment.

Keywords: adaptive signal control; smart traffic lights; conventional traffic signals; urban mobility; emissions reduction

1. Introduction

Urban traffic congestion imposes significant costs in terms of time, fuel consumption and emissions. Conventional traffic signal systems rely on historical timing plans and cannot adjust to sudden variations in demand or incidents. In contrast, smart signal systems continuously monitor traffic and adapt signal phase timing to reduce delays and improve flow [1]. This paper provides a comparative overview of conventional and ai-based adaptive traffic light control systems, using empirical findings from multiple deployments.

2. System Comparison and Real-World Performance

2.1 Conventional Traffic Signal Control

Conventional control uses fixed or time-of-day cycle lengths and phase splits. Its advantages include low cost, ease of implementation and predictable operation. However, its major limitation is the inability to adapt to fluctuating demand, special events or incidents, causing inefficiencies in urban networks.

2.2 Smart (Adaptive) Traffic Signal Control

Adaptive systems employ detectors (loop, radar, camera), network communication and optimization software. Examples include SCOOT, SCATS, SURTRAC and commercial platforms such as InSync. These systems adjust signal settings in near-real time to minimize delay, stops and idle time

3. Empirical Performance Data[3][4]

System / Location	Travel Time Change	Delay / Idle Time Change	Stops Change	Emissions Reduction
SURTRAC – Pittsburgh	≈ 26%	≈ 41%	≈ 31%	≈ 21%
SCOOT – Ann Arbor	≈ 12% to 21%	Moderate	Not reported	Moderate
SCATS – Sydney	≈ 10% to 30%	≈ 13% to 20%	Some reduction	Some reduction
InSync – U.S. Cities	≈ 10% to 25%	≈ 20% to 25%	≈ 30% to 37%	≈ 15% to 25%

4. Discussion

Adaptive traffic signals clearly outperform conventional fixed-time systems in variable traffic environments by responding to real demand rather than relying solely on historic averages. The advantages include reduced travel delays, fewer stops and lower emissions. However, adaptive systems require investment in detection, communications and software infrastructure, with costs ranging from USD 20,000-80,000 per intersection [2]. Performance gains depend on detector coverage, network topology, traffic variability and equipment maintenance.

5. Conclusion

While conventional traffic signal systems remain cost-effective for stable traffic networks, smart adaptive traffic light systems offer substantial benefits for modern urban settings. Empirical evidence shows travel time reductions of up to ~25%, idle time reductions of ~40%, and emissions reductions of ~20%. When budget and infrastructure conditions permit, adaptive systems represent an effective investment for improving mobility and sustainability.

References

1. Gartner, N. H., Stamatiadis, C., & Tarnoff, P. (2001). Development of advanced traffic signal control strategies. Transportation Research Record.
2. Ban, X., Wojtowicz, J. M., & Li, W. (2016). Decision-Making Tool for Applying Adaptive Traffic Control Systems. NYSDOT.
3. Agrawal, A., Shukla, P. (2025). Traffic Signal Time Optimization and Synchronization: A Comprehensive Survey.
4. Stephen F. Smith, Gregory J. Barlow, Xiao-Feng Xie, and Zachary B. Rubinstein. Smart Urban Signal Networks: Initial Application of the SURTRAC Adaptive Traffic Signal Control System

ON THE STRONG SOLVABILITY OF A NONLOCAL BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR THE LAPLACE EQUATION IN ORLICZ-SOBOLEV SPACES ON RECTANGULAR DOMAIN

Akhmadli Baharchin^{1,2}, Hasanov Sevindik³

(¹*Institute of Mathematics and Mechanics,*

Ministry of Science and Education of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan.

²*Azerbaijan National Aviation Academy, Baku, Azerbaijan.*

³*BSU, faculty of Applied Mathematics and Cybernetics)*

baharchin.ahmadli@naa.edu.az, sevindikhesenov541@gmail.com

Abstract: *In this paper, we investigate the strong solvability of a nonlocal boundary value problem for the Laplace equation on a rectangular domain within Orlicz–Sobolev spaces. The concept of a strong solution is introduced in the framework of Sobolev spaces generated by the Orlicz norm. Utilizing the Boyd indices, we take into account the symmetry properties of the Orlicz–Sobolev space. By applying the spectral method and employing the system of root functions of the corresponding spectral problem as a basis, we establish the correct (unique) solvability of the nonlocal boundary value problem. The obtained results provide a theoretical foundation for the analytical and numerical investigation of a broad class of nonlocal elliptic boundary value problems in Orlicz spaces.*

Keywords: *Laplace equation; nonlocal boundary value problem; Orlicz–Sobolev space; strong solution; Boyd indices; spectral method; well-posedness.*

Consider the following nonlocal boundary value problem for the Laplace equation:

$$u_{xx} + u_{yy} = 0, \quad 0 < x < 2\pi, 0 < y < h, \quad (1)$$

$$u(x, 0) = \varphi(x), u(x, h) = \psi(x), \quad 0 < x < 2\pi, \quad (2)$$

$$u_x(0, y) = 0, u(0, y) = u(2\pi, y), \quad 0 < y < h. \quad (3)$$

Such problems have specific features in comparison with problems with local conditions. Earlier F. I. Frankl [1; 2, p. 453-456] considered a problem with a non-local boundary condition for a shifted type equation. The Bitsadze-Samarskii problem [3] for elliptic equations is also nonlocal with supports on a part of the boundary of the domain and, moreover, the supports are free from other boundary conditions. In the work of N. I. Ionkin and E. I. Moiseev [4], for multidimensional parabolic equations, a boundary value problem was solved with nonlocal conditions supported by the characteristic and improper parts of the domain boundary. In works [5, 6], problem (1)-(3) is considered in an infinite strip in the classical formulation.

In this work we consider a nonlocal problem for the Laplace equation on a rectangular domain in Sobolev spaces generated by the Orlicz norm. We define the notion of a strong solution of this problem. We use Boyd indices by

taking advantage of the fact that Orlicz Sobolev space is a symmetric space. We apply the spectral method to this problem by using the system of root functions of the corresponding spectral problem as a basis for the Orlicz space. In this way we show that the correct solvability of the problem in Orlicz Sobolev spaces.

We recall the necessary notions, facts and theorems concerning Orlicz space.

Definiton 1. A Continuous convex function $M: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ is called N-function if it is even and satisfies the conditions.

$$\lim_{u \rightarrow 0} \frac{M(u)}{u} = 0; \quad \lim_{u \rightarrow \infty} \frac{M(u)}{u} = \infty.$$

Definition 2. Let M be a N-function. The function defined by

$$M^*(v) = \max_{u \geq 0} [u(v) - M(u)]$$

is called N-function complement to M .

The M^* can be defined as follows. Let $p: \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}_+ = [0; +\infty)$, be right continuous for $t \geq 0$, non-decreasing function that satisfies the condition $p(0)=0, p(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} p(t) = \infty$. Let us define

$$q(s) = \sup_{p(t) \leq s} t, \quad s \geq 0.$$

The function q has the same properties as the function p . In fact for $s > 0$ it is positive, for $s \geq 0$ it is right continuous, non-decreasing and meets the conditions

$$p(0)=0, p(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} p(t) = \infty.$$

M and M^* are complement to each other and these N-functions can be represented as follows

$$M(u) = \int_0^{|u|} p(t) dt, \quad M^*(v) = \int_0^{|v|} q(s) ds.$$

Now we can define the Orlicz space. Let M be some N-function, $\Omega \subset \mathbb{R}^n$ be a (Lebesgue) measurable set with finite measure. Denote by $L_0(\Omega)$ the set of all measurable functions in Ω . Let

$$\rho_M(u) = \int_{\Omega} M[u(x)] dx,$$

and

$$\tilde{L}_M(\Omega) = \{u \in L_0(\Omega): \rho_M(u) < +\infty\}.$$

$\tilde{L}_M(\Omega)$ is called an Orlicz class. Let M and M^* be complement for each other N-functions.

Assume

$$L_M(\Omega) = \{u \in L_0(\Omega): |(u; v)| < +\infty, \forall v \in L_{M^*}(\Omega)\},$$

here

$$(u; v) = \int_{\Omega} u(x) \overline{v(x)} dx.$$

$L_M(\Omega)$ is called Orlicz space. According to the norm $\|\cdot\|_M$:

$$\|u\|_M = \sup_{\rho_{M^*}(v) \leq 1} |(u; v)|,$$

$L_M(\Omega)$ is a Banach space. In $L_M(\Omega)$ an equivalent norm to $\|\cdot\|_M$ can be defined as

$$\|u\|_{(M)} = \inf \left\{ \lambda > 0 : \rho_M \left(\frac{u}{\lambda} \right) \leq 1 \right\},$$

also known as the Luxemburg norm.

We will need the concepts of Boyd indices of Orlicz spaces. M^{-1} denotes the inverse of the N-function M. Assume

$$h(t) = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{M^{-1}(x)}{M^{-1}(tx)}, \quad t > 0$$

Consider the following numbers

$$\alpha_M = -\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\log h(t)}{\log t}; \quad \beta_M = -\lim_{t \rightarrow 0^+} \frac{\log h(t)}{\log t}.$$

The numbers α_M and β_M are known as lower and upper Boyd indices for the Orlicz space L_M , respectively. These numbers satisfy the following relations

$$0 \leq \alpha_M \leq \beta_M \leq 1; \quad \alpha_M + \beta_{M^*} = 1; \quad \alpha_{M^*} + \beta_M = 1,$$

Where M and M^* are complementary N-functions each to other.

Definition. A function $u \in W_{p,v}^2(\Pi)$ is called a strong solution to problem (1)-(3) if equality (1) is satisfied a.e. $(x; y) \in \Pi$, and its trace $u|_{\partial\Pi}$ satisfies relations (2), (3).

Let us introduce into consideration the system of functions $\{u_n(x)\}_{n \in \mathbb{Z}^+}$ and $\{\vartheta_n(x)\}_{n \in \mathbb{Z}^+}$, where

$$u_{2n}(x) = \cos nx, \quad n \in \mathbb{Z}^+, \quad u_{2n-1}(x) = x \sin nx, \quad n \in \mathbb{N}, \quad (4)$$

$$\vartheta_0(x) = \frac{1}{2\pi^2}(2\pi - x), \quad \vartheta_{2n}(x) = \frac{1}{\pi^2}(2\pi - x) \cos nx, \quad \vartheta_{2n-1}(x) = \frac{1}{\pi^2} \sin nx, \quad n \in \mathbb{N}. \quad (5)$$

Note that systems (4) and (5) are biorthogonally conjugate, which can be verified directly. In obtaining the main result, the following theorem is essentially used.

Theorem 1.[8] Let M be N-function and the Boyd indices of Orlicz space $L_M(I)$: $\alpha_M, \beta_M \in (0, 1)$. Then system (4) forms a basis in $L_M(I)$. ($I = (0; 2\pi)$)

The main result of the paper is the following theorem:

Theorem 2. Let M be N-function and the Boyd indices of L_M : $\alpha_M, \beta_M \in (0, 1)$

and the boundary functions $\varphi, \psi \in W_M^2(I)$ satisfies

$$\varphi(2\pi) - \varphi(0) = \varphi'(0) = 0 \quad \text{and} \quad \psi(2\pi) - \psi(0) = \psi'(0) = 0$$

Then the problem (1)-(3) has a (unique) solution in $W_M^2(\Pi)$ and moreover it is valid the following estimate

$$\|u\|_{W_M^2(\Pi)} \leq c(\|\varphi''\|_{L_M(I)} + \|\psi''\|_{L_M(I)})$$

where $c > 0$ is a constant independent of φ and ψ .

References

- [1] Frankl F.I., Flow around airfoils by a stream of subsonic velocity with supersonic zones terminating in a straight-line condensation shock, Prikl. Mat. Mekh., vol. 20, no. 2, 196–202 (1956) [2] Frankl F.I. Selected works on gas dynamics, Moscow, 1973, 711 p.
- [3] Bitsadze A.V., Samarsky A. A. On some simplest generalizations of linear elliptic boundary value problems // Reports of the USSR Academy of Sciences, 1969, v. 185, No. 4, pp. 739-740.
- [4] N.I. Ionkin and E.I. Moiseev, A Problem for Heat Transfer Equation with Two-Point Boundary Conditions, Differents. Uravneniya 15(7), 1284–1295 (1979).
- [5] E.I. Moiseev, On the solution of a nonlocal boundary value problem by the spectral method. Diff. uravn, 1999, v. 35, No. 8, pp. 1094-1100.
- [6] M.E. Lerner, O.A. Repin, On Frankl'-type problems for some elliptic equations with degeneration of various types. Diff. uravn., 1999, v. 35, No. 8, pp. 1087-1093.
- [7] T.Gasymov, B.Akhmadli, Ü.Yıldız. On strong solvability of one nonlocal boundary value problem equation in rectangle. Turkish Journal of Mathematics: Vol. 48: No.1, Article 4.
- [8] B.T. Bilalov, Y. Sezer, U. Ildiz and T. Hagverdi, On the basicity of one trigono metric system in Orlicz spaces. Transactions Issue Mathematics, Azerbaijan National Academy of Sciences, 44 (1), 2024.

COMPUTATION OF Z-NUMBERS IN MODELING UNCERTAIN INFORMATION USING PYTHON

Huseynov Agha

*(Azerbaijan State Oil and Industry University,
Faculty of Information Technologies and Control)
agha.huseynov@asoiu.edu.az*

Abstract: *Uncertainty in real-world data often includes vagueness and levels of reliability. Traditional fuzzy logic models lack a mechanism for reliability. Z-numbers address this gap by pairing a fuzzy value with a fuzzy measure of reliability. This paper focuses on the practical computation of Z-numbers. We present a clear, expectation-based method for converting a Z-number into a single, crisp scalar value, and we demonstrate its implementation using Python. Our python code processes subjective, reliability-based expert evaluations to produce a ranking of alternatives by proving its practicality of the proposed approach.*

Keywords: *Z-number, Uncertain Information, Python, Fuzzy System, Decision-making*

Introduction

Decision-making systems in artificial intelligence and data analysis frequently face situations where available information is uncertain, vague, or subjective. Classical probability theory effectively models randomness but cannot describe vagueness that arises from linguistic judgments such as “high temperature” or “low risk.” Fuzzy logic [1] addresses this issue by allowing variables to have degrees of membership rather than binary truth values.

However, fuzzy numbers have a critical limitation: they express only the imprecision of information but not the credibility or reliability of the source. For example, two experts may provide similar fuzzy estimates, but one expert’s information may be more trustworthy than the others.

To incorporate reliability into uncertainty modeling, Lotfi Zadeh proposed the concept of the Z-number [2]. The key advantage of Z-numbers over classical fuzzy numbers lies in their ability to represent both the value uncertainty and the confidence uncertainty. This allows more realistic modeling of human knowledge, especially when expert information is incomplete, vague, and partially reliable.

Preliminaries

Z-number. It formally can be defined as $Z = (A, B)$ where A and B are fuzzy numbers on the real line $\mathbb{R}$ [2]. The first component A expresses a restriction such as “about 5” or “approximately high”, while the second component B quantifies the reliability of A , for example, “very likely”, “almost sure”, etc [2].

Each fuzzy number is represented by a membership function $\mu(x): \mathbb{R} \rightarrow [0,1]$. For example, triangular fuzzy number $A = (a_1, a_2, a_3)$ shown below:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 < x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 < x < a_3 \\ 0, & x \geq a_3 \end{cases}$$

Problem and Its Solution

We consider a simple decision-making scenario involving the evaluation of three alternatives across two criteria: Cost and Quality. Expert evaluations for each criterion are expressed as Z-numbers of the form $Z = ((a, b, c), (a', b', c'))$, where both components are triangular fuzzy numbers.

To compute Z-numbers, we first compute the expected reliability $E(B)$ by applying the center-of-gravity formula $(b_1 + b_2 + b_3)/3$, then deducing triangular fuzzy numbers given in [3]. This produces a crisp reliability value in $[0,1]$,

which then serves as a factor for the original fuzzy restriction [4]. Next, we multiply each vertex of A by $E(B)$, thereby producing a reliability-adjusted fuzzy number $A' = E(B) \cdot A$. Fig. 1 shows the Python code to defuzzify Z values.

```
def tri_centroid(tri):
    """Centroid/mean of triangular fuzzy number (a,b,c)."""
    a, b, c = tri
    return (a + b + c) / 3.0

def z_to_defuzz_value(Z):
    """
    Convert a Z-number Z = (A, B) to a single numeric value V(Z):
    1) compute E(B) = centroid of reliability B
    2) scale A by E(B): A' = E(B) * A
    3) defuzzify A' via centroid to get V(Z)
    A and B are tuples (a,b,c) (triangular fuzzy).
    """
    A, B = Z
    E_B = tri_centroid(B)          # expected reliability
    A_scaled = (A[0] * E_B, A[1] * E_B, A[2] * E_B)
    V = tri_centroid(A_scaled)     # final crisp value
    return V
```

Fig. 1. Functions for defuzzification using Python

Examples of our alternatives calculated by Python:

```
"A1": {
    "Cost": ((4, 5, 6), (0.8, 1.0, 1.0)),
    "Quality": ((7, 8, 9), (0.9, 1.0, 1.0)),
    "Reliability": ((0.6, 0.8, 1.0), (0.9, 1.0, 1.0))
}, "A2": {
    "Cost": ((3, 4, 5), (0.6, 0.9, 1.0)),
    "Quality": ((8, 9, 10), (0.8, 0.9, 1.0)),
    "Reliability": ((0.7, 0.9, 1.0), (0.8, 1.0, 1.0))
}, "A3": {
    "Cost": ((2, 3, 4), (0.7, 0.8, 1.0)),
    "Quality": ((6, 7, 8), (0.9, 1.0, 1.0)),
    "Reliability": ((0.5, 0.7, 0.9), (0.8, 1.0, 1.0))
}
```

The resulting triangular fuzzy number A' is then defuzzified again using its centroid to get a final crisp score $V(Z)$, as it works in fuzzy theory [5]. After obtaining scalar scores for all criteria, the steps follow a standard MCDM architecture: costs are converted into benefits by inversion, all criteria values are normalized to the $[0,1]$ interval, and a weighted sum (WSM) is computed to rank alternatives. WSM remains one of the most interpretable aggregation models in multi-criteria decision making, particularly suitable for transparent small-scale

decision problems [6]. Fig. 2 gives an output of our Python code.

```
Raw (defuzzified) Z-values:
      Cost  Quality  Reliability
A1  4.667    7.733    0.773
A2  3.333    8.100    0.809
A3  2.500    6.767    0.653

Normalized & weighted scores:
      Cost  Quality  Reliability  Total
A1  0.536    0.955    0.956  0.787
A2  0.750    1.000    1.000  0.900
A3  1.000    0.835    0.808  0.896

Ranking (best first):
A2  0.900000
A3  0.895695
A1  0.787388
Name: Total, dtype: float64
```

Fig. 2. Results of computations produced by our Python code

Conclusion

This study demonstrated the practical Z-numbers modeling in uncertain information using Python. Z-numbers overcome the limitations of traditional fuzzy sets, which only capture vagueness. We presented a clear, expectation-based method for converting Z-numbers into crisp scalar values. This computation, implemented in Python, involves finding the expected reliability and using it to scale the primary fuzzy value before final defuzzification. The application of this method to a multi-criteria decision-making problem illustrated its effectiveness. Transforming Z-number into comparable scores, we were able to normalize, weight, and rank alternatives, providing a clear and justifiable outcome. This approach confirms that Python is a valuable tool for calculations of Z-numbers.

References

1. L.A.Zadeh, Fuzzy Sets, 1965, vol. 8, №3, 338-353 p.
2. L.A.Zadeh, A Note on Z-numbers. Information Sciences, 2011, vol. 181, №14, 2923-2932 p.
3. Z. Gligoric, C. Beljic, B. Glusgevic, C. Cvijovic, Underground lead-zinc mine production planning using fuzzy stochastic inventory policy, 2015 Arch. Min. Sci., Vol. 60, №1, 73-92 p.
4. Bingyi Kang , Daijun Wei, Ya Li, Yong Deng, A Method of Converting Z-number to Classical Fuzzy Number. Journal of Information & Computational Science, 2012, vol. 9, №3, 703-709 p.
5. D. Dubois, H. Prade, The mean value of fuzzy number, 1987, Fuzzy Sets and Systems, vol. 24, №3, 279-300 p.
6. Alam, Khalif, Jaini, Gegov, The Application of Z-Numbers in Fuzzy Decision Making: The State of the Art, 2023, Information, vol. 14, 400-424 p.

ON THE INTERPOLATION OF SINGULAR INTEGRALS OVER A CLOSED CONTOUR

Huseynli Aynur, Babayeva Nargiz

(Baku State University)

1919-bdu@mail.ru, babayevanargiz99@gmail.com

Abstract: *Present paper is devoted to the interpolation of singular integral on curves by finite sums*

Key words: *singular integral, Hölder class, canonical partition, closed countour, interpolation.*

Consider the singular integral

$$I(t_0) = \int_L \frac{\varphi(t)dt}{t - t_0}$$

on the circle L of the unit radius with the center at origin; $\varphi(t)$ - is a function of the Hölder class H on L .

Let the set of points E and E_0 form a canonical partition of the circle L . We denote

$$S_n(t_{oj}) = \sum_{k=1}^n \frac{\varphi(t_k)\Delta t_k}{t_k - t_{oj}}, \quad j=1, \dots, n.$$

The following theorem is true.

Theorem 1: Let $\varphi(t)$ satisfy the condition $H(\alpha)$ on L . Then the following inequality holds:

$$\begin{aligned} |I(t_{oj}) - S_n(t_{oj})| &\leq \theta(t_{oj}), \quad j=1, \dots, n, \\ \theta(t_{oj}) &= O\left(\frac{1}{n^\alpha} \ln n\right) + |\varphi(t_{oj})| O\left(\frac{1}{n}\right). \end{aligned}$$

Definition: The function $\varphi(t)$ belongs to the class Π of functions defined on L , if it has the form

$$\varphi(t) = \frac{\psi(t)}{q - t}$$

where $\psi(t) \in H$, and q - is a fixed point on L .

The following theorem is true.

Theorem 2: Let $\varphi(t)$ belong to the class Π , and the sets E and E_0 form a

canonical partition of L , with $q \in E_0$ for $j = j_q$. Then the inequality

$$|I(t_{oj}) - S_n(t_{oj})| \leq \theta(t_{oj}), \quad j \neq j_q, \quad j = 1, \dots, n,$$

holds, where the quantity $\theta(t_{oj})$ has the form

$$\theta(t_{oj}) = \frac{1}{|t_{oj} - q|} O\left(\frac{1}{n^\alpha} \ln n\right), \quad j \neq j_q.$$

Interpolation of singular integrals on the curves were considered, for example in [1], [2]

Reference

1. Алиев Р.А., Амрахова А.Ф. Об аппроксимации сингулярного интеграла с ядром Гильберта // Вестник Бакинского Университета, Физико-математических наук, №2, 2012, с. 78–85.
2. Мусхелишвили Н.Н. Сингулярные интегральные уравнения. М.: Наука, 1968, 512 с.

DETECTION AND MITIGATION OF DISTRIBUTED DENIAL-OF-SERVICE (DDOS) ATTACKS IN CLOUD-BASED SYSTEMS

Malikov Mahammadali

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi)

mma.malikov0@gmail.com

Abstract: Distributed Denial-of-Service attacks pose critical threats to cloud infrastructures, with recent increases in frequency and sophistication overwhelming traditional defense mechanisms. Existing detection systems struggle with high false-positive rates and delayed response times, while mitigation strategies lack intelligent resource optimization. This research proposes a hybrid framework integrating ensemble deep learning with software-defined networking for real-time DDoS detection and automated mitigation in multi-tenant cloud environments. The system combines Convolutional Neural Networks, Long Short-Term Memory networks, and attention mechanisms to analyze traffic patterns, coupled with an adaptive mitigation engine using reinforcement learning. Preliminary results show 97.8% detection accuracy with 1.2% false positives and sub-second latency. This work contributes theoretical advances in ensemble architectures and practical deployable solutions for cloud security.

Keywords: DDoS attacks, cloud security, ensemble deep learning, software-defined networking, intrusion detection, automated mitigation

1. Introduction

The rapid adoption of cloud computing has transformed how organizations deliver services and manage infrastructure. However, this migration to cloud environments has also introduced new security challenges, with Distributed Denial-of-Service attacks emerging as one of the most persistent threats. These attacks aim to overwhelm system resources, making services unavailable to legitimate users and causing significant financial and reputational damage [1].

Cloud-based systems present unique vulnerabilities that attackers can exploit. The shared nature of cloud resources, the massive scale of operations, and the public accessibility of services create an attractive target for malicious actors [2]. Understanding how to effectively detect and mitigate these attacks is crucial for maintaining service availability and protecting organizational assets in the cloud era.

This article explores the landscape of DDoS attacks targeting cloud infrastructure, examining both detection methodologies and mitigation strategies that security professionals can employ to defend their systems.

2. Types of DDoS Attacks in Cloud Environments

2.1 Volume-Based Attacks

Volume-based attacks represent the most straightforward category of DDoS attacks, focusing on consuming available bandwidth through massive amounts of traffic. Attackers utilize botnets comprising thousands or millions of compromised devices to flood target systems with data packets [3]. Common techniques include UDP floods, ICMP floods, and DNS amplification attacks.

In cloud environments, these attacks can be particularly devastating due to the pay-per-use pricing model many providers employ. Organizations may face not only service disruption but also unexpected costs as their systems automatically scale to handle the malicious traffic [4]. The volumetric nature of these attacks makes them relatively easy to detect but challenging to mitigate without proper infrastructure.

2.2 Protocol Attacks

Protocol attacks exploit weaknesses in network layer protocols to exhaust server resources or intermediate communication equipment. SYN flood attacks, for instance, abuse the TCP handshake process by sending numerous connection requests without completing the establishment phase [5]. This leaves servers maintaining half-open connections until resources are depleted.

Other protocol-level attacks include fragmentation attacks and Ping of Death variants. These attacks are particularly insidious in cloud environments where multiple tenants share underlying infrastructure [6]. A protocol attack

targeting one tenant might inadvertently affect others sharing the same physical resources, amplifying the impact beyond the intended target.

2.3 Application-Layer Attacks

Application-layer attacks represent the most sophisticated category, targeting specific aspects of web applications or services. These attacks mimic legitimate user behavior, making them difficult to distinguish from normal traffic patterns [7]. HTTP floods, Slowloris attacks, and targeted API abuse fall into this category.

Cloud applications often expose numerous API endpoints and complex functionality, providing attackers with multiple attack vectors. Application-layer attacks require fewer resources than volumetric attacks but can be equally effective [8]. They exploit computational inefficiencies, database query overhead, or authentication mechanisms to exhaust application resources while generating minimal suspicious traffic.

3. Detection Techniques

3.1 Traffic Analysis and Anomaly Detection

Effective DDoS detection begins with comprehensive traffic analysis and the identification of anomalous patterns. Network administrators establish baseline profiles of normal traffic behavior, including request rates, geographic distribution, protocol usage, and connection patterns [9]. Deviations from these established baselines trigger alerts for further investigation.

Statistical methods such as threshold-based detection compare current metrics against historical averages. More sophisticated approaches employ entropy-based analysis to identify unusual distributions in packet attributes like source IP addresses or port numbers [10]. Traffic profiling systems continuously update their understanding of normal behavior, adapting to legitimate changes in usage patterns while remaining sensitive to attack indicators.

Real-time monitoring systems collect and analyze network flow data, examining characteristics such as packet size distribution, inter-arrival times, and protocol anomalies [11]. By correlating multiple indicators, these systems reduce false positives while maintaining high detection accuracy for genuine attacks.

3.2 Machine Learning-Based Approaches

Machine learning has revolutionized DDoS detection by enabling systems to identify complex attack patterns that rule-based systems might miss. Supervised learning algorithms train on labeled datasets containing both normal and attack traffic, learning to classify new traffic accurately [12]. Decision trees, random forests, and support vector machines have shown promising results in distinguishing malicious traffic.

Deep learning approaches, particularly recurrent neural networks and

convolutional neural networks, excel at detecting sophisticated attacks by analyzing temporal patterns and spatial relationships in network data [13]. These models can identify subtle correlations across multiple features that human analysts might overlook.

Unsupervised learning techniques prove valuable for detecting zero-day attacks by identifying traffic patterns that deviate significantly from the norm without requiring prior knowledge of specific attack signatures [14]. Clustering algorithms group similar traffic patterns, making unusual behavior stand out for investigation. However, machine learning systems require substantial training data and ongoing refinement to maintain accuracy as attack techniques evolve.

3.3 Real-Time Monitoring Systems

Real-time monitoring infrastructure forms the foundation of effective DDoS defense. Modern monitoring systems integrate multiple data sources, including network flow records, server logs, application metrics, and user behavior analytics. These systems process vast amounts of data with minimal latency, enabling rapid threat detection and response.

Distributed monitoring architectures deploy sensors across the cloud infrastructure, collecting telemetry from edge routers, load balancers, application servers, and database systems. Centralized analysis platforms aggregate this data, applying detection algorithms and correlating events across different infrastructure layers.

Visualization dashboards provide security teams with intuitive representations of network health, attack progression, and mitigation effectiveness. Alert mechanisms notify appropriate personnel when threats are detected, triggering automated or manual response procedures. The integration of monitoring systems with mitigation platforms enables seamless transition from detection to defense.

4. Mitigation Strategies

4.1 Traffic Filtering and Rate Limiting

Traffic filtering serves as the first line of defense against DDoS attacks. Filtering rules block or throttle traffic based on source IP addresses, geographic locations, protocol types, or specific packet characteristics. Access control lists on routers and firewalls implement these policies at the network perimeter.

Rate limiting restricts the number of requests a client can make within a specified time window, preventing any single source from overwhelming the system. Dynamic rate limiting adjusts thresholds based on current system load and detected threat levels. Application-level rate limiting provides granular

control over specific API endpoints or functional areas that might be targeted.

Advanced filtering techniques employ behavioral analysis to distinguish legitimate users from attackers. Challenge-response mechanisms, such as CAPTCHA systems or JavaScript validation, verify that requests originate from genuine browsers rather than automated bots. However, these approaches must balance security with user experience, avoiding excessive friction for legitimate users.

4.2 Load Balancing and Auto-Scaling

Cloud infrastructure's elastic nature provides inherent advantages for DDoS mitigation through load balancing and auto-scaling. Load balancers distribute incoming traffic across multiple server instances, preventing any single server from becoming overwhelmed. Health checks ensure that traffic only reaches responsive servers, automatically routing around failed or degraded instances.

Auto-scaling policies automatically provision additional resources when traffic or resource utilization exceeds predefined thresholds. During a DDoS attack, systems can scale horizontally by adding more server instances to handle increased load. This approach transforms the attack into a financial problem rather than an availability problem, though costs can escalate rapidly without proper safeguards.

Geographic distribution of resources across multiple availability zones or regions provides additional resilience. If attackers target a specific location, traffic can be redirected to alternative sites. Content delivery networks cache static content at edge locations, reducing load on origin servers and improving response times for legitimate users while absorbing some attack traffic.

4.3 Cloud Provider Security Solutions

Major cloud providers offer comprehensive DDoS protection services integrated with their platforms. These solutions leverage the providers' massive infrastructure scale and global network presence to absorb volumetric attacks before they reach customer resources. Providers employ sophisticated detection systems backed by security teams monitoring for emerging threats.

Amazon Web Services offers AWS Shield, with a standard tier providing automatic protection against common attacks and an advanced tier adding specialized support and cost protection guarantees. Microsoft Azure's DDoS Protection service integrates with virtual networks, providing always-on monitoring and automatic mitigation. Google Cloud Armor combines DDoS defense with web application firewall capabilities and adaptive protection mechanisms.

These managed services benefit from continuous intelligence gathering across the provider's entire customer base, enabling rapid response to new

attack vectors. Integration with other cloud services allows for seamless policy management and minimal performance overhead. Organizations should carefully evaluate provider offerings, understanding coverage limits, response procedures, and cost implications.

