

ELM VƏ İNNOVASIYA

Beynəlxalq Elmi Jurnal

SCIENCE AND INNOVATION

International Scientific Journal



"ELM" PUBLIC UNION FOR SUPPORTING
THE SOCIAL AND INTELLECTUAL

Elm və İnnovasiya

Beynəlxalq Elmi Jurnal

Cild: 1 Sayı: 3

Science and Innovation

International Scientific Journal

Volume: 1 Issue: 3

2026

Təsisçi

Assoc. Prof. Dr. Səbuhi ABDULLAYEV, “ELM” Gənclərin Sosial İntellektual inkişafına dəstək
ictimai birliyinin sədri. / Azərbaycan
[https://orcid.org/ 0009-0000-8900-9850](https://orcid.org/0009-0000-8900-9850)
elm.ictimaibirlik@mail.ru

Baş Redaktor

Prof. Dr. Sədi BAYRAMOV, Bakı Dövlət Universiteti / Azərbaycan
[https://orcid.org/ 0000-0002-3947-8728](https://orcid.org/0000-0002-3947-8728)
bysadi@gmail.com

Redaktor

Assoc. Prof. Dr. Oktay MƏMMƏDOV, Bakı Dövlət Universiteti / Azərbaycan
[https://orcid.org/ 0000-0002-7890-2392](https://orcid.org/0000-0002-7890-2392)
okmamedov@gmail.com

Redaktor köməkçisi

Tədqiqatçı Şamxal ŞABİYEV, Azərbaycan Elm Mərkəzi / Azərbaycan
<https://orcid.org/0009-0005-6000-7305>
shebiyev85@mail.ru

Dillər üzrə redaktor

Assoc. Prof. Tacirə ABDULLAYEVA, Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti / Azərbaycan

Founder

Assoc. Prof. Dr. Sabuhi ABDULLAYEV, “ELM” Public Union for Supporting
the Social and Intellectual Development of Youth / Azerbaijan
<https://orcid.org/0009-0000-8900-9850>
elm.ictimaibirlik@mail.ru

Editor-in-Chief

Prof. Dr. Sadi BAYRAMOV, Baku State University / Azerbaijan
<https://orcid.org/0000-0002-3947-8728>
bysadi@gmail.com

Editor

Assoc. Prof. Dr. **Oktay MAMMADOV**, Baku State University / Azerbaijan
<https://orcid.org/0000-0002-7890-2392>
okmamedov@gmail.com

Assistant Editor

Researcher **Shamkhal SHABIYEV**, Azerbaijan Science Center / Azerbaijan
<https://orcid.org/0009-0005-6000-7305>
shebiyev85@mail.ru

Language Editor

Assoc. Prof. **Tacira ABDULLAYEVA**, Azerbaijan State Pedagogical University / Azerbaijan

Aydın İslamzadə

Bakı Dövlət Universitetinin

Magistrant

<https://orcid.org/0009-0003-8389-1821>

aydinislam610@gmail.com

Heydər Əliyevin Prezidentliyi dövründə Müstəqil Azərbaycan Respublikasının xarici siyasəti (1993-2003)

Xülasə

Müasir dövrdə beynəlxalq münasibətlər sistemində hər bir ölkənin düzgün və gələcəyə hesablanmış xarici siyasət həyata keçirməsi olduqca mühüm məsələdir. Əgər bir ölkə xarici siyasət kursunu doğru şəkildə qurub, tətbiq etməyi bacarsa dünya arenasında önəmli siyasi aktora çevrilə bilər. XX əsrin 90 – cı illərində müstəqilliyini yenidən bərpa etdikdən sonra ölkəmiz xarici qüvvələrin sərt təzyiqi, Ermənistanın işğalı və informasiya blokadası ilə üz – üzə qalır. Belə bir şəraitdə dahi strateq, böyük diplomat olan Ümummilli Liderimiz cənab Heydər Əliyevin ölkəmizdə yenidən rəhbər vəzifəyə qayıtması ilə düzgün xarici siyasət kursunun tətbiqi həyata keçirilmiş, üzləşdiyimiz çətinliklərin aradan qaldırılması istiqamətində mühüm addımlar atılmağa başlanılmışdır. Heydər Əliyevin 1993 – 2003 – cü illərdə respublikaya rəhbərlik etdiyi dövərdə Ermənistanın işğalı dayandırılmış, informasiya blokadasının aradan qaldırılması istiqamətində böyük işlər görülmüşdür. “Əsrin Müqaviləsi” – nin imzalanması ilə iqtisadi sabitlik və böyük gəlirlər əldə edən Azərbaycan beynəlxalq təşkilatlara və bütün dünyaya töhfə vermişdir. Məhz bu addımlar fonunda ölkəmiz böyük dövlətlərin müttəfiqinə çevrilmişdir. Məqalədə Ümummilli Lider Heydər Əliyevin həyata keçirdiyi uğurlu xarici siyasət tətbiq edilərək oxucuların diqqətinə çatdırılmaqdadır.

Açar sözlər: *Azərbaycan Respublikası, Ümummilli Lider, Beynəlxalq münasibətlər, “Əsrin Müqaviləsi”, Balanslaşdırılmış xarici siyasət*

Foreign Policy of the Independent Republic of Azerbaijan During the Presidency of Heydar Aliyev (1993-2003)

Abstract

In the modern system of international relations, it is very important for each country to implement a correct and future-oriented foreign policy. If a country manages to establish and implement its foreign policy course correctly, it can become an important political actor in the world arena. After regaining its independence in the 90s of the 20th century, our country is faced with severe pressure from foreign forces, the occupation of Armenia and the information blockade. In such a situation, with the return of our great strategist and great diplomat, our National Leader Mr. Heydar Aliyev to the leadership position in our country, the correct foreign policy course was implemented and important steps were taken to overcome the difficulties we faced. During the period when Heydar Aliyev led the republic in 1993-2003, the occupation of Armenia was stopped and great work was done to eliminate the information blockade. Azerbaijan, which achieved economic stability and large revenues with the signing of the “Contract of the Century”, contributed to international organizations and the whole world. It was against the background of these steps that our country became an ally of great powers. The article examines and brings to the attention of readers the successful foreign policy pursued by National Leader Heydar Aliyev.

Keywords: *Republic of Azerbaijan, National Leader, International relations, “Contract of the Century”, Balanced foreign policy*

Giriş

1991– ci il oktyabrın 18 – də 70 ilə yaxın müddətdə Sovet əsarətində qalan Azərbaycan öz müstəqilliyini bərpa etdi. XX əsrin 90 – cı illərində Sovet imperiyası süquta uğramış və 15 müttəfiq respublika öz müstəqilliklərini təmin etmişdilər. Bu dövr dünya tarixşünaslığında yeni dünya düzəninə formalaşdığı bir dövr kimi qalmışdır. Belə ki, Sovet imperiyasının süqutu ilə soyuq müharibə sona çatmış, sosialist dünyası süquta uğramışdı. Məhz bu dövr öz müstəqilliklərini qazanan dövlətlər üçün keçid dövrü kimi xatırlanmaqdadır. Müstəqilliklərini bərpa edən bəzi ölkələr üçün bu dövr olduqca ağır və keşməkeşli olmuşdur. Belə dövlətlərdən biridə Azərbaycan Respublikası idi.

1991, 1992 və 1993 – cü illərin birinci yarısı Azərbaycanda siyasi sabitliyin olmaması, anarxiya və xaos dövrü kimi yadda qalmaqdadır. Ölkəmiz “olum ya ölüm” dilemması qarşısında qalmış, müstəqilliyimizin itirilməsi təhlükəsi ilə üzləşmişdi. Qafqaz dünyanın güclü dövlətlərinin maraq dairələrinin kəsişdiyi bir bölgəyə çevrilmiş, eləcədə kəskin rəqabət zonası olmuşdu. Belə bir dövrdə biz öz müstəqilliyimizi yalnız uğurlu və xalqın milli mənafeyinə uyğun xarici siyasət yürütməklə qoruyub, möhkəmləndirə bilərdik. Ancaq ölkədə baş verən daxili çaxnaşmalar və uğursuzluqlar xarici siyasətimizdə sirayət etmişdi (İsmayilov, 2009, s. 101 – 110). Həmçinin, bu dövrdə torpaqlarımıza göz dikən erməni separatizmi baş qaldırmış, Qarabağ uğrunda müharibə başlamışdı. Ölkədə xaos və anarxiyanın hökm sürməsi müharibədə uğursuzluğa yol açmış, torpaqlarımız işğal altına düşmüşdü (Cəbrayilov, 2010, s. 5). Uğursuz xarici siyasət kursunun nəticəsi olaraq Azərbaycan, erməni lobbisinin dünyanı çaşdıran yalançı təbliğatları ilə informasiya blokadasına düşmüşdü. Həmin dövrdə Azərbaycanın aldığı ən ağır zərbələrdən biri də Amerika Birləşmiş Ştatları konqresi tərəfindən 1992 – ci il oktyabrın 24 – də “Azadlığa Dəstək Aktı” – na edilən 907 – ci düzəliş idi. Bu düzəliş əsasən Azərbaycana Amerika Birləşmiş Ştatları tərəfindən hər cür, o cümlədən humanitar yardım göstərilməsi qadağan edilirdi.

1. Heydər Əliyevin Azərbaycan Respublikasının Prezidenti seçilməsi və xarici siyasət kursumuzun müəyyənləşdirilməsi

Bəhs etdiyimiz dövrdə Naxçıvan Muxtar Respublikasında hadisələr tamamilə fərqli şəkildə cərəyan edirdi. Naxçıvan MR Ali Məclisinin sədri Heydər Əliyev böyük siyasi zəkası və diplomatik manevr bacarığı ilə üzləşdiyi çətinlikləri bir-bir aşmış, Muxtar Respublikanın inkişaf və tərəqqisini təmin etmişdi. Qarabağla paralel olaraq Naxçıvan torpaqlarına göz dikən erməni quldurları geri otuzdurulmuş, həyata keçirilən tədbirlər nəticəsində bu təcavüz 57 dövlət tərəfindən pislənilmiş, eyni zamanda Naxçıvanın təhlükəsizliyinin Türkiyə tərəfindən qorunması təmin edilmişdi. Heydər Əliyevin Naxçıvana rəhbərlik etdiyi dövrdə istər daxili, istərsə də xarici uğurlu siyasətin həyata keçirilməsi Muxtar Respublikanı olduqca yüksək səviyyədə inkişaf etdirmişdi. Naxçıvanda olan tərəqqini böyük məmnuniyyətlə izləyən Azərbaycan xalqı artıq böyük liderin onlara rəhbərlik etməsi üçün ardı – arası kəsilməyən çağırışlar ünvanlamağa başlamışdılar. Belə çağırışlardan biridə 91 nəfər tanınmış Azərbaycan ziyalisinin 1992 – ci il oktyabrın 16 – da Heydər Əliyevə ünvanladığıları “Azərbaycan sizin yolunuzu gözləyir” çağırışı idi. Xalqın çağırışına səs verən Heydər Əliyev 1992 – ci il noyabrın 21 – də Naxçıvanda Yeni Azərbaycan Partiyasının təsis konfransının keçirilməsinə nail oldu. Beləliklə Yeni Azərbaycan Partiyası yaradıldı. Partiyanın proqramında dövlət müstəqilliyinin möhkəmləndirilməsi, ərazi bütövlüyü, sivilizasiyalı demokratik hüquqi dövlət, möhkəm əmin-amanlıq və ictimai həmrəylik kimi məsələlər yer almışdı. Bu isə partiyanın tutacağı xarici siyasət yolunun bu bəyanatda açıqlanması demək idi (Abdullayev vd., 2019, s. 361 – 362).

Ölkədə vəziyyətin daha da qəlizləşməsindən sonra xalqımızın lideri ünvanlanan çağırış və xahişləri nəzərə alaraq 1993–cü ilin iyun ayının 15–də Bakıya gəldi. Məhz bu gün Azərbaycan tarixində Qurtuluş günü kimi qalmaqdadır. 1993 – cü il iyun ayının 24 – də respublika prezidentinin səlahiyyətləri Ali Sovetin sədri Heydər Əliyevə həvalə edildi. Bundan sonra ölkəmiz siyasi sabitlik, inkişaf və tərəqqi yoluna qədəm qoydu. Daxili sabitliyi təmin edən Ümumilli lider, bundan sonra uğurlu xarici siyasət kursunun əsasını qoydu. Uğura atılmış ilk addımların nəticəsi olaraq Azərbaycan xalqı öz layiqli seçimini etdi. 1993–cü il oktyabrın 3–də Heydər Əliyev Prezident seçkilərində layiqli qələbə qazanaraq Azərbaycan Respublikasının Prezidenti seçildi. 1993 – cü il oktyabrın 10 – da çıxışı zamanı Ulu Öndər dövlət qarşısında duran vacib məsələləri bir – bir bəyan etdi: “Dövlət

müstəqilliyini möhkəmləndirmək, müstəqil dövlət sistemini yaratmaq, dövlət atributlarını möhkəmləndirmək və inkişaf etdirmək, ərazi bütövlüyünü və Azərbaycan Respublikasının tam suverenliyini təmin etmək, ölkəni müharibə vəziyyətindən çıxarmaq" (Məmmədov, 2012, s.5). Ölkənin bütün sahələrində yenidənqurma siyasəti həyata keçirən Ümummilli lider xarici siyasət kursumuzu da yenidən qurur və bu çıxışı ilə bilavasitə onun istiqamətlərini müəyyən edirdi. Müstəqil Azərbaycan Respublikasının xarici siyasət konsepsiyası 1995 – ci il noyabrın 12 – də qəbul edilmiş Konstitusiamızın 10–cu maddəsində də öz əksini tapmışdı: “Azərbaycan Respublikası başqa dövlətlərlə münasibətlərini hamılıqla qəbul edilmiş beynəlxalq hüquq normalarında nəzərdə tutulan prinsiplər əsasında qurur.” (Məmmədov, 2011, s. 4).

Bundan sonra Heydər Əliyevin qarşısında olduqca mühim bir yol dururdu. O, Azərbaycanın milli maraqlarını nəzərə alan, ölkəmizi informasiya blokadasından çıxaran, dövlətimizin inkişaf və tərəqqisini təmin edən xarici siyasət yürütməli idi. Bütün reallıqları nəzərə alan dahi şəxsiyyət nəyi necə həyata keçirəcəyini olduqca yaxşı bilirdi. Çünki o dahi strateq, bacarıqlı diplomat idi. Ulu öndərin bu keyfiyyətlərindən danışarkən biz Həsən Həsənovun “Heydər Əliyev zamanəmizin görkəmli diplomatıdır” məqaləsində yazmış olduğu fikirləri bir daha diqqətə çatdırıb bilirik “1993–cü ilin yayında Heydər Əliyevin Azərbaycanda hakimiyyətə qayıdışı dövlətçiliyin, o cümlədən, xarici siyasətin təməlinə qədər dağılmasına gətirib çıxara biləcək dəhşətli prosesləri dayandırdı. O vaxt mən Azərbaycan Respublikasının BMT – də daimi nümayəndəsi işləyirdim və respublikamızda ümumi siyasi böhranın aradan qaldırılması prosesinin ilk günlərindən orada – Nyu – Yorkda, müxtəlif ölkələrdən olan diplomatların əhatəsində biz gənc respublikanın xarici siyasi və diplomatik fəaliyyətində baş verən dəyişikliklərin səmərəliliyinə əmin olur, rəhbərliyin gücünü, iradəsini və peşəkarlığını təcrübədə hiss edirdik.” (Həsənov, 2013, s.6).

2. Heydər Əliyevin rəhbərliyi altında Azərbaycan Respublikasının həyata keçirdiyi xarici siyasət

Heydər Əliyevin xarici siyasətdə atdığı ilk addımlardan biri Ermənistanla danışıqların bərpa edilməsi olur. Çünki, nizami ordunun olmaması və silahlı qüvvələrin modern standartlara cavab verməməsi müharibədə bizim uğursuzluğumuza səbəb olmuşdu. Bu mənfi tendensiyanın qarşısını almağın, Azərbaycan ordusunu kifayət qədər gücləndirməyin vacib olduğunu anlayan Heydər Əliyev zaman qazanmaq, Azərbaycanı informasiya blokadasından çıxarmaq, iqtisadi inkişafımızı və modern ordu quruculuğunu həyata keçirmək üçün vaxt əldə etməyin olduqca mühüm olduğunu başa düşürdü. 1994–cü ilin aprelində Ermənistanın himayəçisi Rusiya atəşkəs üçün Azərbaycana münasibətdə alçaldıcı layihə təklif etdi. Rusiyanın məqsədi regionda mövqelərini saxlamaq, ağılasız siyasəti və iqtisadi güzəştlər əldə etmək idi. Lakin Dahi Lider diplomatik manevr edərək danışıqlarda Azərbaycan Xalqının milli maraqlarını müdafiə etdi. 1994–cü il mayın 8–də Bışkekdə protokol imzalandı. Bu protokola əsasən 1994–cü ilin mayın 12–dən cəbhədə atəşkəs təmin olundu. Heydər Əliyevin həyata keçirdiyi tədbirlərdən ən önəmlisi isə “Əsrin Müqaviləsi” oldu. Bu layihə təkcə iqtisadi güc qazanmaq baxımından deyil, eyni zamanda Azərbaycanın xarici siyasətinin qüvvələnməsi baxımından da olduqca əhəmiyyətli idi. 1994–cü il Sentyabrın 20–də ABŞ, Rusiya, Böyük Britaniya, Səudiyyə Ərəbistanı, Norveç və Türkiyə şirkətləri ilə “Əsrin Müqaviləsi” imzalandı. Bu müqavilənin imzalanması Azərbaycan diplomatiyasının növbəti qələbəsi oldu. Çünki, müharibə şəraitində olan bir ölkə ilə bu cür həyatı əhəmiyyətli müqavilənin imzalanması kifayət qədər riskli idi. Lakin Heydər Əliyev tərəfdaşlarını layihənin uğurlu olacağına inandırıb bilmişdi. Bu müqavilə ilə Azərbaycan olduqca böyük iqtisadi resurslar əldə edəcəkdi. Həmçinin Azərbaycan bu müqaviləni imzalamqla dünyaya bir daha tam müstəqil dövlət olduğunu nümayiş etdirmiş oldu. Bu müqavilə Azərbaycan Xalqına sabitlik, iqtisadi inkişaf və firavanlıq gətirəcəkdi. Xarici siyasətdə atılan addımlardan ən əhəmiyyətli olanlarından biri isə qardaş Türkiyə ilə münasibətlərin inkişaf etdirilməsi idi. Heydər Əliyev bu münasibətlərdə “Bir Millət, İki Dövlət” konsepsiyasını irəli sürmüşdü. O, hakimiyyətdə olduğu illərdə Türkiyənin dövlət və hökumət heyətləri ilə çoxsaylı görüşlər və məsləhətləşmələr keçirmişdi. Azərbaycan istər “Əsrin Müqaviləsi”, istərsə də digər həyatı əhəmiyyətli layihələrdə Türkiyənin maraqlarını müdafiə edirdi. “Əsrin Müqaviləsi” imzalanarkən Türkiyənin payı 1,75 faiz olsada Azərbaycan qardaş ölkəyə öz payından daha 5 faiz əlavə ayırdı. Ulu Öndər həyata keçirdiyi xarici siyasətlə beynəlxalq arenada Türkiyə kimi oluca mühüm tərəfdaş