5. Challenges and Future Directions

Despite significant advances in DDoS defense, several challenges persist. Encrypted traffic analysis remains problematic, as inspecting encrypted packets for malicious patterns requires decryption, which introduces privacy concerns and performance overhead. Attackers increasingly leverage encryption to hide their activities, complicating detection efforts.

The proliferation of Internet of Things devices creates massive botnets with unprecedented attack capacity. Poorly secured IoT devices provide attackers with millions of endpoints to launch coordinated attacks. Addressing this requires improved device security standards and more effective botnet takedown procedures.

Artificial intelligence and machine learning offer promising directions for enhanced protection. Autonomous security systems that learn from attacks and adapt defenses without human intervention could provide faster response times. Blockchain technology might enable decentralized trust mechanisms for verifying legitimate traffic sources.

Edge computing architectures, where processing occurs closer to end users, could distribute attack surfaces and reduce the impact of localized attacks. As 5G networks proliferate, both opportunities and challenges emerge, with increased bandwidth potentially amplifying attack volumes while new network architectures enable more sophisticated traffic management.

6. Conclusion

DDoS attacks continue to pose serious threats to cloud-based systems, requiring multi-layered defense strategies combining detection and mitigation capabilities. Effective protection integrates traffic analysis, machine learning-based detection, real-time monitoring, and diverse mitigation techniques including filtering, scaling, and managed security services.

Organizations must adopt comprehensive security postures that extend beyond technical controls to include incident response planning, regular testing, and staff training. The dynamic nature of DDoS attacks demands continuous vigilance and adaptation as attackers develop new techniques.

Future developments in artificial intelligence, edge computing, and network architecture will shape the evolution of DDoS defense. Success requires

collaboration between cloud providers, security vendors, and customers to create resilient systems capable of maintaining availability in the face of increasingly sophisticated attacks. By implementing robust detection and mitigation frameworks, organizations can protect their cloud infrastructure while maintaining the performance and reliability their users expect.

References

- [1] J.Mirkovic, & P.Reiher (2004). A taxonomy of DDoS attack and DDoS defense mechanisms. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 34(2), 39–53.
- [2] B.Joshi, A.S.Vijayan, & B.K.Joshi (2012). Securing cloud computing environment against DDoS attacks. In *IEEE International Conference on Computer Communication and Informatics* (pp. 1–5).
- [3] S.T.Zargar, J.Joshi, & D.Tipper (2013). A survey of defense mechanisms against distributed denial of service (DDoS) flooding attacks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 15(4), 2046–2069.
- [4] A.Bhardwaj, V.Kumar, & N.Kumar (2020). DDoS attacks in cloud computing: Issues, taxonomy, and future directions. *Computer Communications*, 161, 325–341.
- [5] P.Ferguson, & D.Senie (2000). Network ingress filtering: Defeating denial of service attacks which employ IP source address spoofing. *RFC 2827*.
- [6] O.Osanaiye, K.K.R.Choo, & M.Dlodlo (2016). Distributed denial of service (DDoS) resilience in cloud: Review and conceptual cloud DDoS mitigation framework. *Journal of Network and Computer Applications*, 67, 147–165.
- [7] S.Ranjan, R.Swaminathan, M.Uysal, & E.Knightly (2009). DDoS-resilient scheduling to counter application layer attacks under imperfect detection. In *IEEE INFOCOM 2006*.
- [8] S.M.Specht, & R.B.Lee (2004). Distributed denial of service: Taxonomies of attacks, tools, and countermeasures. In *Proceedings of the 17th International Conference on Parallel and Distributed Computing Systems*.
- [9] M.H.Bhuyan, D.K.Bhattacharyya, & J.K.Kalita (2014). Network anomaly detection: Methods, systems and tools. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(1), 303–336.
- [10] M.Ahmed, A.N.Mahmood, & J.Hu (2016). A survey of network anomaly detection techniques. *Journal of Network and Computer Applications*, 60, 19–31.
- [11] R.Fontugne, J.Mazel, & K.Fukuda (2017). A comparative study of methods to identify routing asymmetry. In *IEEE INFOCOM 2017*.
- [12] I.Sharafaldin, A.H.Lashkari, & A.A.Ghorbani (2018). Toward generating a new intrusion detection dataset and intrusion traffic characterization. In *4th International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP)*.
- [13] R.Doshi, N.Apthorpe, & N.Feamster (2018). Machine learning DDoS detection for consumer Internet of Things devices. In *2018 IEEE Security and Privacy Workshops (SPW)*.
- [14] T.T.Nguyen, & G.Armitage (2008). A survey of techniques for internet traffic classification using machine learning. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 10(4), 56–76.

TOWARD EXPLAINABILITY OF ANOMALY DETECTION IN DISTRIBUTED SYSTEMS USING FUZZY ONTOLOGIES

Mirzazada Allahshukur

*(Azerbaijan State Oil and Industry University,
Faculty of Information Technologies and Control)
allahshukur.mirzazade@asoju.edu.az*

Abstract: *Distributed systems generate infinite streams of raw and processed data, where many values demonstrate gradual, inconsistent, or noisy behavior. Threshold-based anomaly detection often struggles to explain such uncertainty, and it results with false alerts. AI systems aim to get new knowledge based on a big amount of data analyzed to make deductions and predictions. This work outlines a fuzzy ontology-based approach aimed at improving explainability in anomaly detection in distributed. Fuzzy logic makes it possible to describe partially abnormal states, while an ontology provides semantic structure linking observed behavior to system components.*

Keywords: *fuzzy system, ontology, anomaly detection, distributed systems, explainability*

Introduction

Distributed microservice systems operate across heterogeneous environments, processing dynamic workloads and interacting through complex, partially unpredictable communication patterns. Metrics in such systems rarely shift abruptly; rather, they gradually drift due to fluctuating latency, resource contention, or asynchronous execution [1].

The main challenge of developing Artificial Intelligence (AI) systems comes in the explainability of its decisions, predictions and behaviors. Despite these challenges, most monitoring tools still rely on fixed thresholds that classify states as strictly normal or abnormal. When applied to noisy and fluctuating metrics, such systems produce excessive false positives [2]. For resolving such kinds of problems, new terminology, Explainable AI (XAI), was introduced. DARPA initiated XAI as research that focused on transparency, seeking to create “glass box” models that can be understood by a “human-in-the-loop” [3].

Our method offers a new way to represent uncertainty by assigning degrees of abnormality rather than relying on crisp boundaries, and ontologies help structure system knowledge by capturing relationships between components and resources.

Preliminaries

Fuzzy logic extends classical Boolean reasoning by giving partial membership in sets [4]. Instead of assigning fully true or fully false, fuzzy sets allow degrees of truth, which more accurately reflect how real systems behave. We can characterize a fuzzy set A within X through its membership functions $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$, where $\mu_A(x)$, shows how strongly element x belongs to A . A commonly used mathematical representation of gradual change in a system metric is the triangular membership function [5]:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 < x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 < x < a_3 \\ 0, & x \geq a_3 \end{cases}$$

Ontologies are structured semantic model of a domain. In distributed systems, an ontology may represent services, their dependencies, resources, interactions, and known fault categories. Unlike flat threshold rules, ontological models incorporate relationships among components, enabling the diagnostic engine to reason about the origins, pathways, and impacts of an anomaly [3].

Problem Statement and Proposed Direction

We consider to some extent the semantic based multi-agent XAI system that uses ontology-based reasoning to infer threatening IoT dependencies and detect cascading failures in distributed IoT networks through ontology [6]. However, the research faces critical explainability limitations with classical ontologies. IoT systems involve uncertain and gradual relationships that crisp ontologies cannot adequately represent.

To address the above-mentioned issue, we propose a novel five-layer fuzzy ontology framework that integrates fuzzy logic with semantic web technologies in order to improve explainability. First the system collects data from distributed components: $M = m_1, m_2, \dots, m_n$, where each metric represents time-series measurements such as latency, CPU usage, or response time. Then raw metrics are fuzzified into linguistic variables using membership functions. For a metric m_i , we define fuzzy sets: $\mu_{low}(m_1)$, $\mu_{medium}(m_2)$, $\mu_{high}(m_n)$. For example, latency is transformed as: $\mu_{high\ latency}(x) = 0$ if $x < 100ms$; $(x - 100)/200$ if $100ms \leq x \leq 300ms$; 1 if $x > 300m$.

All of the expert knowledge is stored in a fuzzy ontology that represents concepts C (services, components), fuzzy relations R with confidence degrees, individuals I , and axioms A . Then fuzzy rules are used for an inference layer.

For example the following rule can be used for combining observations to infer root causes of an anomaly: $R_k: IF(X_1 \text{ is } A_1) \text{ AND } (X_2 \text{ is } A_2) \text{ THEN } (Y \text{ is } B) \text{ with } CF_k$ where CF_k represents the rule's certainty factor. The inference aggregates multiple rules using fuzzy operators: $\mu_{output}(y) = \max_k[\min(\mu_A(x_1), \mu_A(x_2), CF_k)]$.

Later the defuzzification process produces human-readable outputs with confidence: $D = \{(component_i, fault\_probability_i, explanation_i)\}$, where explanations include the linguistic variables and rules that give reasons which are easy for humans to understand while also expressing uncertainty.

An overall scheme to solve this problem is given as an architecture in Fig. 1.

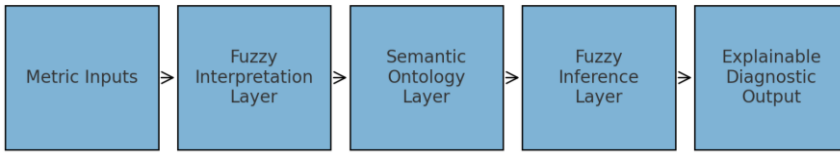


Fig. 1. Fuzzy-ontology-based diagnostic architecture.

As a result of the proposed approach, the fuzzy membership function is used to convert raw operational signals into fuzzy degrees of abnormality. For example, an increasing latency value x may correspond to a membership value $\mu_A(x)$ such as 0.2 ("slightly abnormal"). These graded values are then mapped to ontological concepts representing system components, resources, and relations. As a result, the diagnostic engine does not rely on thresholds but uses $\mu_A(x)$ to determine how strongly each symptom contributes to potential fault explanations. It give diagnostic conclusions with confidence levels and explains why a metric is considered abnormal.

Conclusion

Distributed systems tend to behave in ways that are not entirely predictable – they generate noisy data, change gradually over time, and often hide signs of failure. Because of this, simple threshold rules usually react too late or trigger alarms without explaining what is actually wrong. By combining ontology and fuzzy logic, it is easier to describe how a system changes and how those changes are related. The approach given in this study forms an idea for building diagnostic methods that are both clearer and more sensitive to context. Going forward, this idea can be developed further by experimenting with adaptive membership functions and testing semantic reasoning techniques on real distributed system setups.

References

1. G.Winchester, G.Parisis, G.Xu, L.Berthouze Complexity at Scale: A Quantitative Analysis of an Alibaba Microservice Deployment, 2025 [Online], URL: <https://arxiv.org/abs/2504.13141>
2. J.Dean, L.A.Barroso The tail at scale, Communications of the ACM, 2013, vol. 56, № 2, 74–80 p.
3. M.Bellucci, N.Delestre, N.Malandain, C.Zanni-Merk Combining an explainable model based on ontologies with an explanation interface to classify images. Procedia Computer Science, 2022, vol. 207, 2395-2403 p.
4. L.A.Zadeh, Fuzzy Sets, 1965, vol. 8, №3, 338-353 p.
5. L.Gardashova Fuzzy Logic and Its Applications. Book, Baku, 2023, 423p.
6. A.Guittoum, F.Aïssaoui, S.Bolle, F.Boyer, N.De Palma Solving the IoT Cascading Failure Dilemma Using a Semantic Multi-agent System. Lecture Notes in Computer Science, 2023, vol. 14266, 325-344 p.

COMPARISON OF CLASSIC AND MODERN AI METHODS IN DETECTION OF RESPIRATORY DISEASES

Nifdalzada Maliha

(Azerbaijan State Oil and Industry University)

maliha.huseynzade.s@asoil.edu.az

Abstract. *This article compares the performance of classical and modern artificial intelligence (AI) methods in the detection and classification of respiratory diseases. The aim of the study is to determine the advantages of different approaches — traditional machine learning algorithms (Logistic Regression, SVM, Random Forest, XGBoost) and deep learning-based models (CNN, EfficientNet, Vision Transformer) — in terms of accuracy, stability, and computational efficiency. The study used open-source lung X-ray datasets, and performed data preprocessing, balancing, and feature extraction stages. Experimental results show that modern deep learning models demonstrate higher accuracy, especially on large and diverse data sets, while classical methods are more effective in cases where small volumes and interpretability are required. As a result, it was determined that hybrid models combining both approaches may be the most suitable approach in clinical applications.*

Keywords: *respiratory diseases, artificial intelligence, machine learning, deep learning, classification, CNN, expert system.*

Introduction. Respiratory diseases (pneumonia, tuberculosis, COPD, COVID-19, etc.) are one of the leading causes of morbidity and mortality

worldwide. Timely and accurate diagnosis of these diseases not only increases the chances of survival of patients, but also reduces the burden on healthcare systems. However, the diagnostic process often depends on subjective factors, physician experience, and limited resources. For this reason, the application of automated and artificial intelligence-based approaches to the detection of respiratory diseases has become one of the main directions of scientific research in recent years.

Traditional (classical) machine learning methods — for example, algorithms such as Logistic Regression, Support Vector Machine (SVM), Random Forest, and XGBoost — have yielded effective results in classifying diseases based on statistical and textural indicators selected at the feature engineering stage. These methods have the advantages of working with small amounts of data, interpretability, and computational efficiency. However, their performance often depends on the quality of feature selection and their ability to fully learn deep patterns in complex medical images is limited.

In contrast, modern deep learning models, especially convolutional neural networks (CNN) and transfer learning approaches (e.g. EfficientNet, ResNet, Vision Transformer, etc.), have achieved revolutionary results in the field of image-based diagnostics. These models have the ability to automatically extract features from data and can provide high accuracy on large-scale medical datasets. However, the disadvantages of these approaches include the requirement of large amounts of labeled data, high computational cost, and difficulty in interpretability.

Solution method. In this study, both classical and modern artificial intelligence methods were applied for the automatic detection of respiratory diseases. The goal was to compare both approaches in terms of diagnostic accuracy, computational efficiency, and interpretation on the same dataset.

The open source datasets Chest X-Ray Pneumonia and X-Ray Lung Diseases (9 Classes) were used in the study. These datasets contained X-ray images of healthy individuals and patients with various respiratory diseases (pneumonia, tuberculosis, COPD, fibrosis, etc.). The collected images were initially reduced to 224×224 pixels, normalized, and divided into training and test parts. Data augmentation techniques (rotation, transformation, scaling, etc.) were used to improve data quality [1].

In the first stage of the study, classical artificial intelligence (machine learning) methods were applied to detect respiratory diseases. At this stage, manual feature extraction from image data was chosen as the main approach.

Two main methods were used for feature extraction:

- Histogram of Oriented Gradients (HOG) — determines the structural features of objects by analyzing the direction and intensity distribution of image edges;
- Gray-Level Co-occurrence Matrix (GLCM) — allows the extraction of texture-based features by taking into account the relationships between pixels.

The features obtained by these methods were incorporated into classical classification models such as Support Vector Machine (SVM), Decision Tree Classifier and K-Nearest Neighbors (KNN).

The main goal was to evaluate the ability of classical methods to recognize visual patterns in X-ray images and to determine their potential in terms of accuracy, interpretation and computation.

In the next stage of the study, a modern artificial intelligence approach, i.e. a deep learning-based model, was built. For this, the Convolutional Neural Network (CNN) architecture was applied. Since the CNN model has the ability to automatically learn features from image data, there is no need for manual feature selection [2].

The structure of the model consisted of the following components:

- Three convolution (Conv2D) and MaxPooling layers were used to extract spatial features of images step by step;
- Dropout (0.5) layer was applied to prevent the overfitting problem;
- Fully connected (Dense) layer and Softmax output function provided the presentation of multi-class classification results with probabilities.

The model was trained for 50 epochs with Adam optimizer and categorical crossentropy loss function. Although this approach requires more computational resources, it allowed for automatic learning of complex samples and, as a result, higher classification accuracy [3].

In order to compare the effectiveness of both approaches, the models were tested on the same test data set. According to the experimental results, the CNN model demonstrated significantly higher performance compared to the classical models. It was observed that CNN achieved high accuracy on the test set. At the same time, the SVM model required less computational resources and showed an advantage in terms of execution time. This also confirmed its potential for resource-constrained systems in practical applications. symptoms). The system receives an X-ray image and symptom data from the user, and after processing it presents the probable type of disease and the percentage of diagnosis reliability.

The developed expert system uses both image-based analysis (CNN outputs) and symptom-based structured data (e.g., patient age, cough, shortness of breath, etc. symptoms). The system receives an X-ray image and symptom data from the user, and after processing it presents the probable type of disease and the percentage of diagnosis reliability [4].

As a result of this integration, a hybrid diagnostic system that is practical, flexible, and suitable for clinical applications has been formed by combining the interpretation advantages of classical models and the high accuracy of deep learning models [5].

Conclusion. The study showed that the performance of classical and modern artificial intelligence methods in the detection of respiratory diseases is different. Classical models (SVM, Decision Tree, KNN) are effective in small datasets and in cases where interpretation is required, but the accuracy is limited in complex samples and large datasets. Deep learning models (CNN) demonstrate high accuracy and stability, but require more computational resources.

As a result of integration into an expert system, the advantages of both approaches are combined, and a balance of speed, interpretation and accuracy is ensured.

In conclusion, classical artificial intelligence methods are practically effective in small datasets, as they require fewer resources and are easy to interpret. In large and complex datasets, deep learning models prevail and provide higher accuracy. At the same time, hybrid methods that combine classical and modern approaches provide an optimal solution for clinical applications, while maintaining a balance in terms of performance, interpretation and resources.

References

1. I. Razzak, S. Naz, A. Zaib. *Deep learning for medical image processing: Overview, challenges and the future*, Springer, 2021, s.323–350.
2. M.I. Razzak, M. Imran, G. Xu. *Big data analytics for preventive medicine*, Neural Computing and Applications, 2020, c.32(9), s.4417–4453.
3. M.A.I. Shuvo, M.R. Islam, M.J. Hasan. *A comparative study of classical machine learning and deep learning models for pneumonia detection from chest X-rays*, Journal of Imaging, 2022, c.8(3), s.73.
4. S. Iqbal, R. Qureshi. *Hybrid deep learning model for classification of lung diseases using chest X-rays*, Biomedical Signal Processing and Control, 2022, c.71, s.103207.
5. N.N. Das, N. Kumar, M. Kaur, V. Kumar, D. Singh. *Automated deep transfer learning-based approach for detection of COVID-19 infection in chest X-rays*, IRBM, 2021, c.42(2), s.100–111.

INVERSE PROBLEM FOR THE PERIODIC DIRAC OPERATOR

Panahov Etibar, Bakhshizada Aytan

(BSU, The Research Institute of Applied Mathematics,

BSU, Faculty of Mechanics-mathematics)

epenahov@hotmail.com, baxshizadeayten@gmail.com

Abstract: In this study, we investigate the inverse problem for periodic Dirac operators.

Key words: Inverse problem, Lyapunov (Hill) function, periodic Dirac operator, N -zoned potential

In this speech, we consider the periodic and semiperiodic Dirac problems

$$y_2' + p_i(x)y_1 = \lambda y_1, \quad -y_1' + r_i(x)y_2 = \lambda y_2, \quad i = 1, 2 \quad (1)_i$$

and

$$y_1(0) = y_1(\pi), \quad y_2(0) = y_2(\pi) \quad (2)$$

$$y_1(0) = -y_1(\pi), \quad y_2(0) = -y_2(\pi) \quad (3).$$

Along with the problems $(1)_i$, (2) and $(1)_i$, (3), we assume that the functions $p_i(x)$ and $r_i(x)$ is a smooth periodic function of period π .

We denote the spectrum of the problems $(1)_i$, (2) and $(1)_i$, (3).

$$\lambda_n = n + \frac{v}{n} + O\left(\frac{1}{n}\right), \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\mu_n = n + \frac{v_1}{n} + O\left(\frac{1}{n}\right), \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

In the case of an N -zoned potential we have, for all $n > N$

$$\lambda_{2n+1} = \mu_n = \lambda_{2n+2}$$

if N -zoned Lyapunov (Hill) function and $\tilde{\mu}_n = \mu_n$ for $n > N$ and

$\Delta_1(\lambda) = \Delta_2(\lambda)$ then the integral equation inverse problem is degenerate in the extended sense.

Reference

1. Levitan B.M. On the determination of the Sturm-Liouville operator from one and two spectra. Math. USSR Izvestija, vol 12(1978), No1 pp.179-193.

ESTIMATES ON THE STABILITY INTERVALS FOR PERIODIC STURM-LIOUVILLE EQUATIONS

Panahov Etibar, Bakhshizada Aytan

(BSU, The Research Institute of Applied Mathematics,

BSU, Faculty of Mechanics-mathematics)

epenahov@hotmail.com , baxshizadeayten@gmail.com

Abstract: *In this study, the a priori estimates of the stability intervals for the Hill (or periodic Sturm-Liouville) equation was examined.*

Key words: *Sturm-Liouville, Hill, periodic, semi(anti)periodic, spectrum.*

It will be assumed in this work that the function $q(x)$ in the Sturm-Liouville equation

$$-y'' + q(x)y = \lambda y \quad , \quad (0 \leq x \leq \pi) \quad (1)$$

is a real, smooth and periodic function with period π . Consider two boundary-value problems for equation (1):

$$y(0) = y(\pi) \quad , \quad y'(0) = y'(\pi) \quad (2)$$

$$y(0) = -y(\pi) \quad , \quad y'(0) = -y'(\pi) \quad (3)$$

All these problems are self-adjoint. The first of them is said to be periodic, the second antiperiodic(semiperiodic) problem.

Denote the solutions of equation (1), satisfying the initial conditions

$$\varphi(0, \lambda) = \psi'(0, \lambda) = 0 \quad , \quad \varphi'(0, \lambda) = \psi(0, \lambda) = 1$$

by $\varphi(x, \lambda)$ and $\psi(x, \lambda)$. Furthermore, put

$$F(\lambda) = \varphi'(\pi, \lambda) + \psi(\pi, \lambda)$$

$F(\lambda)$ is an entire analytic function of the exponential type and of order $\frac{1}{2}$. It is called the Lyapunov function or Hill determinant. [1]

Denote the eigenvalues of problem (1)-(2) by $\lambda_0 < \lambda_2 \leq \mu_2 < \lambda_4 \leq \mu_4 < \dots$, those problem (1)-(3) by $\lambda_1 \leq \mu_1 < \lambda_3 \leq \mu_3 < \dots$,

it is not complicated to show that the eigenvalues of problem (1)-(2) are the roots of the equation $F(\lambda) = +2$, that those of problem (1)-(3) are the roots of the equation $F(\lambda) = -2$.

The following asymptotic expansions are valid: [3]

$$\sqrt{\lambda_k} = n + \frac{a_0}{n} + \frac{a_1}{n^3} + \dots$$

$$\sqrt{\mu_n} = n + \frac{a'_0}{n} + \frac{a'_1}{n^3} + \dots$$

The purpose of this note is to state and prove the following theorem.

Theorem: Consider the Hill's equation (1), where $q(x+h) = q(x)$ and $q(x)$ is bounded. It is well known [1] that for the eigenvalues

$$\lambda_0 < \lambda'_1 \leq \lambda'_2 < \lambda_1 \leq \lambda_2 < \lambda'_3 \leq \lambda'_4 < \lambda_5 \leq \lambda_6 < \dots$$

and for all λ in the intervals

$$(\lambda_0, \lambda'_1), (\lambda'_2, \lambda_1), (\lambda_2, \lambda'_3), (\lambda'_4, \lambda_5), \dots \quad (4)$$

has only bounded solutions. For λ outside those interval unbounded solutions occur. These intervals $(-\infty, \lambda_0), (\lambda'_1, \lambda'_2), (\lambda_1, \lambda_2), (\lambda'_3, \lambda'_4), \dots$ are known as the instability intervals. Then if $q(x)$ has m continuous derivatives it follows that

$$\lambda_{2k} - \lambda_{2k-1} = o\left(\frac{1}{k^{m-1}}\right)$$

as $\rightarrow \infty$, and similarly for $\lambda'_{2k} - \lambda'_{2k-1}$.

This result was previously proved in [2] for $q(x)$ which are even in. The following proof lifts that restoration.

The proof is similar to the one given in [2]. The solution of (1) can be represented by

$$y = A(x) \sin \phi(x) \quad , \quad y' = (\lambda + q(x))^{1/2} A(x) \cos \phi(x) \quad .$$

From these it follows that

$$\phi'(x) = (\lambda + q(x))^{1/2} + \frac{q'(x)}{4(\lambda + q(x))} \sin 2\phi(x) \quad (5)$$

$$\frac{A'(x)}{A(x)} = - \frac{q'(x) \cos^2 \phi(x)}{2(\lambda + q(x))} \quad (6)$$

For sufficiently large λ , A must be an exponential function and cannot vanish.

For solution of period π we require

$$y(0) = y(\pi), \quad y'(0) = y'(\pi) \quad .$$

From this one can conclude that

$$\phi(\pi) = \phi(0) + 2k\pi \quad , \quad A(\pi) = A(0)$$

Similarly for solutions of period 2π

$$y(0) = -y(\pi), \quad y'(0) = -y'(\pi) \quad .$$

So that

$$\phi(\pi) = \phi(0) + (2k+1)\pi \quad , \quad A(\pi) = A(0)$$

From (5) and (6) we then obtain

$$k\pi = \int_0^\pi (\lambda + q(x))^{1/2} dx + \int_0^\pi \frac{q'(x)}{4(\lambda + q(x))} \sin 2\phi(x) dx \quad (7)$$

$$0 = -\frac{1}{2} \int_0^\pi \frac{q'(x) \cos^2 \phi(x)}{\lambda + q(x)} dx \quad (8)$$

$\phi(0)$ and λ are unknown, but once $\phi(x)$ is determined from (5) they can be determined from (7) and (8). By virtue of the only (2ϕ) occurs in (7) and (8), one will determine every k two λ 's and two $\phi(0)$'s. In case $q(x)$ is even one finds for $\phi(0)$ the solutions $\phi(0) = 0$, $\phi(0) = \frac{\pi}{2}$. The two λ 's will be close. Asymptotically, (6) shows that

$$\lambda^{1/2} = k + O\left(\frac{1}{k}\right)$$

for large k . When $q(x)$ has m continuous derivatives follows from (6), by integrations by parts, that

$$\int_0^\pi \frac{q'(x)}{4(\lambda + q(x))} \sin 2\phi(x) dx = o\left(\frac{1}{\lambda^{\frac{(m+1)}{2}}}\right) = o\left(\frac{1}{k^{m+1}}\right)$$

By taking the difference of the two equations of type (6) corresponding to the same value of k one finds that

$$\int_0^\pi (\lambda_{2k} + q(x))^{1/2} dx - \int_0^\pi (\lambda_{2k-1} + q(x))^{1/2} dx = o\left(\frac{1}{k^{m+1}}\right)$$

and an application of the mean value theorem shows that

$$\lambda_{2k} - \lambda_{2k-1} = o\left(\frac{1}{k^{m-1}}\right)$$

which proves the theorem.

References

1. E.A.Caddington and N.Levinson Theory of ordinary differential equations, McGraw-Hill, New-York, 1955
2. H.Hochstandt Asymptotic estimates for the Sturm-Liouville spectrum. Comm.Pure Appl.Math.14(1961). pp.930-932
3. H.McKean and P.Moerbeke The spectrum of Hill's equation, Invent. Math. 1975. 30(3), pp.217-274.

A STRATEGIC FRAMEWORK FOR INTEGRATING EDUCATIONAL ROBOTICS IN HIGHER EDUCATION MANAGEMENT

Pashazada Malak

malakpashazada@gmail.com

(Baku State University)

Abstract: *The growing influence of robotics and artificial intelligence is transforming the landscape of higher education. While educational robots have been successfully applied in K-12 and STEM learning contexts, their systematic integration into higher*

education management remains underexplored. This study aims to develop a strategic framework that connects the managerial processes of higher education institutions with the technological potential of educational robotics. The research combines algorithmic development and organizational analysis to propose an integrative model for planning, implementing, and managing robotic technologies within academic environments. The expected outcome is a conceptual framework that supports decision-makers in aligning robotics innovation with institutional strategies for digital transformation, efficiency, and student engagement.

Keywords: Educational robotics; Higher education management; Technology integration; Digital transformation; Smart learning environments; Algorithm development; Strategic planning; Innovation in education; Institutional technology adoption; Intelligent systems.

1. Introduction

Technological advancements are reshaping the operational and pedagogical processes of higher education institutions (HEIs). As universities pursue digital transformation, the adoption of intelligent systems—particularly educational robots—offers new opportunities for innovation. Educational robots, equipped with algorithms for interaction, data processing, and adaptive learning, can enhance student motivation, automate administrative tasks, and facilitate personalized education.[1]

However, most HEIs lack clear strategies for integrating such technologies into institutional structures. Implementation often occurs in isolated projects without alignment to strategic goals or management models. This thesis proposes a strategic framework for integrating educational robotics into higher education management, combining technological design principles with organizational planning methodologies.

2. Literature Review

The literature reveals three major streams relevant to this study:

1. **Technology Management in Higher Education:**

Studies emphasize the importance of strategic planning, leadership, and resource allocation for adopting digital technologies. Frameworks such as Technology Acceptance Models (TAM) and the Digital Maturity Model highlight the need for alignment between technology and institutional goals.

2. **Educational Robotics in Learning Environments:**

Research demonstrates that robots can support STEM learning, collaborative problem solving, and inclusive education. Recent work extends their use to university laboratories and distance learning through

robotic telepresence.

3. **Integration Challenges and Gaps:**

Despite technical progress, robotics implementation in higher education often faces barriers such as limited staff readiness, lack of clear policies, and insufficient managerial coordination. Few models address both technical and administrative dimensions simultaneously.

This gap justifies the need for a comprehensive framework that combines algorithmic innovation with institutional management strategies.

3. **Methodology**

The research adopts a **mixed-method design** combining:

- **Analytical modeling:** Development of a conceptual framework integrating robotic systems with management processes (planning, organizing, implementing, evaluating).[2]
- **Algorithmic component:** Design of software modules that enable interaction between educational robots and institutional data systems (e.g., learning management or student support systems).
- **Qualitative validation:** Expert interviews with university administrators and technology managers to assess framework feasibility and relevance.

The study will follow three stages:

1. Review of best practices in robotics adoption and digital transformation policies.
2. Framework development linking technical, pedagogical, and managerial layers.
3. Prototype testing or simulation of a robot-assisted educational management process (e.g., student advising or administrative assistance).

4. **Expected Outcomes**

The project aims to produce:

- A **strategic integration model** describing how HEIs can plan and manage robotics implementation.
- **Algorithmic modules** enabling data-driven robotic applications aligned with educational goals.
- **Guidelines** for administrators on resource planning, staff training, and evaluation metrics.
- A **case-based validation** demonstrating efficiency gains and enhanced learner engagement.

This framework is expected to bridge the gap between technological innovation

and institutional strategy, providing a roadmap for digital transformation in higher education.

5. Conclusion

Integrating educational robotics into higher education management requires both technical sophistication and strategic foresight. The proposed framework seeks to align algorithmic development with organizational planning, ensuring that robotics serves not only as a teaching aid but also as a component of institutional effectiveness. By merging perspectives from computer science and educational management, this research contributes to the interdisciplinary field of educational technology and supports universities in evolving toward smart, adaptive learning ecosystems.

References

1. Al-Haddad, S., & Kotnour, T. (2015). *Integrating technology in higher education: A change management approach*. Journal of Higher Education Policy and Management, 37(3), 324–338.
2. Goodyear, P., & Carvalho, L. (2014). *Rethinking learning, design and technology*. Springer.