qazanmışdı. Azərbaycanla Türkiyə arasında çoxsaylı müqavilələr imzalanmışdı. Türkiyə Qarabağ münaqişəsində Azərbaycanı müdafiə etmiş, 1993-cü ildə Ermənistanla sərhədləri bağlayıb, işğal etdiyi torpaqları geri qaytarmayana qədər onunla heç bir sahədə əməkdaşlıq etməyəcəyini bəyan etmişdi. 1997 – ci ildə martın 24 – də Türkiyənin Xarici İşlər Nazirliyi Ermənistanı qanunsuz olaraq Rusiyanın silah göndərməsinə etiraz olaraq bəyanat vermişdi. Həmçinin Türkiyə ordusu NATO – nun kifayət qədər ən güclü ordusu hesab edilirdi. Məhz bu səbəblərə görə ikitərəfli münasibətlərin inkişafı fonunda Türkiyə Silahlı Qüvvələrinin Azərbaycan ordusunun yenidənqurulması və inkişafında iştirakı təmin edilmişdi. Heydər Əliyev Rusiya ilə əlaqələrdə reallıqları nəzərə alaraq siyasət həyata keçirilməsinin tərəfdarı idi. O, Rusiya ilə 200 illik tarixi bağlarımızı qeyd edir və bu bağların birdən–birə sökülüb atılmasının mümkün olmadığını vurğulayırdı. Üstəlik Qarabağ məsələsində də, Rusiyanın təsir dairəsi olduqca böyük idi. Məhz bu səbəblərə görə Rusiya ilə kifayət qədər ehtiyatlı siyasət həyata keçirilməli idi. “Əsrin Müqaviləsinin” imzalanmasında da diplomatik manevrlə Rusiyanın mane olmasının qarşısı alınmışdı. 1995 – ci ildə Rusiya ilə Azərbaycan arasında müxtəlif sahələrdə əməkdaşlıqla bağlı 8 sənəd imzalanmışdı. Heydər Əliyev zaman – zaman Rusiyanın Ermənistanı silahlandığını açıq şəkildə bildirib, öz etirazını qeyd edirdi. Belə çıxışlarından birində Ulu Öndər 1997 – ci ildə Türkiyədə iş adamları ilə görüşdə etmişdi. Lakin, Heydər Əliyev Rusiya ilə münasibətlərin saxlanılmasının tərəfdarı idi. O, hakimiyyəti dövründə Rusiyaya çoxsaylı səfərlər etmişdi. 2001 – ci il 9 – 10 yanvar tarixlərində isə Rusiya Prezidenti Vladimir Putinin Bakıya rəsmi səfəri olmuşdu. Həyata keçirilən tədbirlər nəticəsində Azərbaycan Rusiyanın Qarabağ problemində bitərəfliyini təmin etmişdi (Azərbaycan Tarixi Yeddi cildə - 7 cild, 2008, s. 271 – 306).

Heydər Əliyev dünyanın fəvqəldövləti olan Amerika Birləşmiş Ştatları ilə də münasibətlərə olduca böyük önəm verirdi. “Əsrin Müqaviləsi”nin imzalanması ikitərəfli münasibətlərin inkişafında olduqca mühüm addım oldu. Dahi Liderin Amerika Birləşmiş Ştatlarına ilk rəsmi səfəri 1997 – ci ilin iyul – avqust aylarında oldu. Bu tarixdən etibarən əlaqələr daha da intensivləşdi. 2000 – ci ilin fevral və sentyabr aylarında Heydər Əliyev Amerika Birləşmiş Ştatlarında növbəti dəfə səfərlərdə oldu. Münasibətlərin inkişafı üçün tərəflər arasında mühüm sənədlər imzalandı. 2001 – ci il sentyabrın 11 – də Amerika Birləşmiş Ştatlarında terror hadisələri törədilərkən Azərbaycan Amerika Birləşmiş Ştatlarını müdafiə etmiş, antiterror əməliyyatlarına qoşulacağını bəyan etmişdi. Ölkəmiz Kosova, İraq və Əfqanıstanda sülhməramlı olaraq xidmət göstərmişdir. Atılan addımların nəticəsi olaraq 2001 – ci ilin oktyabrında Amerika Birləşmiş Ştatları “Azadlığa dəstək aktı”na ədalətsiz 907 – ci düzəlişi dayandırdı. Bu Heydər Əliyev diplomatiyasının növbəti uğuru idi. Pakistanla da yüksək səviyyəli əlaqələr quruldu. Qardaş Türkiyədən sonra Pakistan Azərbaycanın ən yaxın tərəfdaşına çevrildi. Gürcüstanla olduqca mehriban və qarşılıqlı fayda əsasında əlaqələr quruldu. Həyatı əhəmiyyətə malik layihələrin Avropaya çatdırılmasında Gürcüstandan keçən marşrut xətləri hər iki ölkənin iqtisadiyyatına çoxlu töhfə vermiş oldu. Heydər Əliyev Avropanın qabaqcıl ölkələri olan Böyük Britaniya, Fransa, İtaliya, İspaniya, Almaniya və digər ölkələrlə əlaqələri inkişaf etdirib, faydalı əməkdaşlıqlar qurdu. Həmçinin keçmiş Sovet respublikaları ilə əlaqə və əməkdaşlıqlar inkişaf etdirildi (Məmmədov, 2010, s. 5).

Heydər Əliyevin Çin və Yaponiyaya səfərləri diplomatiya tariximizdə yeni mərhələnin başlanğıcını qoydu. Bu dövlətlərlə də olduqca səmərəli əlaqələr quruldu (Abdullayev, 2006, s. 435).

Bu dövrdə Mərkəzi Asiyadakı Türk dövlətləri ilə də əlaqələr genişləndirilmiş, bir sıra sahələrdə əməkdaşlıqlar qurulmuşdur. 2000 – ci il aprelin 8 – də Bakıda Azərbaycan, Türkiyə, Qazaxıstan, Qırğızıstan, Özbəkistan və Türkmənistanın iştirakı ilə Türkdilli dövlətlərin altıncı zirvə görüşü keçirilmişdir (Ruintən, 2005, s. 158 – 174).

Ümumilli Lider Xarici siyasətdə təkcə ölkələrlə deyil, həmçinin beynəlxalq təşkilatlarla da əlaqələrə olduqca böyük əhəmiyyət verirdi. Azərbaycan 1993 – cü il sentyabrın 24 – də MDB – yə daxil oldu. Bununlada ölkəmiz MDB blokunda ona qarşı yaradıla biləcək koalisiyanın qarşısını almış oldu. 1994 – cü il mayın 4 – də Azərbaycan NATO – nun “Sülh Naminə Tərəfdaşlıq” proqramına qoşuldu. Bu ölkəmiz üçün olduqca vacib və ordumuzun inkişafı üçün əhəmiyyətli addım idi. 1997 – ci ildə Azərbaycan, Ukrayna, Moldova və Gürcüstan arasında “GUAM” bloku təşkil olundu. Təşkilatın yaranma səbəbi Rusiyanın hegemonluğuna yol vermədən ölkələr arasında əməkdaşlığı dərinləşdirmək məqsədi idi. 1999 – cu il aprelin 4 – də Özbəkistan da bu təşkilata qoşuldu (Azərbaycan

– NATO: Tərəfdaşlıqdan Başlanan Yol (1994 – 2009), 2009, s.94 – 99). Ulu Öndər Avropa Şurası və Avropa İttifaqı ilə da geniş əlaqələr qurulmasının vacibliyini olduqca yaxşı başa düşürdü. Görülən tədbirlərin nəticəsi olaraq 2001 – ci il yanvarın 25 – də Azərbaycan Avropa şurasına tam hüquqlu üzv qəbul edildi. Beləliklə ölkəmiz demokratik və insan azadlığına əsaslanan dövlət quruculuğu prosesində böyük addım atmış, Avropaya yaxınlaşmış oldu (Qafarova, 2013, s. 11). Həmçinin Heydər Əliyev xarici siyasətinin nəticəsi olaraq uğurlu TANAP, TAP, TRASEKA kimi layihələrin həyata keçirilməsi üçün mühüm addımlar atıldı. Ölkəmiz İslam Ümməti ölkələri ilə əlaqələri genişləndirib layiqli nüfuz qazanaraq, İslam Konfransı təşkilatının fəal üzvünə çevrildi (Əsgərov, 2011, s. 7).

Əbədiyaşar Lider xarici siyasətdə atdığı ən mühüm addımlardan biri də Azərbaycan Diasporunun Xarici ölkələrdə gücləndirilməsi oldu (Əliyeva, 2011, s. 5).

Nəticə

Heydər Əliyev Azərbaycan Respublikasının Prezidenti kimi fəaliyyəti ərzində 80 – ə dək ölkənin dövlət başçısı ilə 500 – dən çox görüş keçirdi. Xalqımızın Milli Mənafeyini müdafiə edən Ümumilli Lider görüşlərdə Azərbaycanın maraqlarını qorumuş, Qarabağ məsləhətdə olan həqiqəti bütün dünyaya reallıqları ilə çatdırmağı bacarmışdı. Görülən tədbirlər nəticəsində Azərbaycan informasiya blokadasından çıxmış, dünya siyasətinin mərkəzinə çevrilmişdir (Əhmədov, 2013, s. 4). Dünyada arzu olunan tərəfdaşa çevrilən Azərbaycan, bütün həyatı əhəmiyyətə malik layihələrin Ermənistandan yan keçməsinə nail olmuşdur. Bu gün uğurlu xarici siyasət kursunun əsasını qoyan Ümumilli Liderin layiqli davamçısı olan Cənab İlham Əliyev Azərbaycanın maraqlarını müdafiə edir və onu dünyada lider dövlətə çevirir. Məhz bu uğurlu xarici siyasətin davamı olaraq Azərbaycan 44 günlük Vətən Muharibəsində Ermənistan üzərində layiqli qələbə qazandı və bütün dünya birliyi bu haqq işimizi qəbul etdi.

Ədəbiyyat

1. Abdullayev, M. Q., Əliyərli, S. S., Süleymanova, S. Y., Məmmədov, X. M., Bayramov, Z. H., Babayeva, T. K., Nəsiyov, Y. M., Şabiyev, B. Ş., Mehdiyev, Ə. B., Hüseynli, R. S., Məmmədov, K. H., Əliyeva, L. A., Süleymanlı, R. H., Şirinova, Ə. Q., Cavanşir, N. A., Həsənov, Ə. H., İbrahimova, Ü. Ə., Cavadova, A. S., Məmmədova, A. Ə. (2019). Azərbaycan tarixi (ən qədim zamanlardan – XXI əsrin ilk onilliklərində). “Bakı Universiteti” nəşriyyatı.
2. Abdullayev, M. İ. (2006). Beynəlxalq Münasibətlər Tarixi (xx əsr). “Təhsil” EİM, ABU – nun “Nəşriyyat və poliqrafiya” mərkəzi
3. Azərbaycan – NATO: Tərəfdaşlıqdan Başlanan Yol (1994 – 2009), (2009), Heydər Əliyev İrsini Araşdırma Mərkəzi.
4. Azərbaycan Tarixi Yeddi cildə - 7 cild, (2008), “Elm” nəşriyyatı.
5. Cəbrayilov, R. (2010 İyul 14). Azərbaycanın müstəqilliyinə etibarlı təminat yaradan lider. “Xalq qəzeti”, №: 149. S. 5.
6. Əhmədov, E. (2013, 9may). Heydər Əliyevin xarici siyasət kursu yeni mərhələdə dinamik şəkildə inkişaf etdirilir. “Xalq qəzeti”, №: 99. S. 4.
7. Əliyeva, N. (2011. 20 mart). Azərbaycanın dövlət müstəqilliyinin əbədləşdirilməsi Heydər Əliyevin tarixi xidmətlərindən biridir. “Xalq qəzeti”, №: 63. S. 5.
8. Əsgərov, Z. (2011, 7may). Heydər Əliyevin xarici siyasət strategiyası və Azərbaycanın milli təhlükəsizliyi. “Azərbaycan”, №: 98. S. 7.
9. Həsənov, H. (2013, 19 aprel). Heydər Əliyev zamanımızın görkəmli diplomatıdır. “Yeni Azərbaycan”, № 68. S. 6.
10. İsmayilov, İ.(2009). Heydər Əliyev və Azərbaycanın müstəqillik konsepsiyası. “Dirçəliş XXI əsr”, №:133-134. S. 101 – 110.
11. Qafarova, S.(2013, 10 aprel). Heydər Əliyevin xarici siyasət kursu və AŞPA. “İki sahil”, №: 61. S. 11.
12. Məmmədov, N. (2010, 9 may). Heydər Əliyev və xarici siyasətin Azərbaycan modeli. “Xalq qəzeti”, №: 100. S. 5.

13. Məmmədov, N. (2011, 14 aprel). Heydər Əliyevin xarici siyasət konsepsiyası uğurlu bəhrələrini verir. "Azərbaycan", №: 78. S. 4.
14. Məmmədov, N.(2012, 26 aprel). Uğurlu xarici siyasətin banisi. "Azərbaycan", №: 90. S. 5.
15. Ruintən, S. (2005). Azərbaycan Türk Dövlətləri ilə siyasi əlaqələr sistemində (XX əsrin 90 – cı illəri). "Adiloğlu" nəşriyyatı.

DOI: <https://doi.org/10.36719/0872/03/11-15>

Aygun Hasanova
Azerbaijan State University of Economics
Master student
<https://orcid.org/0009-0006-0220-6610>
aygunhesenovaa18@gmail.com

Foreign Aid Dependency and Development: Donor Interests and Institutional Implications

Abstract

Foreign aid dependency and its effect on development in developing countries will be examined in this paper. In particular, the issue under review becomes extremely topical owing to declining foreign aid and changes in donor countries' policies. The major aim of the paper is to clarify the influence of foreign aid on development and examine how it is determined by good governance. Methodologically, the present study employs the analysis of empirical evidence from the literature.

The analysis demonstrates that despite the positive effect of foreign aid on short-term growth, in the long run, it creates dependency, increases fiscal irresponsibility, and affects the quality of institutions in a negative manner. Moreover, the interests of donor states play an important role in the decision-making process and significantly affect the political sovereignty of the countries receiving foreign aid. From this point of view, the efficiency of foreign aid strongly depends on good governance.

Keywords: *foreign aid, dependency, development, international, economic, donor, governance*

Aygün Həsənova
Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti
Magistrant
<https://orcid.org/0009-0006-0220-6610>
aygunhesenovaa18@gmail.com

Xarici yardım asılılığı və inkişaf: Donor maraqları və institusional təsirlər

Xülasə

Bu tədqiqat xarici yardımdan asılılığın inkişaf etməkdə olan ölkələrdə iqtisadi və siyasi inkişaf üzərində yaratdığı təsirləri təhlil edir. Mövzu xüsusilə qlobal miqyasda rəsmi inkişaf yardımlarının azalması və donor siyasətlərinin transformasiyası fonunda aktualıq kəsb edir. Tədqiqatın əsas məqsədi xarici yardımın inkişaf proseslərinə təsir mexanizmlərini müəyyən etmək və bu təsirlərin idarəçilik keyfiyyəti ilə necə şərtləndiyini ortaya qoymaqdır. Metodoloji olaraq işdə mövcud empirik tədqiqatların interpretasiyası tətbiq edilmişdir.

Araşdırma nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, xarici yardım qısamüddətli dövrdə iqtisadi artımı stimullaşdırarsa da, uzunmüddətli perspektivdə asılılıq yarada, fiskal məsuliyyəti zəiflədə və institusional keyfiyyətin pisləşməsinə səbəb ola bilər. Bundan əlavə, donorların strateji maraqları yardım siyasətlərinin formalaşmasında mühüm rol oynayır ki, bu da alıcı ölkələrin siyasi suverenliyinə təsir göstərir. Əldə olunan nəticələr göstərir ki, xarici yardımın effektivliyi əsasən ölkənin idarəçilik səviyyəsi və institusional inkişafı ilə şərtlənir.

Açar sözlər: *xarici yardım, asılılıq, inkişaf, beynəlxalq, iqtisadi, donor, idarəçilik*

Зависимость от иностранной помощи и развитие: интересы доноров и институциональные последствия

Резюме

Данное исследование анализирует влияние зависимости от иностранной помощи на экономическое и политическое развитие развивающихся стран. Актуальность темы обусловлена сокращением объемов официальной помощи развитию и трансформацией политики доноров. Основная цель исследования — выявить механизмы воздействия внешней помощи на развитие и определить роль качества управления в этих процессах. В методологическом плане используются интерпретация существующих эмпирических исследований.

Результаты показывают, что иностранная помощь может стимулировать экономический рост в краткосрочной перспективе, однако в долгосрочном периоде она способствует формированию зависимости, снижению фискальной ответственности и ухудшению институционального качества. Кроме того, стратегические интересы доноров существенно влияют на политику помощи, затрагивая политический суверенитет стран-реципиентов. Полученные выводы подчеркивают, что эффективность помощи во многом зависит от уровня управления и институционального развития, что требует более скоординированных и прозрачных механизмов международной помощи.

Ключевые слова: *иностранная помощь, зависимость, развитие, международный, экономический, донор, управление*

Introduction

Foreign aid has been perceived as a pivotal tool for economic growth, poverty reduction, and reforming institutions of developing countries for many decades now. However, the efficacy of such assistance continues to be a disputable issue. According to previous studies, the results of foreign aid differ across regions and highly depend on the quality of institutions (Knack, 2001). Despite these findings, there still seems to be a deficiency in taking into consideration geopolitics and the changing nature of foreign aid distribution amid the growing multipolarity.

This work will try to fill in the identified void by analyzing the correlations between foreign aid dependency, quality of governance, and results of foreign aid. Specifically, the study intends to: (1) examine the economic and political implications of foreign aid, and (2) estimate the effect of donor motivations on aid effectiveness. The main thesis of the paper claims that foreign aid leads to positive results only if institutional capabilities are high; otherwise, it can trigger dependency and result in negative outcomes.

The main scientific value of the research is associated with its integrative character, combining economic, political, and institutional features of foreign aid in the new global context. The significance of the research from the standpoint of theory can be found in reconsideration of dependency theories, considering geopolitics, whereas its practical value resides in provision of policy implications aimed at increasing the efficiency of foreign aid.

1. Foreign Aid Dependency and Structural Implications

The concept of foreign aid dependency represents a multifaceted process that involves various aspects of international political economy and development studies. One of the key aspects associated with the notion of dependency is its link to the idea of asymmetry between core and peripheral states. It implies that foreign aid can contribute to further inequality and dependency of the receiving countries instead of solving the problems that cause these issues (Al Mokdad, 2025). As such, foreign aid does not only play an economic role in development; it can have serious implications for shaping the long-term development trajectory of the recipient state.

Based on the theory mentioned above, the decrease in foreign aid can pose considerable risks concerning the future human development in developing countries. First, the lack of external funding can limit the amount of investments into basic spheres of activity, such as healthcare, education, and infrastructure (Chang, 2026). Second, aid dependence might lead to macroeconomic imbalances, such

as Dutch disease, which refers to decreased national competitiveness caused by large inflows of foreign money (Al Mokdad, 2025).

It should be emphasized that such a connection also implies that the issue of aid dependency and sovereignty cannot be neglected. In particular, aid flows are often conditioned by numerous requirements associated with fiscal policy and even the overall political process. In such conditions, countries tend to follow policies dictated by donor institutions to secure the necessary external funding, thus limiting their political independence. The experience of various developing countries shows the increasing trends towards reducing foreign aid flows in order to protect national sovereignty (Al Mokdad, 2025).

Overall, it is evident that such structural processes imply the complexity of the issue of aid dependency because it cannot be limited solely to the level of external funding or its continuity. Rather, it involves certain dynamics associated with the interaction of aid flows with the domestic economic system and policy independence. Thus, the issue of mitigation should not only focus on reducing dependency but also involve efforts to reconfigure the way of aid integration.

However, this aspect can be explored further by focusing on internal factors that affect the structural implications associated with foreign aid dependency. In particular, the roles played by governance systems, institutional resilience, and politics should be considered to understand whether dependency will increase as a result of foreign aid.

2. Governance, Geopolitics, and Aid Effectiveness

Considering all of the above, the process of development of the dependency of states from foreign aid cannot be analyzed in full scope without changing the focus of investigation from the structures that have already been discussed to those pertaining to the domestic institutional arrangements and the geopolitical landscape regulating the provision of assistance. As the inflow of money creates preconditions for dependency, it is domestic institutions that define how exactly these preconditions will develop further. It is therefore necessary to treat foreign aid not as an exogenous element with identical impacts regardless of its context but as an instrument whose application results will depend heavily on political, administrative, and state-society institutional contexts.

Moreover, aid efficacy is conditioned to the quality of existing governance mechanisms (Dercon, 2025, p. 11). In countries where governance systems are well-functioning, foreign funds can serve as a source for complementary investments and support sustainable development. In cases when institutions are weak, the provision of financial assistance will only worsen the situation by fostering corruption and reducing transparency (Knack, 2001, p. 312) as well as encouraging rent-seeking behavior (Johnson & Subramanian, 2005, pp. 22–23). In other words, governance turns out to be another mediating variable in the foreign aid-development interaction.

Furthermore, geopolitics plays a role of increasing importance in foreign aid policies (Dercon, 2025, p. 9). As donor states usually make decisions to provide financial assistance depending on their political, military, and economic interests, a variety of new actors emerge to challenge traditional dominance (Dercon, 2025, p. 26). This factor results in fragmentation of global aid governance that can undermine its efficiency (Dercon, 2025, p. 9). At the same time, however, there are ideas on how artificial intelligence can be used to minimize negative effects of foreign aid (Lainjo, 2025, p. 45).

On balance, the international practice of designing and implementing foreign aid policies reflects particular priorities and interests of involved parties. These priorities can be different based on the quality of a country's institutions and the degree of attention this country is paying in terms of foreign aid programs. Over the past decades, the shift from liberal ideologies in designing and providing aid took place. Even though some countries find this aid unwelcome, it nonetheless remains significant in shaping development processes in negative ways. It is important to build strong coordination mechanisms among international donors to maximize the potential of aid programs in question.

Conclusion

Aim of the research project is to evaluate the impact of foreign aid on development taking into consideration such factors as quality of governance and donor's interests. It can be seen that research

goals have been successfully achieved since both the theoretical and practical aspects of aid dependence have been carefully studied and tested.

Key findings from the research include the following:

- Aid creates dual impacts; it brings short-run economic gains but also causes dependency.
- Institutional quality determines aid efficiency.
- The interest of donor states plays an important role in aid allocation and effects.
- Aid dependence leads to loss of budget control and loss of sovereignty.
- The emergence of the multipolar aid regime poses new challenges.

Some recommendations which could be considered in light of these findings include the following:

—Recipient states need to pay special attention to governance reforms and capacity-building.

—Donors must become more transparent and align their policies with development needs of recipient countries.

—International organizations need to create better coordination mechanisms to eliminate fragmentation.

Summarizing the main conclusions one may note that reducing aid dependency and improving aid efficiency requires a multidimensional approach.

References

1. Al Mokdad, A. (2025). The Aid Industrial Complex: Analyzing Power Structures, Dependency Dynamics, and Reform Pathways in a Disrupted Global Order.
2. Chang, A. (2026). Rockefeller Foundation Calls for Urgent, Coordinated Response to Record Decline in Global Aid, per New OECD Data. Retrieved from <https://www.rockefellerfoundation.org/news/rockefeller-foundation-calls-for-urgent-response-decline-global-aid-new-oecd-data/>
3. Dercon, S. (2025). Rethinking aid in a contested world. Kiel: Kiel Institute for the World Economy.
4. Johnson, S., & Subramanian, A. (2005). Aid, Governance, and the Political Economy: Growth and Institutions. Retrieved from https://www.imf.org/-/media/websites/imf/imported-events/external/np/seminars/eng/2005/famm/pdf/_johnsopdf.pdf
5. Knack, S. (2001). Aid Dependence and the Quality of Governance: Cross-Country Empirical Tests. *Southern Economic Journal*, 68(2), 310-329.
6. Lainjo, B. (2025). The Restrictive Impact of Foreign Aid on Education, Healthcare, and Economic Growth: Exploring the Pragmatic Benefits of Artificial Intelligence. *Journal of Management and Sustainability*, 15(1), 36-50.
7. Hong Bo et al., *The British Accounting Review*, <https://doi.org/10.1016/j.bar.2024.101472>
8. Thian-Hee Yiew, Evan Lau. "Does foreign aid contribute to or impeded economic growth?". *Journal of International Studies* 3:21-30.
9. Stark L, Jorgenson Diener K, Leeson K, et al. Supporting self-reliance for displaced and host populations: insights from the Self-Reliance Index across 16 countries. *BMJ Glob Health* 2025;10:e021125. doi:10.1136/bmjgh-2025-021125
10. Pham, Thi Kim Cuong; Pham, Ngoc-Sang (2017) : Economic growth and escaping the poverty trap: how does development aid work?, FERDI Working Paper, No. P197, Fondation pour les études et recherches sur le développement international (FERDI), Clermont-Ferrand
11. De Renzio, Paolo (2011) : Buying better governance: The political economy of budget reforms in aid-dependent countries, GEG Working Paper, No. 2011/65, University of Oxford, Global Economic Governance Programme (GEG), Oxford
12. Chala Amante Abate (2022) The relationship between aid and economic growth of developing countries: Does institutional quality and economic freedom matter?, *Cogent Economics & Finance*, 10:1, 2062092, DOI: 10.1080/23322039.2022.2062092

Nihad Məmmədov
Bakı Dövlət Universiteti
Magistr

<https://orcid.org/0009-0000-5902-3475>
mammadovnihad@outlook.com

Bulud mühitinə miqrasiya prosesində şəxsi məlumatların (PII) qorunması üçün risk əsaslı hibrid modelin işlənilib hazırlanması və qiymətləndirilməsi

Xülasə

Bu məqalə müəssisə informasiya sistemlərinin yerli (on-premise) mühitdən bulud platformalarına miqrasiyası zamanı şəxsi məlumatların (PII – Personally Identifiable Information) qorunması problemini araşdırır. IBM-in 2024-cü il hesabatına görə məlumat pozuntularının global orta dəyəri 4,88 milyon ABŞ dollarına çatmış, pozuntu hallarının 46%-i müştəri PII-ni əhatə etmişdir (IBM, 2024). Mövcud bulud-yerli qoruma həlləri yüksək tətbiq xərcləri, mürəkkəb integrasiya tələbləri və satıcı asılılığı səbəbindən xüsusilə köhnə sistemlərə malik çox sayda təşkilat üçün əlçatan deyil. Tədqiqat çərçivəsində şifrələmə, nişanlaşdırma (tokenizasiya) və məlumat maskalama kimi mövcud yanaşmalar müqayisə edilmiş, onların əsas çatışmazlıqları müəyyən edilmişdir. Bu boşluqları aradan qaldırmaq üçün PII məlumatlarının risk əsaslı təsnifatını, seçici kriptografik qorumanı, Isolation Forest əsaslı anomaliya monitorinqini və audit jurnal qeydlərini birləşdirən altı qatlı hibrid model təklif olunmuşdur. Modelin üç komponenti Python Faker kitabxanası köməyi ilə yaradılmış 50000 qeydlik sintetik məlumat dəsti üzərində qiymətləndirilmişdir (20% PII məlumatı, 3 müxtəlif PII növü). Nəticədə PII aşkarlanması üçün F1 göstəricisi 0,992 (dəqiqlik 1,000, tam əhatə 0,984), Isolation Forest əsaslı anomaliya aşkarlama F1 göstəricisi 0,720 (tam əhatə 1,000, yanlış-müsbət dərəcəsi 7,7%) əldə edilmişdir. Hibrid model, 20000 qeyd üçün tam şifrələmə ilə müqayisədə şifrələmə mərhələsində emal vaxtını 10.8% azaldır. Bu nəticələr təklif olunan arxitekturanın bulud miqrasiyası zamanı PII qorunması üçün potensial olaraq resurs baxımından səmərəli yanaşma olduğunu ilkin empirik olaraq dəstəkləyir.

Açar sözlər: *bulud hesablama, məlumat təhlükəsizliyi, şəxsi məlumatlar, PII, risk əsaslı məlumat təsnifatı, anomaliya aşkarlanması, Isolation Forest, seçici kriptografiya, bulud miqrasiyası, daxili təhdidlər*

A Risk-Oriented Hybrid Modeling Approach for Securing Personally Identifiable Information in Cloud Migration Ecosystems

Abstract

This paper investigates the problem of securing personally identifiable information (PII) during the migration of enterprise information systems from on-premise environments to cloud platforms. According to the IBM Cost of a Data Breach Report 2024, the global average breach cost reached USD 4.88 million, with 46% of breaches involving customer PII (IBM, 2024). Existing cloud-native protection solutions are inaccessible to many organisations — particularly those operating legacy systems — due to high deployment costs, complex integration requirements, and vendor lock-in. This study provides a conceptual comparative analysis of prevailing protection approaches (encryption, tokenisation, data masking), identifies their principal limitations, and proposes a six-layer hybrid model integrating risk-based PII classification, selective cryptographic protection, Isolation Forest-based anomaly monitoring, and audit logging. Three model components are prototyped and evaluated on a controlled 50,000-record synthetic dataset (20% PII, three PII types), yielding a record-level PII detection F1-score of 0.992 (precision 1.000, recall 0.984) and an Isolation Forest anomaly detection F1-score of 0.720 (recall 1.000, false positive rate 7.7%); the hybrid model reduces encryption-phase

processing time by 10.8% compared to full encryption at 20,000 records. These results provide initial empirical support for the proposed architecture as a potentially resource-efficient approach to PII protection during cloud migration.

Keywords: *cloud computing, data security, personally identifiable information, PII, risk-based data classification, anomaly detection, Isolation Forest, selective cryptography, cloud migration, insider threats*

Giriş

Müasir rəqəmsal transformasiya dövründə, korporativ informasiya sistemlərinin lokal mühitdən bulud platformalarına miqrasiyası strateji zərurətə çevrilmişdir. Bulud hesablamalarının tətbiqi sürətlə genişlənir: bütün sektorlar üzrə təşkilatlar iş yüklərini və həssas məlumatlarını ictimai və hibrid bulud mühitlərinə köçürür. Bu transformasiya prosesi eyni zamanda ciddi məlumat təhlükəsizliyi riskləri yaradır. IBM-in 2024-cü il hesabatı göstərir ki, məlumat pozuntularının qlobal orta dəyəri rekord 4,88 milyon ABŞ dollarına çatmış, pozuntu hallarının 46%-i müştəri şəxsi məlumatlarını əhatə etmişdir (IBM, 2024).

Şəxsi məlumatların miqrasiya prosesindəki mühafizəsini xüsusilə çətin edən bir sıra amillər mövcuddur. Birincisi, yerli sistemlər üçün qurulmuş ənənəvi perimetr müdafiəsi bulud mühitinin "birgə məsuliyyət" (shared responsibility) modeli ilə ziddiyyət təşkil edir (Hashizume və b., 2013). İkincisi, köhnə sistemlərin çoxu müasir bulud arxitekturası nəzərə alınmadan qurulduğundan miqrasiya zamanı məlumatların qoruması texniki cəhətdən problemlidir (Kshetri, 2013). Üçüncüsü, GDPR tələbləri (Tankard, 2016) və NIST SP 800-53 standartı (Joint Task Force, 2020) kimi beynəlxalq tənzimləyici çərçivələr şəxsi məlumatların idarə edilməsinə ciddi hüquqi öhdəliklər müəyyən edir.

Mövcud bulud-yerli qoruma həlləri bu riskləri müəyyən dərəcədə azaldır, lakin onların yüksək tətbiq dəyəri, mürəkkəb konfigurasiya tələbləri və satıcı asılılığı onları kiçik və orta müəssisələr üçün praktik cəhətdən əlçatmaz edir (Jain və b., 2016). Bundan əlavə, mövcud yanaşmaların əksəriyyəti statik qoruma üzərində fokuslanaraq daxili sui-istifadə risklərini nəzərə almır (Le & Zincir-Heywood, 2021). Bu iki məhdudiyyətin eyni anda həllini təmin edəcək yanaşmalar isə ədəbiyyatda kifayət qədər araşdırılmamışdır.

Bu məqalənin məqsədi miqrasiya kontekstinə uyğunlaşdırılmış risk əsaslı hibrid modeli işləyib hazırlamaq, onun prototip komponentlərini empirik şəkildə qiymətləndirmək və mövcud yanaşmalarla nəzəri müqayisəli analizini aparmaqdan ibarətdir. Tədqiqat dörd əsas suala cavab axtarır:

- Bulud miqrasiyası zamanı şəxsi məlumatlar üçün əsas təhlükə vektorları hansılardır?
- Mövcud qoruma yanaşmalarının hansı məhdudiyyətləri var?
- Risk əsaslı seçici qoruma, nəzarətli prototip şəraitində tam şifrələmə ilə müqayisədə hansı effektivlik xüsusiyyətlərini nümayiş etdirir?
- Isolation Forest əsaslı anomaliya aşkarlanması statik kriptografik qorumanı necə tamamlayır?

1. Tədqiqat

1.1. Ədəbiyyat İcmalı və Tədqiqat Boşluğu

Bulud mühitindəki məlumat təhlükəsizliyi üzrə ədəbiyyat üç əsas istiqamət üzrə inkişaf etmişdir: kriptografik qoruma, məlumat təsnifatı və anomaliya aşkarlanması. Bu bölmədə təqdim olunan icmal IEEE Xplore, ACM Digital Library və Google Scholar axtarış bazalarında "PII aşkarlanması", "bulud məlumat təsnifatı", "bulud miqrasiyası təhlükəsizliyi", "anomaliya aşkarlanması daxili təhdid" və "seçici şifrələmə bulud" açar sözləri ilə 2001–2026-cı illəri əhatə edən axtarış əsasında aparılmışdır.

Kriptografik qoruma istiqamətində Stallings (2017) simmetrik və asimmetrik alqoritmlərin nəzəri əsaslarını təqdim edir, Kaaniche və Laurent (2017) isə bulud mühitlərində kriptografik mexanizmlərin praktik tətbiqini araşdırmışdır. Hər iki iş tam şifrələmənin hesablama xərci baxımından sərfəli olmadığını qeyd edir, lakin miqrasiya proseslərində tətbiq oluna bilən alternativ təklif etmir.

Məlumat təsnifatı sahəsində Zardari və b. (2014) məxfilik səviyyəsinə görə bulud məlumatlarını kateqoriyalara ayırmaq üçün k-NN klassifikatorundan istifadə etmiş, lakin avtomatlaşdırılmış PII identifikasiyasını nəzərə almamışdır. Kulkarni və Cauvery (2021) NLP əsaslı PII aşkarlama metodunu araşdırmış, lakin məlumat miqrasiyası ssenarisini əhatə etməmişdir. Bin Sarhan və Altwaijry (2023) statik verilənlər bazaları üzərindəki PII aşkarlama üçün dərin öyrənmə modelləri tətbiq etmiş, 0,91 F1 göstəricisi əldə etmişdir; lakin bu yanaşma real zamanlı miqrasiya proseslərindən fərqlənir.

Anomaliya aşkarlanması sahəsində Le və Zincir-Heywood (2021) daxili təhdidlərin aşkarlanması üçün nəzarətsiz ansambl modelini tətbiq edərək 0,87 F1 göstəricisi əldə etmişdir. Xiao və b. (2023) qraf neyron şəbəkəsi əsaslı yanaşma ilə 3,5% dəqiqlik artımı əldə etmişdir. Liu və b. (2012) isə Isolation Forest alqoritmini təklif etmişdir. Lakin, bu işlərin heç biri miqrasiya prosesində PII-yə xas aşkarlama ilə anomaliya monitorinqini inteqrasiya etmir.

Bu icmal nəticəsində müəyyən edilən boşluqlar:

1. Məlum mənbələrə əsasən, heç bir dərc olunmuş iş miqrasiya prosesində kriptografik qorunmanı anomaliya aşkarlanması ilə birləşdirmir
2. PII aşkarlama modelləri ayrı-ayrılıqda mövcuddur, lakin miqrasiya kontekstində risk əsaslı seçici qorunma ilə birləşdirilməmişdir
3. Miqrasiya ssenarisinə xas emal performansı üzrə güzəştlərin empirik qiymətləndirilməsi mövcud ədəbiyyatda əks olunmur

Bu məqalə bu üç boşluğu dizayn və prototip səviyyəsində qiymətləndirmə vasitəsilə aradan qaldırır.

1.2. Mövcud Qoruma Yanaşmalarının Konseptual Müqayisəsi

Aşağıdakı müqayisə istinad edilmiş ədəbiyyatdakı hər yanaşmanın təsvir edilmiş xüsusiyyətlərinə əsaslanan konseptual analizdir. Bu, eyni məlumat dəsti üzərində aparılmış birbaşa müqayisə deyil. Məqsəd təklif olunan modelin dizayn seçimlərini əsaslandırmaqdır, empirik üstünlüyünü iddia etmək deyil.