CENTRAL LIMIT THEOREM FOR THE SOME MARKOV RANDOM WALK

Rahimov Fada, Aliyev Rovshan, Baghirova Gulnara

(BSU, Applied Mathematics and Cybernetics)

ragimovf@rambler.ru, rovshanaliyev@bsu.edu.az, bagirova.gulnara.amir@bsu.edu.az

Abstract: *in this paper, we consider a family of the first passage time, for the level by Markov random walk described by sums of values of the autoregressive process $AR(1)$. A central limit theorem for this random walk is proved.*

Keywords: *first-order autoregressive process, Markov random walk, first passage time, central limit theorem*

Let $\xi_n, n \geq 1$ be a sequence of independent and identically distributed random variables defined on the some probability space $(\Omega, \mathcal{F}, P)$. It is well known (see, for example, Pollard [1], Gut A. [2], Melfi [3], Zhang and Yang [4]) that the first-order autoregressive process ($AR(1)$) is defined using a recurrent relation of the form

$$X_n - m = \beta(X_{n-1} - m) + \xi_n, \quad n \geq 1, \quad (1)$$

here $m, \beta \in R = (-\infty, +\infty)$ is some fixed numbers and it is assumed that the initial value X_0 does not depend on the innovation $\{\xi_n\}$.

Note that, process $AR(1)$ in form (1) generalized random walks, which describe by sum of independent and identically distributed random variables, since in case $\beta = 1$ from (1) we have:

$$X_n = \sum_{i=1}^n \xi_i, X_0 = 0$$

In present work is study limit theorems for family of the first passage times for level by Markov random walk $L_n = \sum_{k=0}^n X_k, n \geq 1$, which is the sum of values of the process $AR(1)$ in form (1). Namely, family of the first passage times for level in form

$$\tau_a = \inf\{n \geq 0: L_n \geq a\}, \quad a \geq 0 \quad (2)$$

where $\inf\{\emptyset\} = \infty$.

In case $\beta = 0$ family (2) has the following form:

$$t_a = \inf\{n \geq 1: S_n \geq a\}, \quad a \geq 0,$$

where $S_n = \sum_{i=1}^n \xi_i$ is ordinary random walk.

There are exists many results about the family $t_a, a \geq 0$ (see, [2]).

In this study following theorem is proved:

Theorem. Let $|\beta| < 1, E\xi_1 = 0, D\xi_1 = \sigma^2 < \infty$ and $E|X_0 - m|^2 < \infty$. Then

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(L_n^* \leq x) = \Phi(cx),$$

where $L_n^* = \frac{L_n - mn}{\sqrt{n}}, n \geq 1, \quad \Phi(x) = \int_{-\infty}^x e^{-\frac{y^2}{2}} dy, \quad x \in R; c = \frac{1-\beta}{\sigma}.$

References

1. Pollard, D. (1984). Convergence of Stochastic Processes. Springer, New-York.
2. Gut, A. (1988). Stopped random walks. Limit theorems and applications. Springe, New York.
3. Melfi, V.F. (1992). Nonlinear Markov renewal theory with statistical applications. The Annals of Probability, 20 (2), pp. 753-771.
4. Zhang, Y., Yang, X. (2010). Limit Theory for Random Coefficient First-Order Auto-regressive Process. Communications in Statistics - Theory and Methods, 39(11), pp.1922-1931.

TELEMATICS MONITORING AND ASSESSMENT OF AIR QUALITY IN URBAN AREAS USING IOT TECHNOLOGIES

Rahimov Elshan, Allahverdiyeva Naila

Baku Higher Oil School, Information Technology Department

elshan.rahimov@bhos.edu.az, naila.allakhverdiyeva@bhos.edu.az

Abstract: *This paper presents an approach to telematics air quality measurement in roadside settlements using Internet of Things (IoT) sensor technologies. The proposed system enables continuous and automated monitoring of atmospheric parameters through a distributed network of interconnected devices. Environmental data are collected and transmitted via encrypted mobile communication channels employing Machine-to-Machine (M2M) technology to centralized IoT servers equipped with specialized software for processing raw sensor information. The IoT software complex performs data conversion, integration, and analytical processing of inputs from add-on sensors connected to primary IoT devices-transforming them into user-oriented, easily interpretable reports for decision-makers. This telematics approach ensures efficiency, cost reduction and optimization of human resources in evaluating air quality, contributing to the development of intelligent environmental monitoring infrastructures. And in last part of paper were observed linear interpolation mathematical model for assessing the Air Quality Index (AQI).*

Key words: *IoT, telematics, remote measurement, pollution of air, add-on sensors, air quality index, monitoring.*

Introduction

Current study examines international standards that define air quality in residential and populated areas located near major highways. The paper further explains the methods and approaches of telematics air quality measurement and data collection. Based on these telematics measurements, IoT technologies were utilized to provide a more convenient and versatile application of the collected data for practical purposes related to determining the quality of life in residential areas. Using specialized add-on sensors, which are additionally connected to primary IoT devices, a series of air quality measurements were conducted in regions situated near highway interchanges. Considering the rapid and aggressive growth of traffic flow along highways and major transport hubs, the issue of air quality in these zones has become increasingly critical and challenging [1–3].

For this reason, the study of air quality indicators in roadside residential zones is currently one of the most pressing and complex issues in ecology and environmental protection. In this context, one of the main challenges related to vehicle emissions is determining the quantity of harmful substances released into the atmosphere and evaluating their compliance with international air

quality standards. The calculation of air quality indicators in this paper was carried out based on telematics data obtained from various IoT sensors installed at different locations along the highway. The collection of telematics data was implemented through mobile communication technologies, with data transmission and processing performed in a cloud-based system using IoT software built on an Oracle database platform. Pre-installed add-on sensors, connected to the main IoT devices, measure air quality according to predefined parameters - including temperature, humidity, and carbon monoxide concentration (CO). The level of air pollution caused by carbon monoxide is regulated by the World Health Organization (WHO, 2000), which establishes that the CO concentration should not exceed 10 mg per cubic meter over a continuous 8-hour period. At next step were observed list of mathematical models which are used in modern measurement of air pollution coefficient by applying IoT technologies with using of add-on sensors on the base of World Health Organization standards [3]. As a last point of this research, it is clearly possible to view that by changing of add-on sensors and by using of same mathematical models the result will be different. And in this reason all add-on sensors which are used for measurement of air pollution must be calibrated on the base of ISO standards for achieving best result [4].

Methods and Study

There are several mathematical methods applied in telematics and IoT for determining air quality in urban areas [4-5]. Mathematical methods with definitions are shown in Table 1:

Table 1

Method	Definitions
Linear interpolation	Converting concentrations to index values
Row data filtering (Kalman Filter, Moving Average)	Eliminating sensor noise
Regression and neural networks	Forecasting changes in air quality
Correlation analysis	Determining the relationship between weather factors and pollution
Geostatistical models (Kriging)	Construction of spatial pollution maps

The first method shown in Table 1 is Linear Interpolation (Fig.1).

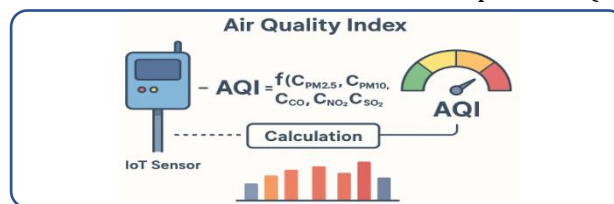


Fig 1. Determining air quality index by linear interpolation

It provides calculation of air quality using telematics (via IoT sensors) by means of linear interpolation mathematical model for assessing the Air Quality Index (AQI), which combines data from multiple sensors and converts it into a user-friendly numerical indicator. The mathematical model is based on a multiparameter analysis of pollutants:

$$AQI = f(C_{PM2.5}, C_{PM1.0}, C_{CO}, C_{NO2}, C_{SO2}, C_{O3}, T, H) \quad (1)$$

where C_i — concentration of pollutant, T — temperature, H — humidity, f — data normalization and aggregation function.

Also, it is possible to calculate partial index of pollution which will play a main role in general pollution coefficient of air in urban areas. In this approach each substance is converted into a partial index using the following formulation:

$$I_p = \left[\frac{I_{hi} - I_{lo}}{C_{hi} - C_{lo}} \right] \times (C_p - C_{lo}) + I_{lo} \quad (2)$$

where:

I_p — pollution index for a specific gas.

C_p — measured pollutant concentration;

C_{hi}, C_{lo} — concentration range limits;

I_{hi}, I_{lo} — the corresponding air quality index values for this range.

Conclusion

This research confirms that **IoT based telematics systems** are an effective tool for **real-time air quality monitoring** in roadside settlements. The integration of **sensors, cloud processing, and M2M communication** enables accurate data collection and analysis with minimal human effort. This approach helps assess compliance with **international air quality standards**, reduces monitoring costs, and improves **environmental safety** in areas located near major highways.

Reference

1. Quarmby S., Santos G., Mathias M. Air quality strategies and technologies: a rapid review of the international evidence// Sustainability 11. No. 10. 2019.
2. Kuznetsov S.O. Sensor networks and IoT-monitoring system of environment. — SPb.: Petersburg, 2021.
3. Air Quality Guidelines — Global Update 2021. World Health Organization (WHO). — Geneva: WHO Press, 2021.
4. Mishenko V.V., Ivanov A.V. Intellectual systems of monitoring of ecology and natural resources. — Moscow.: Nauka, 2022.
5. Zhang, L., Wang, J., Chen, X. "Smart Air Quality Monitoring Using IoT and Big Data." IEEE Internet of Things Journal, 2020.

AGILE-BASED MODULAR ARCHITECTURE FOR INTELLIGENT SEARCH SYSTEMS

Rzaguliyev Alikhan, Yarmammadov Ulvi, Shahbazov İmran

(Western Caspian University)

Alikhan.rzaguliyev@wcu.edu.az, yarmemmedovulvi@gmail.com,

imranshabbazov9@gmail.com

Abstract: *This research paper focuses on Agile-based modular architecture for building intelligent search systems. The framework divides the search process into independent, iterative modules – data integration, keyword extraction, classification, query execution, similarity analysis, and result evaluation. Each module operates as a sprint, allowing continuous improvement through testing and feedback. The framework could be used for automating patentability searches, for booking/reservation search services. The framework is modular and flexible, which makes it adaptable to other complex search domains such as legal, academic, or any other information retrieval systems.*

Keywords: *Patentability, search system, agile search, automation, artificial intelligence.*

Introduction:

In the era of digital transformation, the amount of structured and unstructured data available for analysis has grown. For information retrieval from large-scale databases, a central challenge comes from domains such as scientific research, legal documentation, healthcare, patent examination, etc. Those search systems often rely on static algorithms or keyword-based methods. The absence of a modular and adaptive framework in this case could create a room for integration of new algorithms or search strategies. To address those challenges, this research paper proposes to use of Agile methodology for building intelligent and modular search systems. Applying Agile methodology principles to search system design could allow each component – such as keyword extraction, classification, query generation, and result evaluation to be treated as an independent, improvable module. Through short development cycles (sprints) and stakeholder feedback (for example, from patent examiners or domain experts), the system can evolve. The Agile-based approach in our case ensures that search systems remain adaptive. Which could be applied to user needs, database changes, and emerging technologies such as semantic search and natural language processing (NLP). While this study uses patent search automation as a primary case study, the proposed framework can be extended to other complex search environments, such as booking/reservation search services, or as

any other information retrieval systems.

Literature review:

According to the law of the Republic of Azerbaijan and Russian Civil Code, the subjects of patents can be inventions, utility modes and industrial designs. The first condition for the inventions is novelty. The inventions for this condition must have new characteristics. Another condition is an inventive step, which means the invention should not be obvious and the last condition is industrial application. If the invention can be made or used in any field of industry, then the invention is considered applicable. Another subject of the patent law is the utility models. They have similar conditions to inventions with a few differences. The utility models can only be a device. While the inventions have three conditions, utility models only have two. Which are novelty and industrial applicability [2], [3].

Simply examiners mainly search with IPC and keywords (or key terms). After finding the documents human examiner judges and writes their decision. Mostly it would be one of the three: “found documents does not affect patentability requirements”, “found documents show that application does not have inventive step” and “found documents show that application does not have novelty”. Main search parameters are: A – generally similar or relative, Y – similar and shows that application doesn’t have inventive step, X – similar and shows that application doesn’t have inventive step and novelty. Model would have a keyword synonym database. For keyword similarity we could have a table database that would show the similarity of the term. For semantic search we could use term weighting system. We would create synonym database like in “Table – 1” with custom weights. Weights would be manually assigned by patent examiners, and the average would be assigned to the said term. For that we can conduct a survey about synonyms on a scale of ten. For semantic search, the application would conduct a patentability search three times. First it would search with only noun keyword. The second search would be adjectives related to noun keywords. And lastly, the third search would use configuration keywords [1].

Another article provide a comprehensive review of agile and hybrid project-management methodologies. They highlight increasing adoption, benefits such as flexibility and risk reduction, and barriers like scalability. Those findings address organizational management rather than information-retrieval systems in technical domains [4].

Another paper provides information about online booking system. The

reservation system works with Rest API. And according to the source they use waterfall method for development. The paper discusses how results show an intuitive user interface, making it easier for customers to make reservations online [5].

Another source discusses improving cruise booking platforms using agile methodology. The paper addresses challenges such as managing huge data sets, real-time integration with APIs, dynamic pricing and seasonal changes, system load and caching strategies, etc. It applies semantic search, faceted navigation, and performance optimization within an agile framework. They use modular architecture using microservices and cloud infrastructure. Author discusses implementation of semantic NLP-based search for user intent [6].

Methodology:

Agile methods allow continuous improvement through short development cycles (sprints), during which each module is refined based on real-world feedback, such as examiner evaluations or user testing. The framework could consist of 6 modules. 1. Database Integration – connects to multiple patent and non-patent databases for data retrieval. Could also connect specific databases for specific cases. 2. Keyword Extraction – identifies and processes keywords. 3. Classification (Optional) – suggests relevant IPC (or other) codes to narrow search scope. Note, this module is optional due to some search systems might not have specific classifications, as the framework is general and not for patents only. 4. Query Execution – performs automated search using structured queries. 5. Similarity Analysis – finds similar documentation to the search question. This module can also be used for finding more appropriate search results. For example, could find better results for booking. 6. Evaluation and Recommendation – summarizes results for decision-making. Each module is implemented and validated as a separate Agile sprint. Which allows the development team to evaluate module efficiency and accuracy before progressing. One of the key principles of Agile development is continuous feedback. Which is implemented in this framework. After each sprint, the system's output is reviewed by subject-matter experts (for example, patent examiners, user reviews, etc). Feedback on keyword accuracy, search relevance, and similarity scoring is incorporated into subsequent sprints. This ensures the system evolves based on expert knowledge rather than static algorithmic assumptions. Although developed within the context of patentability assessment (mostly), the Agile modular framework is independent domain-wise. By reconfiguring the keyword and classification modules, the same architecture can be adapted for other search

systems such as scientific databases, legal research, or technical literature retrieval.

Conclusion and Limitations:

Agile modular framework offers a practical approach to automating and optimizing search systems. The framework consists of 6 modules. Each module is implemented and validated as a separate Agile sprint. Which allows the development team to evaluate module efficiency and accuracy before progressing. Evaluation suggests that Agile methods improve adaptability and transparency compared to static search systems. However, the current work remains conceptual, and future studies should include experimental validation, user feedback analysis, and comparisons with pre-trained AI models.

References:

- [1.] Alixan Rzaguliev, "Automation of a patentability search using mathematical models based on weighted key terms," *II Congreso Internacional Inteligencia Artificial, Innovación, Economía y Empresa*, Apr. 28, 2025. <https://ciecem.org/ponencia/automation-of-a-patentability-search-using-mathematical-models-based-on-weighted-key-terms/> (accessed Jul. 06, 2025).
- [2.] Patent haqqında Qanun "AZƏRBAYCAN RESPUBLIKASININ QANUNU," Maddə 7, Gov.az. [Online]. Available: [https://patent.gov.az/files//26290292722835030361312-IQ%20Patent%20haqq%C4%B1nda%20\(2\).pdf](https://patent.gov.az/files//26290292722835030361312-IQ%20Patent%20haqq%C4%B1nda%20(2).pdf). [Accessed: 08-Mar-2025].
- [3.] Civil Code of Russian Federation, Part four, Art. 1349 – 1352
- [4.] M. Anifa, S. Ramakrishnan, S. Kabiraj, and S. Joghee, "Systematic Review of Literature on Agile Approach," *NMIMS Management Review*, vol. 32, no. 2, Oct. 2024, doi: <https://doi.org/10.1177/09711023241272294>.
- [5.] T. Anjarsari and F. Ardiani, "Application of Rest Api Technology in Android-Based Beauty Salon Service Reservation System," *Journal of Computer Science and Technology Studies*, vol. 5, no. 4, pp. 203–212, Dec. 2023, doi: <https://doi.org/10.32996/jcsts.2023.5.4.21>.
- [6.] None Jayaram Bhogi, "Search optimization in cruise booking systems: An agile approach," *International Journal of Science and Research Archive*, vol. 14, no. 1, pp. 1560–1569, Jan. 2025, doi: <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2025.14.1.0223>.

A MODEL FOR UNIFIED INTEGRATION OF HETEROGENEOUS DISTRIBUTED DATABASES IN A PARTIALLY TRUSTED ENVIRONMENT

Talibov Ali, Khelilov Mubariz

(BSU, Faculty of applied mathematics and cybernetics)

khalilov.mubariz@mail.ru, talibov.ali2001@mail.ru

Abstract: *This abstract examines the integration of distributed heterogeneous databases in a partially trusted environment, where data belongs to different autonomous systems and cannot be physically consolidated into a single repository. It is shown that the main challenges are related to the heterogeneity of data models and schemas, differences in consistency and information relevance policies, access and audit restrictions, and the need to ensure global query performance without overloading individual nodes or violating local security rules. To address these issues, an architectural model of unified integration is proposed. The model includes source adapters, a global logical data representation layer, a distributed query scheduler, a security and audit layer, and a metadata and evolution layer. This organization enables the formation of a single logical data space on top of a set of independent systems without strict centralization, provides controlled access, optimizes the execution of combined queries, and supports the evolution of individual subsystems without disrupting the overall picture. The approach is focused on corporate and interorganizational scenarios that require data sharing while maintaining ownership boundaries.*

Key words: *Distributed databases; data integration; heterogeneous storage; unified architecture; distributed queries.*

Key issues of integration of distributed heterogeneous databases. Integrating distributed heterogeneous databases is not only a challenge of combining data from different sources, but also a challenge of reconciling incompatible storage, management, and access models while each subsystem remains autonomous. In this environment, it is impossible to impose uniform rules on all participants, but the ability to perform end-to-end operations and obtain a holistic view of the data is expected. The main classes of problems that shape this area of study are discussed below.

First, there's the issue of data and schema heterogeneity. Different subsystems may use fundamentally different information representation models: relational DBMSs with rigidly defined table schemas, document-oriented data stores without a fixed schema, key-value stores, graph databases, and so on. Entity structures, field types, naming conventions, and even attribute semantics may not match. As a result, the same business object (for example, a "customer order") in different systems is decomposed across different sets of fields,

normalized differently, and stored with varying levels of detail. Without coordinating these descriptions, it's impossible to build a unified logical data model suitable for global queries. This leads to the challenge of schema matching, eliminating duplication of semantic entities, and resolving data type conflicts. This task is complicated by the fact that schemas can evolve independently and without centralized notification to other participants.

The second key aspect is the autonomy and distributed nature of data ownership. The nodes of the integrated system often belong to different departments or even different organizations, each retaining control over their data and infrastructure. This means there is no administrative center that can rigidly impose a storage format, update schedule, or transaction protocol. Moreover, subsystem owners can impose their own restrictions on access frequency, permissible load, and download depth. From an integration perspective, this necessitates considering political and organizational boundaries as well as technical ones. In fact, integration should operate not as "slave replicas," but as equal partners, each of whom can change the internal implementation without coordinating with the others. This dramatically reduces the applicability of classic approaches to complete data centralization (data warehousing), where data is copied and normalized into a single repository.

The third problem relates to ensuring data consistency and integrity management in the absence of a unified transactional framework. Classic global transaction mechanisms, which assume two-phase commit and strict consistency between all participants, scale poorly and are often completely unacceptable in conditions of independent control domains. In real-world distributed systems, different nodes may operate with different consistency models—from strict (strong consistency) to eventual/gradual (eventual consistency). This leads to state divergence: the same object may have different versions in different storages at the same point in time. When executing a global query, the question arises of which state is considered "true" and what result integrity guarantees can be provided to the consumer. This poses not only a technical (synchronization) but also a semantic problem: how to interpret the "relevance" and "reliability" of a combined response if the sources operate under different replication and propagation latency regimes.

Finally, there's the issue of trust in the result and responsibility for data quality. When a response to an integrated query is generated from multiple independent sources, a practical question arises: who is responsible for the accuracy of the combined result? One node could be working with an outdated copy

of the data, another could be using internal adjustments, and a third could be applying local cleansing rules that aren't externally documented. Without a unified attribution and quality mechanism, the user receives a "single answer" but lacks insight into its origin and reliability. This reduces the value of integration at the decision-making level and requires the introduction of transparent metadata (fragment origin, last validation time, confidence level), as well as a policy for resolving conflicts between versions of the same fact.

Integrating distributed heterogeneous databases is more than just a technical task of aligning exchange protocols. It involves reconciling data meanings across disparate storage models; accounting for the autonomy of participants in the absence of a central administrator; dealing with heterogeneous consistency guarantees and change propagation delays; ensuring acceptable global query performance; establishing a unified and enforceable security and audit policy; adhering to legal restrictions on information transfer; supporting long-term schema evolution without system downtime; and managing trust in the resulting merged data. It is precisely these factors combined that make the direct application of classic monolithic approaches impossible and requires the development of a specialized architectural model for unified integration, oriented toward a partially trusted environment.

Proposed architectural model of unified integration. The proposed architecture provides unified access to data from various distributed databases without physical centralization. The model includes several interconnected layers.

1. **Source adapters.** Each specific database is connected via its own adapter. Adapter:

- translates a global query into the native format of the source;
- performs local filtering and aggregation (to avoid sending unnecessary data over the network);
- returns the result in standard format;
- applies local security rules (which fields can be exposed to the outside world at all).

Thanks to this, the source remains autonomous and is not required to change its internal structure.

2. **Global logic diagram.** A single logical representation of the data (a virtual "common domain model") is defined over all sources. This layer:

- maps different local schemas to common entities ("client", "order", "payment", etc.);
- aligns names and types of fields with different semantics;

- supports description versions so that the evolution of sources does not break the entire outline.

The external consumer formulates queries in terms of this global schema and is unaware of the actual tables and formats.

3. Distributed query planner. The planner receives a global query and breaks it down into subqueries to different sources. Its tasks are:

- minimize network traffic and latency;
 - perform operations where it is cheaper (filtering, aggregation - if possible, "on the source side");
 - take into account differences in data consistency models (strict / eventual).
- The planner then combines the partial results into a single answer.

4. Security and audit layer. Before executing a request, the access rights of a specific user or service are checked:

- what entities and attributes are allowed to it;
- in what form the data can be returned (masking, truncation).

These restrictions are propagated downwards - the adapter simply doesn't return prohibited fields. An audit trail is also recorded: who requested what and what exactly was received. This is important for compliance with internal policies and regulatory requirements.

5. Metadata and evolution layer. A separate directory stores mappings between global entities and fields from specific sources, along with information about schema versions, data freshness, and access restrictions. This layer allows for:

- connect new systems without completely redesigning the architecture;
- survive changes in the structure of existing sources (the adapter and metadata are changed, not the entire model).

6. Gateway (entry point). To the external consumer, the system appears as a single service: it sends a request at the global schema level and receives an aggregated response. Internally, access checks, scheduling, access to sources, and result collection are all handled transparently.

Overall, the architecture operates in a partially trusted environment: each participant retains control over their own data but provides managed access to it through a single logical layer. This allows for a holistic view without creating a shared, monolithic repository, with controlled security, and the ability to evolve without disrupting integration.

Conclusion. Integrating distributed heterogeneous databases is an area where technical constraints directly intertwine with organizational and legal

ones. We have shown that the main obstacles are heterogeneity of storage models and schemas, autonomy of data owners, differences in consistency levels, performance requirements, access security and auditing, and the need for continuous evolution. These factors make the naive "let's put everything in a single repository" approach impossible. The proposed architectural model addresses these challenges without rigid centralization. It relies on a multi-layered structure: source adapters, a global logical data representation, a distributed query planner, a security layer, and a metadata layer. This organization provides unified logical access to data without taking control away from owners, respecting access policies, or requiring forced technology unification. Thus, the model enables controlled data unification in a partially trusted environment. It enables a holistic picture of the distributed system's state, improves decision-making, and preserves existing infrastructures and boundaries of responsibility between participants. This makes the described approach practically applicable in real corporate and inter-organizational scenarios.

References

1. Özsu M. T., Valduriez P. Principles of Distributed Database Systems. — 4th ed. — Springer, 2020.
2. Sheth A., Larson J. Federated Database Systems for Managing Distributed, Heterogeneous, and Autonomous Databases // ACM Computing Surveys. — 1990. — Vol. 22, No. 3. — P. 183–236.
3. Lenzerini M. Data Integration: A Theoretical Perspective // Proceedings of the Twenty-first ACM SIGACT-SIGMOD-SIGART Symposium on Principles of Database Systems (PODS). — 2002. — P. 233–246.
4. Halevy A. Y., Ashish N., Bitton D., et al. Enterprise Information Integration: Successes, Challenges and Controversies // Proceedings of the 2005 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. — 2005. — P. 778–787.
5. Batini C., Lenzerini M., Navathe S. B. A Comparative Analysis of Methodologies for Database Schema Integration // ACM Computing Surveys. — 1986. — Vol. 18, No. 4. — P. 323–364.
6. Doan A., Halevy A., Ives Z. Principles of Data Integration. — Morgan Kaufmann, 2012.
7. Stonebraker M., Çetintemel U., Zdonik S. The 8 Requirements of Real-Time Stream Processing // ACM SIGMOD Record. — 2005. — Vol. 34, No. 4. — P. 42–47.
8. Brewer E. A. CAP Twelve Years Later: How the “Rules” Have Changed // Computer. — IEEE. — 2012. — Vol. 45, No. 2. — P. 23–29.
9. Sandhu R., Coyne E., Feinstein H., Youman C. Role-Based Access Control Models // IEEE Computer. — 1996. — Vol. 29, No. 2. — P. 38–47.
10. Hu V. C., Kuhn D. R., Ferraiolo D. F. Attribute-Based Access Control // IEEE Computer. — 2015. — Vol. 48, No. 2. — P. 85–88.

DIGITAL SYSTEMS FOR DATA-DRIVEN DECISION MAKING IN EDUCATION: BUILDING DATA SCIENCE-READY INFRASTRUCTURE

Zeynalov Ismayil

(BDU, Applied Mathematics and Cybernetics)

ismayil.zeynalov.bakhish@bsu.edu.az

Abstract: *Many educational institutions have large amounts of digital data but lack integrated systems that can collect, organise and analyse these data efficiently for decision making. Fragmented platforms, manual reporting and inconsistent data formats prevent the effective use of data science methods in everyday educational practice [1]. This work proposes the design and pilot implementation of a digital educational data platform that continuously collects data from core systems (learning management systems, student information systems, electronic assessment tools and survey platforms), transforms them into a unified structure and exposes them to analytics and decision-support dashboards. The platform is conceived as a data science-ready infrastructure: it combines automated data pipelines, a centralised data warehouse or data lake, metadata and data quality controls, and an analytics layer that enables learning analytics and educational data mining [2,4]. A mixed-methods methodology will be used: requirements analysis with stakeholders, technical prototyping, and evaluation of the impact on data availability, data quality and decision speed. The expected outcome is a practical model that demonstrates how a well-designed digital system can make data collection more efficient, reduce manual work and create a solid foundation for data-driven decision making in education.*

Keywords: *data science, education, digital platform, data-driven decision making, learning analytics, data integration.*

Problem Statement. Educational reforms increasingly demand that decisions about teaching, learning and resource allocation be based on evidence rather than intuition [1]. At the same time, universities and schools have implemented many digital tools: learning management systems, exam systems, attendance tracking, electronic grade books and survey platforms. However, these systems often operate in isolation, with no common identifiers, inconsistent data structures and limited reporting possibilities. As a result, educational leaders and teachers spend considerable time manually exporting, cleaning and combining data, and data science projects remain one-off experiments instead of sustainable processes. This paper addresses the gap between available data and usable data by focusing on the design of a digital system architecture that makes data science a built-in capability of the institution, rather than an external add-on. The central research problem can be formulated as follows:

how can we design and implement a digital educational data platform that collects and prepares data efficiently and reliably enough to support continuous data-driven decision making at student, course and institutional level?

Objectives. To analyse existing digital systems, data flows and decision-making needs in a higher-education institution, and to identify bottlenecks in data collection, integration and access [1,3].

To design a modular architecture for an educational data platform that supports automatic data collection, cleaning, integration and storage from multiple educational systems [2].

To implement a prototype of the platform with selected data sources and to provide analytics and dashboards that support concrete decisions for students, staff and administrators [2,4].

To evaluate the platform's impact on data availability, data quality, time needed to obtain information and user satisfaction, as well as to identify organisational and ethical requirements for sustainable operation [5,6].

Methodology. A mixed-methods research design will be applied in four stages. First, a requirements analysis will be carried out through document study, process mapping and interviews with key stakeholders (administrators, IT staff, lecturers, advisors). This stage will describe current decision processes, existing data sources and pain points related to data access and quality [1,3]. Second, based on principles from data warehousing and learning analytics, a target architecture for the digital platform will be designed. It will include: data ingestion components (APIs, database connectors, batch imports), an integration layer that harmonises identifiers and structures, a central data repository (data warehouse or data lake), and an analytics and visualisation layer [2,4]. Third, a technical prototype will be implemented using real institutional data from selected study programmes. Automated extract-transform-load (ETL) pipelines will be created to update the platform regularly. Data quality rules and metadata standards will be defined to ensure that the data science models built on top of the platform are trustworthy. The analytics layer will include example use cases such as: monitoring student progression, identifying students who may need support, analysing course completion patterns and providing summary indicators for leadership dashboards [2-4]. Finally, in the evaluation phase, both quantitative and qualitative evidence will be collected: system logs about data freshness and coverage, surveys on user satisfaction, and interviews exploring perceived usefulness, transparency and ethical concerns [5,6].

Expected Contributions. The digital platform is not intended only as a

technical solution, but also as an organisational enabler. By giving teachers and administrators timely access to reliable data, it becomes easier to adopt data-driven practices such as early warning systems, evidence-based curriculum adjustments and continuous quality improvement. At the same time, the study will emphasise data governance: clear roles and responsibilities, access control, privacy protection and mechanisms to audit and explain analytical models, in line with current discussions on ethical learning analytics [5,6]. The expected contributions of this work are threefold. Conceptually, it will provide an integrated model that links digital infrastructure, data governance and data science to educational decision processes [1,2]. Technically, it will document a concrete architecture, technology stack and implementation strategy that other institutions can adapt, thereby lowering the barrier to building their own data science-ready platforms [2-4]. Practically, the prototype and its evaluation will show how more efficient, automated data collection and integration can reduce manual workload, improve data quality and create the conditions for scalable, responsible use of data science in education.

Reference

1. T.J.Kowalski, T.J.Lasley Handbook of Data-Based Decision Making in Education, Routledge, 2010.
2. C.Romero, S.Ventura "Educational Data Mining and Learning Analytics: An Updated Survey," Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 10(3), e1355, 2020.
3. E.B.Mandinach, E.S.Gummer Data Literacy for Educators: Making It Count in Teacher Preparation and Practice, Teachers College Press, 2016.
4. L.P.Macfadyen, L.Lockyer, B.Rienties "Learning Design and Learning Analytics: Snapshot 2020," Journal of Learning Analytics, 7(3), 6-12, 2020.
5. A.Pardo, G.Siemens "Ethical and Privacy Principles for Learning Analytics," British Journal of Educational Technology, 45(3), 438-450, 2014.
6. A.N.Cormack "A Data Protection Framework for Learning Analytics," Journal of Learning Analytics, 3(1), 91-106, 2016.