Kriptografik şifrələmə. Stallings (2017) göstərir ki, AES-256 yüksək kriptografik dayanıqlıq təmin edir. Parast və b. (2022) müəyyən etmişdir ki, məlumatların tam şəkildə şifrələnməsi genişmiqyaslı miqrasiya ssenarilərində hesablama yükünü 35–40% artırır, bu nəticə bu tədqiqatda S1 ssenarisi üzrə prototip səviyyəsində də təsdiqlənmişdir.

Nişanlaşdırma (tokenizasiya). Nişanlaşdırma həssas dəyərləri ayrıca saxlanılan repozitoriyada mənasız tokenlərlə əvəz edir və ödəniş sektorunda PCI DSS çərçivəsində təsdiqlənmiş yanaşmadır. Lakin infrastruktur xərci və satıcı asılılığı riskini artırır (Jain və b., 2016), anomaliya monitorinqi ehtiva edilmir.

Məlumat maskalama. Samarati (2001) məlumat maskalamayı test mühitlərinin yaradılmasında effektiv üsul kimi müəyyən etmişdir, lakin effektivliyi birbaşa PII sahələrinin düzgün identifikasiyasından asılıdır.

Məlumat itkisinin Qarşısının Alınması (Data Loss Prevention) sistemləri. DLP sistemləri məlumat itkilərinin riskini azaltmaq üçün aşkarlayıcı, profilaktik və korrektiv nəzarət tədbirləri tətbiq edir. Gartner (2025) qeyd edir ki, DLP bazarı ənənəvi olaraq məzmun yönümlü, resurs tələb edən yoxlama mexanizmlərinə əsaslanan platformalarla dolmuşdur, bu yanaşma isə çoxsaylı yanlış müsbət nəticələr və performans problemləri ilə nəticələnmişdir. Ənənəvi DLP yanaşmaları reaktiv xarakter daşıyır, məlumat itkisini yalnız korporativ sərhəddə qarşısını alır, bütün məlumat həyat dövrünü əhatə etmir və müasir təşkilatların mürəkkəb və dəyişkən təhlükəsizlik tələblərini, o cümlədən daxili risklərin azaldılması və inkişaf edən məlumat sızması vektorlarını tam şəkildə qarşılamaya bilər. Bundan əlavə, bir çox DLP sistemlərinə xas qayda əsaslı aşkarlama yanaşmaları əvvəlcədən müəyyən edilmiş qaydalara daxil edilməyən daxili sui-istifadə ssenarilərinə qarşı zəif nəticələr verir.

Bu konseptual analizə əsasən, Cədvəl 1 təklif olunan hibrid modelin mövcud yanaşmalarla müqayisədə mövqeyini ümumiləşdirir. Kateqoriyalasdırılmış qiymətləndirmələr eksperimental nəticələr deyil, nəzərdən keçirilmiş ədəbiyyatda təsvir olunan xüsusiyyətlərə əsaslanan ekspert qiymətləndirmələridir.

Cədvəl 1. Hibrid modelin mövcud yanaşmalarla konseptual mövqeləşdirilməsi

Meyar	Tam şifrələmə	Nişanlaşdırma	Hibrid model (təklif olunan)
Tətbiq xərci	Yüksək	Orta-Yüksək	Aşağı
Effektivlik yükü	Yüksək	Orta	Minimal
PII əhatəsi	Tam (seçimsiz)	Seçici	Risk əsaslı seçici
Anomaliya monitorinqi	Yoxdur	Məhduddur	İntegrasiya olunub
Satıcı asılılığı	Yüksək	Orta	Minimal
Ənənəvi sistemlərə uyğunluq	Aşağı	Orta	Yüksək
Audit jurnal qeydləri	Qismən	Qismən	Tam

1.3. Hibrid Modelin İşlənib Hazırlanması

Təklif olunan model iki fundamental prinsipə əsaslanır. Birincisi: bütün məlumatların eyni qoruma səviyyəsinə ehtiyacı yoxdur, fərqləndirilmiş, risk əsaslı qoruma həm resursların səmərəli istifadəsini, həm də adekvat təhlükəsizliyi eyni anda təmin edə bilər (Joint Task Force, 2020). İkincisi: statik kriptografik qoruma təkbəşinə kifayət deyil, miqrasiya zamanı baş verən daxili sui-istifadə risklərinin azaldılması üçün dinamik davranış monitorinqi tələb olunur (Le & Zincir-Heywood, 2021).

1.3.1. Modelin Formal Müəyyənləşdirilməsi

Məlumat dəsti D üç alt çoxluğa ayrılır: $D = D_h \cup D_m \cup D_l$, burada:

– D_h — yüksək riskli şəxsi məlumatlar: FIN kodu, şəxsiyyət nömrəsi, bank hesabı, maaş, biometrik göstəricilər, sağlamlıq məlumatları

– D_m — orta riskli məlumatlar: ad-soyad, telefon, e-poçt, ünvan, doğum tarixi

– D_l — aşağı riskli və qeyri-PII məlumatlar: əməliyyat metadata-sı, ümumi istinad məlumatları

Qoruma funksiyaları: $P(D_h)=E$ — AES-256-CBC şifrələmə; $P(D_m)=M$ — maskalama, psevdonimləşdirmə, rol əsaslı giriş nəzarət; $P(D_l)=S$ — standart saxlama şifrələnməsi. Anomaliya funksiyası $A(x)$: x normal davranışlar çoxluğu N -dən kənara çıxırsa $A(x)=1$, əks halda $A(x)=0$. N 30 günlük tarixi giriş profili üzərindən qurulur. Xüsusiyyət vektoru $x=(istifadəçi_rolu, saat, sorğu_sayı, məlumat_həcmi, IP_dəyişikliyi)$.

1.3.2. Altı Qatlı Arxitektura və Tətbiq Əhatəsi

2-ci, 3-cü və 5-ci qatlar prototipləşdirilmiş və empirik olaraq qiymətləndirilmişdir. 1-ci, 4-cü və 6-cı qatlar gələcək tətbiq istiqamətlərini müəyyən edən arxitektura spesifikasiyalar kimi təsvir olunur.

1-ci qat — Mənbə sisteminin ilkin qiymətləndirilməsi (arxitektura). PII sahə yerləri, giriş nəzarəti adekvatlığı, məlumat keyfiyyəti müəyyən edilir. Çıxış: miqrasiyaöncəsi risk profili sənədi.

2-ci qat — PII identifikasiyası və risk təsnifatı (prototip qiymətləndirilmişdir). Microsoft Presidio 30-dan çox PII varlığı tipi üçün NER əsaslı aşkarlama aparır; qayda mühərriki AZ FIN kodu ($\{7\}[A-Z]\{2\}$) və IBAN ($AZ\{2\}[A-Z0-9]\{24\}$) üçün regex vasitəsilə doğrulama aparır. Qiymətləndirmə sintetik məlumat dəsti üzərində qeyd səviyyəsində $F1=0.992$ nəticəsi vermişdir.

3-cü qat — Seçici kriptografik qoruma (prototip qiymətləndirilmişdir). D_h üçün AES-256-CBC şifrələmə; D_m üçün simvol maskalama; D_l üçün heç bir kriptografik əməliyyat tətbiq edilmir. PII identifikasiyası miqrasiyadan əvvəl bir dəfəlik skan kimi həyata keçirilir, bu isə hibrid modelin emal vaxtı üstünlüyünün əsas mənbəyidir.

4-cü qat — Təhlükəsiz transformasiya və miqrasiya üçün məlumat axını (arxitektura). Miqrasiya zamanı məlumat axını: mənbə sistem → PII skanı → risk təsnifatı → siyasət (policy) qərarı → transformasiya, maskalanma, şifrələmə → TLS 1.3 vasitəsilə ötürmə → buludda saxlanma mühiti.

5-ci qat — Isolation Forest əsaslı anomaliya monitorinqi (prototipləşdirilmiş və qiymətləndirilmişdir). Isolation Forest alqoritmi (Liu və b., 2012) 30 gün ərzində 50 istifadəçidən toplanmış 12 000 normal giriş hadisəsi üzərində öyrədilmişdir (200 estimator, contamination=0.08). Daxil edilmiş 45 anomaliya hadisəsinin hamısı aşkar edilmişdir (tamlıq 1.000); 35 yalnız müsbət nəticə ilə $F1=0.720$ əldə olunmuşdur.

6-cı qat — Audit, hesabatlılıq və idarəetmə (arxitektura). PII ilə əlaqəli bütün əməliyyatlar və anomaliyalar dəyişdirilə bilməyən audit jurnalında qeyd olunur, bu jurnal GDPR-ın hesabatlılıq prinsipi üçün birbaşa sübut bazasını təşkil edir (Tankard, 2016).

1.3.3. Modelin töhfələrinin mövqeləndirilməsi

Mövcud ədəbiyyata əsasən, miqrasiya axını səviyyəsində risk əsaslı PII təsnifatı, həssaslıq səviyyəsində görə fərqləndirilmiş seçici kriptografik qorunma və PII girişinə xas xüsusiyyət vektorlarından istifadə edən Isolation Forest əsaslı anomaliya monitorinqinin birləşdirilməsi əvvəllər kifayət qədər araşdırılmamışdır. Bu komponentlərin vahid, miqrasiya yönümlü arxitektura daxilində integrasiyası və bu integrasiyanın prototip səviyyəsində qiymətləndirilməsi bu məqalənin əsas töhfəsini təşkil edir.

Tədqiqat hipotezi: "Risk əsaslı PII təsnifatı, seçici kriptografik qorunma və Isolation Forest əsaslı anomaliya aşkarlanmasını birləşdirən hibrid model, vahid tam şifrələmə ilə müqayisədə resurs istifadəsinin azalmasını təmin edəcək, eyni zamanda PII aşkarlanması və daxili təhdid anomaliya aşkarlanması üzrə əvvəlki işlərlə müqayisə oluna bilən komponent səviyyəli təhlükəsizlik performansını göstərəcək."

1.4. Eksperimental Qiymətləndirmə

Modelin üç komponentinin prototip səviyyəsində qiymətləndirilməsi üçün nəzarətli eksperimental çərçivədən istifadə olunmuşdur. S1 (baza ssenari): bütün məlumatların AES-256 ilə vahid şəkildə şifrələnməsi, yalnız email vaxtı üçün istinad kimi istifadə olunur. S2 (hibrid model): təklif olunan seçici qorunma yanaşması. S1 yalnız performans üçün baza kimi istifadə olunur, təhlükəsizlik və dəqiqlik üzrə baza deyil, çünki tam şifrələmə və seçici şifrələmə dizayn etibarilə fərqli sahələri qoruyur. Ölçmələr eyni aparat və proqram təminatı konfigurasiyasında aparılmış və üç təkrar üzrə orta qiymət götürülmüşdür.

1.4.1. Sintetik məlumat dəstinin yaradılması

Qiymətləndirmə Python Faker (v26.0, 2024) istifadə edilərək yaradılmış, 50 000 qeydlik nəzarətli sintetik məlumat dəsti üzərində aparılmışdır. Əsas həqiqət məlumatların yaradılması zamanı dəqiq məlum olduğundan, əl ilə etiketləmə tələb olunmadan F1 göstəricisinin dəqiq hesablanması mümkün olmuşdur (Le və Zincir-Heywood, 2021). Parametrlər:

- Ümumi həcm: 50000 qeyd; PII nisbəti: 20% (10000 qeyd)
- PII növləri: yüksək risk, FIN kodu ($\{7\}[A-Z]\{2\}$), IBAN ($AZ\{2\}[A-Z0-9]\{24\}$), maaş; orta risk, e-poçt, telefon
- Qeyri-PII sahələr: şəbə, şəhər, əməliyyat məbləği, status, tarix
- Platforma: Python 3.11, Presidio Analyzer v2.2 (en_core_web_sm), scikit-learn v1.8

Anomaliya aşkarlanmasının qiymətləndirilməsi üçün 50 istifadəçi 30 günlük normal giriş profili ilə modelləşdirilmişdir (12 000 hadisə); test gününə aid 500 hadisənin 9%-i (45 hadisə) simulyasiya olunmuş PII sızması hücumlarını təmsil edən anomaliyalar kimi əlavə edilmişdir.

1.4.2. Qiymətləndirmə Meyarları

Dörd meyar müəyyən edilmişdir: **Təhlükəsizlik effektivliyi**, qeyd səviyyəsində PII aşkarlanması üzrə F1 və anomaliya aşkarlanması üzrə F1; F1 yalnız müsbət və yalnız mənfi nəticələr arasında balansını eyni anda əks etdirir (Bin Sarhan və Altwaijry, 2023). Bu metriklər nəzarətli sintetik mühitdə komponent səviyyəli performansı əks etdirir və fərqli məlumat dəstləri üzərində alternativ yanaşmalarla birbaşa müqayisə kimi şərh olunmamalıdır. **Performans**, 20000 qeyd üzrə S1 və S2 arasında şifrələmə mərhələsində email vaxtının müqayisəsi. **Resurs səmərəliliyi**, açıq mənbəli komponentlər vasitəsilə lisenziya asılılığının azaldılması, keyfiyyətə qiymətləndirilmişdir. **İdarəolunma**, əməliyyat yükünün göstəricisi kimi yalnız müsbət nisbəti.

1.4.3. Nəticələr

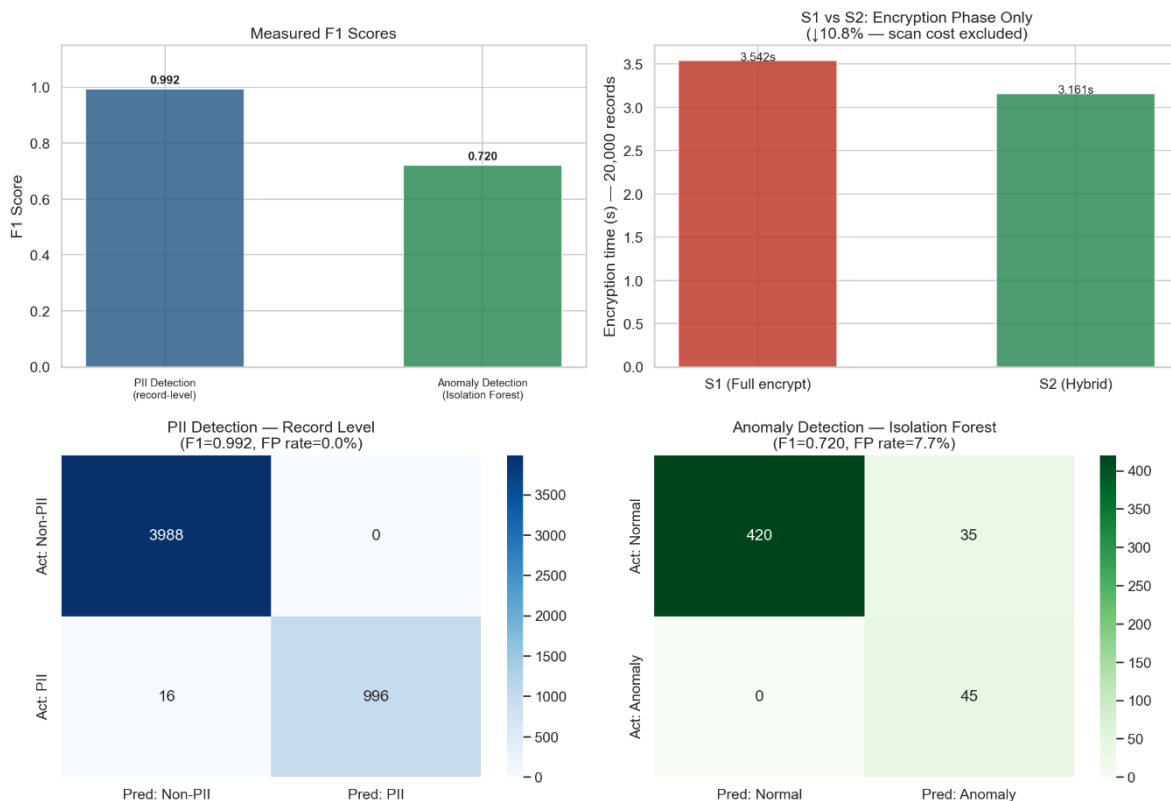
Cədvəl 2-dəki göstəricilər prototip eksperimentindən əldə edilmişdir. Bütün dəyərlər nəzarət olunan sintetik mühitdə ölçülmüş nəticələrdir və komponent səviyyəsindəki qiymətləndirməni əks etdirir, tam integrasiya edilmiş sistem validasiyasını deyil.

Cədvəl 2. Prototip komponentlərinin qiymətləndirilməsinin xülasəsi

Göstərici	Ölçülmüş nəticə
Şifrələmə fazası: S1→S2 vaxt azalması (n=20.000)	-10,8%
PII aşkarlanma F1 göstəricisi (qeyd səviyyəsi, n=5.000)	0,992
PII aşkarlanma dəqiqliyi (precision)	1,000
PII aşkarlanma tam əhatəsi (recall)	0,984
PII yanlış-müsbət dərəcəsi	0,001%
Anomaliya aşkarlama F1 göstəricisi (Isolation Forest, n=500)	0,720
Anomaliya aşkarlama dəqiqliyi (precision)	0,562
Anomaliya tam əhatəsi (recall)	1,000
Anomaliya yanlış-müsbət dərəcəsi	7,7%
Orta aşkarlama gecikməsi	< 1 ms/hadisə

Şəkil 1. Prototip komponentlərinin qiymətləndirilməsinin xülasəsi

PII aşkarlanması üzrə F1=0.992 göstəricisi Bin Sarhan və Altwaijry (2023) tərəfindən təqdim olunan 0.91 nəticəsinə yaxın diapazondadır və bir qədər yüksəkdir, lakin məlumat dəstləri və qiymətləndirmə kontekstləri fərqli olduğuna görə birbaşa müqayisə aparmaq məqsədəuyğun deyil. Yüksək nəticə əsasən sintetik məlumatların deterministik və qeyri-müəyyənlik daşımayan formatı ilə izah olunur. Qeyri-standart formatlar və kodlaşdırma uyğunsuzluqları olan real istehsal mühitlərində bu göstəricinin daha aşağı olacağı gözlənilir. 16 yalnız mənfi nəticə Microsoft Presidio alətinin bəzi



telefon nömrəsi formatlarını tam əhatə etməməsi ilə bağlıdır. Yalnız müsbət nəticələrin olmaması isə sintetik məlumatların təmizliyi ilə izah olunur, PII olmayan sahələr PII aşkarlama şablonları ilə heç bir uyğunluq daşımır.