ФИЛЬТР ГЕНЕРАТОРА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ МАКСИМАЛЬНОГО ПЕРИОДА НА ОСНОВЕ ХЕШ-ФУНКЦИИ

Аббаскулиев Эюб, Рагимова Ирада

(Кафедра “Компьютерные Технологии”

Азербайджанский Технический Университет)

formemaybe23@yahoo.com, irade.rehimova@aztu.edu.az

Аннотация: *С увеличением объёма обрабатываемой и передаваемой информации и развитием современных средств воздействия возрастает требование к обеспечению информационной безопасности. Одним из эффективных механизмов защиты информации являются современные средства криптографического преобразования, в том числе перспективные методы генерации псевдослучайных последовательностей.*

Ключевые слова: *генераторы псевдослучайных чисел, регистры сдвига с линейной обратной связью, фильтрующие генераторы.*

В современном мире, где данные и алгоритмы играют ключевую роль в различных областях, генерация псевдослучайных чисел становится важнейшим инструментом.

Криптографически стойкие генераторы псевдослучайных чисел играют ключевую роль в обеспечении безопасности современных информационных систем. В отличие от обычных генераторов псевдослучайных чисел, криптографически стойкие генераторы обеспечивают высокий уровень непредсказуемости и устойчивости к атакам, что делает их незаменимыми в области защиты данных.

В данной статье будут рассмотрены основные принципы криптографически стойких генераторов, их архитектура и алгоритмы [1,2,3].

Генераторы псевдослучайных последовательностей — это технические устройства, предназначенные для формирования последовательностей псевдослучайных чисел, удовлетворяющих определённым статистическим свойствам. Данные генераторы можно разделить на два больших класса: криптографически стойкие и криптографически уязвимые [3].

Особый интерес представляют генераторы псевдослучайных чисел, формирующие последовательности максимального периода. К ним относятся генераторы псевдослучайных чисел, основанные на регистрах сдвига, а также на элементарных рекуррентных соотношениях.[3]

Широко используемым классом криптографически уязвимых генера-

торов псевдослучайных чисел являются конгруэнтные генераторы.

К основным достоинствам конгруэнтных генераторов относятся:

- высокая скорость формирования псевдослучайных чисел (благодаря малому числу операций);
- простота эффективной программной и аппаратной реализации;
- возможность получения последовательности максимального периода.

Однако их основной недостаток – предсказуемость – делает невозможным использование таких генераторов в системах криптографической защиты информации. [3]

Как и конгруэнтные генераторы псевдослучайных чисел, регистры сдвига позволяют генерировать последовательности максимального или гарантированного периода.

Основными преимуществами генератора псевдослучайных чисел на базе регистров сдвига являются:

- высокая производительность (число операций на бит генерируемой последовательности);
- эффективная аппаратная и программная реализация;
- хорошие статистические свойства;
- максимальный период генерируемой псевдослучайной последовательности.

Основным недостатком этих генераторов является их низкая криптографическая стойкость.

Проанализируем известные криптографически стойкие фильтрующие генераторы псевдослучайных чисел на основе задачи декодирования синдрома.

Работа этого генератора псевдослучайных чисел состоит из следующих этапов:

- На первом этапе с использованием методов и операций теории информационной безопасности формируются данные сеансового ключа
- На втором этапе с помощью алгоритма генерации равновесной последовательности последовательность сеансового ключа преобразуется в равновесную последовательность в зависимости от параметров (n, k, d) алгебрагеометрического кода;
- На третьем этапе формируется последовательность синдромов на основе полученной равновесной последовательности с использованием методов избыточного кодирования с алгебрагеометрическими кодами;
- На четвертом этапе полученная последовательность синдромов

является фрагментом требуемой псевдослучайной последовательности.

В работе предлагается использовать криптографически стойкие хеш-функции в качестве функции усложнения.

Предложенная схема состоит из следующих этапов:

На первом этапе предложенного метода, на основе введенной последовательности секретного ключа и последовательностей для обратной связи которые являются данными секретного ключа, формируется последовательность сеансового ключа.

На втором этапе предложенного метода с использованием алгоритма генерации хеш-функции вычисляется значение.

На третьем этапе полученное значение хеш-функции используется как фрагмент псевдослучайной последовательности и как последовательность для обратной связи.

Выводы: Предложенный генератор псевдослучайных чисел на основе хеш-функций обеспечивает высокую криптографическую стойкость, поскольку предсказать его последовательность без знания начального состояния регистра сдвига с обратной связью является сложной задачей, а также позволяет формировать последовательности гарантированного периода. В отличие от сложных криптографических генераторов псевдослучайных чисел он не требует работы с большими простыми числами или сложных операций, а также может использовать готовые хеш-функции, доступные в большинстве языков программирования.

Литература

1. Gilles Brassard: Modern Cryptology – A Tutorial. Lecture Notes in Computer Science 325, Springer 1988, ISBN 3-540-96842-3
2. Modern Cryptography: Theory and Practice. By Wenbo Mao Hewlett-Packard Company. Publisher: Prentice Hall PTR. Pub Date: July 25, 2003. ISBN: 0-13-066943-1.
3. R.V. Korolov Investigation of the periodic power of generators of pseudo-capacity numbers based on vicoristic supernatural codes / R.V. Korolov // Armored systems and military technology. – 2008. – No. 3(15). – P. 126 – 128

О СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВАХ СЛЕДОВ ФУНКЦИЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ОБОБЩЕННЫМИ ПОТЕНЦИАЛАМИ БЕССЕЛЯ

Абдуллаев Садиг, Гейдарова Руфина

(Бакинский Государственный Университет, механика-математика)

sadig.abdullaev@mail.ru, rufinaheydrova@gmail.com

Аннотация: В работе рассматриваются скоростные свойства, типа локальных отношений, следов на координатных гиперплоскостях произвольной размерности s , обобщенных потенциалов Бесселя $-J_{\gamma_{n,k}}^\omega$, ассоциированных дифференциальным оператором Лапласа-Бесселя [1]

Ключевые слова: скоростные свойства, локальных отношений, Лапласа-Бесселя

Пусть l и $m, k \geq 0$, целые числа, $n = m + k \geq 1$, R^l - евклидово пространство размерности l . $R_{m+k,k}^+ = \{(x_1, \dots, x_{m+k}) \in R^{m+k} : x_{m+i} > 0, i = 1, \dots, k\}$, $R_{m+0,0}^+ \equiv R^m$.

$T: u \rightarrow T_{\gamma_{n,k}}^y(u(x))$ - оператор обобщенного сдвига, порожденный оператором Лапласа-Бесселя [2]:

$$\Delta_{B_{m+k,k}}(x) = \sum_{i=1}^m \frac{\partial^2}{\partial x_i^2} + \sum_{j=m+1}^{m+k} \left(\frac{\partial^2}{\partial x_j^2} + \frac{\gamma_j}{x_j} \frac{\partial}{\partial x_j} \right), \gamma_{m+1} > 0, \dots, \gamma_{m+k} > 0,$$

$$\gamma_{n,k} \stackrel{\text{def}}{=} (0, \dots, 0, \gamma_{m+1}, \dots, \gamma_{m+k}) \in R_{n,k}^+, |\gamma_{n,k}| = \sum_{i=1}^k \gamma_{m+i}, \alpha_{n,k} = n + |\gamma_{n,k}|.$$

И $y^{\gamma_{n,k}} = y_{m+1}^{\gamma_{m+1}} \dots y_{m+k}^{\gamma_{m+k}}$, $d\mu_{n,k}(y) = y^{\gamma_{n,k}} dy$, если $y \in R_{n,k}^+$. Если $k = 0$, то $T_{\gamma_{n,k}}^y f(x) = f(y - x)$ - обычный сдвиг.

Рассматривается обобщенный потенциал Бесселя

$$J_{\gamma_{n,k}}^\omega(f)(x) = \int_{R_{n,k}^+} T^y(f(x)) G_\gamma^\omega(y) d\mu_{n,k}(y),$$

почти монотонным ядром

$$G_\gamma^\omega(x) = c_\gamma^\omega \int_0^\infty \left(\frac{\omega(\delta)}{\delta^{n+|\gamma_{n,k}|}} \right)^{1/2} e^{-\frac{\delta}{4\pi} \frac{|x|^2 \pi}{\delta}} \frac{d\delta}{\delta}.$$

Предполагаем, что $J_{\gamma_{n,k}}^\omega(f)(x)$ существует для почти всех $x \in R_{n,k}^+$, когда

$$f \in L_{p,\gamma_{n,k}}(R_{n,k}^+) = \left[f - \text{изм.: } \|f: L_{p,\gamma_{n,k}}(R_{n,k}^+)\| = \left(\int_{R_{n,k}^+} |f(y)|^p d\mu_{\gamma_{n,k}}(y) \right)^{1/p} < +\infty \right]$$

$$\text{и} \quad \exists \alpha_\omega \in \left(0, \frac{\alpha_{n,k}}{p}\right), \exists c > 0, c^{-1} t^{\alpha_\omega} \leq \omega(t) \leq c t^{\alpha_\omega} t > 0.$$

Когда $n \geq 2$ и $s \in \{1, \dots, n-1\}$, $R_{n,k}^+$ разбиваем на прямую сумму

пространств R_{s,k_s}^+ , $R_{s',k_s'}^+$ точек ${}_s x$ (координаты фиксируются) и ${}_s x'$, так что, $x = \uparrow ({}_s x, {}_s x') \in R_{n,k}^+$.

Пусть ${}_s x$ выбрана и $t \in \{1, \dots, s\}$. Теперь аналогичным образом разложим R_{s,k_s}^+ на сумму пространств $R_{t,(k_s)_t}^+$ и $R_{s-t,(k_s-(k_s)_t)}^+$ точек ${}_t({}_s x)$ (координаты фиксируются) и ${}_t({}_s x)'$; ${}_s x = \uparrow ({}_t({}_s x), {}_t({}_s x)') \in R_{s,k_s}^+$.

N^* – семейство неотрицательных функций $\varphi(t)$, $0 < t < \infty$ таких, что $\varphi(t) > 0$ для почти всех $t \in (0, \varepsilon)$ при малых ε . Для $\varphi \in N^*$ положим

$$Z^*(\varphi)(\xi) = \xi^{\beta_{q_s,t}} \int_{\xi}^{+\infty} \tau^{-(\beta_{q_s,t}+1)} \varphi(\tau) d\tau, \quad \xi > 0.$$

Доказывается

Теорема. Пусть $1 \leq p < +\infty$, $n \geq 2$, $s \in \{1, \dots, n-1\}$, $t \in \{1, \dots, s\}$, а также $\frac{\alpha_{n-s,k_s'}}{p} < \alpha_\omega$ и $q_s > 1$ такое что, $\frac{1}{p} - \frac{1}{q_s} = \frac{\alpha_\omega - (\alpha_{n-s,k_s'}/p)}{\alpha_{s,k_s}}$, $\varphi \in N^*$ и сходится интеграл

$$\int_{\xi}^{+\infty} \tau^{-(\beta_{q_s,t}+1)} \varphi^{-1}(\tau) d\tau, \quad \xi > 0, \text{ где } \beta_{q_s,t} = (t + |\gamma_{t,(k_s)_t}|)/q_s.$$

Тогда, если,

$$\lim_{\xi \rightarrow 0} \varphi(\xi) \left\{ \int_{\{x \in R_{n,k}^+ : |{}_t({}_s x)| \leq \xi\}} |f(x)|^p d\mu_{n,k}(x) \right\}^{1/p} = 0,$$

то равномерно по ${}_s x'$

$$\lim_{\xi \rightarrow 0} (Z^*(\varphi^{-1}))^{-1}(\xi) \left\{ \int_{\{x \in R_{s,k_s}^+ : |{}_t({}_s x)| \leq \xi\}} |J_{\gamma_{n,k}}^\omega(f)(\bullet, {}_s x')|^{q_s} d\mu_{s,k_s}(x) \right\}^{1/q_s} = 0.$$

Литература

1. Абдуллаев С.К., Гаджиева Р.О., Гулиева В.Ф. Azərbaycan xalqının Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş «Diferensial və integral operatorlar» mövzusunda RESPUBLİKA ELMİ KONFRANSININ MATERIALLARI Bakı, 7-8 dekabr 2023, s.184
2. B.M. Levitan. Uspekhi Mat. Nauk, 6 (1951), no. 2, 102-143 pp.
3. K. Abdullayev, E.A. Mammadov. Nonlinear Analysis and Diferential Equations, Vol.5, 2017, no. 2, 75 – 88.
4. S.K. Abdullayev, E.A. Mammadov. Украинский математический журнал т.72, 2020, №1, 3-19.

ГЛАДКОСТНЫЕ СВОЙСТВА ДВУКРАТНОГО СИНГУЛЯРНОГО ИНТЕГРАЛА НА ЯЗЫКЕ ЧАСТНЫХ МОДУЛЕЙ ГЛАДКОСТИ ДРОБНОГО ПОРЯДКА

Абдуллаев Фуад, Абдуллаева Лала

(BDU, Mexanika - riyaziyyat fakültəsi)

fuad_abdullayev56@mail.ru, lalaabdullayeva.003@gmail.com.

Резюме: В работе рассматривается двукратный сингулярный интеграл с ядром Гильберта. Гладкостные свойства этого интеграла исследуются на языке частных модулей гладкости дробного порядка. Эти характеристики сингулярного интеграла оценены через те же характеристики плотности и получены оценки типа Зигмунда.

Ключевые слова: Ядро Гильберта, частный модуль гладкости, сингулярный интеграл, 2π - периодическая функция.

Рассмотрим двукратный сингулярный интеграл с ядром Гильберта

$(Sf)(x, y) \equiv \tilde{f}(x, y) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(s, t) \operatorname{ctg} \frac{s-x}{2} \operatorname{ctg} \frac{t-y}{2} ds dt, (1),$ где плотность f является 2π - периодической по каждой из переменных функцией, непрерывной на $T^2 = [-\pi; \pi] \times [-\pi; \pi]$.

Введём следующие обозначения:

$\omega_f^{r,0}(\delta) = \sup_{|h| \leq \delta} \|\Delta_h^{r,0} f(x, y)\|_c, \delta \in (0; \pi]$ – частный модуль гладкости

дробного порядка r по первому аргументу;

$\omega_f^{0,\rho}(\eta) = \sup_{|h| \leq \eta} \|\Delta_h^{0,\rho} f(x, y)\|_c, \eta \in (0; \pi]$ – частный модуль гладкости

дробного порядка ρ по второму аргументу, где $r > 0, \rho > 0$ – произвольные числа и

$$\Delta_h^{r,0} f(x, y) = \exp(\pi r i) \sum_{j=0}^{\infty} A_j^{-r-1} f(x + jh, y)$$

$$\Delta_h^{0,\rho} f(x, y) = \exp(\pi \rho i) \sum_{j=0}^{\infty} A_j^{-\rho-1} f(x, y + jh),$$

причём постоянные $A_j^{-r-1}, A_j^{-\rho-1}$ определяются из соотношений:

$$(1-x)^r = \sum_{j=0}^{\infty} A_j^{-r-1} x^j, (1-x)^\rho = \sum_{j=0}^{\infty} A_j^{-\rho-1} x^j.$$

В работе доказана

Теорема. Пусть $f \in C(T^2), r \geq 1, \rho \geq 1$ и

$$\int_0^{\pi} \frac{\omega_f^{r,0}(s)}{s} ds < +\infty, \int_0^{\pi} \frac{\omega_f^{0,\rho}(t)}{t} dt < +\infty.$$

Тогда верны оценки:

$$\omega_{\tilde{f}}^{r,0}(\delta) \leq C \left(\int_0^{\delta} \frac{\omega_f^{r,0}(s)}{s} ds + \delta^r \int_{\delta}^{\pi} \frac{\omega_f^{r,0}(s)}{s^{r+1}} ds + \delta^r \|f\|_C \right), \quad (2)$$

$$\omega_{\tilde{f}}^{0,\rho}(\eta) \leq C \left(\int_0^{\eta} \frac{\omega_f^{0,\rho}(t)}{t} dt + \eta^{\rho} \int_{\eta}^{\pi} \frac{\omega_f^{0,\rho}(t)}{t^{\rho+1}} dt + \eta^{\rho} \|f\|_C \right), \quad (3).$$

Литература

1. Бугров Я.С. Теорема вложения и сходимость кратных рядов Фурье. Труды МИАН СССР, 1988, т.181, стр. 15-26.
2. Абдуллаев Ф.А. О некоторых свойствах сопряженных функций двух переменных в модулях гладкости. Известия ВУЗов, Матем., 1983, т.259, №12., стр. 55-60

ОБ ОДНОМ НЕЛИНЕЙНОМ СИНГУЛЯРНОМ ИНТЕГРАЛЬНОМ ОПЕРАТОРЕ В ПРОСТРАНСТВАХ $\mathcal{H}_{\alpha,\beta}^{1,1}$

Абдуллаев Фуад, Ченг Джаи Джаи

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

fuad_abdullayev56@mail.ru, 2621433964@qq.com

Резюме: В работе рассматривается одно двумерное нелинейное сингулярное интегральное уравнение в пространстве $\mathcal{H}_{\alpha,\beta}^{1,1}$, которое является аналогом пространства Гёльдера для функции двух переменных. Доказывается, что оператор определяемый этим уравнением является сжимающим в метрике пространства L_p .

Ключевые слова: Нелинейное сингулярное интегральное уравнение, ядро Гильберта, сжимающий оператор, оператор суперпозиции.

Рассмотри двумерное нелинейное сингулярное интегральное уравнение

$$\varphi(x, y) = \lambda \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} F[s, t, \varphi(s, t)] \operatorname{ctg} \frac{s-x}{2} \operatorname{ctg} \frac{t-y}{2} ds dt + f(x, y), \quad (1)$$

где λ —положительный параметр, F и f —заданные функции, а φ —искомая функция.

Через $C(T^2)$ обозначим пространство непрерывных на $T^2 = [-\pi, \pi] \times [-\pi, \pi]$ и 2π —периодических по каждой из переменных функций с нормой $\|f\|_{C(T^2)} = \max_{(x,y) \in T^2} |f(x,y)|$.

В работе [1] было введено пространство $\mathcal{K}_{\alpha,\beta}^{1,1} = \{f \in C(T^2) | \omega_f^{1,0}(\delta) = 0(\delta^\alpha), \omega_f^{0,1}(\eta) = 0(\eta^\beta), \omega_f^{1,1}(\delta, \eta) = 0(\delta^\alpha \cdot \eta^\beta)\}$ $0 < \alpha, \beta \leq 1$, где $\omega_f^{1,0}(\delta)$, $\omega_f^{0,1}(\eta)$, $\omega_f^{1,1}(\delta, \eta)$ —частные и смешанные модули непрерывности. В пространстве $\mathcal{K}_{\alpha,\beta}^{1,1}$ возьмем шар радиуса R :

$$B_{\alpha,\beta}^{1,1}(R) = \left\{ \varphi \in \mathcal{K}_{\alpha,\beta}^{1,1} \mid \|\varphi\|_{\mathcal{K}_{\alpha,\beta}^{1,1}} \leq R \right\}.$$

Как известно (см:[1]) оператор

$$(Sv)(x, y) = \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} v(s, t) \operatorname{ctg} \frac{s-x}{2} \operatorname{ctg} \frac{t-y}{2} ds dt$$

действует из $\mathcal{K}_{\alpha,\beta}^{1,1}$ в $\mathcal{K}_{\alpha,\beta}^{1,1}$ и ограничен. Обозначим $C^* = \max_{x,y,\varphi} |F'_{\varphi}(x, y, \varphi)|$.

В работе доказана следующая:

Теорема: Пусть функция $F(x, y, \varphi): T^2 \times [-R, R] \rightarrow R$ удовлетворяет следующим условиям:

1) Существует частная производная $F'_{\varphi}(x, y, \varphi)$ и существует $C_0 > 0$ такая, что для $\forall \varphi_1, \varphi_2 \in [-R, R]$

$$|F'_{\varphi}(x, y, \varphi_1) - F'_{\varphi}(x, y, \varphi_2)| \leq C_0 |\varphi_1 - \varphi_2|;$$

2) $\exists C_1 > 0, \forall x_1, x_2 \in [-\pi, \pi] \quad |F(x_1, y, \varphi) - F(x_2, y, \varphi)| \leq C_1 |x_1 - x_2|^{\alpha};$

3) $\exists C_2 > 0, \forall y_1, y_2 \in [-\pi, \pi] \quad |F(x, y_1, \varphi) - F(x, y_2, \varphi)| \leq C_2 |y_1 - y_2|^{\beta};$

4) $\exists C_3 > 0, \forall x_1, x_2, y_1, y_2 \in [-\pi, \pi]$

$$|F(x_1, y_1, \varphi) - F(x_1, y_2, \varphi) - F(x_2, y_1, \varphi) + F(x_2, y_2, \varphi)| \leq C_3 |x_1 - x_2|^{\alpha} |y_1 - y_2|^{\beta};$$

5) $\exists C_4 > 0, \forall x_1, x_2 \in [-\pi, \pi], \forall \varphi_1, \varphi_2 \in [-R, R]$

$$|F(x_1, y, \varphi_1) - F(x_1, y, \varphi_2) - F(x_2, y, \varphi_1) + F(x_2, y, \varphi_2)| \leq C_4 |x_1 - x_2|^{\alpha} |\varphi_1 - \varphi_2|;$$

6) $\exists C_5 > 0, \forall y_1, y_2 \in [-\pi, \pi], \forall \varphi_1, \varphi_2 \in [-R, R]$

$$|F(x, y_1, \varphi_1) - F(x, y_1, \varphi_2) - F(x, y_2, \varphi_1) + F(x, y_2, \varphi_2)| \leq C_5 |y_1 - y_2|^{\beta} |\varphi_1 - \varphi_2|.$$

Тогда

А) Оператор суперпозиции $F: \varphi(x, y) \rightarrow F[x, y, \varphi(x, y)]$ действует из $B_{\alpha,\beta}^{1,1}(R)$

в $B_{\alpha,\beta}^{1,1}(R_1)$, где R_1 —однозначно определяется начальными данными;

В) Если $f \in B_{\alpha,\beta}^{1,1}(R')$ ($R' < R$), то при

$$\lambda < \min \left\{ \frac{1}{C^* \|S\|_{L_p \rightarrow L_p}}, \frac{R - R'}{R_1 \|S\|_{\mathcal{K}_{\alpha,\beta}^{1,1} \rightarrow \mathcal{K}_{\alpha,\beta}^{1,1}}} \right\} \quad (p > 1)$$

оператор, определяемый правой частью уравнения (1) является сжимающим в норме пространства $L_p(T^2)$.

Литература

1. Мусаев Б.И., Салаев В.В. О сопряженных функциях многих переменных. Науч. труды МВ и ССО Аз. ССР, сер. физ.-мат. наук, 1978, No:4, стр. 5-18.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОДУЛЬНЫХ БЛОК-СХЕМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Алиев Айдын, Раджабова Диляра

(БГУ, Факультет прикладной математики и кибернетики)

aydin_aliyev66@mail.ru, delyaaa2003@bk.ru

Резюме: В работе представлена математическая модель проектирования модульной блок-схемы системы обработки данных, направленная на минимизацию числа связей между модулями и логическими массивами базы данных. Модель основана на использовании булевых переменных и относится к классу блочно-симметричных задач дискретного программирования.

Ключевые слова: обработка данных, модульная блок-схема, математическая модель, блочно-симметричная задача, оптимизация.

Рассмотрим задачу синтеза модульной блок-схемы системы обработки данных, минимизирующей общее число связей между модулями и массивами базы данных.

Для постановки задачи введем следующие обозначения. Пусть, $P = \{p_r; r = \overline{1, R}\}$ – множество процедур обработки данных для решения прикладных задач системы; $D = \{d_l; \overline{1, L}\}$ – множество информационных элементов, необходимых для реализации процедур из множеств P . На множестве $P \times D$ введем отношение W , определяемое матрицей $\|w_{rl}\|$, где $w_{rl} = \begin{cases} 1, & \text{если } l\text{-ый информационный элемент необходим для реализации } r\text{-й} \\ & \text{процедуры,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$

Необходимо синтезировать модульную блок-схему СОД путем распределения множества процедур по модулям обработки данных,

множества информационных элементов – в логическую структуру базы данных и установить оптимальные взаимосвязи между модулями и логической структурой базы данных, минимизирующих число взаимосвязей между компонентами блок-схемы.

Введем следующие переменные:

$$x_{vr} = \begin{cases} 1, & \text{если } r\text{-ая процедура обработки данных распределяется в состав } v\text{-го модуля;} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

$$y_{lf} = \begin{cases} 1, & \text{если } l\text{-ый информационный элемент распределяется в } f\text{-й логический массив} \\ & \text{базы данных;} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Введем вспомогательные переменные:

$$\pi_{vl} = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{r=1}^R x_{vr} w_{rl} \geq 1, \\ 0, & \text{если } \sum_{r=1}^R x_{vr} w_{rl} = 0. \end{cases}$$

Переменная отражает использование l -го информационного элемента v -м модулем, т.е. если хотя бы один информационный элемент обрабатывается r -ой процедурой, включенный в состав v -го модуля, то данный элемент также обрабатывается этим модулем.

$$q_{rf} = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{l=1}^L w_{rl} y_{lf} \geq 1, \\ 0, & \text{если } \sum_{l=1}^L w_{rl} y_{lf} = 0. \end{cases}$$

Переменная отражает использование f -го массива данных r -ой процедурой, т.е. если процедура использует хотя бы один информационный элемент, включенный в состав f -го массива данных, то данная процедура использует этот массив.

Переменную отражающую взаимосвязь между модулями блок-схемы и массивами базы данных можно определить следующим образом:

$$z_{vf} = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{r=1}^R x_{vr} q_{rf} \geq 1, \\ 0, & \text{если } \sum_{r=1}^R x_{vr} q_{rf} = 0; \end{cases}$$

либо,

$$z_{vf} = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{l=1}^L \pi_{vl} y_{lf} \geq 1, \\ 0, & \text{если } \sum_{l=1}^L \pi_{vl} y_{lf} = 0. \end{cases}$$

Определение указанных переменных вытекает из свойства симметричности блочно-симметричных задач.

Задача проектирования модульных блок-схем систем обработки данных (МСОД) формулируется следующим образом.

Необходимо синтезировать модульную блок-схему путем распределения множества процедур по модулям обработки данных, множества информационных элементов – в логическую структуру базы данных и установить оптимальные взаимосвязи между модулями и логической структурой базы данных, минимизирующих число взаимосвязей между компонентами блок-схем.

При этом должны быть учтены такие требования, как ограниченность размеров модулей и логических массивов базы данных, отсутствие дублирования процедур в модулях и информационных элементов в логических массивах.

Математическая постановка задачи имеет вид:

$$\Phi(X, Y) = \sum_{v=1}^V \sum_{r=1}^R \sum_{l=1}^L \sum_{f=1}^F x_{vr} w_{rl} y_{lf} \rightarrow \min \quad (6)$$

при ограничениях:

□ число процедур в составе каждого модуля блок-схемы

$$\sum_{r=1}^R x_{vr} \leq k_v, v = \overline{1, V}, \quad (7)$$

где k_v – допустимое число процедур в v -ом модуле; включение отдельных процедур обработки данных в состав одного модуля

$$x_{vr} + x_{vr'} = 1, v = \overline{1, V}, \quad (8)$$

для заданных r и r' ;

– дублирование процедур в модулях блок-схемы

$$\sum_{v=1}^V x_{vr} = 1, r = \overline{1, R}, \quad (9)$$

– размер записи массива базы данных

$$\sum_{l=1}^L y_{lf} \leq N_f, f = \overline{1, F}, \quad (10)$$

где N_f – допустимое число информационных элементов в записи f -го массива данных;

– дублирование информационных элементов в массивах базы данных

$$\sum_{f=1}^F y_{lf} = 1, l = \overline{1, L}, \quad (11)$$

— число информационных элементов, обрабатываемых каждым модулем

$$\sum_{l=1}^L \pi_{vl} \leq p_v, \quad v = \overline{1, V}, \quad (12)$$

Сформулированная задача относится к новому классу задач дискретного программирования – блочно-симметричным задачам с булевыми двухиндексными переменными.

Целевую функцию (2.1.1) блочно-симметричной задачи разработки модульной блок-схемы удобно представить в матричной форме.

$$\Phi(X, Y) = \sum_{v=1}^V \sum_{f=1}^F z_{vf} \quad (13)$$

$$Z = XWY. \quad (14)$$

Решением задачи (6)–(12) является множество булевых матриц $\{X, Y, Z\}$, в котором X – состав модулей блок-схемы, Y – состав массивов базы данных блок-схемы, Z – взаимосвязи между модулями и массивами базы данных блок-схемы, а также оптимальные значения целевой функции $\Phi(X, Y)$.

Литература

1. И.Х.Сигал, А.П.Иванова Введение в прикладное дискретное программирование. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.
2. Н.А.Дроздов Алгоритмы дискретного программирования. – Тверь: Наука, 2002.
3. И.Х.Сигал, А.П.Иванова Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы: 2-ое изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 304 с.

ОБ ОДНОЙ НЕГЛАДКОЙ ДИСКРЕТНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Алиева Саадат

(Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан
Институт Систем управления Науки и Образования Азербайджана,
Баку, Азербайджан)
saadata@mail.ru

Пусть управляемый процесс описывается следующей системой нелинейных разностных уравнений дробного порядка [1] $\Delta^\alpha x(t+1) = f(t, x(t), u(t))$, $t \in T = \{t_0, t_0 + 1, \dots, t_1 - 1\}$, (1)

с начальными условиями

$$x(t_0) = x_0. \quad (2)$$

Здесь $f(t, x, u)$ заданная n -мерная вектор-функция, непрерывная по совокупности переменных вместе с частными производными по x , t_0 , t_1 заданные постоянные числа, а x_0 заданный постоянный числа, $\Delta^\alpha x(t)$, $0 < \alpha \leq 1$ дробный оператор порядка α , $u = u(t)$ r -мерная дискретная вектор-функция, принимающая свои значения из непустого и ограниченного множества U , т.е.

$$u(t) \in U \subset R^n, t \in T. \quad (3)$$

Каждую управляющую вектор-функцию, удовлетворяющую условию (3), назовем допустимым управлением. Над решениями системы (1)-(2), соответствующими допустимым управлениям определим функционал

$$S(u) = \Phi(x(t_1)). \quad (4)$$

Здесь $\Phi(x)$ — непрерывная скалярная функция, имеющая производные по всем направлениям и удовлетворяющим условию Липшица [2].

Рассмотрим задачу о минимуме терминального функционала (4) при предположениях (1)-(3).

Допустимое управление $u(t)$, являющееся решением поставленной задачи управления назовем оптимальным управлением.

Пусть $u(t)$ фиксированное, а $v(t)$ произвольное допустимое управление.

Предположим, что вдоль оптимального процесса $(u(t), x(t))$ множество

$$f(t, x(t), U) = \{\alpha: \alpha = f(t, x(t), v), v \in U\} \quad (5)$$

выпукло.

Введем обозначение

$$l(v) = \sum_{\tau=t_0}^{t_1-1} F(t_1, \tau) \left(\frac{1}{\Gamma(\alpha)} \sum_{s=\tau}^t (\tau + \alpha - \sigma(s))^{(\alpha-1)} \Delta_{v(t)} f[s] \right),$$

где матричная функция $F(t, \tau)$ является решением задачи:

$$F(t, \tau - 1) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \sum_{s=\tau}^{t-1} (\tau + \alpha - \sigma(s))^{(\alpha-1)} F(\tau, s) A(s),$$

$$F(t, t - 1) = E.$$

Здесь E , $n \times n$ единичная матрица.

Доказана

Теорема. Если вдоль оптимального процесса $(u(t), x(t))$ множество (5) выпукло, то для оптимальности допустимого управления $u(t)$ в

рассматриваемой задаче необходимо, чтобы неравенство

$$\frac{\partial \Phi(x(t_1))}{\partial l(v)} \geq 0$$

выполнялось для всех $v(t) \in U, t \in T$.

Пусть множество U выпукло, $f(t, x, u)$ непрерывную производную по u

Здесь обозначим

$$l(v) = \sum_{\tau=t_0}^{t_1-1} F(t_1, \tau) \left(\frac{1}{\Gamma(a)} \sum_{s=\tau}^t (\tau + \alpha - \sigma(s))^{(\alpha-1)} f[s](v(t) - u(t)) \right),$$

где матричная функция $F(t, \tau)$ является решением задачи:

$$F(t, \tau - 1) = \frac{1}{\Gamma(a)} \sum_{s=\tau}^{t-1} (\tau + \alpha - \sigma(s))^{(\alpha-1)} F(\tau, s) A(s),$$

$$F(t, t - 1) = E.$$

Здесь $E, n \times n$ единичная матрица.

Доказана

Теорема. Если вдоль оптимального процесса $(u(t), x(t))$ множество U выпукло, то для оптимальности допустимого управления $u(t)$ в рассматриваемой задаче необходимо, чтобы неравенство

$$\frac{\partial \Phi(x(t_1))}{\partial l(v)} \geq 0$$

выполнялось для всех $v(t) \in U, t \in T$.

Литература

- [1] J. Jagan Mohan, G. V. S. R. Deekshitulu, Fractional Order Difference Equations. Hindawi Publish. Corporat. Int. J. Different. Equat. 2012. Article ID 780619, 11 p. doi:10.1155/2012/780619
- [2] В.Ф. Демьянов, А.М. Рубинов, Основы негладкого анализа и квазидифференциальное исчисление, М.: Наука, 1990, 432 с.

НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ОПТИМАЛЬНОСТИ ВТОРОГО ПОРЯДКА В ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ С ДРОБНЫМ ПРОИЗВОДНЫМ КАПУТО

Ахмедова Жаля

(Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан)

jaleahmadova23@gmail.com

Аннотация. Рассматривается задача оптимального управления переменной структурой, описываемая системами нелинейных дифференциальных уравнений с дробной производной Капуто. Применяя один модифицированный вариант метода приращений, при предположении открытости областей управления доказан аналог уравнения Эйлера. Получен аналог условия Лежандра-Клебша.

Ключевые слова: оптимальное управление, функционал качества, необходимые условия оптимальности, допустимое управление, аналог уравнения Эйлера, аналог условия Лежандра-Клебша, необходимое условие оптимальности второго порядка.

1. Постановка задачи

Пусть двухэтапный управляемый процесс на заданных отрезках времени $T_1 = [t_0, t_1]$ и $T_2 = [t_1, t_2]$ ($t_0 < t_1 < t_2$) описывается соответственно системой нелинейных дифференциальных уравнений

$${}^C D_t^\alpha x(t) = f(t, x, u), \quad t \in T_1 = [t_0, t_1], \quad (1)$$

$${}^C D_t^\alpha x(t) = g(t, y, v), \quad t \in T_2 = [t_1, t_2] \quad (2)$$

с начальными условиями

$$x(t_0) = x_0, \quad (3)$$

$$y(t_1) = G(x(t_1)), \quad (4)$$

где

$${}^C D_t^\alpha x(t) = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \int_{t_0}^t \frac{x'(\tau)}{(t-\tau)^\alpha} d\tau, \quad \alpha \in [0, 1],$$

левая дробная производная Капуто.

Здесь $\alpha \in [0, 1]$, $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)'$ и $y = (y_1, y_2, \dots, y_m)'$ состояния управляемого объекта, $x(t) \in C^n([t_0, t_1])$, $y(t) \in C^m([t_1, t_2])$, x_0 – заданный постоянный n -мерный вектор, $f(t, x, u)$ и $g(t, y, v)$ – заданные n и m -мерные, соответственно вектор-функции, непрерывные вместе с частными

производными соответственно по x и y до второго порядка включительно, $G(x)$ – заданная дважды непрерывно-дифференцируемая m -мерная вектор-функция, $u(t)$ и $v(t)$ – соответственно r и q -мерные кусочно-непрерывные (с конечным числом точек разрыва первого рода) векторы управляющих воздействий, со значениями из заданных непустых, открытых и ограниченных областей U и V , r и q -мерных линейных пространств R^r и R^q , соответственно, т.е.

$$u(t) \in U \subset R^r, \quad t \in T_1, \quad (5)$$

$$v(t) \in V \subset R^q, \quad t \in T_2. \quad (6)$$

Требуется минимизировать функционал качества

$$J(u, v) = \varphi_1(x(t_1)) + \varphi_2(y(t_2)), \quad (7)$$

определенного на решениях краевой задачи (1)-(4), порожденных всевозможными допустимыми управлениями.

Здесь $\varphi_1(x)$ и $\varphi_2(y)$ – заданные дважды непрерывно-дифференцируемые скалярные функции.

Пару $(u(t), v(t))$, удовлетворяющую этим ограничениям, назовем допустимым управлением.

Предполагается, что для каждого заданного допустимого управления $(u(t), v(t))$ существует единственное непрерывное решение (см. например, [1, 2]) задачи Коши (1)-(4).

Решением задачи Коши (1)-(4) является пара функций $x(t), y(t)$, каждая из которых непрерывна на своём отрезке, допускает дробную производную Капуто порядка α , удовлетворяет соответствующему уравнению и начальным условиям (в том числе условию согласования (4)).

Пусть $(u(t), v(t), x(t), y(t))$ – некоторый допустимый процесс.

Введя аналоги функции Гамильтона - Понтрягина следующим образом

$$H(t, x, u, \psi) = \psi' f(t, x, u),$$

$$M(t, y, v, p) = p' g(t, y, v).$$

вектор-функции $\psi(t)$ и $p(t)$ являются решениями соответственно задач (сопряженная система)

$${}_t^C D_t^\alpha \psi(t) = -H_x(t, x(t), u(t), \psi(t)),$$

$$\begin{aligned} {}_t I_{t_1}^{1-\alpha} \psi(t_1) &= -\varphi_x(x(t_1)), \\ {}^C D_{t_2}^\alpha p(t) &= -M_y(t, y(t), v(t), p(t)), \\ {}_t I_{t_2}^{1-\alpha} p(t_2) &= -\varphi_y(y(t_2)). \end{aligned}$$

2. Необходимые условия оптимальности

Теорема 1. Для оптимальности допустимого управления $(u(t), v(t))$ необходимо, чтобы соотношения

$$\frac{\partial H(\theta, x(\theta), u(\theta), \psi(\theta))}{\partial u} = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial M(\theta, y(\theta), v(\theta), p(\theta))}{\partial v} = 0 \quad (9)$$

выполнялись для всех $\theta \in [t_0, t_1], \delta u(t) \in R^r, t \in T_1$ и $\theta \in [t_1, t_2], \delta v(t) \in R^q, t \in T_2$ соответственно.

Здесь $\theta \in [t_0, t_1]$ и $\theta \in [t_1, t_2]$ произвольные точки непрерывности управляющих функций $u(t)$ и $v(t)$.

Соотношения (8) и (9) являются аналогами уравнения Эйлера из классического вариационного исчисления (см., например, [2, 3, 4]), представляют собой необходимое условие оптимальности первого порядка.

Каждое решение уравнения Эйлера будем называть классической экстремалью (см., например, [2]).

Но число классических экстремалей может быть достаточно большим. Поэтому надо иметь еще и необходимые условия оптимальности второго порядка.

Теорема 2. Для оптимальности классической экстремали $(u(t), v(t))$ необходимо, чтобы неравенство

$$w_1' \frac{\partial^2 H(\theta, x(\theta), u(\theta), \psi(\theta))}{\partial u^2} w_1 \leq 0 \quad (10)$$

выполнялось для всех $w_1 \in R^r$ и $\theta \in T_1$, а неравенство

$$w_2' \frac{\partial^2 M(\theta, y(\theta), v(\theta), p(\theta))}{\partial v^2} w_2 \leq 0 \quad (11)$$

выполнялось для всех $w_2 \in R^q$ и $\theta \in T_2$.

Неравенства (78) и (79) являются аналогами условия Лежандра-Клебша из классического вариационного исчисления (см., например, [2, 3, 4]).

Литература

1. S.G. Samko, A.A. Kilbas, O.I. Marichev, Fractional Integrals and Derivatives. Gordon and Breach, Yverdon, 1993.
2. Р.Габасов, Ф.М. Кириллова, В.В. Альсевич и др. Методы оптимизации. Минск. Изд-во «Четыре четверти», 2011, – 472 с.
3. Р. Габасов, Ф.М. Кириллова. Особые оптимальные управления. М. Либроком, 2011, – 256 с.
4. В.М. Алексеев, В.М. Тихомиров, С.В. Фомин. Оптимальное управление. М.: Физматлит, 2018, 384 с.

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНОЙ МОДЕЛЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ

Гамидов Сабир

(Бакинский Государственный Университет)

sabir818@yahoo.com

Аннотация. Исследована дискретная задача оптимального управления односекторной экономикой на конечном интервале времени с использованием динамической модели. С помощью принципа максимума Понтрягина найдено оптимальное управление. Получено аналитическое решение задачи. Определена структура оптимального управления. Найдено условие существования магистрали. Доказано теорема о магистрали.

Ключевые слова: дискретная задача, оптимальное управление, потребление, золотое правило Фелпса, накопление.

Рассматривается дискретная односекторная модель экономической динамики. Задача заключается в распределении произведенного продукта на инвестирование экономики и на непроеизведенное потребление согласно золотому правилу Фелпса [1,2] Задачами такого типа как в непрерывной, так и в дискретной постановке занимались многие авторы [3-7]. В отличии от непрерывного случая, задачи такого типа в дискретной постановке относительно мало изучены. Настоящая работа посвящена исследованию дискретных задач оптимального управления экономическими системами.

Введем следующие обозначения: $K(t)$ – основные фонды, $L(t)$ – рабочая сила, $F(K(t), L(t))$ – производственная функция, v – коэффициент амортизации, $u(t)$ – коэффициент накопления (управление), $C(t)$ – непроеизведенное потребление, $\delta(t)$ – коэффициент дисконтирования, α –

темпа роста рабочей силы, $[0, T]$ – планируемый интервал времени производства. Таким образом, динамику процессов, происходящих в экономике можно представить следующими соотношениями

$$K(t) = -vK(t-1) + uF(K(t-1), L(t-1)), t \in [1, T] \quad (1)$$

$$K(0) = K_0 > 0, \quad (2)$$

$$C(t) = \delta C(t-1) + (1-u)F(K(t-1), L(t-1)) \quad (3)$$

$$C(0) = C_0 = 0 \quad (4)$$

$$L(t) = \alpha L(t-1), \quad t \in [1, T] \quad (5)$$

$$L(0) = L_0$$

Если перейти к удельным переменным $k(t) = \frac{K(t)}{L(t)}$, $c(t) = \frac{C(t)}{L(t)}$, $f(k(t-1)) = \frac{F(k(t-1), L(t-1))}{L(t-1)}$, можно получить следующую систему уравнений:

$$k(t) = -v\alpha^{-1}k(t-1) + u\alpha^{-1}f(k(t-1)), t \in [1, T] \quad (1')$$

$$k(0) = k_0 > 0, \quad (2')$$

$$c(t) = \delta\alpha^{-1}c(t-1) + (1-u)f(k(t-1)), t \in [1, T] \quad (3')$$

$$c(0) = c_0 = 0 \quad (4')$$

Уравнение (3') представляет собой линейные неоднородное разностное уравнение и ее решение может быть представлено в следующем виде:

$$c(T) = I(u) = c(0)(\delta\alpha^{-1})^T + \sum_{\tau=0}^T (\delta\alpha^{-1})^{T-\tau}(1-u)\alpha^{-1}f(k(\tau-1)), \quad (6)$$

которое представляет собой суммарное непроизводственное потребление на интервале $[0, T]$ при управлении u , где $0 \leq u \leq 1$. Так как $c(0) = 0$, то первая слагаемая в правой части равенства (6) равна нулю, то есть

$$c(T) = \sum_{\tau=0}^T (\delta\alpha^{-1})^{T-\tau}(1-u)\alpha^{-1}f(k(\tau-1))$$

Задача ставится так: на интервале $[0, T]$ найти такое управление $u(t)$, $0 \leq u(t) \leq 1$, которое максимизирует функционал

$$c(T) = \sum_{\tau=0}^T (\delta\alpha^{-1})^{T-\tau}(1-u)\alpha^{-1}f(k(\tau-1)) \quad (7)$$

Решение задачи. Решение поставленной задачи проведем с помощью принципа максимума Понтрягина. Составим функцию Гамильтона

$$H(k, \psi, u) = \psi(-v\alpha^{-1}k(t-1) + u\alpha^{-1}f(k(t-1)) + (\delta\alpha^{-1})^{T-t}(1-u)f(k(t-1))) \quad (8)$$

где $\psi(t)$ – сопряженная переменная и является решением задачи.

$$\begin{cases} \psi(t-1) = \frac{\delta H}{\delta k} = -\psi v \alpha^{-1} + \psi u \alpha^{-1} f'(k(t-1)) + (\delta \alpha^{-1})^{T-t} (1-u) f'(k(t-1)) \\ \psi(T) = 0, \quad t = \{T, \dots, 1\} \end{cases}$$

Лемма 1. Если $u(t)$ оптимальное управление, то оно имеет следующую структуру:

$$u(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } q(t) < 1, \\ u_{0c}, & \text{если } q(t) = 1 \\ 1, & \text{если } q(t) > 1. \end{cases} \quad (9)$$

Таким образом полученные результаты можно сформулировать в виде следующей теоремы о магистрали.

Теорема. Пусть горизонт планирования T достаточно большой.

1. Интервал $[0, T]$ разбивается на три интервала, то есть

$$[0, T] = [0, t_1] \cup [t_1, t_2] \cup [t_2, T]$$

2. Оптимальное управление имеет следующую структуру:

$$u(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } q(t) < 1, \\ u_{0c}, & \text{если } q(t) = 1, \\ 1, & \text{если } q(t) > 1. \end{cases}$$

3. На интервале $t \in [t_1, t_2]$ $u(t) = u_{0c}$, $k(t) = k^* = const$.

4. На интервале $t \in [0, t_1]$ $u(t) = 0$, если $k_0 < k^*$ и $u = 1$, если $k_0 > k^*$, при этом происходит возрастание и убывание $k(t)$ от k_0 до k^* .

5. На интервале $[t_2, T]$ $u(t) = 0$, если $k_T < k^*$, $u(t) = 1$, если $k_T > k^*$, при этом происходит соответственно возрастание или убывание $k(t)$ от k^* до k_T .

Литература

1. Solow R.A. Contribution to the theory of economic growth. Quart. J. Economics, 1956, v. 70, pp. 65–94.
2. Phelps E.S. Golden rules of economic growth. N.Y.: Norton, 1966.
3. Москаленко А.И. Оптимальное управление моделями экономической динамики. Новосибирск: Наука, 1989.
4. Merton R.S., Samuelson P.A. Continuous-time finance. Cambridge, MA: Basil Blackwell, 1999.
5. Анисимов А.В., Григоренко Н.Л., Лукьянова Л.Н. Задача оптимального управления для односекторной модели экономического роста со смешанными ограничениями. Прикладная математика и информатика, МАКС Press, 2013, Т.44.
6. Hamidov S.I. Asymptotic Behavior of Trajectories in Some Models of Economic Dynamics. Contemporary Mathematics, V.5(3), 2004, s.1.
7. Hamidov S.F. Optimal Trajectories in Reproduction Models of Economic Dynamics. TWMS J. of Pure and Applied Mathematics, v.13, №1, 2022, pp. 16–24.

СЛИЯНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Гасанова Назлы, Агамалиева Дурра
(Бакинский Государственный Университет)
nazlihasanova@bsu.edu.az, durreagamaliyeva@gmail.com

Аннотация: В представленной работе исследуются перспективы развития облачных и интеллектуальных технологий. Рассматриваемые направления развития облачных технологий определяются на основе широкого применения методов искусственного интеллекта.

Ключевые слова: облачные вычисления, искусственный интеллект, машинное обучение.

Облачные технологии позволяют устанавливать приложения с минимальными затратами, а также хранить постоянно растущие объемы данных и получать к ним практически мгновенный доступ из любой точки мира. Все перечисленное позволяет в полной мере реализовать потенциал интеллектуальных технологий, которые все чаще становятся частью цифровой экосистемы в любой сфере деятельности. Например, используются в качестве бизнес-ассистентов, распознают визуальные образы и речь, анализируют данные в режиме реального времени и готовят прогнозы [2]. Применение интеллектуальных технологий в различных сферах помогает бизнесу не только получить важное конкурентное преимущество, но также:

- стать более гибким и масштабируемым;
- повысить эффективность выполнения бизнес-процессов;
- сократить количество ошибок;
- автоматизировать большинство рутинных операций;
- принимать обоснованные бизнес-решения;
- улучшать повседневный клиентский опыт.

Искусственный интеллект (ИИ) – это научное направление, изучающее принципы интеллектуальной деятельности человека и создающее на этой основе модели интеллектуального поведения искусственных, в том числе программных, систем. Его становление, по крайней мере, отчасти связано с развитием информационных технологий. Задачи, решаемые искусственным интеллектом, предполагают весьма сложные вычисления, такие как логико-информационная обработка информации для решения сложных, плохо формализуемых задач. К ним относятся представ-

ление и обработка знаний, системы распознавания речи и коммуникации, распознавание изображений и т. д. Решение этих задач осуществляется в рамках таких программных систем, как экспертные системы, системы виртуальной реальности, нейросетевые системы и т. д.

В настоящее время происходит слияние технологий искусственного интеллекта и облачных вычислений. В первую очередь это касается следующих направлений: машинное обучение, когнитивные вычисления, чат-боты, виртуальная реальность, распознавание образов. Например, применение ИИ в борьбе с киберпреступностью в целом и киберугрозами в облаке становится обычной практикой для крупного бизнеса. По данным Acumen Research and Consulting, объем мирового рынка в сфере кибербезопасности с 2021 по 2030 год вырастет с \$14,9 млрд до \$133,8 млрд! Отдельные SaaS-решения уже способны обнаруживать и мгновенно реагировать на угрозы в облаке.

Одной из методологий искусственного интеллекта является машинное обучение (МО), которое позволяет находить закономерности в больших наборах данных. Машинное обучение связано с разработкой и использованием методов создания программных систем, способных обучаться. Для решения данного класса задач, как правило, используются методы математической статистики, методы оптимизации и методы теории алгоритмов [1]. Методы машинного обучения направлены не на решение конкретного класса задач, а на разработку точных методов обучения, которые могут быть применены в различных условиях. В бизнесе МО используется для решения множества задач:

- сегментация клиентов по предпочтениям, поведению или другим характеристикам;
- оценка рисков и выявление случаев мошенничества (например, при проведении транзакций);
- составления прогнозов о вероятности наступления определенных событий, совершения действия покупателями и т. п.;
- предоставление персонализированных рекомендаций на основе исторических данных;
- распознавание людей по биометрическим данным;
- выполнение медицинской, автомобильной и других видов диагностики;
- автоматическая генерация текстов, изображений и видео.

Связанные с машинным обучением процессы можно оптимизировать с помощью облачных вычислений. При этом публичное облако поз-

волит экспериментировать с МО не только с минимальными вложениями, но и без продвинутых технических навыков. В качестве примера можно привести решение задачи распознавания спама. Когнитивные вычисления были предложены компанией IBM для обозначения систем, которые не заменяют человека при решении интеллектуальных задач, а дополняют его возможности. Например, при диагностике пациента, выборе финансовых инструментов и т. д. По сути, это сервисы, реализующие экспертные системы [1].

Согласно исследованию аналитической компании Gartner, лидерами в разработке облачных технологий являются Amazon Web Services, Microsoft, Google, Oracle, IBM, Alibaba Cloud. Каждый из этих разработчиков определяет использование интеллектуальных технологий как основной вектор развития своих облачных технологий. Google разрабатывает технологию машинного обучения для решения задач распознавания изображений и речи. Новая технология машинного обучения (Learning Cloud Machine) использует сервисы искусственного интеллекта для обработки данных, хранящихся пользователем в облачной системе Google. В частности, пользователям полезны системы распознавания лиц и объектов на фотографиях из Google Photos, голосовой поиск в Google, а также распознавание голосовых команд на Android-смартфонах.

Использование ИИ всегда предполагает сбор, хранение и обработку больших наборов данных. Поэтому развитие и массовое внедрение ИИ-решений увеличивает спрос на облачные хранилища. В то же самое время технологии искусственного интеллекта напрямую влияют на функциональность этих хранилищ. Например, появились ИИ-системы, автоматизирующие процессы управления данными, минимизирующие ручное вмешательство и сокращающее время, когда данные оказываются недоступными. Интеллектуальные системы хранения в облаке используют машинное обучение и искусственный интеллект, чтобы оптимизировать емкость, а также мониторить и анализировать состояние хранилища в режиме реального времени.

Литература

1. C.V.Shah, (2024). Machine Learning Algorithms for Predictive Maintenance in Autonomous Vehicles. International Journal of Engineering and Computer Science, 13(01), 26015–26032.<https://doi.org/10.18535/ijecs/v13i01.4786>
2. R.Aravind, (2024). Integrating Controller Area Network (CAN) with Cloud-Based Data Storage Solutions for Improved Vehicle Diagnostics using AI. Educational Administration: Theory and Practice, 30(1), 992-1005.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БЛОКЧЕЙНА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МИКРОСЕРВИСОВ

Джамалов Зейнал, Бинаталиев Ибадулла

(БГУ, факультет прикладной математики и кибернетики)

zjamalov@mail.ru, kronosxplay243@gmail.com

Аннотация: В статье рассматриваются проблемы обеспечения целостности данных и надежности в микросервисных архитектурах. Предлагается гибридный подход, объединяющий технологии блокчейна и потоковой обработки данных для создания неизменяемого журнала транзакций между микросервисами. Описаны архитектурные решения и методология исследования для оценки применимости предложенного подхода в распределенных системах.

Ключевые слова: микросервисная архитектура, блокчейн, потоковая обработка данных, целостность данных, распределенные системы, надежность.

Микросервисная архитектура стала доминирующим подходом при разработке современных распределенных систем благодаря гибкости, независимости развертывания компонентов и возможности масштабирования отдельных сервисов. Однако такой подход создает серьезные вызовы в обеспечении целостности данных и согласованности состояния системы. Каждый микросервис работает автономно, имеет собственную базу данных и взаимодействует с другими сервисами через сетевые запросы, что приводит к проблемам поддержки транзакционной согласованности, отслеживания изменений и восстановления после сбоев [1]. В отличие от монолитных архитектур, где транзакции легко контролируются в рамках одной базы данных, распределенные системы требуют новых подходов для обеспечения надежности и прозрачности операций.

Существующие решения для обеспечения согласованности в микросервисах, такие как двухфазная фиксация транзакций (2PC) или паттерн Saga, имеют свои ограничения. Двухфазная фиксация может приводить к блокировкам и снижению производительности, а паттерн Saga требует сложной компенсирующей логики при откате транзакций. Кроме того, в распределенных системах остается проблема отсутствия единого источника правды и возможности полного аудита всех операций [2].

Цель данной работы — исследовать возможности применения технологий блокчейна в сочетании с системами потоковой обработки данных для повышения целостности и надежности микросервисных систем. Основная идея заключается в создании гибридной архитектуры, где

системы потоковой обработки (такие как Apache Kafka, RabbitMQ) обеспечивают надежную передачу сообщений между сервисами с гарантией доставки, а блокчейн-технологии создают неизменяемый распределенный журнал всех критичных транзакций. Такой подход позволяет в любой момент проверить историю операций, обнаружить несоответствия и восстановить корректное состояние системы [3].

В рамках исследования планируется решить следующие задачи:

- Проанализировать существующие методы обеспечения целостности данных в микросервисных архитектурах и выявить их ограничения.
- Изучить применимость блокчейн-технологий для фиксации транзакций между микросервисами и оценить различные платформы (Ethereum, Hyperledger Fabric).
- Исследовать системы потоковой обработки данных и их возможности для обеспечения надежной передачи сообщений.
- Разработать концептуальное архитектурное решение интеграции блокчейна с системами потоковой обработки данных.
- Определить критерии и метрики для оценки влияния предложенного подхода на производительность, надежность и безопасность системы.

Методология исследования включает сравнительный анализ существующих решений, моделирование архитектуры системы, определение требований к производительности и безопасности. Планируется разработка прототипа для экспериментальной проверки предложенных концепций, включающего модули взаимодействия микросервисов через брокера сообщений с параллельной записью транзакций в блокчейн-сеть.

Ожидается, что результаты работы будут применимы в критичных областях, где важна прозрачность операций, возможность аудита и высокая надежность системы. К таким областям относятся финансовые системы, здравоохранение, государственные информационные системы и логистика. Предложенный подход может стать основой для построения корпоративных систем нового поколения, сочетающих гибкость микросервисной архитектуры с надежностью и прозрачностью блокчейн-технологий.

Литература

1. Newman S. Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems // O'Reilly Media. – 2015.
2. Narkhede N., Shapira G., Palino T. Kafka: The Definitive Guide // O'Reilly Media. – 2017.
3. Андреев И.В., Петров С.А. Применение блокчейн-технологий в распределенных системах // Информационные технологии. – 2023. – Т. 29, №5. – С. 245–252.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Джамалов Зейнал, Юзбашиев Фархад

(БГУ, факультет прикладной математики и кибернетики)

zjamalov@mail.ru, fyuzbashiye@gmail.com

Аннотация: В статье рассматриваются основные принципы разработки корпоративных информационных систем (КИС) с использованием языка программирования Python. Описаны архитектурные подходы, инструменты и технологии, применяемые при проектировании и реализации корпоративных решений. Особое внимание уделено вопросам модульности, масштабируемости и безопасности корпоративных приложений.

Ключевые слова: корпоративная информационная система, Python, FastAPI, архитектура программного обеспечения, масштабируемость, безопасность.

Современные предприятия активно переходят на цифровые формы ведения бизнеса, что делает корпоративные информационные системы (КИС) важнейшим инструментом для управления ресурсами, взаимодействия между подразделениями и анализами данных. Такие системы обеспечивают интеграцию ключевых функций предприятия — от бухгалтерского учёта и складского учёта до CRM и аналитики [1]. В последние годы язык Python занял заметное место в корпоративной разработке благодаря своей простоте, удобному и простому синтаксису, широкой экосистеме библиотек и поддержке современных архитектурных решений. В отличие от традиционных корпоративных платформ, таких как Java EE, .NET и т.д., Python позволяет создавать более гибкие и экономичные решения, которые легко адаптируются под нужды бизнеса. Разработка корпоративных систем предполагает соблюдение ряда архитектурных принципов, обеспечивающих надёжность, расширяемость и устойчивость программного продукта [1].

Модульность и разделение ответственности. Каждый компонент системы должен выполнять строго определённые задачи — например, аутентификацию, работу с базой данных или обработку бизнес-логики. Такой подход облегчает поддержку и развитие программного решения.

Масштабируемость. Использование фреймворков на Python (FastAPI, Django, Flask) в сочетании с технологиями контейнеризации (Docker,

Kubernetes) позволяет масштабировать приложение при росте нагрузки и количестве пользователей, сохраняя стабильность работы.

Интеграция и совместимость. Корпоративные системы часто взаимодействуют с внешними сервисами — ERP, CRM и облачными платформами. Для этого применяются REST API и современные протоколы обмена данными (JSON, gRPC, GraphQL), что обеспечивает гибкую интеграцию и совместимость компонентов [4].

Безопасность. При создании КИС большое внимание уделяется защите данных. В этом направлении используются механизмы авторизации и аутентификации (OAuth2, JWT), шифрование каналов связи (HTTPS, SSL/TLS), а также разграничение прав доступа на уровне ролей пользователей.

Автоматизация и DevOps-подход. Внедрение процессов CI/CD, систем мониторинга и тестирования способствует непрерывному развитию корпоративной системы и снижает вероятность ошибок при обновлениях [2].

Для практической реализации корпоративной системы может применяться следующий стек технологий [3]:

- Back-end: Python с использованием FastAPI или Django;
- База данных: PostgreSQL, MySQL, SQLite;
- Контейнеризация: Docker, Docker Compose;
- Интерфейс: HTML/CSS/JS или отдельный фронтенд на React/Vue;
- Документация API: OpenAPI/Swagger.

Как правило, архитектура корпоративных систем строится по многослойной модели, включающей уровень данных, бизнес-логику и уровень представления. Такой подход упрощает тестирование и модернизацию модулей [5]. Разрабатываемый прототип может включать модули управления пользователями, товарами, заказами и отчётностью, а также административную панель для наблюдения за состоянием системы.

Язык Python предоставляет разработчикам широкие возможности для создания корпоративных информационных систем, которые отвечают современным требованиям к безопасности, надёжности и масштабируемости. Следование принципам модульности, интеграции и автоматизации позволяет разрабатывать гибкие решения, способные адаптироваться к динамичным условиям бизнеса.

В итоге можно отметить, что Python сегодня является одним из ключевых инструментов при построении корпоративных информационных платформ нового поколения, сочетая простоту разработки с промышленной надёжностью.

Литература

1. Братковский А.М. Информационные системы и технологии управления предприятием. — М.: Академия, 2021.
2. Sommerville I. Software Engineering. — Pearson, 2020.
3. Django Documentation. URL: <https://docs.djangoproject.com>
4. FastAPI Documentation. URL: <https://fastapi.tiangolo.com>
5. PEP 8 — Style Guide for Python Code. URL: <https://peps.python.org/pep-0008/>

ОСНОВНЫЕ НЕЧЕТКИЕ ОПЕРАТОРЫ В ПРОЦЕССЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Курбанов Фуад, Мамедова Назакет

(БГУ, факультет Прикладной математики и кибернетики)

fdugv@gmail.com

Аннотация. В данной работе рассмотрена задачи принятия решения в условиях неопределенности. Исследованы основные операторы, влияющие на процесс принятия решения. Заданы параметрические операторы, которые определяют исход принятого решения. Параметры являются характеристиками субъекта принимающего решения и определяются нейронными сетями.

Ключевые слова: оператор, фаззификация, оценка, метрика, параметры, дефаззификация

Как известно, [1] задача принятия решения в условиях неопределенности является актуальной задачей. Задача управления различных процессов приводит [2] к принятию решения, другими словами, выбору заданных альтернатив. Во многих случаях такие задачи задаются в условиях некоторой неопределенности. Задача принятия решения является довольно сложной задачей и требует больших исследований. Особенно она усложняется в так называемых гуманистических системах [3]. Для ее решения предлагались различные модели. Особый интерес представляют модели, построенные в метрических пространствах [4]. Как известно, для моделирования неопределенностей в основном используется математических аппарат двух теорий: Теория вероятностей и Теория нечетких множеств. Для простоты будем рассматривать модели построения в Нечетких метрических пространствах.

В нашей модели будем рассматривать некоторый последовательность целей: $d_1, d_2, \dots, d_n$.

Самый последний из них d_n будем называть главной целью в рассматриваемой задаче. Эту цель будем называть глобальной. Остальные цели будут промежуточными или локальными. В каждом этапе решения задача

заключается в достижении очередной локальной цели. Рассматриваемый последовательность целей будем называть стратегией принятия решения.

В пространстве рассуждения [3], для достижения локальной цели будут задействованы в основном три оператора:

1. Оператор оценки значимости объектов нечеткими числами (Оператор фаззификации).
2. Оператор метрики в нечетких пространствах.
3. Оператор дефаззификации.

Эти три оператора являются основными в предложенной нами математической модели.

Для каждого субъекта все объекты окружающего мира имеют определенные ценности. Они отражаются с помощью оператора фаззификации:

$$(1) F: O_m \rightarrow \tilde{A}_m, 1 \leq m \leq n$$

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_n(x)) | x \in R, \mu: R \rightarrow [0, 1]\}$$

Здесь n количество объектов субъекта, m – номер объекта, O_m – m -й объект по номеру.

Второй оператор, это оператор метрики между нечеткими числами:

$$(2) \rho(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sum_{i=1}^k \alpha_i \rho(x_i, y_i), \text{ где } 1 \leq i \leq k$$

$$x_i \in \text{supp} \tilde{A},$$

$$y_i \in \text{supp} \tilde{B}, 0 \leq \alpha_i \leq 1$$

От этого оператора зависит алгоритм обработки информации и выработки решения субъекта.