Anomaliya aşkarlanması üzrə F1=0.720 nəticəsi dəqiqlik və tamlıq arasında real kompromisi əks etdirir: tamlıq 1.000 səviyyəsindədir, yəni daxil edilmiş 45 anomaliyanın hamısı aşkar edilmişdir; dəqiqlik isə orta səviyyədədir (0.563), 35 normal hadisə anomaliya kimi işarələnmişdir. Bu 35 yalnız

müsbət nəticə Isolation Forest alqoritminin contamination parametrindən istifadə edərək qərar sərhədini müəyyənləşdirməsi ilə birbaşa əlaqədardır: contamination=0.08 olduqda model sinifdən asılı olmayaraq müşahidələrin təxminən 8%-ni anomaliya kimi işarələyir. Test dəstindəki 455 normal hadisəyə tətbiq edildikdə bu, təxminən 36 əlavə işarələnməyə səbəb olur ($455 \times 0.08 \approx 36$), bu da müşahidə olunan 35 nəticəyə çox yaxındır. Müşahidə olunan $45/500 = 9.0\%$ anomaliya nisbəti Binomial(500, 0.08) paylanmasının təsadüfi realizasiyasıdır, konfigurasiya uyğunsuzluğu deyil. Bu, alqoritmə xas olan real dəqiqlik-tamlıq kompromisini göstərir. Nəticə Le və Zincir-Heywood (2021) tərəfindən təqdim olunan $F1=0.87$ nəticəsi ilə oxşar diapazondadır, lakin məlumat dəstləri və modellər fərqli olduğundan bu müqayisə informativ xarakter daşıyır.

Şifrələmə mərhələsində vaxtın azalması (10.8%) yalnız şifrələmə mərhələsini ölçən 20000 qeydlik müqayisə əsasında əldə edilmişdir; PII identifikasiyası əvvəlcədən bir dəfəlik skan kimi həyata keçirilmiş və hər qeyd üzrə xərclərə daxil edilməmişdir. Bu azalma qiymətləndirilən nəzarətli mühitdə emal səmərəliliyinin artımını göstərir; istehsal miqyasında tətbiqi üçün ayrıca müqayisəli performans araşdırması tələb olunur.

1.4.4. Məhdudiyyətlər

Beş əsas məhdudiyyət müəyyən edilmişdir. Birincisi, sintetik məlumatlar üzərində aparılan qiymətləndirmə real mühitdə fərqli nəticələr verəcəkdir, xüsusilə qeyri-standart formatlara görə PII aşkarlanması üzrə $F1$ göstəricisinin daha aşağı olacağı gözlənilir. İkincisi, üç komponent ayrıca qiymətləndirilmişdir, tam integrasiya olunmuş uçdan-ucə sistem kimi deyil; sistem səviyyəsində tam təsdiqləmə gələcək iş kimi qalır. Üçüncüsü, 35 yalnız müsbət nəticə (7.7% nisbət) əlavə əməliyyat yükü yaradır. Dördüncüsü, 30 günlük profil qurma dövrü miqrasiya layihəsinin ilk ayında “cold-start” problemi yarada bilər. Beşincisi, 10.8% emal səmərəliliyi üstünlüyü 20000 qeyd üzrə prototip şəraitində müşahidə olunmuşdur; istehsal miqyasında davranışı empirik olaraq hələ təsdiqlənməmişdir.

Nəticə

Bu tədqiqat bulud miqrasiyası kontekstində PII qorunması problemini üç istiqamət üzrə araşdırmışdır: mövcud yanaşmaların ədəbiyyata əsaslanan konseptual müqayisəsi, altı qatlı hibrid model arxitekturasının dizaynı və modelin üç komponentinin (PII aşkarlanması, seçici şifrələmə və Isolation Forest əsaslı anomaliya aşkarlanması) nəzarətli sintetik mühitdə ilkin prototip səviyyəsində qiymətləndirilməsi.

Konseptual analiz, Gartner (2025) tərəfindən ənənəvi DLP məhdudiyyətlərinin xarakterizə edilməsini də daxil olmaqla istinad edilən ədəbiyyata əsaslanaraq göstərir ki, tam şifrələmə, tokenləşdirmə, məlumat maskalanması və DLP sistemlərinin hər biri miqrasiya kontekstində müstəqil həll kimi istifadəsini məhdudlaşdıran xüsusiyyətlərə malikdir. Təklif olunan hibrid model bu xüsusiyyətləri dizayn səviyyəsində aradan qaldırır: risk əsaslı PII təsnifatı seçici şifrələməni mümkün edir, Isolation Forest əsaslı davranış monitorinqi isə statik kriptografiyanın əhatə edə bilmədiyi daxili sui-istifadə risklərini hədəfləyir.

Prototip qiymətləndirməsi üç komponent üzrə ilkin empirik dəstək təqdim edir. PII aşkarlanması nəzarətli sintetik mühitdə $F1=0.992$ nəticəsi vermişdir, bu göstərici statik məlumat dəstləri üzərində aparılmış əvvəlki işlərlə oxşar diapazondadır (Bin Sarhan və Altwaijry, 2023: $F1=0.91$), lakin qiymətləndirmə konteksti fərqlidir. Isolation Forest əsaslı anomaliya aşkarlanması $F1=0.720$ nəticəsi göstərmişdir və tamlıq 1.000 səviyyəsində olmuşdur, yəni bütün simulyasiya edilmiş hücumlar aşkar edilmişdir; yalnız müsbət nisbəti 7.7% təşkil etmişdir və bu nəticə fərqli məlumat dəsti üzərində əldə olunmuş Le və Zincir-Heywood (2021: $F1=0.87$) nəticəsi ilə ümumi diapazon baxımından müqayisə oluna bilər. Seçici şifrələmə qiymətləndirilən miqyasda şifrələmə mərhələsində emal vaxtını 10.8% azaltmışdır. Bu nəticələr ümidvericidir, lakin nəzarətli şəraitdə komponent səviyyəli performans əks etdirir və tam sistem təsdiqləməsi hesab edilə bilməz.

Üç əsas elmi töhfə müəyyən edilmişdir. Birincisi, mövcud ədəbiyyata əsasən, miqrasiya kontekstinə uyğunlaşdırılmış altı qatlı risk əsaslı qorunma arxitekturası əvvəllər dərc olunmamışdır. İkincisi, Isolation Forest anomaliya aşkarlanması PII girişinə xas xüsusiyyət vektorları əsasında

miqrasiya ssenarisində tətbiq və qiymətləndirilmiş, daxil edilmiş sızma hücumlarına qarşı tamliq səviyyəsində nəticə göstərmişdir. Üçüncüsü, sintetik məlumat dəstinin yaradılması metodologiyası, o cümlədən Faker metadata-dan ground truth-un avtomatik çıxarılması, şəffaf və təkrar istehsal edilə bilən qiymətləndirmə çərçivəsi təqdim edir.

Gələcək tədqiqatlar dörd prioritet istiqaməti əhatə etməlidir: (1) real istehsal mühitlərində sınaq, qeyri-standart formatlara malik real müəssisə məlumatları üzərində PII aşkarlanması üzrə F1 ölçülməsi; (2) uçdan-uca sistemin təsdiqlənməsi, bütün altı qatın inteqrasiyası və sistemin bütöv şəkildə qiymətləndirilməsi; (3) sərbəst mətn sahələrində qeyri-standart formatlar üçün BERT və RoBERTa kimi transformer əsaslı dil modelləri ilə PII aşkarlanmasının gücləndirilməsi; (4) Isolation Forest contamination parametrlərinin optimallaşdırılması, dəqiqlik və tamliq arasında balansın konkret əməliyyat kontekstlərinə uyğun qurulması.

Ədəbiyyat

1. Bales, A., Hinner, F., et al. (2025). Market Guide for Data Loss Prevention (Gartner Research, Doc. No. G00801998). Gartner, Inc.
2. Bin Sarhan, B., Altwaijry, N. (2023). Insider threat detection using machine learning approach. *Applied Sciences*, 13(1), 259. <https://doi.org/10.3390/app13010259>
3. Fernández, E. B., Monge, R., Hashizume, K. (2016). Building a security reference architecture for cloud systems. *Requirements Engineering*, 21(2), 225–249. <https://doi.org/10.1007/s00766-014-0218-7>
4. Hashizume, K., Rosado, D. G., Fernández-Medina, E., Fernandez, E. B. (2013). An analysis of security issues for cloud computing. *Journal of Internet Services and Applications*, 4(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/1869-0238-4-5>
5. Humphreys, E. (2016). Implementing the ISO/IEC 27001 ISMS Standard (2nd ed.). Artech House.
6. IBM. (2024). Cost of a Data Breach Report 2024. IBM Security. <https://www.ibm.com/reports/data-breach>
7. Jain, P., Gyanchandani, M., Khare, N. (2016). Big data privacy: a technological perspective and review. *Journal of Big Data*, 3(1), 1–25. <https://doi.org/10.1186/s40537-016-0059-y>
8. Joint Task Force. (2020). Security and Privacy Controls for Information Systems and Organizations (NIST Special Publication 800-53, Revision 5). National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-53r5>
9. Kaaniche, N., Laurent, M. (2017). Data security and privacy preservation in cloud storage environments based on cryptographic mechanisms. *Computer Communications*, 111, 120–141. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2017.07.006>
10. Kshetri, N. (2013). Privacy and security issues in cloud computing: The role of institutions and institutional evolution. *Telecommunications Policy*, 37(4–5), 372–386. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2012.04.011>
11. Kulkarni, A., Cauvery, N. K. (2021). Personally identifiable information (PII) detection in the unstructured large text corpus using NLP and unsupervised learning. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(9). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120957>
12. Le, D. C., Zincir-Heywood, N. (2021). Anomaly detection for insider threats using unsupervised ensembles. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 18(2), 1152–1164. <https://doi.org/10.1109/TNSM.2021.3071928>
13. Liu, F. T., Ting, K. M., Zhou, Z. H. (2012). Isolation-based anomaly detection. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data*, 6(1), 1–39. <https://doi.org/10.1145/2133360.2133363>
14. Parast, F. K., Sindhav, C., Nikam, S., Yekta, H. I., Kent, K. B., & Hakak, S. (2022). Cloud computing security: A survey of service-based models. *Computers & Security*, 114, 102580. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2021.102580>

15. Pearson, S., Benameur, A. (2010). Privacy, security and trust issues arising from cloud computing. Proceedings of the IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science, 693–702. <https://doi.org/10.1109/CloudCom.2010.66>
16. Samarati, P. (2001). Protecting respondents' identities in microdata release. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 13(6), 1010–1027. <https://doi.org/10.1109/69.971193>
17. Stallings, W. (2017). Cryptography and Network Security: Principles and Practice (7th ed.). Pearson.
18. Tankard, C. (2016). What the GDPR means for businesses. Network Security, 2016(6), 5–8. [https://doi.org/10.1016/S1353-4858\(16\)30056-3](https://doi.org/10.1016/S1353-4858(16)30056-3)
19. Xiao, J., Yang, L., Zhong, F., Wang, X., Chen, H., Li, D. (2023). Robust anomaly-based insider threat detection using graph neural network. IEEE Transactions on Network and Service Management, 20(3), 3717–3733. <https://doi.org/10.1109/TNSM.2022.3222635>
20. Zardari, M. A., Jung, L. T., Zakaria, N. (2014). K-NN classifier for data confidentiality in cloud computing. In Proceedings of the 2014 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCOINS) (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCOINS.2014.6868432>

DOI: <https://doi.org/10.36719/0872/03/25-31>**Elnur İbadov**

The University of Western Ontario

<https://orcid.org/0009-0004-1364-2165>

elnur.ibadov.aze@gmail.com

Kompüter elmlərinin müasir inkişaf tendensiyaları və gələcək perspektivləri

Xülasə

Müasir dövrdə bütün elm və fəaliyyət sahələrində yeni texnologiyaların tətbiqi xüsusi aktualıq kəsb edir. İnformasiya-kommunikasiya texnologiyalarının inkişafı bütün sahələrdə yeniliklərin əldə olunmasına zəmin yaratmışdır. Təsadüfi deyildir ki, kompüter elmlərinin müasir inkişafında ən mühüm istiqamətlərdən biri süni intellekt texnologiyalarının geniş tətbiqidir. Kompüter elmləri sistemləri məlumatları analiz etməklə yanaşı, öyrənmə və qərarvermə qabiliyyətinə malikdir. Maşın öyrənməsi və dərin öyrənmə kimi alt sahələr vasitəsilə bu texnologiyalar səhiyyə, maliyyə, təhsil və sənaye sahələrində geniş istifadə olunur. Xüsusilə tibbi diaqnostika, risklərin qiymətləndirilməsi və avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri bu texnologiyaların effektivliyini nümayiş etdirir. Bu isə insan əməyinin optimallaşdırılmasına və qərarvermə proseslərinin daha dəqiq həyata keçirilməsinə şərait yaradır.

Bu aspektdən məqalədə yerli və xarici alimlərin əsərlərindən istifadə olunaraq ümumi təhlillər aparılmış, təklif və tövsiyələr qeyd edilmişdir.

Açar sözlər. Kompüter elmləri, inkişaf, müasir texnologiya, informasiya xidməti, tendensiya

Modern Development Trends and Future Prospects of Computer Science

Abstract

In modern times, the application of new technologies in all fields of science and activity is of particular relevance. The development of information and communication technologies has created the basis for achieving innovations in all fields. It is no coincidence that one of the most important directions in the modern development of computer science is the widespread application of artificial intelligence technologies. Computer science systems, in addition to analyzing data, have the ability to learn and make decisions. Through subfields such as machine learning and deep learning, these technologies are widely used in the fields of healthcare, finance, education and industry. In particular, medical diagnostics, risk assessment and automated management systems demonstrate the effectiveness of these technologies. This creates conditions for optimizing human labor and more accurate implementation of decision-making processes.

From this aspect, the article has conducted general analyses using the works of local and foreign scientists, and has made suggestions and recommendations.

Keywords. Computer science, development, modern technology, information service, trend

Современные тенденции развития и перспективы развития компьютерных наук

Резюме

В современную эпоху особое значение имеет применение новых технологий во всех областях науки и деятельности. Развитие информационно-коммуникационных технологий создало основу для достижения инноваций во всех сферах. Неслучайно одним из важнейших направлений современного развития информатики является широкое применение технологий искусственного интеллекта. Системы информатики, помимо анализа данных, обладают способностью к обучению и принятию решений. Благодаря таким подотраслям, как машинное

обучение и глубокое обучение, эти технологии широко используются в здравоохранении, финансах, образовании и промышленности. В частности, эффективность этих технологий демонстрируют медицинская диагностика, оценка рисков и автоматизированные системы управления. Это создает условия для оптимизации человеческого труда и более точного осуществления процессов принятия решений.

С этой точки зрения в статье проведен общий анализ с использованием работ отечественных и зарубежных ученых, а также предложены рекомендации.

Ключевые слова. Информатика, развитие, современные технологии, информационные услуги, тенденции

Giriş

Müasir dövrdə kompüter elmləri qlobal iqtisadiyyatın və texnoloji tərəqqinin əsas hərəkətverici qüvvələrindən biri kimi çıxış edir. Rəqəmsallaşma proseslərinin sürətlənməsi, məlumatların həcmnin kəskin artması və innovativ texnologiyaların geniş yayılması bu sahənin əhəmiyyətini daha da artırmışdır. Kompüter elmləri artıq yalnız texniki sahə kimi deyil, sosial, iqtisadi və idarəetmə sistemlərinin ayrılmaz tərkib hissəsi kimi formalaşmışdır. Bu baxımdan, müasir inkişaf tendensiya-larının və gələcək perspektivlərin təhlili xüsusi aktuallıq kəsb edir.

Müasir dövrdə İKT-nin tətbiqi artıq yalnız alqoritm səviyyəsində deyil, yaradıcı sahələrdə də istifadə olunur. Məsələn, süni intellekt sistemləri musiqi bəstələyə, şəkil çəkmə və hətta elmi məqalələr yazmağa qadirdir. Bu isə kompüterlərin yalnız texniki deyil, həm də kreativ fəaliyyətlərdə iştirak etdiyini göstərir. Böyük verilər sahəsində hər gün dünyada təxminən 2.5 kvintilyon bayt məlumat yaradılır. Bu məlumatların böyük hissəsi sosial media, sensorlar və rəqəmsal platformalar vasitəsilə formalaşır. Maraqlıdır ki, mövcud məlumatların 90%-dən çoxu son bir neçə il ərzində yaranmışdır.

Bulud texnologiyaları sayəsində artıq dünyanın istənilən nöqtəsindən güclü hesablama resurslarına çıxış mümkündür. Bu, xüsusilə kiçik startapların böyük texnologiya şirkətləri ilə rəqabət aparmasına imkan yaradır.

Kibertəhlükəsizlik sahəsində isə maraqlı fakt ondan ibarətdir ki, hər 39 saniyədə bir kibershücum baş verir. Bu da informasiya təhlükəsizliyinin nə qədər aktual olduğunu göstərir [4].

Blokçeyn texnologiyası yalnız kriptovalyutalarla məhdudlaşmır. Artıq bu texnologiya seçki sistemlərində, logistika zəncirlərində və hətta səhiyyə məlumatlarının idarə olunmasında tətbiq edilir. Əşyaların interneti (IoT) sahəsində proqnozlara görə, yaxın illərdə dünyada 50 milyarddan çox cihaz internetə qoşulacaq. Bu isə “ağıllı şəhər” konsepsiyasının daha geniş yayılmasına səbəb olacaq. Kvant hesablama sahəsində isə ən maraqlı faktlardan biri odur ki, kvant kompüterləri bəzi mürəkkəb problemləri klassik kompüterlərdən milyonlarla dəfə daha sürətli həll edə bilər. Bu isə xüsusilə kriptografiya və dərmanların hazırlanması sahəsində inqilab yarada bilər. Robototexnika sahəsində artıq insanabənzər robotlar hazırlanır və bəzi ölkələrdə xidmət sektorunda istifadə olunur. Bu robotlar müştərilərlə ünsiyyət qura və sadə tapşırıqları yerinə yetirə bilər. Məqalədə aparılan sistemli şəkildə araşdırma nəticəsində bir sıra alimlərdən də sitatlar verməyi məqsəduyğun hesab edirik.

Əsas hissə. Tədqiqatçı Əliquliyev R.M öz elmi əsərlərində göstərir ki, “İKT-nin sürətli inkişafı nəticəsində yaradılmış son dərəcədə mürəkkəb və eyni zamanda çox güclü paylanmış informasiya sistemləri, hesablama qridləri və buludları texnologiyaları “e-elm”in nSİliyyətlər qazanmasına səbəb olmuşdur. Belə hesablama infrastrukturalarının tərkib hissəsi kimi yüksək güclü mikroskoplar, elementar hissəciklərin sürətləndiriciləri, astronomik müşahidə qurğuları, mürəkkəb tibbi avadanlıqlar və s. də ola bilər. “E-elm” termini ilk dəfə 1999-cu ildə Birləşmiş Krallığın elmi şura-larının baş direktoru Con Teylor tərəfindən verilmiş və özündə kompüter modelləşdirilməsi və virtual eksperimental mühitlərin təşkili də daxil olmaqla kollektiv eksperimental elmi tədqiqatların aparılmasının yeni metodlarını əhatə edir” [1].