Третьим оператором является оператор дефаззификации:

$$(3) \text{def}(\tilde{C}) = \sum_{j=1}^k \beta_j z_j,$$

$$\text{где } 1 \leq j \leq k, k - \text{количество особых точек из носителя нечеткого числа, } 0 \leq \beta_j \leq 1, z_j \in \text{supp} \tilde{C},$$

Операторы (1)-(3) являются основными в задачах принятия решения. Исследованы свойства и условие применимости этих операторов.

Все параметры, использованные в операторах, определяются с помощью нейронных сетей и являются характеристиками субъекта принимающего решения.

Литература

1. Т.Саати. Принятие решений. Москва: Радио и связь, 1993.
2. А.Пегат. Нечеткое моделирование и управление, Москва: Бином, Лаборатория знаний, 2017.
3. L.A.Zadeh Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. IEEE Transactions on systems, Man and Cybernetics, Vol.3, pp.28-44.
4. P.Diamond, P.Kloeden. Metric spaces of fuzzy sets, World Scientific Publishing, 1994.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ШАБЛОНОВ БИЗНЕС-ЛОГИКИ В АРХИТЕКТУРАХ DDD / CQRS

Мехтиев Солтан

(БГУ, факультет прикладной математики и кибернетики)
mehtiyevsoltan4@gmail.com

Аннотация: В данной работе рассматривается проблема дублирования шаблонного кода при реализации архитектурных подходов предметно-ориентированное проектирование (Domain Driven Design DDD) и разделение ответственности команд и запросов (Command Query Responsibility Segregation CQRS). Показано, что автоматизация генерации типовых компонентов бизнес-логики позволяет повысить эффективность разработки, снизить риск ошибок и упростить сопровождение программных решений. Особое внимание уделено современным возможностям платформы .NET 8 и среде ASP.NET Core, где такие подходы находят практическое применение при создании корпоративных сервисов. Предложено рассматривать автоматизацию как ключевой инструмент эволюции архитектурных паттернов и DevOps практик.

Ключевые слова: автоматизация, бизнес-логика, DDD, CQRS, ASP.NET Core, .NET 8.

В современной разработке программного обеспечения наблюдается тенденция к усложнению архитектурных моделей, особенно при использовании концепций Domain Driven Design (DDD) и Command Query Responsibility Segregation (CQRS). Эти подходы обеспечивают масштабируемость и читаемость бизнес-логики, однако требуют значительного объёма повторяющегося кода, связанного с созданием команд, обработчиков, DTO и репозиториев [1].

Проблема шаблонного кода. Повторяющиеся элементы архитектуры замедляют процесс разработки и увеличивают вероятность ошибок при внесении изменений. В больших проектах ручное создание однотипных компонентов становится затратным и неэффективным [2]. Это создаёт предпосылки для внедрения автоматизированных решений, которые могут генерировать типовые структуры во время сборки проекта или интегрироваться в среду разработки.

Современные подходы к автоматизации. Одним из направлений решения является использование средств компиляционного анализа и генерации кода на этапе сборки. В экосистеме .NET подобные возможности реализуются через инфраструктуру Roslyn, предоставляющую

доступ к синтаксическому дереву и метаданным проекта [3]. Используя такие механизмы, можно создавать генераторы, автоматически формирующие обработчики команд, запросов и репозитории, обеспечивая при этом compile-time диагностику и строгую типизацию.

Практическая реализация. В качестве примера можно рассмотреть архитектуру ASP.NET Core 8, где используются паттерны DDD и CQRS совместно с библиотекой MediatR. Автоматизация шаблонных слоёв бизнес-логики позволяет сократить объём кода до 40–60 %, повысить консистентность и уменьшить время разработки новых модулей. Кроме того, применение compile-time генерации способствует совместимости с режимом Native AOT и повышает надёжность CI/CD-пайплайнов [4].

Заключение. Автоматизация шаблонов бизнес-логики является перспективным направлением развития архитектурного проектирования. Она способствует ускорению жизненного цикла программных систем, повышению их качества и снижению человеческого фактора. В будущем развитие подобных технологий может привести к интеграции интеллектуальных систем анализа и генерации кода, объединяющих принципы DDD, CQRS и DevOps.

Литература

1. Evans E. Domain-Driven Design: Tackling Complexity in the Heart of Software. Addison-Wesley, 2004.
2. Vernon V. Implementing Domain-Driven Design. Addison-Wesley, 2013.
3. Microsoft Docs. Roslyn .NET Compiler Platform SDK. <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/roslyn-sdk/>
4. MediatR Documentation. <https://github.com/jbogard/MediatR>

РЕШЕНИЕ ДРОБНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В НЕКОТОРЫХ ВЕСОВЫХ ПРОСТРАНСТВАХ НЕПРЕРЫВНОЙ ФУНКЦИИ

Мусаев Гуммет, Зейналова Джавахир

(BDU, Mexanika-riyaziyyat fakültəsi)

gkm55@mail.ru , javair.zeynalova.2000@mail.ru

Аннотация: *Существование и единственность решения задачи типа Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений дробного порядка на конечном интервале в пространстве суммирующих функций и непрерывных функций раньше доказано. Известно, что задача типа Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений дробного порядка и нелинейного интегрального уравнения*

Вольтерра второго типа эквивалентны. Поэтому для доказательства существования единственного решения достаточно доказать существование неединственного решения нелинейного интегрального уравнения Вольтерра. В этой работе доказывается существование решения задачи типа Коши в пространстве $C_{n-\alpha, \gamma}^{\alpha}[a, b]$, $n = -[-\alpha]$, $0 \leq \gamma < 1$.

Ключевые слова: дробное дифференцирование, дробная производная, весовое пространство, непрерывные функции, уравнение Вольтерра.

В этой работе сначала рассматриваются дробные дифференциальные уравнения вида

$$(D_{a+}^{\alpha} y)(x) = f[x, y(x)], \quad \alpha > 0, \quad x > a \quad (1)$$

$$\text{с начальным условием } (D_{a+}^{\alpha-k} y)(a+) = b_k, \quad b_k \in \mathbb{R}, \quad k = 1, \dots, n, \quad (2)$$

где $n = \alpha + 1$ для $\alpha \notin \mathbb{N}$, $\alpha = n$ для $\alpha \in \mathbb{N}$.

В частности, при $\alpha = n \in \mathbb{N}$, задача (1)-(2) становится обычной задачей Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений порядка $n \in \mathbb{N}$:

$$y^{(n)}(x) = f[x, y(x)], \quad y^{(n-k)}(a) = b_k, \quad b_k \in \mathbb{R}, \quad k = 1, \dots, n$$

При $0 < \alpha < 1$ задача (1)-(2) принимает вид:

$$(D_{a+}^{\alpha} y)(x) = f[x, y(x)] \quad (I_{a+}^{1-\alpha} = b), \quad b \in \mathbb{R} \quad (3)$$

Сначала определяется пространство

$$C_{n-\alpha}^{\alpha}[a, b] = \{y(x) \in C_{n-\alpha}[a, b]: (D_{a+}^{\alpha} y)(x) \in C_{n-\alpha}[a, b]\},$$

где $C_{n-\alpha}[a, b]$ – весовое пространство непрерывных функций.

$$C_{n-\alpha}[a, b] = \{g(x): (x-a)^{n-\alpha} g(x) \in C[a, b], \|g\|_{C_{n-\alpha}} = \|(x-a)^{n-\alpha} g(x)\|_{C_{n-\alpha}}\}$$

При $\alpha = n \in \mathbb{N}$, пространство $C_0^n[a, b]$ совпадает с пространством $C^n[a, b]$ – функции непрерывно дифференцируемы на отрезке $[a, b]$ до порядка n .

$$C_0^n[a, b] = C^n[a, b]$$

Пространство $C_{n-\alpha, \gamma}^{\alpha}[a, b]$ определяется следующим образом:

$$C_{n-\alpha, \gamma}^{\alpha}[a, b] = \{y(x) \in C_{n-\alpha}[a, b]: (D_{a+}^{\alpha} y)(x) \in C_{\gamma}[a, b]\}$$

Для нахождения точного решения линейного дробного дифференциального уравнения с дробной производной Римана-Лиувилля порядка $\alpha > 0$ в пространстве $C_{n-\alpha, \gamma}^{\alpha}[a, b]$, $n = -[-\alpha]$, $0 \leq \gamma < 1$ сначала доказываются следующие леммы [2]:

Лемма 1. Если $y(x) \in C_{n-\alpha}[a, b]$, то $y(x)$ удовлетворяет соотношениям (1) и (2) тогда и только тогда, когда $y(x)$ удовлетворяет интегральному уравнению Вольтерра второго рода.

Лемма 2. Пусть $f[x, y]$ удовлетворяет условию Липшица. Тогда

существует единственное решение $y(x)$ задачи типа Коши в пространстве $C_{n-\alpha, \gamma}^{\alpha}[a, b]$.

Рассмотрим задачу типа Коши для дробного дифференциального уравнения порядка $\alpha > 0$ с начальными условиями:

$$(D_{a+}^{\alpha}y)(x) - \lambda y(x) = f(x), \quad a < x \leq b, \quad \alpha > 0, \quad \lambda \in \mathbb{R} \quad (4)$$

$$(D_{a+}^{\alpha-k}y)(a+) = b_k, \quad b_k \in \mathbb{R}, \quad k = 1, \dots, n = -[-\alpha]. \quad (5)$$

Из лемм 1 и 2 получается, что задача (4)-(5) эквивалентна в пространстве $C_{n-\alpha}[a, b]$ следующему интегральному уравнению Вольтерра [3], [5]:

$$y(x) = \sum_{j=1}^n \frac{b_j}{\Gamma(\alpha-j+1)} (x-a)^{\alpha-j} + \frac{\lambda}{\Gamma(\alpha)} \int_a^x \frac{y(t) dt}{(x-t)^{1-\alpha}} + \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_a^x \frac{f(t) dt}{(x-t)^{1-\alpha}} \quad (6)$$

Используя метод последовательных приближений к решению задачи (6), мы получим точное решение уравнения Вольтерра или решения задачи (4)-(5). Из условия Липшица [1], [4] получается единственное решение задачи (4)-(5). Таким образом доказана следующая теорема:

Теорема. Пусть $\alpha > 0$, $n = -[-\alpha]$, и $\gamma (0 \leq \gamma < 1)$ таково, что $\gamma \geq n - \alpha$. Также пусть $\lambda \in \mathbb{R}$. Если $f \in C_{\gamma}[a, b]$, тогда задача типа Коши (4)-(5) имеет единственное решение $y(x) = C_{n-\alpha, \gamma}^{\alpha}[a, b]$ и это решение задаётся формулой

$$y(x) = \sum_{j=1}^n b_j (x-a)^{\alpha-j} E_{\alpha, \alpha-j+1}(\lambda(x-a)^{\alpha}) + \int_a^x (x-t)^{\alpha-1} E_{\alpha, \alpha}(\lambda(x-t)^{\alpha}) f(t) dt.$$

При однородности задача (4)-(5) сводится к следующей задаче:

$$(D_{a+}^{\alpha}y)(x) - \lambda y(x) = 0, \quad a < x \leq b, \quad \alpha > 0, \quad \lambda \in \mathbb{R}$$

$$(D_{a+}^{\alpha-k}y)(a+) = b_k, \quad b_k \in \mathbb{R}, \quad k = 1, \dots, n = -[-\alpha].$$

Решение этой задачи

$$y(x) \in C_{n-\alpha}^{\alpha}[a, b] = C_{n-\alpha, 0}^{\alpha}[a, b]$$

и

$$y(x) = \sum_{j=1}^n b_j (x-a)^{\alpha-j} E_{\alpha, \alpha-j+1}(\lambda(x-a)^{\alpha}).$$

Литература

1. Kilbas A. A., Srivastava H. M., Trujillo J. J. Theory and Applications of Fractional Differential Equations. Elsevier Inc. Amsterdam-Boston-Heidelberg-London-New York-Oxford-Paris-San Diego-San Francisco-Singapore-Sydney-Tokyo. 2006. 541 p.
2. Самко С. Г., Килбас А. А., Маричев О. И. Интегралы и производные дробного порядка, и некоторые их приложения. -Минск: Наука и техника, 1987. – 687 с.
3. Учайник В. В. Метод дробных производных. Ульяновск: Изд. “Артишок”, 2008. - 512 с.
4. Podlubny I. Fractional Differential Equations. ACADEMIC PRESS: San Diego-Boston-New York-London-Sydney-Tokio-Toronto. 1999. 365 p.
5. Musayev H.K., Zeinalova C.A. “Существование и единственность задачи типа Коши для дробных дифференциальных уравнений”. “Tətbiqui riyaziyyatın müasir problemləri” Respublika Elmi Konfransının materialları. 2025. 296-299 с.

РОЛЬ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ДРЕВОВИДНЫХ СТРУКТУР В ЗЕЛЕНОМ ПРОГРАММИРОВАНИИ

Мустафаев Ильхам, Мамедов Джавид, Гусейнзаде Шахла

*(AZTU, Факультет информационных технологий и телекоммуникаций)
ilham.mustfv@gmail.com, djavid2004@mail.ru, shahla.huseynzade@gmail.com*

В современных вычислительных системах управление кэш-памятью играет критическую роль в обеспечении производительности и энергоэффективности, чего требует условия зеленого программирования. Этим термином описывают комплекс приёмов в разработке и проектировании приложений, позволяющих сократить энергопотребление используемого при кодировании оборудования. Традиционные алгоритмы вытеснения кэша, такие как LRU (Least Recently Used) и LFU (Least Frequently Used), не учитывают энергетические затраты на операции управления кэшем. В данной работе рассматривается применение вероятностных древовидных структур для оптимизации процесса вытеснения данных из кэша с акцентом на снижение энергопотребления. Предлагаемый подход основан на использовании вероятностных деревьев поиска, которые позволяют сократить количество операций сравнения и обновления метаданных при принятии решений о вытеснении.

Энергоэффективность становится одним из ключевых параметров проектирования современных вычислительных систем. По данным исследований, подсистема памяти может потреблять до 40% [1] от общего

энергетического бюджета процессора, при этом значительная часть этих затрат приходится на операции управления кэш-памятью.

Кэш-память представляет собой критически важный компонент иерархии памяти, обеспечивающий быстрый доступ к часто используемым данным. Когда кэш заполняется, система должна принять решение о том, какие данные следует вытеснить для освобождения места под новые блоки (Рисунок 1).

Эффективность этого процесса напрямую влияет на её энергопотребление. Классические алгоритмы вытеснения, такие как LRU и LFU, были разработаны в эпоху, когда основным критерием оптимизации была скорость доступа к данным. Современные требования к энергоэффективности заставляют пересмотреть архитектуру систем управления кэшем. Каждая операция обновления метаданных, каждое сравнение и перемещение элементов в структурах данных требуют энергетических затрат, которые при высокой частоте операций с кэшем становятся *вредоносными* для природы, и является одним из растущей глобальной угрозой цифровой эры.

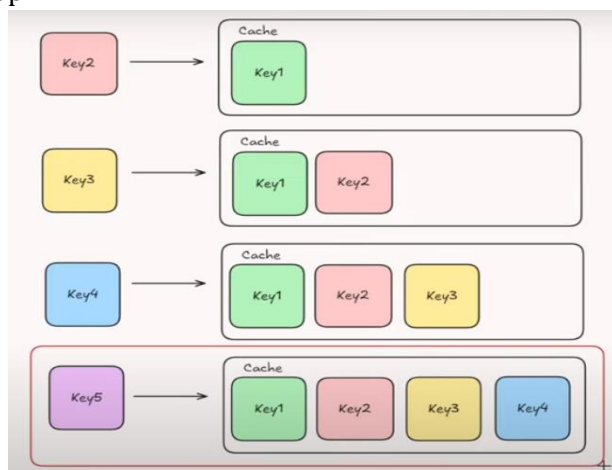


Рис.1. Заполненный кэш.

В данной работе предлагается подход, основанный на применении вероятностных древовидных структур для реализации правил (политик) вытеснения кэша. Ключевая идея заключается в том, что вероятностные структуры позволяют достичь баланса между точностью решений о вытеснении и энергетическими затратами на поддержание этих структур. В отличие от детерминированных структур данных, вероятностные деревья допускают некоторую неточность в обмен на существенное снижение

количества операций и, соответственно, энергопотребления.

Вероятностные древовидные структуры представляют собой класс структур данных, в которых свойства баланса и производительности достигаются с помощью рандомизации вместо детерминированных правил балансировки. Классическими примерами таких структур являются скип-листы, треапы (treaps) и рандомизированные деревья поиска [3].

Ключевое преимущество вероятностных структур заключается в том, что они обеспечивают хорошие средние характеристики производительности без необходимости сложных операций балансировки, характерных для AVL-деревьев или красно-чёрных деревьев. Это достигается за счёт того, что структура данных строится или модифицируется с использованием случайных решений, которые в среднем приводят к сбалансированной конфигурации.

Ключевая идея энергосбережения заключается в избирательном обновлении метаданных. При обращении к элементу кэша система генерирует случайное число и сравнивает его с пороговым значением, которое зависит от текущего приоритета элемента. Элементы с низким приоритетом (близкие к вытеснению) обновляются с высокой вероятностью, чтобы быстро отразить их повышенную ценность. Элементы с высоким приоритетом обновляются реже, так как их положение в иерархии относительно стабильно.

Математически, вероятность обновления P_{update} для элемента можно выразить как:

$$P_{\text{update}} = \min(1, \alpha \times e^{(-\beta t)} + \gamma)$$

где t — время с момента последнего обновления приоритета, α , β и γ — настраиваемые параметры системы. Эта функция обеспечивает, что элементы, которые долго не обновлялись, имеют более высокую вероятность обновления, предотвращая застой в структуре данных.

Методология эксперимента. Для оценки эффективности предлагаемого подхода было проведено моделирование системы кэш-памяти с различными алгоритмами вытеснения.

Энергопотребление оценивалось на основе модели, учитывающей количество операций чтения и записи в структуры данных, количество сравнений, а также влияние промахов кэша на обращения к основной памяти. Для каждой операции использовались значения энергозатрат, полученные из спецификаций современных процессоров и SRAM-контроллеров [4].

Выводы: Экспериментальные результаты [4] показывают, что использование вероятностных структур снижает энергопотребление примерно на 15-25% по сравнению с классическими реализациями LRU при сопоставимом уровне производительности кэша.

Результаты исследования могут быть применены на практике для создания энергоэффективных систем управления памятью, а также приложений, где критична производительность алгоритмов кеширования с упором на сниженное потребление ресурсов.

Литература

1. R. Gonzalez-Alberquilla, F. Castro, L. Pinuel, F. Tirado Stack filter: Reducing L1 data cache power consumption, Journal of Systems Architecture, V. 56, Issue 12, 2010, p. 685-695.
<https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2010.10.002>
2. Haibo Wu, Jun Li, Jiang Zhi, Yongmao Ren. Design and Evaluation of Probabilistic Caching in Information-Centric Networking, IEEE Access. V.6, 2018, p. 32754-32768. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2841417>
3. Lakshminarayanan B. Decision Trees and Forests: A Probabilistic Perspective, UCL home » Library Services » Electronic resources » UCL Discovery, 2016.
<https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1498835/>
4. Abdulmajeed Atiah Alharbi. Classification Performance Analysis of Decision Tree-Based Algorithms with Noisy Class Variable, Discrete Dynamics in Nature and Society, Hindawi, Volume 2024, Article ID 6671395, 10 p.
<https://doi.org/10.1155/2024/6671395>

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА И ОБМЕНА

Рзаева Айсель

(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakultəsi)

ayselrzayeva03@mail.ru

Аннотация. Рассматривается общая динамическая модель производства и обмена. Производственная деятельность отраслей описывается производственным отображением a_i , определенным на конусе E_t и действующими в совокупность $\Pi(E_{t+1})$ непустых подмножеств конуса E_{t+1} . Приведена теорема о том, что при определенных условиях траектории модели допускают характеристику.

Ключевые слова: динамическая модель, конус, траектория, характеристика, производственное отображение.

Дадим описание общей динамической модели воспроизводства [1,2]. Рассмотрим экономическую систему, состоящую из m участников (ячеек). Информация о состояниях системы поступает в моменты времени $t = 0, 1, \dots$. Номенклатура продуктов, которыми оперирует модель зависит от времени. Пусть n_t — число продуктов в момент t , R^{n_t} — пространство продуктов в этот момент, $E_t = R_+^{n_t}$ — положительный ортант этого пространства. Производственная деятельность ячейки t_i в период $[t, t + 1]$ описывается производственным отображением a_i , определенным на конусе E_t и действующими в совокупность $\prod(E_{t+1})$ непустых подмножеств конуса E_{t+1} . В дальнейшем предполагается, что a_t^i нормальное суперлинейное отображение [1]. Производственная деятельность всей системы задается отображением $\Lambda_t = a_t^1 \times \dots \times a_t^m$, определенном на конусе E_t^m — декартовой степени конуса E_t . Если $X = (x^1, \dots, x^m) \in E_t^m$, то

$$A_t(X) = \{Y = (y^1, \dots, y^m) \in E_{t+1}^m : y^i \in a_t^i(x^i)\}.$$

Считаем, что каждый продукт может быть произведен в системе. В каждый момент t ячейки могут обмениваться имеющими продуктами. Эта деятельность описывается отображением обмена D :

$$D(X) = \{Y = (y^1, \dots, y^m) \in E_{t+1}^m : \sum y^i = \sum x^i\}$$

Функционирование всей системы задается следующей последовательностью отображений

$$\dots D, A_t, D, A_{t+1}, \dots \quad (1)$$

Описанную модель обозначим через M (или $M(A_t)$). Иногда наряду с моделью M будем рассматривать ее модификации M_1 и M_2 имеющие производственные отображения $D \circ A_t$ и $A_t \circ D$ соответственно. Укажем один частный случай модели M . Рассматривается экономика, состоящая из n отраслей. Каждая отрасль выпускает лишь один продукт. Пусть x вектор ресурсов i — ой отрасли в момент t . После производственной деятельности в период $[t, t + 1]$ эта отрасль будет обладать вектором $B_t^i(x)$ и вновь произведенным i — м продуктом в количестве $\Phi_t^i(x)$. Здесь $B_t^i = \text{diag}(v_t^{i1}, \dots, v_t^{in})$, где $0 \leq v_t^{ij} \leq 1$ — диагональная матрица, называемая матрицей сохранности, Φ_t^i производственная функция. Введем в рассмотрение суперлинейные операторы [1]

$$\text{положив} \quad (B\Phi)_t^i: R_+^n \rightarrow R_+^n, \quad (B\Phi)_t: (R_+^n)^n \rightarrow R_+^n,$$

$$(B\Phi)_t^i(x) = B_t^i x + (0, \dots, 0, \Phi_t^i(x), \dots, 0) \quad (2)$$

$$(B\Phi)_t^i(X) = \sum_i (B\Phi)_t^i(x^i) \quad X = (x^1, \dots, x^m). \quad (3)$$

Пологая $a_t^i(x) = \{y: 0 \leq y \leq (\text{ВФ})_t^i(x)\}$ придем к модели, обозначаемой ниже через $\tilde{M}$. Соответствующая ей модель $\tilde{M}_1$ имеет производственные отображения

$$(D \circ A_y)(X) = \{Y = (y^1, \dots, y^m) \geq 0: \sum y^i \leq (\text{ВФ})_t(X)\}.$$

Модель M и ее модификации являются моделями неймановского типа [1,2]. Напомним, что модель неймановского типа задается последовательностью суперлинейных отображений (b_t) . Считаем, что b_t определено на конусе векторов с неотрицательными компонентами некоторого арифметического конечномерного пространства [4]. Под траекторией этой модели понимается такая последовательность $x(t)$, что $x(t+1) \in b_t(x(t))$ при всех t . Характеристика траектории $x(t)$ представляет собой последовательность $f(t) \geq 0$, обладающую следующими свойствами:

1) для любой траектории $\tilde{x}(t)$ последовательность $[f(t), \tilde{x}(t)]$ не возрастает:

$$2) [f(t), \tilde{x}(t)] = \text{const} > 0.$$

Если траектории $x(t)$ допускает характеристику, то она эффективна. Наоборот, каждая эффективная траектория, исходящая из внутренней точки конуса, на котором определено суперлинейное отображение b_0 , допускает характеристику. Усиление 1) на определении характеристики может быть переписано так: $f(t) \in b_t^*(f(t+1))$. Здесь b^* – отображение, сопряженное к b : по определению

$$b^*(g) = \{f \geq 0: [f, x] \geq [g, y] \quad \forall y \in b(x)\} (g \geq 0).$$

В дальнейшем будем использовать следующее определение. Четверка векторов x, y, f, g где $x, f \in R_+^n, y, g \in R_+^n$, называется согласованной относительно суперлинейного отображения $b \in R_+^n = \prod(R_+^n)$, если $y \in b(x), f \in b^*(g), [f, x] = [g, y]$. Если $x(t)$ – траектория модели неймановского типа, допускающая характеристику $f(t)$, то четверки $x(t), x(t+1), f(t), f(t+1)$ согласованы при всех t .

Вернёмся к модели M . Последовательность $\dots Y(t), X(t)Y(t+1), \dots$ является ее траекторией, если $X(t) \in D(Y(t)), Y(t+1) \in A_t(X_t)$.

Пусть указанная траектория модели M допускает характеристику $\dots G(t), F(t)G(t+1), \dots$ [3].

Пусть $F(t) = (f^1(t), \dots, f^m(t))$, где $f^i(t) = (f_1^i(t), \dots, f_n^i(t))$. Особый интерес представляет случай, когда $F(t) = G(t)$. Введем следующие обозначения.

Пусть $f \in E_t$. Векторов $F = (f^1, \dots, f^m) \in E_t^m$, у которого $f^1 = \dots = f^m \equiv f$ будем обозначить символом f^Δ .

Теорема. Рассмотрим модель M , имеющую производственные отображения $A_0, D, \dots, A_t, \dots$, где D – отображения обмена, $A_t = a_t^1 \times \dots \times a_t^m$. Пусть $X(0), Y(1), \dots, X(T-1), Y(T)$ – конечная эффективная траектория этой модели, причем $\sum y^i(1) >> 0$.

Тогда траектория $Y(1), X(1), \dots, Y(T-1), X(T-1)$ модели M допускает характеристику

$$G(1), F(1), \dots, G(T-1), F(T-1),$$

обладающую тем свойством, что $G(T) = F(T) = f^\Delta(t)$ при некотором $f(t) \in E_t (t = 1, 2, \dots, T-1)$.

Если $X(0), Y(1), X(1), \dots$ – бесконечная эффективная траектория модели M и $\sum y^i(1) >> 0$, то ее часть $Y(1), X(1), \dots$ допускает характеристику $G(1), F(1), \dots$ для которой при $G(t) = F(t) = f^\Delta(t)$ вектор $f(t) \in E_t (t = 1, 2, \dots)$.

Литература

1. Макаров В.Л., Рубинов А.М. Математическая теория экономической динамики и равновесия. М.: Наука, 1973.
2. Рубинов А.М. Суперлинейные многозначные отображения и их приложения к экономико-математическим задачам. Л.: Наука, 1980.
3. Полтерович В.М. Об устойчивости некоторых процессов распределения фондов и регулировании цен. В кн.: Математическая экономика и функциональный анализ. М.: Наука, 1974, с. 203-230.
4. Канторович Л.В., Акилов Г.П., Функциональный анализ. М. Наука, 1984.

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ GPS ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Османлы Жалы

(Национальная Академия Авиации, отдел авиационной электроники)

jale.osmanli@naa.edu.az

Резюме: Глобальная навигационная спутниковая система (GPS) активно применяется в навигации, геодезии, мониторинге транспорта, управлении беспилотными летательными аппаратами и других сферах. Однако позиционирование по GPS не идеально – точность может меняться под влиянием атмосферных условий, ошибок сигнала, многолучевого распространения и других факторов. В

данной работе представлено исследование, направленное на оценку реальной точности GPS-модуля при применении в INS-навигации дронов.

Ключевые слова: GPS, погрешность, координаты, дрон, INS, позиционирование

Цель и задачи исследования — определение экспериментального расхождения координат начальной и конечной точки, которое трактуется как погрешность позиционирования в реальных условиях [1-3].

Методика эксперимента: эксперименты проводились ежедневно в одно и то же время. Модуль GY-GPS6mv2 подключался к плате Arduino Uno. Разработанная программа считывала координаты GPS и записывала их на SD-карту [4]. Для проверки точности измерений проводились ежедневные тесты: оператор выходил из одной точки на территории Национальной Академии Авиации и, двигаясь по произвольной траектории, возвращался в ту же точку. Каждое испытание длилось 7 минут. Фиксировались погодные параметры (температура, влажность, давление, осадки, скорость и направление ветра) [5]. Полученные треки анализировались с помощью сервиса gps.visualizer.

Результаты и анализ: на визуализации маршрута начальная и конечная точки не совпадали, что указывает на наличие погрешности GPS. Для расчёта использовалось соотношение между расстоянием на карте и реальным расстоянием, а также вычислялись средние значения и средне-квадратическое отклонение [6].

По результатам измерения вычислены класс точности выбранного прибора.

Результаты вычислений указаны на таблице 1.

Таблица 1.

Результаты системной и относительной погрешности

$\bar{x}$, мм	$x_{\text{изм}}$, мм	Δ	$\delta = \frac{\Delta}{\bar{x}} \cdot 100\%$
1321	1106	215	16.275
1321	1267	54	4.087
1321	1055	266	20.136
1321	1086	235	17.789
1321	975	346	26.192
1321	1950	-629	47.615
1321	1810	-489	37.017

Из таблицы 1 видно, максимальная относительная погрешность в процентах составила 47%, что соответствует 3,4 метра. При этом в большинстве попыток ошибка не превышала допустимого уровня для бытовых GPS-модулей (до 5 м) [7].

Заключение: в результате проведённого анализа установлено, что модуль GY-GPS6mv2 обеспечивает стабильное позиционирование с точностью до 3,4 м, что соответствует заявленным параметрам производителя [4]. Устройство может быть эффективно использовано в системах управления дронами для отслеживания траектории полёта и контроля отклонений от запланированного маршрута [8].

Литература

1. Лавренчук С.В. *Основы GPS-навигации*. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017.
2. Fixon. *Спутниковая навигация GPS: принципы, схема и области применения*. URL: <https://fixon.com.ua/sputnikovaya-navigacziya-gps-princzipy-raboty-shema-sfery-primenenie/>
3. Миронов Э.Г. *Методы и средства измерений*. – УГТУ-УПИ, 2009. – 462 с.
4. DatasheetHub. *GY-NEO6MV2 Flight Control GPS Module*. URL: <https://www.datasheethub.com/gy-neo6mv2-flight-control-gps-module/>
5. Hu M., He G., Zhang X. *A GPS Tracking System Using Android Smartphones. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 2016, 5(4), 47–52.
6. Savochkin A.E., Mikheev M.Y., Prokofiev O.V. *Mathematical Models for Predicting Technical Object States. Caspian Journal: Management and High Technologies*, 2015, No. 4(32), 232–249.
7. Sidorov A.V. *GPS-навигация. Принципы и практика*. – М.: Техносфера, 2019.
8. Hossain M., Chowdhury S. *Assessment of GPS Error Sources and Accuracy in UAV Applications. Journal of Aerospace Engineering*, 2021, 38(2), 145–153.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ АТАК С ЭЛЕМЕНТАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Садаев Азбер, Надирова Фарида

(БГУ, Прикладная математика и кибернетика)

asadayev@mail.ru, fnadirova99@gmail.com

Резюме: В данной работе рассматривается разработка системы обнаружения сетевых атак, в которой используются методы машинного обучения. Это повышает уровень защиты компьютерных сетей. Здесь описаны основные прин-

ципы построения интеллектуальных моделей анализа сетевого трафика. Они выявляют аномалии и потенциальные угрозы, недоступные для традиционных сигнатурных методов.

Ключевые слова: сетевые атаки, машинное обучение, обнаружение аномалий, информационная безопасность, искусственный интеллект.

В современном обществе вопрос защиты информации становится особенно значимым. Так как кибератак становится много и постоянно усложняются, поэтому они требуют применения новых подходов к защите сетевой инфраструктуры. Традиционные методы, которые используют сигнатурный анализ, уже не могут эффективно находить ранее неизвестные или модифицированные угрозы [1]. Поэтому особую актуальность приобретает использование технологий машинного обучения при разработке систем обнаружения сетевых атак.

Использование методов машинного обучения позволяет системам анализировать известные шаблоны вредоносного поведения и выявлять аномалии в сетевом трафике, которые могут указывать на присутствие угрозы. Такой подход обеспечивает адаптивность, способность к обучению на новых данных повышение эффективности обнаружения неизвестных атак. Основная идея заключается в создании моделей. Они могут различать нормальные и подозрительные сетевые события на основе статистических и поведенческих характеристик трафика, а также действий пользователей и устройств.

Современные исследования показывают, что для выполнения этой задачи используются различные методы машинного обучения [2]. Конкретный выбор подхода зависит от особенностей задачи, структуры и объема данных, а также от требований к точности и скорости работы системы. В последние годы активно развиваются комбинированные модели. Они разрешают повысить эффективность обнаружения атак, а также уменьшают число ложных срабатываний.

Самым важным этапом разработки системы является предварительная обработка данных. Для успешного обучения модели нужно правильно выделить признаки сетевых взаимодействий, провести очистку, нормализацию данных и балансировку выборки. Это обеспечивает правильное распознавание как нормального, так и аномального трафика. Без качественной подготовки данных даже хорошие алгоритмы не дадут надежных результатов.

Разрабатываемая система должна быть точным, устойчивым к лож-

ным тревогам, способным адаптироваться к изменениям сетевой среды и иметь возможность интеграции с существующими средствами защиты, такими как межсетевые экраны и системы анализа событий. В дальнейшем развитие этих систем будет с использованием более сложных методов анализа данных и искусственного интеллекта [3]. Такие технологии увеличивают точность распознавания угроз и адаптивность системы. В последнее время всё большее внимания придаются разработке моделей. Эти модели могут объяснить свои решения и это помогает росту доверия специалистов к результатам анализа.

Таким образом, разработка системы обнаружения сетевых атак с элементами машинного обучения является перспективным направлением. Они совмещают достижения информационной безопасности и искусственного интеллекта. Основная цель этих систем - обеспечение более высокого уровня защиты сетей за счёт интеллектуального анализа данных и своевременного выявления потенциальных угроз. Несмотря на существующие сложности, использование машинного обучения в сфере кибербезопасности является одним из наиболее эффективных и перспективных подходов.

Литература

1. В. В. Платонов. Технологии машинного обучения в кибербезопасности. Москва: Инфра-Инженерия, 2024.
2. A. Elhanashi, P. Dini Machine Learning for Cybersecurity: Threat Detection and Mitigation. MDPI, 2024.
3. К.Чио Машинное обучение и безопасность. Защита систем с помощью данных и алгоритмов. Москва, 2020.

ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ НА КОМПЬЮТЕРАХ

Талыбов Сахават, Мехдизаде Айшан
(BDU, Tətbiqi riyaziyyat və kibernetika fakültəsi)
saxavat@yahoo.com , mehdizadeayshan752@gmail.com

Аннотация: В работе рассматриваются теоретические основы выбора и оптимизации признаков в системах компьютерного распознавания. Выделение информативных признаков является ключевым этапом при проектировании интеллектуальных систем обработки изображений, звуков и текстов. От правильного выбора признаков зависит точность классификации, скорость обучения

моделей и устойчивость алгоритмов к шуму и переобучению. В статье рассматриваются современные методы отбора признаков, включая статистические, энтропийные и машинно-обучающие подходы, а также даётся сравнительный анализ их эффективности.

Ключевые слова: распознавание, признаки, классификация, машинное обучение, оптимизация.

Выбор признаков является одной из центральных задач компьютерного распознавания. Любая система машинного обучения получает входные данные, которые необходимо преобразовать в информативное представление. Однако, если количество признаков слишком велико или они избыточны, модель становится сложной, медленной и склонной к переобучению. Поэтому процесс отбора признаков (feature selection) направлен на выделение наиболее значимых характеристик объекта.

С теоретической точки зрения, пространство признаков — это многомерное пространство, где каждый объект описывается вектором $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Цель заключается в нахождении подмножества признаков $X' \subset X$, которое сохраняет максимум информации о классах объектов при минимальной размерности. Основным критерием выбора является максимум взаимной информации (mutual information) между признаками и метками классов, а также минимум корреляции между признаками [1].

Статистические методы

Классические подходы основаны на дисперсионном анализе, коэффициенте корреляции Пирсона, критерии χ^2 и методе главных компонент (PCA). Последний позволяет преобразовать исходные данные в новые ортогональные оси, на которых сохраняется наибольшая дисперсия. PCA эффективен при больших объёмах данных, но не всегда сохраняет интерпретируемость признаков.

Энтропийные методы

Энтропийный анализ оценивает степень неопределённости признаков. Чем выше информативность (Information Gain), тем более значим признак для классификации. Такие методы широко применяются в решающих деревьях (Decision Trees) и ансамблях (Random Forest, XGBoost).

Машинно-обучающие методы.

Современные алгоритмы используют регуляризацию и автоматическое уменьшение размерности. В частности, LASSO-регрессия (L1-регуляризация) зануляет незначимые коэффициенты, тем самым выбирая только важные признаки. Глубокие нейронные сети (Deep Neural

Networks) реализуют скрытое обучение признаков, когда система сама выделяет необходимые характеристики из данных. Этот подход особенно эффективен в задачах компьютерного зрения и обработки речи [2].

Проблемы и решения

Одной из ключевых проблем остаётся выбор признаков при ограниченном объёме обучающих данных. Использование гибридных подходов - комбинации статистического анализа и методов машинного обучения - позволяет повысить точность распознавания на 10–20%. Кроме того, активное применение методов Explainable AI (XAI) помогает интерпретировать, какие признаки оказывают наибольшее влияние на результат классификации.

Выбор основных признаков является фундаментальной задачей при построении систем распознавания. Эффективная фильтрация признаков уменьшает вычислительные затраты, повышает устойчивость и точность алгоритмов. В дальнейшем развитие технологий глубокого обучения и объяснимого искусственного интеллекта приведёт к созданию адаптивных систем, способных самостоятельно выделять и оценивать информативность признаков в реальном времени.

Литература

1. Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, New York, 738 p.
2. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press, 775 p.
3. Дьяконов, В. П. (2022). Математические методы распознавания образов. Москва: Бином, 412 с.
4. Соловьёв, А. Н. (2021). Методы отбора признаков в задачах машинного обучения. Вестник компьютерных наук, №4, с. 22–31.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ КОРРЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ ПО МАТЕМАТИКЕ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Тахиров Бахадур, Алескерова Фарид

(БГУ, Механико-математический факультет)

Qarabah48@mail.ru , aleskerovafarida40@mail.ru

Аннотация: Рефлексия о математике — это процесс осознания того, как её изучение и применение влияют на наше восприятие мира и личностное развитие. Через размышления о математических концепциях мы можем понять, как абстрактные теории и формулы находят своё применение в реальной жизни.

Математика учит нас структурировать информацию, анализировать данные и искать закономерности, что важны не только для научной деятельности, но и для повседневных задач, от финансовых расчетов до принятия решений. Кроме того, рефлексия помогает развить критическое мышление, научиться подходить к проблемам с разных сторон и искать решения, опираясь на логические доводы. Это также позволяет более полно осознать роль математики в технологическом прогрессе и её присутствие в каждой сфере человеческой деятельности, от инженерии до медицины. Рефлексия о математике может помочь преодолеть страх или непонимание этой науки, превращая её в важный инструмент для личного и профессионального роста.

Ключевые слова: Рефлексия, математика, логическое мышление, закономерности, критическое мышление, применение.

Изучение и детальное освоение математики является одной из важнейших приоритетов образовательной программ большинства учебных заведений. Математика считается предметом, которого сторонятся учащиеся вне зависимости от возраста и склада ума. Учащиеся очень часто испытывают сложности при восприятии данной науки и это в результате приводит к отсутствию желания слушать или понимать предмет.

Предмет работы: Предмет работы будет заключаться в изучении методов проведения коррекционных работ для более грамотного усвоения математики. Необходимость данной научной работы и изучения темы научной работы будет представлена в детальном анализе статистики и проблем усвоения математики как обособленной науки.

Математика — это не просто набор абстрактных теорий и формул, но и важнейший инструмент, который помогает нам систематизировать знания, понимать и объяснять окружающий мир. Она пронизывает все аспекты нашей жизни, хотя часто мы не осознаём её присутствие в повседневных действиях. Рефлексия о математике позволяет нам глубже понять её значение, не только как предмет обучения, но и как способ мышления и восприятия мира. Эта дисциплина учит нас структурировать информацию, искать закономерности и принимать логичные решения. Важно осознавать, что математика — это не просто решение задач, а способ развить в себе критическое и аналитическое мышление, которое полезно в любой сфере жизни.

Математика тесно связана с развитием логики и аналитических способностей. Математические методы требуют точности, ясности и последовательности в рассуждениях. Они учат нас мыслить структурировано, не упуская детали, и находить решения даже в самых сложных ситуациях.

Этими навыками мы можем пользоваться не только в учебе, но и в повседневной жизни: от планирования бюджета до анализа статистики или оптимизации процессов. Таким образом, математика развивает нашу способность решать задачи не только с использованием конкретных формул, но и с точки зрения общего подхода к поиску решения.

Важно отметить, что рефлексия помогает преодолеть страх и недооценку этой науки. Часто люди воспринимают математику как сложную и недоступную дисциплину, которая не имеет отношения к реальной жизни. Однако, размышляя о её роли, можно увидеть, как математические идеи оказываются полезными в самых неожиданных сферах. Математика помогает анализировать и прогнозировать различные процессы, от климатических изменений до финансовых рынков. Она становится не просто набором сухих теорий, но живым инструментом, способным изменить наш взгляд на мир.

Рефлексия позволяет осознать, что эта дисциплина — это не только абстракции, но и активное взаимодействие с реальной действительностью. Например, геометрия помогает понять форму объектов и их взаимоотношения, статистика — это способ анализа данных, а теория вероятностей помогает оценивать риски. Математика проникает в повседневные процессы, от расчёта времени до прогноза погоды, от планирования финансов до разработки технологий. Каждая из этих областей требует точных математических знаний и умений.

Размышления о математике также способствуют пониманию её роли в научном и технологическом прогрессе. Современные технологии, от искусственного интеллекта до квантовых вычислений, невозможны без применения сложных математических моделей и алгоритмов. Поэтому, изучая математику, мы не только осваиваем основы точных наук, но и подготавливаемся к работе в области инновационных технологий. Это особенно важно в контексте глобальных вызовов современности, таких как изменение климата, устойчивое развитие и решение экологических проблем, где математические модели играют ключевую роль.

Кроме того, она помогает увидеть её роль в личностном росте и развитии. Математика — это дисциплина, которая учит нас решать проблемы, не избегать трудностей, а искать пути их преодоления. Это отражается и в нашей жизни, где умение справляться с задачами, планировать и анализировать, играет огромную роль. Математика не только даёт практические навыки, но и формирует в нас подходы, которые мы

применяем для решения жизненных проблем.

Таким образом, рефлексия в математике — это не просто размышления о её сути, но и осознание её важности для развития человека и общества. Она помогает понять, как математические знания влияют на наш мир, нашу повседневную жизнь и будущее. Размышления о математике делают нас более уверенными в собственных силах и открывают новые горизонты для личностного и профессионального роста.

Литература

1. Гарри Харди — *"Что такое математика?"* (1940) Учебное пособие. — 160 стр.
2. И.В. Яценко, А.В. Семенов, Методические Рекомендации для учителей по преподаванию учебных предметов в образовательных организациях с высокой долей обучающихся с рисками учебной неуспешности, Методическое пособие, ФИПИ – Москва, 2020 – 31 с.
3. **Михаил Гельфанд** — *"Математика для всех"* (2000) - 320 стр.
4. Колягин Ю. М. Методика преподавания математики в средней школе, Частные методики, Москва, 1977 – 483 с.

MÜNDƏRİCAT

Abasov E., Çandirova F.

XAOS NƏZƏRİYYƏSİ VƏ DAVAMLI İNKİŞAF KONSEPSİYASI:

İQTİSADI ELMDƏ TOQQUŞMA VƏ İMKANLAR..... 5

Abbasova Ş., Qasımova Z.

DİVERSİFİKASIYA SİYASƏTİNİN GƏLİR BƏRABƏRSİZLİYİNƏ TƏSİRİ..... 9

Abdullayev S., İmranlı S.

QEYRİ-SƏLİS ÇOXLUQLARDA NEYTROFİK TOPOLOGİYANIN

MODELLƏŞDİRİLMƏSİ VƏ TƏTBİQİ..... 12

Abdullayeva Z.

SÜNİ İNTELLEKT VƏ VEB 3.0 TEXNOLOGİYALARININ İNFORMATİKA

DƏRSLƏRİNDƏ İNNOVATİV TƏTBİQİ..... 14

Abdullazadə F.

BLOKÇEYNDƏ KONSENSUS ALQORİTMLƏRİ VƏ TƏHLÜKƏSİZLİK

ÇƏTİNLİKLƏRİ 17

Ağayeva F.

MAŞIN ÖYRƏNMƏSİNİN PROQRAMLAŞDIRMADA ROLU 21

Ağayev F., Quliyev S.

EDUCATION 4.0 PLATFORMALARINDA SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI ADAPTİV

ÖYRƏNMƏ SİSTEMLƏRİNİN ETİK VƏ MƏXFİLİK PROBLEMLƏRİ: ŞƏXSİ

MƏLUMATLARIN TOPLANMASI VƏ ALQORİTMİK QƏRƏZLİLİK RİSKLƏRİ 22

Ağayev F., Quliyev S.

EDUCATION 4.0 PLATFORMALARINDA SÜNİ İNTELLEKTİN

TƏHSİVƏRƏNLƏRİN PEŞƏKAR ROLUNA VƏ İNSAN MÜƏLLİM-TƏLƏBƏ

QARŞILIQLI ƏLAQƏSİNƏ TƏSİRİ: AVTOMATLAŞDIRMANIN YARATDIĞI

RİSKLƏR VƏ İMKANLAR..... 24

Ağayeva N., Əlizadə P.

WEB TƏTBİQLƏRİN TƏHLÜKƏSİZLİK SƏVİYYƏSİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

VƏ TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ..... 26

Axundzadə C.

KİBERHÜCUMLAR, ONLARIN ARTMASI VƏ MÜDAFİƏ MEXANİZMLƏRİ..... 28

Aliyev X., Hüseynzadə M.

PARABOLİK TƏNLİKLƏR ÜÇÜN TƏRS SƏRHƏD MƏSƏLƏSİNİN HƏLLİNƏ

SIXILMIŞ İNİKAS PRİNSİPİNİN TƏTBİQİ..... 31

Babayeva G.

İNFORMASIYA TEXNOLOGİYALARI, RƏQƏMSAL İQTİSADİYYAT VƏ

İNNOVASIYA 32

Babayeva S., Mənsimova N.

ÜÇTƏRTİBLİ OPERATOR-DİFERENSİAL TƏNLİKLƏ TƏSVİR OLUNAN BİR

SƏRHƏD MƏSƏLƏSİNİN TƏDQIQI 35

Bağirova V.	
SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI İNSAN RESURSLARININ İDARƏ EDİLMƏSİ	36
Baxışov N., Bəkirova Z., Mahmudova G.	
İQTİSADI SİSTEMLƏRİN TƏNZİMLƏNMƏSİNDƏ RİSKLƏRİN TƏHLİLİ VƏ İDARƏ EDİLMƏSİ METODLARI	40
Baxşıyeva Z.	
QƏRARLAR AĞACININ ANBAR EHTİYATLARININ İDARƏ EDİLMƏSİNDƏ TƏTBİQİ	43
Baxşizadə A.	
SƏRHƏD ŞƏRTİNDƏ SPEKTRAL PARAMETR OLAN DİFFUZİYA OPERATORUNUN MƏXSUSİ ƏDƏDLƏRİNİN ASİMPTOTİKASI.....	46
Bəkirova N.	
AZƏRBAYCAN İQTİSADİYYATINDA QEYRİ-NEFT MƏHSULLARININ İXRAC DİNAMİKASININ TƏHLİLİ.....	48
Bəkirova N.	
İQTİSADI DİVERSİFİKASIYANIN HAÇMAN İNDEKSİNİN QEYRİ-SƏLİS ÖLÇÜLMƏSİ	51
Camalov Z., Məmmədova A.	
AUTENTİFİKASIYA VƏ GİRİŞƏ NƏZARƏT TEXNALOGİYALARI.....	53
Camalov Z., Namazova Ə.	
MAGİSTR TƏLƏBƏ MƏLUMATLARININ İDARƏ OLUNMASI ÜÇÜN MÜASİR PROQRAM VASİTƏLƏRİNİN ANALİZİ.....	56
Canqayeva F.	
SQL İLƏ AVTOMATLAŞDIRILMIŞ MƏLUMAT ÇƏKMƏ VƏ EMAL SİSTEMİNİN DİZAYNI VƏ OPTİMALLAŞDIRILMASI.....	59
Cavadlı G.	
İRİ HƏCMLİ NƏSR ƏSƏRLƏRİNİN TƏDRİSİNDƏ MÜASİR PEDAQOJİ TEKNOLOGİYALAR VƏ İNFORMASIYA-KOMMUNİKASIYA TEKNOLOGİYALARI (İKT)-NİN ROLU	61
Cəbrayilov İ.	
KORPORATİV ŞƏBƏKƏLƏRDƏ ZERO-TRUST NETWORK ACCESS (ZTNA) MODELLƏRİNİN TƏTBİQİ VƏ SƏMƏRƏLİLİK ANALİZİ	64
Cəfərov Z.	
SÜNİ İNTELLEKT ETİKASI	67
Dadaşova İ.	
SÜNİ İNTELLEKTDƏ KİBERTƏHLÜKƏSİZLİK.....	70
Dəmirov A., Ağazadə S.	
LƏNKƏRAN DÖVLƏT UNİVERSİTƏTİNDƏ ƏMƏKDAŞLARIN İNFORMASIYA BAZASININ TƏDQIQI VƏ OPTİMAL İNFORMASIYA SİSTEMİNİN QURULMASI	74

Əhmədli F.

MAŞIN YARADICILIĞI: GENERATİV AI MODELƏRİNİN MƏTN VƏ ŞƏKİL YARATMA TEXNOLOGİYALARI	76

Əhmədov Ə., Əbdülzadə V.

HƏNDƏSİ SİLSİLƏNİN BİR ÜMUMİLƏŞMƏSİ HAQQINDA	78

Əhmədov S.

VERİLƏNLƏRİN EMALI VƏ PARALEL HESABLAMA METODLARININ TƏHLİLİ.....	80

Əhmədov S., Əyyubova İ.

QEYRI-LOKAL SƏRHƏD ŞƏRTLİ 4 TƏRTİBLİ ADI DİFERENSİAL TƏNLİK ÜÇÜN QOYULMUŞ SƏRHƏD MƏSƏLƏNİN MƏXSUSİ ƏDƏDLƏRİN TAPILMASI HAQQINDA.....	81

Əhmədov S., Xankişiyeva A., Nəzərov X.

BİR NÖQTƏDƏ YÜKLƏNMƏYƏ MALİK PARABOLİK TİP DİFERENSİAL TƏNLİK ÜÇÜN BİR QARIŞIQ MƏSƏLƏNİN HƏLLİ	83

Əhmədova A.

KVANT KOMPÜTER SİMULYASIYALARI: SHOR ALQORİTMİ VƏ KLASSİK ALQORİTMLƏRLƏ MÜQAYİSƏ.....	86

Əhmədova N.

İDARƏETMƏDƏ OYUNLAR NƏZƏRİYYƏSİ: ÜSTÜNLÜK MÜNASİBƏTLƏRİ.....	87

Əhmədova N., Əhmədov S.

İSTİLİKKEÇİRMƏ TƏNLİYİ ÜÇÜN QARIŞIQ MƏSƏLƏSİNİN HƏLLİNİN MİNİMUMLAŞDIRILMASI.....	91

Əkbərov A., Qasıмова S.

MAKENXOUPT TİPLİ ÇƏKİLİ FƏZALARDA ÜMUMİLƏŞMİŞ SÜRÜŞMƏ İLƏ BAĞLI BÜKMƏ TİPLİ OPERATORLARIN MƏHDUDLUĞU	93

Əkbərova A.

BULUD TEXNOLOGİYALARINDA REAL VAXT MƏLUMATLARININ İDARƏ EDİLMƏSİ: ANALİTİK YANAŞMALAR VƏ İNTEQRASIYA MODELƏRİ.....	94

Ələkbərov T., Ağayeva M.

SİĞORTADA EKSTREMAL HADİSƏLƏRİN MODELƏŞDİRİLMƏSİ	98

Əliosmanov Q.

BULUD ƏSASLI ERP SİSTEMLƏRİNİN İSTEHSALAT PROSESLƏRİNDƏ TƏTBİQİ: ÜSTÜNLÜKLƏR VƏ MƏHDUDİYYƏTLƏR	100

Əliosmanov Q.

İSTEHSALATDA ERP SİSTEMLƏRİNİN PROSES AVTOMATLAŞDIRILMASINDA ROLU: MƏLUMAT AXINI VƏ SENSOR İNTEQRASIYASI	103

Əliyev E.

İNFORMASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİ ÜZRƏ TƏDRİSİN KOMPETENSİYA YÖNÜMLÜYÜNÜN TƏMİN OLUNMASINA RİSKLƏRİN EMALI ÜÇÜN BİR YANAŞMA.....	105

Əliyev H.

MARKETİNQ KOMPLEKSİNDƏ İNNOVATİV DƏYİŞİKLİKLƏRİN TƏDQIQI VƏ
ONLARIN EFFEKTİVLİYİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ 114

Əliyev N., Qurbanlı L.

EVKLİD FƏZASINDA P-ÖLÇÜLÜ SƏTHLƏRİN DİFERENSİALLANAN İNİKASI 115

Əliyeva F., Şirinova Ş.

YARADICI SÜNİ İNTELLEKT ALƏTLƏRİNİN STEAM TƏLİM PROSESİNƏ
İNTEQRASİYASI 116

Əliyeva F.

YÜKLƏNMİŞ PARABOLİK TIP XƏTTİ DİFERENSİAL TƏNLİK ÜÇÜN BİR
MƏSƏLƏNİN SONLU FƏRQLƏR ÜSULU İLƏ HƏLLİ 119

Əliyeva M., Əliyeva F.

SÜNİ İNTELLEKT VƏ STEM: FƏRDİLƏŞDİRİLMİŞ ÖYRƏNMƏYƏ DOĞRU 122

Əliyeva N., Bayramov S.

SOFT MODULLARIN ZƏNCİR KOMPLEKSLƏRİNİN KATEQORİYASI 125

Əsədşadə Ə.

X OPERATORUNUN HİPERƏVƏZETMƏLƏR VASİTƏSİLƏ TƏYİN OLUNMASI 126

Əsgərli R., Abbasova A.

BİR EKOLİOJİ PROBLEMİN HƏLLİNƏ DİFERENSİAL TƏNLİKLƏRİN TƏTBİQİ 128

Əsgərova A.

MAŞIN ÖYRƏNMƏYƏ ƏSASLANAN EMOSİONAL ZƏKA: TƏBİİ DİLİN
SEMANTİK ANALİZİNDƏ YENİ YANAŞMALAR..... 130

Fətəliyeva A.

ALİ TƏHSİLDƏ PROQRAMLAŞDIRMA: NƏZƏRİYYƏDƏN PRAKTİKAYA 133

Fəttayev H., Cəfərova P.

AFİNOR LAYLANMASININ KƏSİKLƏRİ BOYUNCA TENZOR MEYDANLARININ
LİFTLƏRİNİN DAVRANIŞLARINA DAİR..... 135

Fəttayev H., Məmmədova M.

(0,2) TİPLİ TENZORLARIN LAYLANMA FƏZASINDA AFİN RABİTƏNİN TAM
LİFTİNƏ DAİR..... 138

Fəttayev H., Yusifov M.

KOREPER LAYLANMASINDA RİMAN METRİKASININ YENİ BİR SİNFİNƏ DAİR 140

Göylərov K.

DEEP LEARNING-IN FİŞİNQ HÜCUMLARININ AŞKARLANMASINDA ROLU VƏ
PERSPEKTİVLƏRİ 141

Göylərov K.

SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI ANOMALİYA AŞKARLANMASI VƏ HÜCUMLARIN
PROQNOZLAŞDIRILMASI 143

Göylərov K.

SÜNİ İNTELLEKTİN VEB TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ ROLU VƏ PERSPEKTİVLƏRİ 145

Hacıyev R.

İNNOVATİV SIĞORTA MƏHSULLARI ÜÇÜN SIĞORTA TARİFLƏRİNİN HESABLANMASI	147

Həmidov R., Abdullayeva N.

QEYRİ XƏTTİ PARAMETRLİ XƏTTİ PROQRAMLAŞDIRMANIN BÖYÜK ÖLÇÜLÜ BİR MƏSƏLƏSİ	150

Həmidov R., Abdullayeva N.

PARAMETRİK PROQRAMLAŞDIRMANIN BİR MƏSƏLƏSİ VƏ ONUN HƏLLİ	152

Həmidov R., Əliyeva L.

İKİ KƏSR-XƏTTİ KRİTERİYALI PROQRAMLAŞDIRMA MƏSƏLƏSİNİN BİR HƏLL YOLU	154

Həmidov R., Əliyeva L.

KƏSR-XƏTTİ PARAMETRİK PROQRAMLAŞDIRMANIN XƏTTİ PARAMETRİK PROQRAMLAŞDIRMA KİMİ HƏLLİ.....	155

Həmidov R., Əyyubova R.

XƏTTİ PROQRAMLAŞDIRMANIN BİR MƏSƏLƏSİ ÜÇÜN YENİ HƏLL QAYDASI.....	156

Həmidov R., İmaməliyeva Ə.

PARETO NİZAMINA GÖRƏ SEÇİMİN LORENS MƏNADA SEÇİM OLUB-OLMADIĞININ YOXLANILMASI	157

Həmidov R., İmaməliyeva Ə.

TAM MƏNFƏƏTİN MAKSİMUMLAŞDIRILMASI MƏSƏLƏSİ.....	158

Həmidov R., Qasımov G.

BİRGƏ FƏALİYYƏTİN BİR OYUN MODELİ VƏ ONUN HƏLLİ	159

Həmidov R., Qasımov G.

BÖYÜK ÖLÇÜLÜ MƏHDUDİYYƏTLİ BİR OYUN MƏSƏLƏLƏRİ VƏ ONUN HƏLL YOLU	161

Həmidov R., Talıbov R.

PUASSON TƏNLİYİNƏ GÖRƏ QURULAN QƏRARQƏBULETMƏNİN BİR MƏSƏLƏSİ VƏ ONUN HƏLL YOLU	162

Həmidov R., Talıbov R.

QƏRAR QƏBUL ETMƏNİN BÖYÜK ÖLÇÜLÜ BİR MƏSƏLƏSİ ÜÇÜN İTERATİV HƏLL YOLU İLƏ AYRILIŞ SXEMİ.....	163

Həsənova N., Əlifov A.

İNFORMASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN TƏMİN EDİLMƏSİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN ROLU	165

Həsənova N., Qafılanlı F.

PROQRAM TƏMİNATININ TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN TƏMİN EDİLMƏSİ.....	168

Həsənova N., Yusifova H.

İKİ-FAKTORLU AUTENTİFİKASIYA – MÜASİR REALLIQLAR	170

Həsənova S.

SƏPƏLƏNMİŞ HESABLAMA ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ ŞƏBƏKƏ HÜCUMLARININ
QURULMASI ÜÇÜN “DATA MINING” METODLARININ TƏTBİQİ..... 173

Həsənzadə N.

İNFORMASIYA TEXNOLOGİYALARININ İDARƏETMƏ SAHƏSİNDƏ TƏTBİQİ..... 175

Həşimov S.

OPTİMALLAŞDIRMA MƏSƏLƏLƏRİNİN MATLAB MÜHİTİNDƏ HƏLLİNİN
MÜHÜM XÜSUSİYYƏTLƏRİ 177

Hüseynli M.

SENSOR MƏLUMATLARININ EMALINDA SÜNİ İNTELLEKT VƏ MAŞIN
ÖYRƏNMƏSİ ÜSULLARININ TƏTBİQİ 180

Hüseynova X., Baxşıyeva N.

GECİKƏN ARQUMENTLİ TƏNLİK ÜÇÜN BAŞLANGIC MƏSƏLƏNİN HƏLLİNİN
VARLIĞI VƏ YEGANƏLİYİ HAQQINDA..... 184

Hüseynova X., Baxşıyeva N.

GECİKƏN ARQUMENTLİ XƏTTİ TƏNLİKLƏRİN HƏLLİNİN İNTEQRAL
GÖSTƏRİLİŞİ 185

Hüseynova X.

KLASSİKİ OLMAYAN SƏRHƏD ŞƏRTLİ DALĞA TƏNLİYİ ÜÇÜN İDARƏOLUNMA
HAQQINDA..... 186

Hüseynova X.

KOŞI ŞƏRTLİ HİPERBOLİK TİP TƏNLİKLƏR SİSTEMİ İLƏ TƏSVİR OLUNAN
PROSESLƏRİN İDARƏOLUNMASI HAQQINDA..... 187

Hüseynzadə Ş., Abdullayev E.

RƏQƏMSAL KAHOOT PLATFORMASININ SORĞU SİSTEMİNİN TƏLƏBƏ
FƏALLIĞI VƏ KOGNİTİV NKİŞAFA TƏSİRİ 188

Hüseynzadə Ş., Qurbanova S., Nəsirova E.

GOOGLE TEACHABLE MACHINE PLATFORMASINDA ÜZ TANINMASI MODELİ
ÜÇÜN MAŞIN ÖYRƏTMƏSİNİN YERİNƏ YETİRİLMƏSİ..... 191

Xanatov E.

ELEKTRON TİCARƏTDƏ TƏHLÜKƏSİZLİK TƏLƏBLƏRİ VƏ
KİBERTƏHLÜKƏSİZLİYİN ROLU 193

Xanatov E.

ONLINE SATIŞ SİSTEMLƏRİNDƏ KİBERTƏHLÜKƏSİZLİYİN TƏMİN OLUNMASI
ÜZRƏ TEXNOLOJİ YANAŞMALAR..... 196

Xəlilov M., Qardaşova B.

TƏK SƏHİFƏLİ TƏTBİQLƏR ÜZRƏ ƏHATƏLİ TƏDQIQAT: ÜSTÜNLÜKLƏR,
MƏHDUDİYYƏTLƏR VƏ PRAKTİKİ TÖVSIYƏLƏR..... 199

Xəlilov M., Kərimova A.

KARBOHİDROGENLƏR QRUPUNUN FAZA HALININ KOMPÜTER
MODELLƏŞDİRİLMƏSİ 203

Xəlilova E.

ELEKTRON SƏNƏD DÖVRİYYƏSİNDƏ MƏLUMAT EMALININ OPTİMALLAŞDIRILMASINDA İSTİFADƏÇİ TƏCRÜBƏLƏRİNİN VƏ SÜNİ İNTELLEKT TEXNOLOGİYALARININ İNTEQRASIYASI	206

İbadov R.

BANK SEKTORLARINA QARŞI HÜCUMLAR VƏ MÜDAFİƏ YOLLARI	209

İbadov R.

ÜMUMİ STRATEJİ İŞ MƏKANLARINDA TƏHLÜKƏSİZLİK	211

brahimzadə A., Əhmədov S.

DİFFUZIYA PROSESİNİ İFADƏ EDƏN SPEKTRAL MƏSƏLƏNİN MƏXSUSİ ƏDƏDİ VƏ MƏXSUSİ FUNKSIYASI HAQQINDA	214

İbrahimzadə A., Namazov A.

NEFTÇIXARMA İLƏ BAĞLI BİR MƏSƏLƏNİN ÇIXIQLAR ÜSULU İLƏ HƏLLİ.....	215

İsayev M.