Bu sahə üzrə fundamental tədqiqat aparan alimlərdən Əliquliyev R.M., Ələkbərov R.Q., Alıquliyev R.M., Fətəliyev T.X. qeyd edirlər ki, “İnformasiyalaşdırma, kompüter və kommunikasiya texnologiyalarının konvergensiyası, müasir informasiya sistemlərinin elm və təhsil sahəsində geniş

tətbiqinə keçid biliklərin əldə olunması və ümumiləşdirilməsi, paylanması və istifadəsinin yeni səviyyəsinə gətirib çıxarır” [5, s. 16].

Cədvəl 1. Kompüter elmlərinin inkişaf tendensiyaları

Sahə	Qısa təsvir	Əsas texnologiyalar	Tətbiq sahələri
Süni İntellekt (Sİ)	Maşınların insan kimi düşünmə və qərarvermə qabiliyyəti	Machine Learning, Deep Learning, NLP	Səhiyyə, maliyyə, təhsil, avtomatlaşdırma
Böyük Verilər (Big Data)	Çox böyük həcmli məlumatların analizi	Hadoop, Spark, Data Mining	Marketinq, bankçılıq, sosial media
Bulud Hesablama (Cloud Computing)	Məlumatların və proqramların internet üzərindən idarə olunması	AWS, Azure, Google Cloud	Biznes, təhsil, startaplar
Kibertəhlükəsizlik	Məlumatların qorunması və təhlükəsizliyi	Şifrələmə, firewall, antivirus	Dövlət, bank sektoru, şəxsi məlumatlar
Blokçeyn Texnologiyası	Mərkəzsiz və təhlükəsiz məlumat bazası sistemi	Smart contracts, kriptografiya	Kriptovalyuta, logistika, maliyyə
Əşyaların İnterneti (IoT)	Cihazların internet vasitəsilə əlaqələndirilməsi	Sensorlar, IoT platformaları	Ağıllı evlər, sənaye, səhiyyə
Kvant Hesablama	Klassik kompüterlərdən daha güclü hesablama modeli	Qubit, kvant alqoritmləri	Elmi tədqiqatlar, kriptografiya
Robototexnika	Avtomatlaşdırılmış mexaniki sistemlər	Süni intellekt, sensorlar, aktuatorlar	Sənaye, tibb, kosmos
Virtual və Artırılmış Reallıq (VR/AR)	Rəqəmsal mühitlərin yaradılması və genişləndirilməsi	3D modelləşdirmə, simulyasiya	Oyun, təhsil, təlim
Proqram Mühəndisliyi	Proqramların hazırlanması və idarə olunması	Agile, DevOps, CI/CD	İT şirkətləri, tətbiq inkişafı

Mənbə: Cədvəl müxtəlif ədəbiyyatların təhlili əsasında müəllif tərəfindən tərtib edilmişdir.

Yuxarıdakı cədvəldən göründüyü kimi kompüter elmlərinin müasir inkişaf istiqamətləri texnoloji tərəqqinin əsas hərəkətverici qüvvələrindən biri kimi çıxış edir və müxtəlif sahələrdə dərin transformasiyalara səbəb olur. İlk növbədə, süni intellektin inkişafı kompüter elmlərinin ən mühüm istiqamətlərindən biri hesab olunur. Maşın öyrənməsi və dərin öyrənmə kimi texnologiyalar vasitəsilə sistemlər artıq yalnız məlumatları emal etmir, həm də öyrənir, analiz edir və qərar qəbul edir. Bu isə səhiyyədən maliyyəyə qədər bir çox sahədə məhsuldarlığın və dəqiqliyin artmasına gətirib çıxarır.

Bununla yanaşı, böyük verilər texnologiyası müasir dövrdə informasiyanın sürətli artımı fonunda xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Müxtəlif mənbələrdən toplanan böyük həcmli məlumatların analizi şirkətlərə daha düzgün strateji qərarlar qəbul etməyə imkan verir. Bu sahə xüsusilə marketinq, bankçılıq və sosial media platformalarında geniş tətbiq olunur.

Bulud hesablama isə resursların daha çevik və ölçətan şəkildə istifadəsini təmin edir. Şirkətlər artıq fiziki serverlərə böyük investisiyalar etmədən məlumatlarını saxlaya və idarə edə bilirlər. Bu da xüsusilə startaplar və kiçik bizneslər üçün böyük üstünlüklər yaradır.

Müasir dövrdə kibertəhlükəsizlik məsələləri də ön plana çıxmışdır. Rəqəmsallaşmanın genişlənməsi ilə yanaşı, məlumatların qorunması daha da vacib hala gəlmişdir. Şifrələmə və digər təhlükəsizlik mexanizmləri vasitəsilə həm dövlət, həm də fərdi istifadəçilərin məlumatları qorunur.

Blokçeyn texnologiyası isə məlumatların mərkəzsiz və şəffaf şəkildə saxlanmasına imkan verən innovativ yanaşmadır. Bu texnologiya xüsusilə maliyyə sektorunda, o cümlədən kriptovalyutalarda geniş tətbiq olunur və etibarlı tranzaksiyaların həyata keçirilməsini təmin edir.

Əşyaların interneti (IoT) gündəlik həyatın rəqəmsallaşmasını daha da sürətləndirir. Müxtəlif cihazların bir-biri ilə əlaqələndirilməsi nəticəsində ağıllı evlər, ağıllı şəhərlər və sənaye avtomatlaşdırması kimi yeni konsepsiyalar formalaşır.

Kvant hesablama isə gələcəyin ən perspektivli istiqamətlərindən biri hesab olunur. Klassik kompüterlərin həll etməkdə çətinlik çəkdiyi problemləri daha sürətli həll etmək potensialına malik olan bu texnologiya xüsusilə elmi tədqiqatlar və kriptografiya sahəsində inqilabi dəyişikliklər vəd edir.

Robototexnika sahəsi də kompüter elmlərinin inkişafı ilə paralel şəkildə irəliləyir. Süni intellektlə inteqrasiya olunmuş robotlar artıq istehsalatda, tibbdə və digər sahələrdə insan əməyini əvəz etməyə başlayır və effektivliyi artırır.

Virtual və artırılmış realıq texnologiyaları isə istifadəçilərə yeni təcrübələr təqdim edir. Bu texnologiyalar yalnız əyləncə sahəsində deyil, həm də təhsil və peşəkar təlimlərdə geniş istifadə olunur.

Nəhayət, proqram mühəndisliyi bütün bu texnologiyaların əsasını təşkil edir. Müasir metodologiyalar, o cümlədən Agile və DevOps yanaşmaları proqramların daha sürətli, keyfiyyətli və etibarlı şəkildə hazırlanmasına imkan verir.

Cədvəl 2. Kompüter elmlərinin tarixi inkişaf mərhələləri

Tarixi inkişaf mərhələləri	Əsas xüsusiyyətlər	Əsas texnologiyalar	Təsiri
1940–1950-ci illər (Başlanğıc dövr)	İlk elektron kompüterlərin yaranması	ENIAC, vakuum lampaları	Hesablama proseslərinin avtomatlaşdırılması başladı
1950–1960-cı illər	Proqramlaşdırma dillərinin formalaşması	FORTRAN, COBOL	Proqram təminatının inkişafı sürətləndi
1960–1970-ci illər	Əməliyyat sistemləri və şəbəkələrin yaranması	UNIX, ARPANET	Kompüterlər arasında əlaqə yarandı

1970–1980-ci illər	Fərdi kompüterlərin yaranması	Mikroprosessorlar, PC	Kompüterlərin kütləvi istifadəsi başladı
1980–1990-cı illər	Qrafik interfeyslər və proqram təminatının inkişafı	GUI, Windows	İstifadəçi dostu sistemlər formalaşdı
1990–2000-ci illər	İnternetin geniş yayılması	WWW, brauzerlər	Qlobal informasiya mühiti yarandı
2000–2010-cu illər	Mobil texnologiyalar və bulud sistemləri	Smartfonlar, Cloud Computing	Rəqəmsallaşma sürətləndi
2010–2020-ci illər	Süni intellekt və böyük verilər dövrü	Sİ, Big Data, IoT	Ağıllı sistemlər geniş tətbiq olundu
2020–2026-cı illər	Rəqəmsal transformasiya və avtomatlaşdırma	Sİ, Blockchain, Cybersecurity	Bütün sahələrdə texnoloji integrasiya
Gələcək perspektivlər	Yeni nəsil texnologiyalar	Kvant hesablama, süni ümumi intellekt (AGI)	İnqilabi dəyişikliklər və yüksək avtomatlaşdırma

Mənbə: Cədvəl müxtəlif ədəbiyyatların təhlili əsasında müəllif tərəfindən tərtib edilmişdir.

Kompüter elmlərinin tarixi inkişaf mərhələləri göstərir ki, bu sahə tədricən sadə hesablama texnologiyalarından mürəkkəb intellektual sistemlərə qədər uzun və ardıcıl inkişaf yolu keçmişdir. İlk mərhələ 1940–1950-ci illəri əhatə edir və bu dövr elektron kompüterlərin yaranması ilə xarakterizə olunur. ENIAC kimi ilk kompüterlər vakuum lampaları əsasında işləyirdi və əsas məqsəd mürəkkəb riyazi hesablamaları daha sürətli yerinə yetirmək idi. Bu mərhələ kompüter elmlərinin formalaşmasının başlanğıc nöqtəsi hesab olunur. [8]

1950–1960-cı illərdə proqramlaşdırma dillərinin yaranması kompüter elmlərinin inkişafında mühüm dönüş nöqtəsi oldu. FORTRAN və COBOL kimi dillər vasitəsilə insan və maşın arasında əlaqə daha sistemli hala gəldi. Bu dövrdə proqram təminatının inkişafı sürətləndi və kompüterlərin funksional imkanları genişləndi [9].

1960–1970-ci illərdə əməliyyat sistemlərinin və kompüter şəbəkələrinin yaranması müşahidə olunur. UNIX əməliyyat sistemi və ARPANET layihəsi kompüterlər arasında ilk əlaqələrin qurulmasına şərsit yaratdı. Bu mərhələ informasiya mübadiləsinin əsasını qoyaraq müasir internetin yaranmasına zəmin hazırladı [11].

1970–1980-ci illər fərdi kompüterlərin (PC) meydana çıxması ilə yadda qalır. Mikroprosessorların inkişafı kompüterlərin daha kiçik, ucuz və əlçatan olmasına imkan yaratdı. Nəticədə kompüterlər yalnız böyük təşkilatların deyil, fərdi istifadəçilərin də gündəlik həyatına daxil oldu [12].

1980–1990-cı illərdə qrafik istifadəçi interfeyslərinin (GUI) yaranması və Windows kimi sistemlərin inkişafı kompüterlərin istifadəsini daha asan və əlverişli etdi. Bu mərhələ proqram təminatının kütləvi istifadəsinə keçid dövrü kimi xarakterizə olunur [10].

1990–2000-ci illər internetin sürətli inkişafı və dünya miqyasında yayılması ilə seçilir. WWW (World Wide Web) və internet brauzerlərinin yaranması informasiya mübadiləsinə global səviyyəyə çıxardı. Bu dövr informasiya cəmiyyətinin formalaşmasının başlanğıcı hesab olunur.

2000–2010-cu illərdə mobil texnologiyaların və bulud hesablama sistemlərinin inkişafı kompüter elmlərində yeni mərhələ yaratdı. Smartfonların yayılması və cloud computing texnologiyaları məlumatların istənilən yerdən əldə olunmasını mümkün etdi və rəqəmsallaşmanı sürətləndirdi.

Nəticə

2010–2026-cı illər süni intellekt, böyük verilər (Big Data) və əşyaların interneti (IoT) texnologiyalarının geniş tətbiqi ilə xarakterizə olunur. Bu mərhələdə sistemlər daha ağıllı və özünü öyrənə bilən hala gəldi. Süni intellekt müxtəlif sahələrdə qərarvermə proseslərinə aktiv şəkildə inteqrasiya olundu.

Ümumilikdə, kompüter elmlərinin bu istiqamətləri bir-biri ilə sıx əlaqədə inkişaf edərək rəqəmsal transformasiyanı sürətləndirir və müasir cəmiyyətin bütün sahələrinə təsir göstərir.

Əminlik ki, bu tədqiqat işi gələcəkdə ixtisas mütəxəssisləri və müstəqil tədqiqatçılar üçün əsas informasiya mənbəyi olaraq onların informasiyaya olan tələbatının ödənilməsində əvəzsiz rola malik olacaqdır.

Ədəbiyyat

1. “Azərbaycan Respublikasında informasiya cəmiyyətinin inkişafına dair Milli Strategiya (2014–2020)”. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Sərəncamı, Bakı.-2014.
2. “Elektron hökumətin inkişafı və rəqəmsal hökumətə keçid ilə bağlı tədbirlər haqqında”. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Fərmanı, Bakı.-2018.
3. “Rəqəmsal transformasiya sahəsində idarəetmənin təkmilləşdirilməsi haqqında”. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Fərmanı, Bakı.-2021.
4. Alguliyev R.M., Fətəliyev T.Kh. About necessity of realization of the concept electronic-science//Proceedings of the second International Conference on “Problems of Cybernetics and Informatics”, 12-14 September, 2008, Baku, Vol.1, pp.75- 77.
5. Əliquliyev R.M., Ələkbərov R.Q., Əliquliyev R.M., Fətəliyev T.X., “Elektron elm: müasir vəziyyəti, problemləri və inkişaf perspektivləri”. Bakı: “İnformasiya Texnologiyaları” nəşriyyatı, 2015, 127 səh.
6. Əliquliyev R.M., Fətəliyev T.X. Elektron elm: məqsədləri, vəzifələri və inkişaf perspektivləri// Elektron elm problemləri üzrə I Respublika elmi-praktiki konfransı, 2012, s. 11-12.
7. Əliquliyev R.M., Fətəliyev T.X. Elektron elmin formalaşdırılmasının bəzi məsələləri//“Bakı Universitetinin Xəbərləri”, Fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, 2008, № 4, s.77- 83
8. Alguliev R., Alekperov R. Cloud Computing: Modern State, Problems and Prospects// Telecommunications and Radio Engineering, 2013, Vol 72, № 3, pp. 255-266.
9. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 775 p.

10. Kurose, J. F., Ross, K. W. Computer Networking: A Top-Down Approach. 8th ed. – Boston: Pearson, 2021. – 864 p.
11. Marr, B. Big Data in Practice: How 45 Successful Companies Used Big Data Analytics to Deliver Extraordinary Results. – Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2016. – 256 p.
12. Russell, S., Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. – Harlow: Pearson Education Limited, 2021. – 1152 p.

DOI: <https://doi.org/10.36719/0872/03/32-37>**Məhəmməd Həlimə**

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Magistrant

<https://orcid.org/0009-0008-3853-9833>

19hm97@gmail.com

Müasir ingilis dilinin lüğət tərkibində german və roman dillərinin izi

Xülasə

Bu məqalədə müasir ingilis dilinin lüğət tərkibində german və roman dillərinin izləri araşdırılır. Tədqiqatın əsas məqsədi bu iki dil qatının ingilis dilində necə formalaşdığını və bu gün hansı funksiyaları yerinə yetirdiyini göstərməkdir. Araşdırma zamanı müqayisəli və təsviri yanaşmalardan istifadə olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, ingilis dili mənşə etibarilə german dillərinə aid olsa da, onun lüğət tərkibi zamanla roman dillərinin, xüsusilə latın və fransız dillərinin təsiri ilə xeyli zənginləşmişdir. German mənşəli sözlər əsasən gündəlik ünsiyyətdə işlənir, daha sadə və konkret mənə ifadə edir. Roman mənşəli sözlər isə daha çox rəsmi, elmi və akademik mətnlərdə istifadə olunur və abstrakt mənə daşıyır. Bundan başqa, eyni mənəni ifadə edən, lakin fərqli mənşəyə malik sözlər arasında üslubi və semantik fərqlər müşahidə olunur. Bu xüsusiyyət ingilis dilinin ifadə imkanlarını genişləndirir. Nəticə etibarilə, müasir ingilis dili həm german, həm də roman elementlərinin vəhdəti əsasında formalaşmış çoxqatlı leksik sistemə malikdir və bu da onun beynəlxalq dil kimi inkişafına mühüm təsir göstərmişdir.

Açar sözlər: ingilis dili, german dilləri, roman dilləri, leksika, dil kontaktı, etimologiya

The Traces of German and Romance Languages in the Vocabulary of Modern English

Abstract

This article examines the traces of German and Romance languages in the vocabulary of modern English. The main goal of the study is to show how these two linguistic layers were formed in English and what function they perform today. Comparative and descriptive approaches were used during the study. It was determined that although English originally belongs to the Germanic languages, its vocabulary has been significantly enriched over time by the influence of Romance languages, especially Latin and French. Words of Germanic origin are mainly used in everyday communication, express simpler and more concrete meanings. Words of Romance origin are used more often in official, scientific and academic texts and carry abstract meanings. In addition, stylistic and semantic differences are observed between words that express the same meaning but have different origins. This feature expands the expressive capabilities of the English language. As a result, modern English has a multi-layered lexical system formed on the basis of the unity of both Germanic and Romance elements, which has had a significant impact on its development as an international language.

Keywords: English, Germanic languages, Romance languages, lexicon, language contact, etymology

Giriş

Müasir dünyada ingilis dili qlobal ünsiyyət, elm və mədəniyyətlərarası mübadilə vasitəsi kimi təzahür edir. Müxtəlif sahələrdə geniş istifadəsi çoxsaylı linqvistik təsirlərin formalaşdığı uzun tarixi inkişafın nəticəsidir. Müasir ingilis dilinin lüğəti bu mürəkkəb təkamülü əks etdirir və müxtəlif dil ailələrindən elementləri özündə birləşdirir. Genealoji baxımdan, ingilis dili Hind-Avropa dil ailəsinin german qoluna aiddir və V əsrdə Britaniyada məskunlaşmış german tayfalarının dillərindən yaranmışdır. Bu erkən mərhələ, adətən Köhnə İngilis dili kimi adlandırılan, dilin struktur və leksik

təməlini yaratmışdır. Lakin ingilis dilinin inkişafı yalnız german kökləri ilə məhdudlaşmamışdır. Orta İngilis dövründə, xüsusən də Norman fəthindən sonra, fransızdilli hökmdarlar ingilis lüğətinə xeyli sayda roman elementi daxil etdikdə əhəmiyyətli bir transformasiya baş vermişdir. Bu tarixi proses, xüsusən də inzibati, hüquq və mədəniyyət kimi sahələrdə leksikonun genişlənməsi ilə nəticələnmişdir. Dil ailələri arasında linqvistik qarşılıqlı əlaqə adətən yalnız leksik borclanmanı deyil, həm də semantik dəyişiklik və struktur uyğunlaşma kimi daha dərin prosesləri əhatə edir. İngilis dilinə gəldikdə isə, bu proseslər german və roman elementlərinin birgə mövcud olduğu hibrid leksik sistemin formalaşmasına töhfə vermişdir. Tədqiqatlar həmçinin göstərir ki, müasir ingilis dili ikili leksik xarakter daşıyır: gündəlik lüğət əsasən german mənşəlidir, rəsmi və akademik dil isə əsasən roman mənşələrindən qaynaqlanır. Bu fərq dil daxilində funksional və stilistik fərqləri əks etdirir (Akchurina et al., 2021).