HİPERBOLİK TİP XƏTTİ DİFERENSİAL TƏNLİK ÜÇÜN İNTEGRAL ŞƏRTLİ BİR MƏSƏLƏNİN HƏLLİNƏ SONLU FƏRQLƏR ÜSULUNUN TƏTBİQİ	217

İsgəndərova G., Hacızadə Ü.

BİR GƏLƏN DALĞA HALINDA YARIMOXDA TƏRS SƏPİLMƏ MƏSƏLƏSİ	220

İsmayılı Q.

REDIS İLƏ KEŞLƏMƏ MEXANİZMLƏRİNİN SİSTEM PERFORMANSINA TƏSİRİ	221

İsmayılı Q.

APACHE KAFKA İLƏ EVENT-DRIVEN ARXİTEKTURANIN QURULMASI: PERFORMANS VƏ TƏHLÜKƏSİZLİK TƏHLİLİ.....	223

İsmayilov A., Hacıyeva Q.

DÖRDÜNCÜ TƏRTİB PSEVDOHİPERBOLİK TƏNLİK ÜÇÜN QARIŞIQ MƏSƏLƏNİN SANKİ HƏR YERDƏ HƏLLİNİN VARLIĞI.....	226

İsmayilov B., Əhmədzadə F.

ANBAR LOGISTİKASI VƏ EHTİYATLARIN IDARƏ EDİLMƏSİ ÜZRƏ MÜASİR METODOLOJİ YANAŞMALAR.....	227

İsmayilov B., Şıxıyeva L.

PAYLANMIŞ BIG DATA MÜHİTİNİN TEXNİKİ VƏ ARXİTEKTUR XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN TƏDQIQI.....	230

İsmayılova M.

İQTİSADİ DAYANIQLILIĞIN TƏMİN OLUNMASINDA BEYNƏLXALQ KREDİTLƏRİN ROLU VƏ İSTİFADƏSİNİN PERSPEKTİV İSTİQAMƏTLƏRİ	233

İsmayilov Ş.

BANK SEKTORUNDA AML PROSESLƏRİNİN SÜNİ İNTELLEKT VASİTƏSİLƏ AVTOMATLAŞDIRILMASI	234

İsmayilov Ş.

COMPLIANCE SAHƏSİNDƏ SÜNİ İNTELLEKT VASİTƏSİLƏ RED FLAG-LARIN AVTOMATLAŞDIRILMIŞ TƏYİNİ	237

İsrafilova E., Cəbraylova N.

SÜNİ İNTELLEKTİN VEB-SAYTLARIN HAZIRLANMASINA TƏSİRİ 238

Kamilov F.

NÖVBƏ UZUNLUĞU MƏHDUD OLAN BİRKANALLI XİDMƏT MODELİNİN

TƏDQIQI 242

Kamilov F.

VİZA MƏRKƏZİNDƏ SORĞULARA XİDMƏT MODELİNİN TƏTBİQİ VƏ

OPTİMALLAŞDIRILMASI 245

Kazımova L.

QEYRİ- LOKAL ŞƏRTLİ İKİNCİ TƏRTİB İMPULS TƏSİRLİ DİFFERENSİAL

TƏNLİKLƏR SİSTEMİNİN HƏLLİNİN VARLIĞI VƏ YEGANƏLİYİ 247

Kərimova A.

YÜKLƏNMİŞ HİPERBOLİK TİP XƏTTİ DİFFERENSİAL TƏNLİK ÜÇÜN BİR

MƏSƏLƏNİN SONLU FƏRQLƏR ÜSULU İLƏ HƏLLİ 248

Qasimov Q., İsmayılova M.

TƏSADÜFİ İSTİLİKKEÇİRMƏ ƏMSALINA MALİK HƏRƏKƏTDƏ OLAN METAL

ÇUBUQDA İSTİLİKKEÇİRMƏ MƏSƏLƏSİNİN MAPLE PAKETİNDƏ STOXAŞTİK
ANALİZİ 251

Qasimov T., Cəfərzadə T.

DÖRD TƏRTİBLİ XÜSUSİ TÖRƏMƏLİ DİFFERENSİAL TƏNLİK ÜÇÜN İNTEQRAL

SƏRHƏD ŞƏRTLİ MƏSƏLƏNİN FURYE METODU İLƏ HƏLLİ 255

Qasimov T., Mustafayev N.

ÇUBUĞUN ENİNƏ RƏQS TƏNLİYİ ÜÇÜN İNTEQRAL SƏRHƏD ŞƏRTLİ QARIŞIQ

MƏSƏLƏSİNİN HƏLLİNİN FURYE METODU İLƏ TAPILMASI 256

Qasimov T., Səfərova Ə.

HİPERBOLİK TİP TƏNLİK ÜÇÜN QOYULMUŞ BİR QARIŞIQ MƏSƏLƏNİN

GÜCLÜ HƏLL OLUNMASI HAQQINDA 257

Qasimov T., Rzayeva S.

HİPERBOLİK TİP TƏNLİKLƏR SİSTEMİ ÜÇÜN QURSA-DARBU MƏSƏLƏSİNİN

MÜTLƏQ KƏSİLMƏZ HƏLLİNİN İNTEQRAL GÖSTƏRİLİŞİ 259

Qədirbəyova F.

MOBİL ROBOTLARIN ADAPTİV İDARƏETMƏ PROSESİNDƏ SÜNİ

İNTELLEKTİN ROLU QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ 260

Qocayeva N.

SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI DİZAYN SİSTEMLƏRİNDƏ GESTALT

PRİNSİPLƏRİNİN TƏTBİQİ: İSTİFADƏÇİ TƏCRÜBƏSİNİN

OPTİMALLAŞDIRILMASI 263

Quliyev H., Quluzadə S.

ADİ TÖRƏMƏLİ DİFFERENSİAL TƏNLİKLƏR ÜÇÜN OPTİMAL İDARƏETMƏ

MƏSƏLƏSİNİN TƏQRİBİ HƏLLİNİN TAPILMASI 267

Quliyev N., Abdullazadə F.

BLOKÇEYNDƏ KONSENSUS ALQORİTMLƏRİ VƏ ONLARIN TƏHLÜKƏSİZLİK PROBLEMLƏRİ	269

Quliyev N., Vəlixanova H.

SOSİAL ŞƏBƏKƏLƏRDƏ AVTOMATLAŞDIRILMIŞ ALQORİTMLƏR VASİTƏSİLƏ SAXTA XƏBƏRLƏRİN YAYILMASININ QARŞISININ ALINMASI.....	273

Quliyeva A., Bayramova Ş.

KƏSR ADDIMLI ÜSULLAR VƏ ONLARIN BƏZİ TƏTBİQLƏRİ HAQQINDA	275

Qurbanov M.

İNFORMASIYA SİSTEMLƏRİNİN İDARƏEDİLMƏSİ VƏ RƏQƏMSAL TEKNOLOGİYALARIN TƏHLİLİ	277

Qurbanova L.

AZƏRBAYCANDA NEFT GƏLİRLƏRİNİN RASİONAL İDARƏ EDİLMƏSİNDƏ MALİYYƏ NƏZARƏTİNİN ROLU VƏ ONUN İQTİSADİ ARTIMA TƏSİR MEXANİZMLƏRİ	278

Qurbanova N.

TİBBİ FƏALİYYƏTİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ MƏQSƏDİLƏ İNFORMASIYA SİSTEMLƏRİNİN TƏTBİQİ: İDARƏETMƏ, ANALİZ VƏ QƏRARVERMƏ PROSESLƏRİNİN AVTOMATLAŞDIRILMASI	279

Mansurov Z.

RƏQƏMSAL ŞƏXSİYYƏT İDARƏETMƏSİNDƏ ÇOXSAyli KLONLAR PROBLEMI VƏ BLOKÇEYN ƏSASLI HƏLLƏRİN TƏHLİLİ	282

Mehdiyev H., Abduləzizova Ş.

PYTHON PROQRAMLASHDIRMA DİLİ VƏ VƏ ONUN BILLİNG SİSTEMLƏRİNİN YARADILMASINDA İSTİFADƏSİ	285

Məcidova N.

İOT CİHAZLARINDA ZƏİFLİKLƏRİN AŞKARLANMASI VƏ QORUNMA ÜSULLARI	287

Məhərrəmov İ.

KVANT HESABLAMA DÖVRÜNDƏ İSTİFADƏÇİ AUTENTİFİKASIYASININ POST-KVANT KRİPTOQRAFİYASI KONTEKSTİNDƏ QORUNMASI	290

Məmmədli Q.

İSTİFADƏÇİ TƏLƏBLƏRİNƏ ƏSASLANAN PROQRAM TƏMİNATININ UYĞUNLAŞDIRILMASI VƏ İNKİŞAFI	294

Məmmədli Q.

PROQRAM TƏMİNATININ İNTEQRASIYA PROSESLƏRİ: WEB TƏTBİQLƏRİNİN ÇOXKOMPONENTLİ İNKİŞAFI	296

Məmmədov A.

MİQRASIYA PROSESİNİN DİNAMİK SİSTEMLƏRLƏ ƏLAQƏLİ TƏHLİLİ	298

Məmmədov E., Hüseynova M.

BİRİNCİ TƏRTİB XƏTTİ DİFERENSİAL TƏNLİKLƏR SİSTEMİNİN HƏLLİNİN
BƏZİ XASSƏLƏRİ..... 300

Məmmədov Ə.

BANK XİDMƏTLƏRİNİN KEYFİYYƏTİNİN ARTIRILMASI ÜÇÜN DAXİLİ
NƏZARƏT MEXANİZMLƏRİNİN İNKİŞAFI VƏ OPTİMALLAŞDIRILMASI
YOLLARI..... 301

Məmmədov X., İsmayilzadə S.

TEMPERATUR DƏYİŞMƏSİNİN ÖRTÜYÜN GƏRGİNLİK DEFORMASIYA
VƏZİYYƏTİNƏ TƏSİRİ..... 303

Məmmədov İ., Əliyeva H.

LAQRANJ TİPLİ OPTİMAL İDARƏETMƏ MƏSƏLƏSİ ÜÇÜN
BİR QEYRİ-KLASSİK YANAŞMA BARƏDƏ 305

Məmmədov İ., Əliyeva H.

LAQRANJ TİPLİ TOPLANMIŞ PARAMETRLİ OPTİMAL İDARƏETMƏ MƏSƏLƏSİ
ÜÇÜN YENİ İNTEQRAL BƏRABƏRSİZLİKLƏRİN ALINMASI 307

Məmmədov İ., Məmmədova A.

BOLSA TİPLİ OPTİMAL İDARƏETMƏ MƏSƏLƏSİ ÜÇÜN BİR İNTEQRAL
BƏRABƏRSİZLİK BARƏDƏ 310

Məmmədova A.

QEYRİ-LOKAL ŞƏRTLİ HİPERBOLİK TƏNLİKLƏR ÜÇÜN SONLU FƏRQ
METODUNUN KÖMƏYİ İLƏ TƏQRİBİ HƏLLƏR 313

Məmmədova B.

QEYRİ-MÜƏYYƏNLİK ŞƏRAİTİNDƏ ÇEVİK İSTEHSALAT SİSTEMLƏRİNDƏ
SƏNAYE ROBOTLARININ RƏQƏMSAL ƏKİZ TEXNOLOGİYASININ TƏDQIQAT
PERSPEKTİVLƏRİ 314

Məmmədova E., Xəlilova M.

BƏZİ İQTİSADİ PROSESLƏRİN MODELLEŞDİRİLMƏSİNDƏ OYUNLAR
NƏZƏRİYYƏSİ..... 317

Məmmədova E., İzzətova A.

OPTİMAL QƏRARIN SEÇİLMƏSİNDƏ EKSPERT METODLARININ TƏTBİQİ 319

Məmmədova E.

RƏQƏMSAL PLATFORMALAR ƏSASINDA ŞAĞIRDLƏRİN RƏQƏMSAL
BACARIQLARININ İNKİŞAFI METODİKASI 321

Məmmədova Z.

ÇUBUĞUN QIZDIRILMASI PROSESİ ÜÇÜN OPTİMAL İDARƏETMƏ
MƏSƏLƏSİNDƏ FUNKSIONALIN QRADİYENTİ 324

Məmmədov N.

C# MÜHİTİNDƏ AUTENTİFİKASIYA SİSTEMLƏRİNİN TƏHLÜKƏSİZLİK
TESTLƏRİNİN AVTOMATLAŞDIRILMASI METODLARI 327

Məmmədşadə N.

JSON WEB TOKEN (JWT) STRUKTURUNUN ANALİZİ VƏ KRİPTOQRAFİK TƏMİNAT PRİNSİPLƏRİ.....	329

Məmtiyev T., Əliyeva B.

ÖLÜM CƏDVƏLİ HƏYAT SİĞORTASININ DEMOQRAFİK ƏSASI KİMİ	331

Məmtiyev T., Hərbizadə Ç.

QAZANILMAMIŞ SİĞORTA HAQQININ HESABLANMASI METODLARI.....	334

Məstəliyev V., İskəndərova Ü.

BIRKHOFF MƏNADA XARAKTERİSTİK TƏNLIYIN KÖKLƏRİNİN ARQUMENTLƏRİ SABİT OLMAYAN TƏNLIYIN FUNDAMENTAL HƏLLƏR SİSTEMLƏRİNİN ASİMPOTOTİKASI HAQDA	337

Mirzai Nobəri S., Babayev Ə.

KƏND TƏSƏRRÜFATINDA IOT TEXNOLOGİYALARININ TƏTBİQİ.....	339

Mirzai Nobəri S., Cəbbarlı E.

ƏŞYALARIN İNTERNETİNİN TƏHLÜKƏSİZLİYİ SİMULASİYASI	341

Mirzai Nobəri S., Əlibabayev İ.

İNTERNET ƏŞYALARI (IOT) TEXNOLOGİYASININ TİBBDƏ ROLU.....	344

Mirzai Nobəri S., Əsədşadə Ə.

AĞILLI KƏND TƏSƏRRÜFATI VƏ IOT TEXNOLOGİYALARI	347

Mirzai Nobəri S., Əzizova S.

MALİYYƏ ƏMƏLİYYATLARINDA DƏLƏDUZLUĞUN AŞKAR EDİLMƏSİ – MAŞIN ÖYRƏNMƏSİ YANAŞMASI.....	350

Mirzai Nobəri S., Hüseynov A.

AĞILLI EV SİSTEMLƏRİNDƏ IOT TEXNOLOGİYALARININ TƏTBİQİ.....	352

Mirzai Nobəri S., Məmmədov A.

İNTERNET ƏŞYALARI TEXNOLOGİYASININ HAVA NƏZARƏTİNDƏ ROLU.....	354

Mirzai Nobəri S., Ağə N.

AĞILLI ŞƏHƏRLƏR: RƏQƏMSAL TRANSFORMASIYA ƏSRİNDƏ KRİTİK İNFRA-STRUKTURUN QORUNMASI	356

Mirzai Nobəri S., Osmanov N.

FEDERATİV MAŞIN ÖYRƏNMƏNİN IOT SİSTEMLƏRİNDƏ PERFORMANS PROBLEMLƏRİ.....	359

Mirzai Nobəri S., Poladov S.

AĞILLI EVLƏRDƏ ENERJİ SƏMƏRƏLİLİYİ VƏ TƏHLÜKƏSİZLİK MƏSƏLƏLƏRİ.....	361

Mirzai Nobəri S., Rəhimov V.

SƏHİYYƏDƏ IOT SİSTEMLƏRİ: TƏTBİQ SAHƏLƏRİ, PROBLEMLƏR VƏ HƏLL YANAŞMALARI.....	363

Mirzəyeva G., Allahyarova N.

DÖVLƏT İDARƏÇİLİYİNDƏ MAŞIN ÖYRƏNMƏSİNİN TƏTBİQİ VƏ YARANAN PROBLEMLƏRİ.....	366

Mirzəzadə N.

AZƏRBAYCANDA DOĞUM GÖSTƏRİCİLƏRİNİN TARİXİLİK VƏ MƏRHƏLƏLƏR
ÜZRƏ TƏHLİLİNƏ DAİR 369

Muradova V., Abdullayev A.

PROMETHEUS'UN BULUDU: MICROSOFT AZURE İLƏ GƏLƏCƏYİN TİBBİ
KODLARI 371

Muratxanova A.

İNFORMASIYA TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ TƏHDİDLƏRİN ANALİZİ VƏ RİSKLƏRİ 374

Muratxanova A.

İNFORMASIYANIN QORUNMASI ÜÇÜN TEXNİKİ VASİTƏLƏR VƏ METODLAR..... 377

Mustafayeva A., Aslanova S., Baxşıyeva G.

ELEKTRON SƏNƏD DÖVRİYYƏSİNDƏ SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ 380

Nəbiyeva L.

ÇOXMƏRHƏLƏLİ İQTİSADİ MƏSƏLƏLƏR DİNAMİK PROSES KİMİ 384

Nəbiyeva L.

SONLU VƏ SONSUZ MƏRHƏLƏLİ İQTİSADİ MƏSƏLƏLƏRİN DİNAMİK
PROQRAMLAŞDIRMA ÇƏRÇİVƏSİNDƏ TƏHLİLİ 386

Nəzərova G.

ALGORİTMİK DÜŞÜNMƏ VƏ RİYAZİ MODELƏŞDİRMƏNİN İNKİŞAFINDA
PROQRAMLAŞDIRMA PLATFORMALARININ ROLU: STEAM ƏSASLI DƏRS
MODELİNİN TƏTBİQİ VƏ NƏTİCƏLƏRİ 389

Orucova T., Mikayılov E.

WEB PROQRAMLAŞDIRMA TEXNOLOGİYALARININ ELEKTRON TƏHSİL
MÜHİTİNƏ TƏTBİQİ 392

Orucova T., Cəfərov S.

ŞƏBƏKƏ TƏHLÜKƏSİZLİYİ VƏ MÜDAFİƏ METODLARININ MÜQAYİSƏLİ
TƏHLİLİ 394

Osmanlı T.

VİRTUAL TƏHSİLDƏ TƏLƏBƏ UĞURUNUN PROQNOZLAŞDIRILMASI 395

Piriyev S., Şahməmmədov N.

SADƏ GƏRGİNLİK VƏZİYYƏTLƏRİNDƏ OLAN MATERIALLAR ÜÇÜN
UZUNMÜDDƏTLİ MÖHKƏMLİK MƏSƏLƏLƏRİNİN RİYAZİ
MODELƏŞDİRİLMƏSİ 399

Rəhimova G., Həsənli G.

MAŞIN ÖYRƏNMƏSİ VƏ ONUN SÜNİ İNTELLEKTLƏ ƏLAQƏSİ 402

Rüstəmov Həsənli N.

KORPORATİV İNFORMASIYA TƏMİNATI ÇƏRÇİVƏLƏRİNDƏ QABAQCIL
DATA ANALİTİKASININ İNTEQRASIYASI 405

Rüstəmov N.

MOBİL TEXNOLOGİYALARIN TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ METODLAR VƏ
PRAKTİKİ TƏDBİRLƏR..... 408

Rzayeva İ.	
ÜÇÖLÇÜLÜ KÜRƏVİ LAYDA LAPLAS OPERATORUNUN QRİN FUNKSİYASININ QURULMASI	411
Sadayev Ə., Əliyev M.	
İOT CİHAZLARDA TƏHLÜKƏSİZLİK, TOKEN ƏSASLI İDENTİFİKASIYA METODLARINDAN İSTİFADƏ İLƏ TƏHLÜKƏSİZLİYİN ARTIRILMASI	414
Sadayev Ə., Qasımov N.	
DİGƏR FƏNLƏRİN TƏDRİSİNDƏ İNFORMATİKA FƏNNİNİN ROLU	417
Sadayev Ə., Lətifli S.	
BİZNES SEKTORUNDA DATA ANALİTİKANIN TƏDQİQİ	419
Sadıqov M., Səmədova F.	
KUN-TAKKER VƏ FAN TEOREMLƏRİNİN ÜMUMİLƏŞMƏLƏRİ	422
Səfərliyəva A.	
TƏRS MƏSƏLƏLƏRİN KOMPUTER REALİZASIYASINDA MÜASİR TENDENSİYALARI VƏ TƏDQİQAT PERSPEKTİVLƏRİ	426
Sərkərova L.	
RUNQE-KUTTA ÜSULUNUN MÜXTƏLİF MODİFİKASIYALARININ MÜQAYİSƏSİ, ONLARIN DƏQİQLİK VƏ DAYANIQLIĞININ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ	428
Soltanova A., Abasova X., Baqışeva F.	
SÜNİ İNTELLEKT ƏSASLI GA VƏ DNN METODLARININ NEFT HASİLATININ ARTIRILMASINDAKI HİBRİD İSTİFADƏSİ	431
Süleymanlı Z.	
İSTİLİKKEÇİRMƏ TƏNLIYI ÜÇÜN OPTİMAL İDARƏETMƏ MƏSƏLƏSİNİN FƏRQ APROKSİMASIYASI	434
Süleymanova A.	
AZƏRBAYCANDA DAXİLİ BAZARININ İDARƏ EDİLMƏSİNDƏ SİĞORTA ŞİRKƏTLƏRİNİN YERİNƏ DAİR	436
Şamilova B., Əlizadə F.	
AUTOCAD PROQRAMI VASİTƏSİLƏ FİZİKİ EKSPERİMENTLƏRİN RƏQƏMSAL SIMULYASIYASI	438
Şükürov E.	
MƏXFİ MƏLUMATLARIN QORUNMASINA MÜASİR YANAŞMALAR	441
Tağıyev M., Aliyeva A.	
MAYE İLƏ DOYMUŞ MƏSAMƏLİ MÜHİTLƏRDƏ QEYRİ-XƏTTİ DALĞALARIN ƏDƏDİ MODELLEŞDİRİLMƏSİ	445
Tağıyev R., Məmmədova A.	
KİÇİK ƏMSALA İDARƏEDİCİ DAXİL OLAN ELLİPTİK TƏNLİK ÜÇÜN OPTİMAL İDARƏETMƏ MƏSƏLƏSİNİN FƏRQ APROKSİMASIYASININ YİĞİLMASI	448

Tağıyeva Q.

SƏRHƏD ŞƏRTİNDƏ SPEKTRAL PARAMETRİN XƏTTİ FUNKSİYASI OLAN
DİRAK SİSTEMİNİN BƏRPASI HAQQINDA 450

Tağızadə R.

ONLAYN TƏHLÜKƏSİZLİYİN GƏLƏCƏYİ: WEBAUTHN VƏ PUBLIC KEY
KRİPTOQRAFİYASINA ƏSASLANAN PAROLSUZ DOĞRULAMANIN TƏHLİLİ,
DİZAYNI, TƏTBİQİ VƏ ÇƏTİNLİKLƏRİ 453

Tahirov B., Rzayeva N.

FUBKSIYANIN QIYMƏTLƏR ÇOXLUĞUNUN TAPILMASI 456

Talıblı N.

PERİODİK ƏMSALLI ŞTURM-LİUVİLL OPERATORUNUN AŞAĞIDAN
MƏHDUDLUĞU HAQQINDA 457

Tariverdiyeva Ç.

SÜNİ İNTELLEKT VƏ BÖYÜK VERİLƏNLƏR ƏSASINDA WEB TƏTBİQLƏRİNİN
TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN TƏMİN EDİLMƏSİ 461

Yusifova N.

İŞĞALDAN AZAD OLUNMUŞ RAYONLARDA MƏŞĞULLUĞUN İQTİSADI
İNKİŞAFA TƏSİRİNƏ DAİR..... 464

Yusubov Ş., Babayeva S.

DOMİNANT QARIŞIQ TÖRƏMƏLİ ALTITƏRTİBLİ HİPERBOLİK TƏNLİK ÜÇÜN
QURSA TİPLİ MƏSƏLƏ..... 467

Yusubov Ş., Həsənova L.

İDARƏEDİCİDƏ GECİKMƏ OLAN KAPUTO KƏSR SİSTEMLƏRİNDƏ
OPTİMALLIQ ÜÇÜN ZƏRURİ ŞƏRT 468

Zaidov Ş.

PARABOLİK TİP TƏNLİKLƏR ÜÇÜN BİR QARIŞIQ MƏSƏLƏNİN SONLU
FƏRQLƏR ÜSULU İLƏ HƏLLİ 469

Zeynalova A.

XƏTTİ VOLTER İNTEQRO-DİFERENSİAL TƏNLİKLƏRİN HƏLLİNƏ EYLER
ÜSULUNUN TƏTBİQİ 473

Abdullayev S., Imranli S.

NEUTROSOPHIC TOPOLOGY ON THE SETS..... 474

Aliyev Ch.

CORRELATION-BOUNDED MULTI-ATTRIBUTE SELECTIVITY ESTIMATION
VIA MIN/MAX-LINKED HISTOGRAMS AND
LP-TIGHTENED FEASIBLE BANDS..... 476

Aliyeva S. Jabrayilov Sh.

NUMERICAL SOLUTION OF A MODEL BOUNDARY VALUE PROBLEM
FOR THE LAPLACE EQUATION..... 478

Alizada P.

HYBRID AND ADAPTIVE FUZZY TIME SERIES FORECASTING MODELS..... 481

Gahramani J., Bayramov S.	
A INTERVAL VALUED TOPOLOGY ON FUZZY SETS	483
Gardashova L., Kosov P.	
ADDRESSING PROBLEM OF ETHICAL AI THOROUGH EXPLAINABLE MODEL AND FUZZY LOGIC	484
Gonagova L., Murselova M.	
ON A BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR A FOURTH-ORDER ELLIPTIC EQUATION WITH AN INTEGRAL CONDITION	487
Guliyeva F.	
A COMPUTATIONAL APPROACH TO SOLVING ODES USING RUNGE KUTTA METHOD	488
Haciyeva K.	
LINUX-RELATED INFORMATION SECURITY RISKS	492
Hadji E.	
COMPARATIVE ANALYSIS OF AI-BASED SMART AND CONVENTIONAL TRAFFIC LIGHT SYSTEMS USING IOT DATA	495
Akhmadli B., Hasanov S.	
ON THE STRONG SOLVABILITY OF A NONLOCAL BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR THE LAPLACE EQUATION IN ORLICZ-SOBOLEV SPACES ON RECTANGULAR DOMAIN	497
Huseynov A.	
COMPUTATION OF Z-NUMBERS IN MODELING UNCERTAIN INFORMATION USING PYTHON	500
Huseynli A., Babayeva N.	
ON THE INTERPOLATION OF SINGULAR INTEGRALS OVER A CLOSED CONTOUR	504
Malikov M.	
DETECTION AND MITIGATION OF DISTRIBUTED DENIAL-OF-SERVICE (DDOS) ATTACKS IN CLOUD-BASED SYSTEMS	505
Mirzazada A.	
TOWARD EXPLAINABILITY OF ANOMALY DETECTION IN DISTRIBUTED SYSTEMS USING FUZZY ONTOLOGIES	512
Nifdalzada M.	
COMPARISON OF CLASSIC AND MODERN AI METHODS IN DETECTION OF RESPIRATORY DISEASES	515
Panahov E., Bakhshizada A.	
INVERSE PROBLEM FOR THE PERIODIC DIRAC OPERATOR	519
Panahov E., Bakhshizada A.	
ESTIMATES ON THE STABILITY INTERVALS FOR PERIODIC STURM-LIOUVILLE EQUATIONS	520

Pashazada M.

A STRATEGIC FRAMEWORK FOR INTEGRATING EDUCATIONAL
ROBOTICS IN HIGHER EDUCATION MANAGEMENT 522

Rahimov F., Aliyev R., Baghirova G.

CENTRAL LIMINT THEOREM FOR THE SOME MARKOV RANDOM WALK 525

Rahimov E., Allahverdiyeva N.

TELEMATICS MONITORING AND ASSESSMENT OF AIR QUALITY IN URBAN
AREAS USING IOT TECHNOLOGIES 527

Rzaguliyev A., Yarmammadov U., Shahbazov I.

AGILE-BASED MODULAR ARCHITECTURE FOR INTELLIGENT SEARCH..... 530

Talibov A., Khelilov M.

A MODEL FOR UNIFIED INTEGRATION OF HETEROGENEOUS DISTRIBUTED
DATABASES IN A PARTIALLY TRUSTED ENVIRONMENT 534

Zeynalov I.

DIGITAL SYSTEMS FOR DATA-DRIVEN DECISION MAKING IN EDUCATION:
BUILDING DATA SCIENCE-READY INFRASTRUCTURE..... 539

Аббаскулиев Э., Рагимова И.

ФИЛЬТР ГЕНЕРАТОРА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ
МАКСИМАЛЬНОГО ПЕРИОДА НА ОСНОВЕ ХЕШ-ФУНКЦИИ..... 542

Абдуллаев С., Гейдарова Р.

О СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВАХ СЛЕДОВ ФУНКЦИЙ,
ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ОБОБЩЕННЫМИ ПОТЕНЦИАЛАМИ БЕССЕЛЯ 545

Абдуллаев Ф., Абдуллаева Л.

ГЛАДКОСТНЫЕ СВОЙСТВА ДВУКРАТНОГО СИНГУЛЯРНОГО
ИНТЕГРАЛА НА ЯЗЫКЕ ЧАСТНЫХ МОДУЛЕЙ ГЛАДКОСТИ
ДРОБНОГО ПОРЯДКА 547

Абдуллаев Ф., Ченг Джиа Джиа

ОБ ОДНОМ НЕЛИНЕЙНОМ СИНГУЛЯРНОМ ИНТЕГРАЛЬНОМ
ОПЕРАТОРЕ В ПРОСТРАНСТВАХ $\mathcal{H}_{A,B}^{1,1}$ 548

Алиев А., Раджабова Д.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
МОДУЛЬНЫХ БЛОК-СХЕМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ 550

Алиева С.

ОБ ОДНОЙ НЕГЛАДКОЙ ДИСКРЕТНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО
УПРАВЛЕНИЯ..... 553

Ахмедова Ж.

НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ОПТИМАЛЬНОСТИ ВТОРОГО ПОРЯДКА
В ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕННОЙ
СТРУКТУРОЙ С ДРОБНЫМ ПРОИЗВОДНЫМ КАПУТО 556

Гамидов С. ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНОЙ МОДЕЛЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ	559
Гасанова Н., Агамалиева Д. СЛИЯНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ	562
Джамалов З., Бинаталиев И. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БЛОКЧЕЙНА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МИКРОСЕВИСОВ.....	565
Джамалов З., Юзбашиев Ф. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМ	567
Курбанов Ф., Мамедова Н. ОСНОВНЫЕ НЕЧЕТКИЕ ОПЕРАТОРЫ В ПРОЦЕССЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ.....	569
Мехтиев С. АВТОМАТИЗАЦИЯ ШАБЛОНОВ БИЗНЕС-ЛОГИКИ В АРХИТЕКТУРАХ DDD / CQRS	571
Мусаев Г., Зейналова Дж. РЕШЕНИЕ ДРОБНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В НЕКОТОРЫХ ВЕСОВЫХ ПРОСТРАНСТВАХ НЕПРЕРЫВНОЙ ФУНКЦИИ	572
Мустафаев И., Мамедов Дж., Гусейнзаде Ш. РОЛЬ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ДРЕВОВИДНЫХ СТРУКТУР В ЗЕЛЕНОМ ПРОГРАММИРОВАНИИ	575
Рзаева А. ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА И ОБМЕНА.....	578
Османлы Ж. ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ GPS ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ	581
Садаев А., Надирова Ф. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ АТАК С ЭЛЕМЕНТАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	583
Талыбов С., Мехтизаде А. ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ НА КОМПЬЮТЕРАХ.....	585
Тахиров Б., Алескерова Ф. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ КОРРЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ ПО МАТЕМАТИКЕ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ.....	587

Materialları topladı: **Məmmədova Aynurə**
Vaqifli Jalə
Kompüter tərtibatı: **Azadə İmanova**
Üz qabığının dizaynı: **Sahib Adilov**

Çapa imzalanıb: 29.12.2025
Format: 70x100 1/16. Ofset kağızı.
Həcmi: 38 ç.v. Tiraj: 30 nüsxə.

BDU Nəşr Evi.
Bakı şəh., ak. Z. Xəlilov küç. 33
Tel: (+994 12) 430 32 45
bduneshrevi@bsu.edu.az
www.bsu.edu.az