Bundan başqa, alman dilinin təsiri ortaq mənşələrdən kənara çıxmış və xüsusilə XIX və XX əsrlərdə elmi, fəlsəfi və texniki terminologiyaya töhfələri əhatə edir. Bu, linqvistik qarşılıqlı təsirin mədəni və intellektual mübadilə ilə formalaşan davamlı bir proses olduğunu göstərir. Bu tədqiqatın aktuallığı german və roman elementlərinin müasir ingilis dilinin lüğətində necə birlikdə fəaliyyət göstərdiyini araşdırmaqdan ibarətdir. Bu qarşılıqlı təsiri anlamaq dilin strukturu, müxtəlifliyi və ifadə qabiliyyəti haqqında məlumat verir. Bu tədqiqatın məqsədi müasir ingilis lüğətində german və roman dillərinin izlərini təhlil etmək və onların funksional, semantik və stilistik rollarını müəyyən etməkdir.

Tədqiqat

Müasir ingilis lüğətinin təməli onun german mənşəyinə əsaslanır və bu, dilin formalaşmasının ilk mərhələlərinə gedib çıxır. İngilis dili, əsasən 5-ci əsrdə Britaniyada məskunlaşan german tayfalarının - anqların, saksonların və jutların dialektlərindən yaranmışdır. Bu tarixi fon müasir ingilis dilində mərkəzi rol oynamağa davam edən əsas leksik təbəqə yaratmışdır. İngilis dilindəki german elementləri adətən gündəlik ünsiyyətdə ən əsas və tez-tez istifadə olunan sözlərlə əlaqələndirilir. Bu leksik vahidlər qısa, fonoloji cəhətdən sadə və semantik cəhətdən fundamental olmağa meyllidir. Bunlara əsas insan təcrübələri, təbii hadisələr və ilkin hərəkətlərlə əlaqəli sözlər daxildir. Məsələn, ev, su, günəş, gəl, get, ye, gör kimi sözlər, eləcə də ana və ata kimi qohumluq terminləri ingilis lüğətinin ən qədim təbəqəsinə aiddir və onun german irsini əks etdirir (Brinton & Arnovick, 2006).

Funksional baxımdan, german mənşəli sözlər dilin əsasını təşkil edir. Onlar yüksək məhsuldardır və bütün reyestrələrdə, xüsusən də qeyri-rəsmi və danışiq ünsiyyətində geniş istifadə olunur. Onların yüksək istifadə tezliyi təsadüfi deyil; əksinə, bu, onların gündəlik qarşılıqlı əlaqədə əvəzolunmaz olan əsas anlayışları ifadə etməkdəki rolunu əks etdirir. Bu müşahidə, bir çox dillərdə əsas lüğətin zamanla köhnə linqvistik təbəqələri qorumağa meylli olduğunu irəli sürən linqvistik tədqiqatlarla uyğun gəlir (Pyles & Algeo, 1993).

Tezliyinə əlavə olaraq, alman sözləri stilistik neytrallığı və emosional ifadəliliyi ilə xarakterizə olunur. Roman mənşəli sözlərlə müqayisədə, onlar tez-tez daha birbaşa və konkret mənalar ifadə edirlər. Bu, onları qeyri-rəsmi müzakirə, povest mətnləri və gündəlik nitq üçün xüsusilə uyğun edir. Məsələn, vermək, götürmək, etmək və tapmaq kimi fellər yalnız struktur baxımından sadə deyil, həm də semantik cəhətdən çox yönlüdür və geniş kontekstlərdə fəaliyyət göstərməyə imkan verir.

Alman lüğətinin digər vacib xüsusiyyəti onun ingilis dilinin qrammatik strukturunun formalaşmasındakı roludur. Leksikon borclanma yolu ilə əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirilsə də, əsas cümlə quruluşu və əsas funksiya sözlərini əhatə edən əsas qrammatik sistem əsasən alman mənşəli olaraq qalır. Bu, alman komponentinin sadəcə tarixi olmadığını, həm də dilin struktur kimliyini müəyyən etməyə davam etdiyini göstərir. Bundan başqa, alman dilinin ingilis dilinə təsiri ortaq mənşələrlə məhdudlaşmır. Sonrakı tarixi inkişaf, xüsusən də XIX və XX əsrlərdə, xüsusilə elmi, fəlsəfi və texniki sahələrdə ingilis dilinə əlavə alman mənşəli terminlər gətirdi. Uşaq bağçası, zeitgeist və blitzkrieg kimi sözlər alman dilinin ingilis lüğətinin erkən inkişaf mərhələlərindən sonra da zənginləşməsinə necə töhfə verdiyini göstərir (Yusufjonova, 2024).

Xüsusilə, alman elementləri müasir ingilis lüğətinin əsas nüvəsini təşkil edir. Onlar gündəlik dil istifadəsində üstünlük təşkil edir, qrammatik quruluş üçün təməl yaradır və həm danışiq, həm də yazılı

ünsiyyətdə güclü bir iştirakı qoruyur. Bu davamlı təsir, ingilis lüğətinin ümumi tərkibini anlamaqda alman komponentinin əhəmiyyətini vurğulayır.

Alman dilinin təməlinə fərqli olaraq, müasir ingilis lüğətinin əhəmiyyətli bir hissəsi əsasən latın və fransız dillərindən, roman dillərindən qaynaqlanır. Lüğətin bu təbəqəsi, xüsusən də Orta İngilis dövründə, ingilis dilini romanlaşmış mədəniyyətlərlə sıx təmasa gətirən tarixi proseslər nəticəsində ortaya çıxdı. Bu transformasiyanın ən həlledici hadisələrindən biri 1066-cı ildə Norman fəthi idi ki, bu da fransız dilini idarəetmə, hüquq və elit cəmiyyət dili kimi təqdim etdi (Matyokubova, 2026).

Bu sosial-siyasi dəyişikliyin nəticəsi olaraq, ingilis dili çox sayda roman mənşəli leksik elementləri mənimsəmişdir. Bu alınmalar təsadüfi şəkildə paylanmayıb; əksinə, onlar hakimiyyət, idarəetmə, təhsil və mədəniyyətlə əlaqəli spesifik semantik sahələrdə cəmləşib. Hökumət, ədalət, hakimiyyət, ədəbiyyat və ünsiyyət kimi sözlər bu təbəqəni nümunə göstərir və roman lüğətinin dil istifadəsinin daha formal sahələrinə necə yerləşdiyini göstərir. Roman mənşəli sözlərin fərqli bir xüsusiyyəti onların struktur və stilistik mürəkkəbliyidir. Alman lüğəti ilə müqayisədə bu sözlər çox vaxt daha uzun, morfoloji cəhətdən daha mürəkkəb və semantik cəhətdən daha mücərrəddir. Bu, onların dəqiqlik və konseptual nüansın yüksək qiymətləndirildiyi Latın əsaslı elmi və inzibati ədəblərdən qaynaqlandığını əks etdirir. Nəticədə, roman elementləri akademik yazıda, hüquqi müzakirədə və institusional ünsiyyədə üstünlük təşkil etməyə meyllidir.

Funksional baxımdan, roman lüğəti ingilis dilində ixtisaslaşmış reyestrlərin inkişafına əhəmiyyətli dərəcədə töhfə verir. Elmi, fəlsəfi və texniki kontekstlərdə Latın əsaslı terminologiya mücərrəd anlayışları və nəzəri çərçivələri ifadə etməkdə mərkəzi rol oynayır. Bu tendensiya xüsusi hal almışdır (Cəfərova, 2009).

Bundan başqa, linqvistik tədqiqatlar göstərir ki, roman və german sistemləri arasında dil təması təkcə leksik borclanmanı deyil, həm də semantik differensiasianın daha dərin proseslərini əhatə edir. Bir çox hallarda, roman sözləri ingilis dilinə mövcud german ekvivalentləri ilə birlikdə daxil olmuş və fərqli stilistik dəyərlərə malik paralel leksik cütliklər yaratmışdır. Bu fenomen ingilis lüğətinin təbəqələşməsinə töhfə vermiş və qeyri-rəsmi və formal reyestrlər arasında funksional bölgünü gücləndirmişdir (Stockwell & Minkova, 2001).

Romantik təsirin digər vacib aspekti onun ingilis dilinin ifadə qabiliyyətinin genişləndirilməsindəki roludur. Çox sayda mücərrəd və texniki terminləri daxil etməklə, ingilis dili akademik, hüquqi və elmi sahələrdə effektiv fəaliyyət göstərmək qabiliyyətini inkişaf etdirmişdir. Bu genişlənmə dilin çox yönlülüyünü əhəmiyyətli dərəcədə artırmış və onun qlobal bilik istehsalı vasitəsi kimi ortaya çıxmasına töhfə vermişdir.

Xüsusilə, roman elementləri müasir ingilis lüğətinin vacib bir təbəqəsini təmsil edir. Onlar əsasən formal, akademik və ixtisaslaşmış kontekstlərlə əlaqələndirilir və dilin german nüvəsini tamamlamağa xidmət edir. Bu iki leksik təbəqə arasındakı qarşılıqlı təsir geniş ünsiyyət vəziyyətlərində fəaliyyət göstərə bilən zəngin və çevik bir dil sisteminin yaranmasına səbəb olmuşdur (Baugh & Cable, 2002).

Müasir ingilis lüğətinin ən fərqli xüsusiyyətlərindən biri, müxtəlif dil mənbələrindən qaynaqlanan, lakin oxşar və ya yaxın mənaları ifadə edən paralel leksik birləşmələrin birgə mövcudluğudur. Bu fenomen, xüsusən də ingilis dilinin german bazası ilə roman lüğətinin sonrakı axını arasında tarixi dil təmasının birbaşa nəticəsidir. Nəticədə, ingilis dili sinonim cütliklərin yalnız mənşəyində deyil, həm də istifadə, üslub və semantik nüansda fərqləri əks etdirdiyi qatlı leksik sistem inkişaf etdirmişdir.

Bu fenomenin aydın nümunəsini aşağıdakı cədvəldə müşahidə etmək olar: **(Cədvəl 1).**

Cədvəl 1. German və roman mənşəli paralel leksik vahidlərin müqayisəli təhlili

German mənşəli söz	Roman mənşəli söz	Ümumi mənə	Üslubi xüsusiyyət	Semantik xüsusiyyət	İstifadə sahəsi
ask	inquire	soruşmaq	ask – qeyri-rəsmi, gündəlik ünsiyyət üçün xarakterikdir; inquire – rəsmi və institusional kontekstdə işlənir	ask – birbaşa və sadə mənə ifadə edir; inquire – prosedur və rəsmi xarakter daşıyır	gündəlik danışiq; rəsmi yazışmalar
begin	commence	başlamaq	begin – neytral və geniş istifadə olunur; commence – yüksək rəsmi üsluba aiddir	begin – ümumi mənə daşıyır; commence – daha çox hüquqi və rəsmi kontekstlərdə işlədilir	gündəlik nitq; hüquqi və rəsmi sənədlər
help	assist	kömək etmək	help – qeyri-rəsmi və emosional çalara malikdir; assist – daha rəsmi və neytral üslubdadır	help – səmimi və şəxsi münasibət bildirir; assist – funksional və texniki xarakter daşıyır	gündəlik ünsiyyət; xidmət və rəsmi sahə
kingly	royal	krallığa aid	kingly – daha çox bədii və arxaik üslubda istifadə olunur; royal – rəsmi və siyasi terminologiyada işlədilir	kingly – təsviri və emosional çalar daşıyır; royal – institusional və rəsmi mənə ifadə edir	ədəbiyyat; dövlət və hüquq sahəsi
freedom	liberty	azadlıq	freedom – gündəlik və emosional istifadə üçün xarakterikdir; liberty – rəsmi və siyasi diskursda işlədilir	freedom – fərdi azadlıq anlayışını bildirir; liberty – hüquqi və ictimai kontekstdə istifadə olunur	danışiq dili; hüquq və siyasət
heartly	cordial	səmimi	heartly – qeyri-rəsmi və emosional üsluba malikdir; cordial – rəsmi və etik ünsiyyət üçün səciyyəvidir	heartly – isti və səmimi münasibət bildirir; cordial – nəzakətli və formal çalar daşıyır	gündəlik ünsiyyət; diplomatik və rəsmi dil
end	terminate	bitirmək	end – sadə və ümumi istifadə olunur; terminate – rəsmi və texniki üslubda işlədilir	end – ümumi mənanı ifadə edir; terminate – dəqiq və hüquqi çalar daşıyır	gündəlik nitq; texniki və hüquqi mətnlər
buy	purchase	almaq	buy – qeyri-rəsmi və gündəlik istifadə olunur; purchase – rəsmi və iqtisadi kontekstdə işlədilir	buy – sadə əməliyyatı bildirir; purchase – rəsmi maliyyə əməliyyatı kimi qəbul edilir	danışiq dili; biznes və müqavilə dili

Mənbə: Müəllif tərəfindən tərtib edilmişdir.

Cədvəldə təqdim olunan nümunələr göstərir ki, müasir ingilis dilində paralel leksik vahidlər yalnız sinonimlik funksiyası daşımır, həm də dilin üslubi və funksional diferensiasiyasını əks etdirir.

German mənşəli sözlər əsasən gündəlik ünsiyyətə xidmət edən, qısa və semantik baxımdan konkret vahidlərdir. Roman mənşəli sözlər isə daha çox rəsmi, akademik və institusional diskursda istifadə olunan, abstrakt və terminoloji xarakter daşıyan vahidlərdir.

Bu fərqlər tarixi proseslərlə bağlıdır. Norman işğalından sonra fransız dili hakim təbəqənin dili kimi fəaliyyət göstərmiş və nəticədə hüquq, idarəçilik və mədəniyyət sahələrində roman mənşəli sözlər üstünlük qazanmışdır. Dil kontaktı nəticəsində bu sözlər yalnız mənimsənilməmiş, eyni zamanda semantik baxımdan diferensiasiyaya uğramışdır.

Müasir ingilis dilində german və roman elementlərinin birgə mövcudluğu təkcə tarixi bir fenomen deyil, həm də müasir kontekstlərdə dil istifadəsini formalaşdıran funksional bir reallıqdır. Bu iki leksik təbəqə fərqli kommunikativ sahələr üzrə paylanmışdır və onların fərqli semantik və stilistik xüsusiyyətlərini əks etdirir. Gündəlik danışiq ingilis dilində german mənşəli lüğət açıq şəkildə üstünlük təşkil edir. Bu mənşəli sözlərə sadəliyi, tanışlığı və birbaşalığı səbəbindən qeyri-rəsmi qarşılıqlı əlaqədə üstünlük verilir. "Get", "come", "make", "take" və "give" kimi əsas fəllər, ev, yemək və uşaq kimi əsas isimlərlə birlikdə gündəlik ünsiyyətin əsasını təşkil edir. Onların yüksək tezliyi və əlçatanlığı onları kortəbii nitqdə və şəxsi ifadədə əvəzolunmaz edir. Bu model german təbəqəsinin ingilis dilində əsas ünsiyyətin əsas vasitəsi kimi fəaliyyət göstərməyə davam etdiyini təsdiqləyir (Millward & Hayes, 2011).

Əksinə, roman mənşəli lüğət formal və institusional kontekstlərdə daha çox nəzərə çarpır. Akademik yazı, hüquqi müzakirə, inzibati ünsiyyət və elmi mətnlər Latın və Fransız mənşəli sözlərə çox güvənir. Təhlil, struktur, səlahiyyət, qanunvericilik və ünsiyyət kimi terminlər mücərrəd anlayışları və ixtisaslaşmış bilikləri çatdırmaq üçün geniş istifadə olunur. Bu bölgü, orta əsr İngiltərəsində elm dili kimi Latın dilinin və idarəetmə dili kimi Fransız dilinin tarixi rolunu əks etdirir. Bu leksik təbəqələr arasındakı fərq, xüsusilə akademik diskursda özünü göstərir. Elmi mətnlər daha dəqiqlik, abstraksiya və terminoloji ardıcılığa imkan verdiyi üçün roman lüğətinə üstünlük verir. Dilçilik tədqiqatlarında qeyd edildiyi kimi, Avropada elmi və fəlsəfi terminologiyanın inkişafı Latın dili ilə sıx bağlı idi və bu da beynəlxalq bilik mübadiləsini asanlaşdırırdı. Nəticə etibarilə, ingilis akademik dili güclü roman komponentini miras almışdır. Media dili həm german, həm də roman elementlərinin strateji olaraq istifadə edildiyi aralıq bir haldır. Jurnalistik yazılarda alman sözləri geniş auditoriya üçün aydınlıq və əlçatanlığı təmin etmək üçün tez-tez istifadə olunur, roman terminləri isə müəyyən səviyyədə rəsmilik və səlahiyyəti qorumaq üçün istifadə olunur. Bu balanslı istifadə ingilis lüğətinin funksional çevikliyini nümayiş etdirir. Lakin hüquqi və inzibati dil roman mənşəli terminologiyaya açıq bir üstünlük göstərir. Müqavilə, öhdəlik, tənzimləmə və ədalət kimi sözlər hüquqi diskursda dərin kök salmışdır. Bu üstünlük İngiltərənin hüquq sistemində fransız dilinin tarixi dominantlığına gedib çıxır və bu da roman əsaslı hüquqi leksikonun yaranmasına səbəb olur. Sosiolinqvistik baxımdan, bu bölgü, lüğətin müxtəlif təbəqələrinin fərqli kommunikativ məqsədlərə xidmət etdiyi funksional təbəqələşmə konsepsiyasını əks etdirir. German elementləri təcililik, emosional ifadə və şəxslərarası ünsiyyətlə əlaqələndirilir, roman elementləri isə abstraksiya, səlahiyyət və institusional diskursla əlaqələndirilir. Bundan əlavə, qloballaşma və texnoloji inkişaf bu tarazlığa təsir göstərməyə davam edir. İngilis dili yeni borclanmalara açıq qalsa da, mövcud ikili struktur həm gündəlik ünsiyyəti, həm də ixtisaslaşmış diskursu dəstəkləyən sabit bir çərçivə təmin edir. Bu uyğunlaşma ingilis dilinin beynəlxalq dil kimi qlobal uğurunun əsas amillərindən biridir (Vəliyeva, 2025).

Nəticə olaraq, ingilis lüğətinin müasir istifadəsi German və Roman elementləri arasında aydın funksional bölgünü əks etdirir. Bu bölgü təsadüfi deyil, tarixi inkişafa, semantik xüsusiyyətlərə və kommunikativ ehtiyaclara əsaslanır. Bu iki təbəqə arasındakı qarşılıqlı təsir ingilis dilinin qeyri-rəsmi söhbətdən yüksək rəsmi akademik və peşəkar ünsiyyətə qədər müxtəlif kontekstlərdə effektiv fəaliyyət göstərməsinə imkan verir (McMahon, 2002).

Nəticə

Bu tədqiqat müasir ingilis dilinin lüğət ehtiyatının, əsasən german və roman dilləri ənənələri arasında uzun və mürəkkəb linqvistik qarşılıqlı təsir prosesinin nəticəsi olduğunu göstərmişdir. Bu iki komponent müstəqil şəkildə fəaliyyət göstərmir; əksinə, hər bir təbəqənin fərqli, lakin tamamlayıcı rollar oynadığı integrasiya olunmuş leksik sistem təşkil edir. German elementi ingilis dilinin tarixi və struktur təməlini təşkil edir. O, gündəlik ünsiyyətdə dominantlıq edir, əsas anlayışları, hərəkətləri və insan təcrübələrini ifadə etmək üçün istifadə olunan əsas lüğəti təmin edir. Sadəliyi, tezliyi və semantik şəffaflığı qeyri-rəsmi nitqdə və ümumi dil istifadəsində mərkəzi rolunu təmin edir. Bunun əksinə olaraq, roman komponenti ingilis dilinin ifadə qabiliyyətini əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirən sonrakı, lakin yüksək təsirli bir təbəqəni təmsil edir. Əsasən latın və fransız dillərindən qaynaqlanan roman mənşəli lüğət formal, akademik və institusional kontekstlərlə sıx bağlıdır. Bu, dilin mücərrəd ideyaları, ixtisaslaşmış bilikləri və mürəkkəb konseptual mənaları çatdırmasına imkan verir. Bu iki leksik təbəqə arasındakı qarşılıqlı təsir sinonim cütliklər, stilistik fərqləndirmə və semantik ixtisaslaşma ilə xarakterizə olunan ikili sistemin yaranmasına səbəb olmuşdur. Alman mənşəli sözlər birbaşa, konkret və emosional ifadəli olmağa meyllidir, Romantik ekvivalentləri isə adətən daha mücərrəd, formal və kontekstə xasdır. Bu fərq təkcə dil proseslərini deyil, həm də Norman istilasının təsirini və Latın dilinin elmi ənənələrdəki rolunu da əhatə edən tarixi və sosial-mədəni inkişafı əks etdirir (Hogg & Denison, 2006).

Nəticə olaraq, müasir ingilis dilini German struktur bazası və əhəmiyyətli Romantik leksik örtüyü olan linqvistik cəhətdən hibrid sistem kimi təsvir etmək olar. Bu ikili təbiət məhdudiyyət deyil, dilin əsas gücüdür və ona geniş kontekstlərdə effektiv şəkildə fəaliyyət göstərməyə imkan verir. Bu elementlərin birgə mövcudluğu və qarşılıqlı təsiri ingilis dilinin zənginliyinə, çevikliyinə və qlobal funksionallığına töhfə verir və onu dünyanın ən dinamik və çox yönlü dillərindən birinə çevirir.

Ədəbiyyat

Azərbaycan dilində

1. Cəfərova, B. (2009). English (ali məktəblər üçün dərslik). Bakı.
2. Vəliyeva, G. (2025). Müasir german dilləri: german dil ailəsində ingilis dilinin rolu. Qədim Diyar Beynəlxalq Elmi Jurnal, 7(3), 107–109. <https://doi.org/10.36719/2706-6185/45/107-109>

İngilis dilində

3. Akchurina, M., Balashova, I., Levicheva, S., & Tsoy, T. (2021). Modern Germanic languages: The place of English in the Germanic language group. *International Journal of Society, Culture & Language*, 9(2), 10–18.
4. Brinton, L., & Arnovick, L. (2006). *The English language: A linguistic history*. Oxford University Press.
5. Crystal, D. (2003). *The Cambridge encyclopedia of the English language*. Cambridge University Press.
6. Crystal, D. (2008). *A dictionary of linguistics and phonetics*. Blackwell.
7. Hogg, R., & Denison, D. (2006). *A history of the English language*. Cambridge University Press.
8. Jespersen, O. (1992). *Growth and structure of the English language*. University of Chicago Press.
9. Matyokubova, S. (2026). The evolution and interaction of Roman and Germanic languages in Europe. *World Scientific Research Journal*, 49(1), 56–63.
10. McMahon, A. (2002). *An introduction to English phonology*. Edinburgh University Press.
11. Millward, C., & Hayes, M. (2011). *A biography of the English language*. Wadsworth.
12. Stockwell, R., & Minkova, D. (2001). *English words: History and structure*. Cambridge University Press.
13. Yusufjonova, S. (2024). The influence of German on modern English: A historical and linguistic perspective. *American Journal of Education and Evaluation Studies*, 1(9), 252–256.

Hüseyn İbadov

Azərbaycan Turizm və Menecment Universiteti

<https://orcid.org/0009-0008-4930-8627>

contact.ibadov@gmail.com

Müasir menecmentdə süni intellektin inkişafının tətbiqi rolu və gələcək perspektivləri

Xülasə

Bildiyimiz kimi, son illərdə süni intellektin inkişafı bütün dünyada həm iqtisadi, həm siyasi, həm də sosial sferada dəyişikliklərə səbəb olmaqdadır. Bu proses xüsusilə də iqtisadi sektorda özünü göstərməkdədir. Belə ki, istər xidmət sektorunda, istər məhsul istehsalında süni intellektin tətbiqi artıq çox vacib bir məsələyə çevrilməkdədir. Süni intellektin tətbiqi özlüyündə müsbət töhfələr verdiyi qədər, yeni problemlər də yaratmaqdadır. Təbii olaraq bu proses menecment sahəsinə də təsirsiz ötüşməməkdədir.

Bu məqalədə süni intellektin tətbiqinin menecment sahəsində meydana gətirdiyi dəyişikliklərə, müsbət və mənfi tendensiyalara və gələcək perspektivlərinə yer verilmişdir. Burada əsas məqsəd süni intellektin inkişafının əsasən hansı istiqamətdə (müsbət və ya mənfi olaraq) menecment sahəsinə təsir etməsi, süni intellektin müvafiq sahə üzrə hansı imkanlar və perspektivlər ortaya çıxarmasını tədqiq etməkdir. Məqalədə stratejik menecment, innovasiya menecmenti kimi sahələr üzrə də araşdırmalar aparılmış, istər yerli, istərsə də xarici mənbələrə istinadlar edilmişdir.

Açar sözlər: *Süni İntelekt (Sİ), menecment, stratejik menecment, innovasiya menecmenti, verilənlər bazası (data base), sənaye inqilabı, ChatGPT*

Huseyn Ibadov

Azerbaijan Tourism and Management University

<https://orcid.org/0009-0008-4930-8627>

contact.ibadov@gmail.com

The Role and Future Perspectives of Artificial Intelligence Integration in Modern Management

Abstract

As is well known, the rapid development of Artificial Intelligence (AI) in recent years has triggered significant transformations across global economic, political, and social spheres. This process is particularly evident in the economic sector, where the integration of AI into both the service and manufacturing industries has become an essential requirement. While the application of AI offers substantial benefits, it simultaneously introduces new challenges. Naturally, this process profoundly impacts the field of management as well.

This article examines the shifts, positive and negative trends, and future perspectives brought about by the implementation of Artificial Intelligence in management. The primary objective is to investigate the direction of AI's influence on management—whether predominantly positive or negative—and to identify the opportunities and prospects it creates within this field. The research covers areas such as strategic management and innovation management, drawing upon both local and international sources.

Keywords: *Artificial Intelligence (AI), management, strategic management, innovation management, database, industrial revolution, ChatGPT*

Giriş

Tarix boyunca sənaye inqilabları, müxtəlif sənayeləşmə mərhələlərini ehtiva etmişdir. Belə ki, 1.0 sənaye inqilabı buxar gücündən, 2.0 sənaye inqilabı elektrik enerjisinin geniş istifadəsindən, 3.0 sənaye inqilabı texnologiyanın və elektronik sistemlərin sintezindən, 4.0 sənaye inqilabı isə djiitallaşma və avtomatlaşdırmanın pik həddə çatmasından asılı olaraq formalaşmışdır. (Pandey və Sharma, 2024; Kothari, 2020): Günümüzdə isə 5.0 sənaye inqilabı baş verməkdədir ki, bu da öz növbəsində insan və maşın arasındakı işbirliyini inkişaf etdirməni hədəfləməkdədir. (Tallat vd., 2023; Akundi vd., 2022):

“Menecment” – ingilis sözü olaraq semantik baxımdan “idarəetmə” anlayışını özündə ifadə edən bir məfhumdur. Lakin, burada qeyd edilməsi gərəkən bir nüans vardır ki, bu menecmentin qlobal idarəetmədən fərqli olaraq müəssisələrin və firmaların idarə edilməsinə aid edilməsidir. Buna bariz bir misal göstərək. Belə ki, firmaların və müəssisələrin idarə edilməsində “menecment” və “menecer” terminləri işlədilsə də, şəhər, dövlət, qlobal sosial-iqtisadi idarəçilik proseslərində bu ifadələr işlədilmir. (kayzen.az):

Müasir dünyada menecment dedikdə, bazar iqtisadi şəraitində müəssisələrin idarə edilməsi nəzərdə tutulur. “Menecer” isə ixtisaslı olaraq aylıq məvacib qarşılığında müəssisələrin, təşkilatların, firmaların idarəedilməsi ilə məsul olan şəxsdir. Menecerin vəzifə baxımından öhdəliyi olan 3 nüans vardır:

1. İstehsalı və eləcə də texnologiyayı idarə etmək;
2. İşçiləri idarə etmək;
3. İnformasiyanı idarə etmək.

Bəs “Süni İntelekt” nədir? Süni intellekt (Artificial Intelligence – AI) – insan zəkasını təqlid edərək öyrənmə, əsaslandırma, problem həll etmə, qavrayış və dil anlama vəzifələri əsasında məlumatları təhlil etmək, daimi olaraq fəaliyyətini təkmilləşdirmək və mövcud tendensiyalara adaptiv olaraq fəaliyyət göstərməkdir. (era.az):

Müasir dünyada süni intellektin tətbiqi olduqca genişdir və müxtəlif sahələrdə praktiki olaraq istifadə olunur:

- Biznesdə - Əməliyyatları avtomatlaşdırmaq, marketinq strategiyalarının optimallaşdırılması və eləcə də müştəri bazasının intutsional səviyyədə davranışının analiz etmək və qiymətləndirmək;
- Təhsildə - Şagirdlərin öyrənmə sürətinin təkmilləşdirilməsi və fənnlər üzrə mövzuların daha da yaxşı mənimsənilməsində;
- Tibbdə - Tibbi diaqnostika, fərdi müalicə planlarının hazırlanması və eləcə də tibbi cihazlar üzrə;
- Nəqliyyatda – süni intellekt dəstəklə mühərriklərə malik avtomobillərin istehsalı, logistika və nəqliyyat idarəçiliyində və.s (coders.edu.az):

Menecmentdə süni intellektin tətbiqinin üstünlükləri və yaratdığı problemlər

Süni intellektin tətbiqi müəssisələrin bir çox məqamlarda daha məhsuldar və daha rəqabətçil fəaliyyət göstərməsinə şərait yaradır. Süni intellektin tətbiqi nəticəsində əldə edilən faydalara aşağıdakılar daxildir:

- Əməliyyatlar üzrə məhsuldarlığın artırılması – təkrarlanan əməliyyatları avtomatlaşdıraraq işçilərin daha məhsuldar və daha stratejik işləri fokuslanmasına şərait yaradır. Nəticə etibarı ilə, iş proseslərinin sürətlənməsi hesabına iş üçün sərf edilən vaxta qənaət edilməsinə şərait yaradır.
- Rəqabət üstünlüyü – süni intellektin geniş tətbiqi rəqiblərə nisbətən daha da ön plana çıxmaqda şərait yaradır. Misal, bir pərakəndə satış üzrə fəaliyyət göstərən firma süni intellekt alqoritmləri sayəsində müştərilərin davranışlarını qabaqcadan təxmin edərək rəqiblərdən daha yaxşı bir xidmət göstərə bilər.

- Sürətli və dəqiq qərar almaq – Süni intellekt yazılımı üzrə tətbiqi proqramlar səhvləri minimallaşdıraraq daha sürətli və daha dəqiq qərar almaqda faydalı ola bilər. (figensoft.com):

Süni intellektin müasir menecmentdə və idarəçilikdə tətbiqi bəzi problemlərə də səbəb olur. Bu səbəblərə aşağıdakılar daxildir:

- İnsan əməyinə olan ehtiyacın avtomatlaşdırılmış mexanizmlərlə əvəzlənməsi – bu proses özlüyündə müxtəlif iş sahələri üzrə ixtisaslı kadrlara olan tələbatın ortadan qalxmasını, insan

əməyinin əvəz edilməsini özündə ehtiva edir. Nəticə etibarı ilə, bu da yüz minlərlə insanların işsizliyinə səbəb olan bir amil kimi özünü göstərir.

- Qərar qəbulu zamanı yaranan problemlər – süni intellektin idarəçilikdə və menecmentdə geniş istifadəsi qərar qəbulunda bəzən problemlərə də səbəb ola bilər. Belə ki, süni intellekt hər nə qədər insan zəkasını təqlid edərək təkmilləşsə də, bəzən qərar qəbulu zamanı yetərli səviyyədə obyektivlik sərgiləyə bilmir. Eyni zamanda, qərar qəbulu zamanı kimi zaman menecerin intuitiv olaraq qərar qəbul etməsi gərəkən anlarda, pragmatik və sadəcə riyazi hesablamalarla mövqe bildirən süni intellekt faydasız ola bilər. (İnce, H., İmamoğlu, S.E. & İmamoğlu, S.Z, 2021.):

- Hüquqi məsələlər – Süni intellektin son illərdə ortaya çıxması və mövcud hüquq sistemində süni intellektin tətbiqi zamanı meydana çıxan müəlliflik, verilənlər bazasında olan məlumat təhlükəsizliyi, avtomatlaşdırılmış mexanizmlərlə çalışan cihazların fəaliyyəti zamanı meydana gələn problemlərlə bağlı mövzularda konkret hüquqi tənzimləmə mexanizmlərinin olmaması səbəbiylə potensial risklər meydana gəlməkdədir. (Tippins, 2021):

Yuxarıda qeyd edilən bütün faktorları nəzərə aldıqda süni intellektin müsbət təsirləri olduğu kimi, neqativ təsirləri də mövcuddur. Qeyd etmək vacibdir ki, süni intellektin faktiki inkişafını nəzərə aldığımız zaman, onun inkişafının əksinə hərəkət etmək, tətbiqini qadağan etmək kimi birmənalı qərarlar almaq, müəssisələrə sadəcə rəqib qarşısında zəiflik qazandıra bilər. Lakin, menecmentdə süni intellektin tətbiqi zamanı menecerlərin üzərinə düşən əsas vəzifə istər istehsalatda, istər bazar araşdırmasında, istərsə də qərar qəbulunda yekun qərarı özlərinin qəbul etməsidir. Çünki, nəticə etibarı ilə, süni intellekt alqoritmlə çalışan bir sistematiqadır və buna müvafiq olaraq öz fərziyyələrini irəli sürür.

Menecmentdə süni intellektin tətbiqinin gələcək perspektivləri

Müasir menecment sürətlə dəyişən bazar şərtləri, informasiya resurslarının həcmının ardıcıl və qarşısızalmaz sürətlə artması və müştəri gözləntilərinin yüksəlməsi və s. çətinliklərlə üzləşir. Bu baxımdan süni intellektin (Sİ) effektivliyi, çevikliyi və eləcə də mütəmadi olaraq təkmilləşən imkanları idarəçilikdə onu əsas vasitələrdən birinə çevirməkdədir.

Sİ müəssisələrə böyük həcmli məlumatları müvafiq zaman kəsiyində təhlil etmək, qanunauyğunluqları müəyyənləşdirmək və eləcə də, faktlara, dəlillələrə əsaslanaraq qərar qəbul etmək kimi imkanlar təqdim edir. Bu yanaşma bir çox məqamda riskləri azaldır, dəqiq proqnozların qəbulunda və fors-major hallar qarşısında daha çevik və operativ fəaliyyət tənzimləmələrinə şərait yaradır. (D.Vasilij, I.Torbica, 2025)

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, süni intellektin biznes modellərinə və hüquqi mexanizmlərə təsiri şübhəsiz ki, çox böyükdür. Lakin, qeyd etmək vacibdir ki, Sİ texnologiyalarını tətbiq edən şirkətlər aşağıda qeyd edilən faktlara nail olurlar:

- innovativ məhsul və xidmətləri istehsal etmək;
- istifadəçi təcrübəsini fərdiləşdirmək və təkmilləşdirmək;
- yeni gəlir mənbələrinin yaradılması sayəsində rəqabət qabiliyyətini gücləndirmək. (Vasilij, Vucic, Matkovic, 2024)

Təşkilatların uzunmüddətli rəqabət üstünlüyü əldə etmə strategiyalarının mərkəzində innovasiya dayanır. Bu proses yeni məhsul və xidmətlərin yaradılmasını və eləcə də, mövcud olanların təkmilləşdiriləsinə özündə ehtiva edir.

“ChatGPT” kimi süni intellekt vasitələrinin yaratdığı imkanlar onların müxtəlif sahələrdəki çoxşaxəli alətlərindən qaynaqlanır. Bu alətlər vasitəsilə:

1. Yaradıcı məzmun istehsalı əldə edilir – Belə ki, təsviri və yaradıcı məhsullar hazırlanması mümkün olur;

2. İdeya formalaşdırılması – Yeni innovativ məhsul istehsalı və eləcə də xidmətlərin yaradılmasında yeni fikirlər əldə etmə imkanları qazanılır;

3. Qiymətləndirmə - İnsan tərəfindən verilən məlumatların analizini edir (Berg, 2023):

İnnovasiya menecmentində süni intellektin inkişafı 3 tətbiqi yol təklif edir:

1. Əvəzetmə (replacing): insan əməyinin əvəzinə Sİ tətbiqi nəticəsində xərclərə qənaət etmək;

2. Gücləndirmə (reinforcing): mövcud proseslərin imkanlarını təkmilləşdirməklə işçilərin imkanlarını gücləndirmək;

3. Üzə çıxarma (revealing): Dərk edilməyən imkanları və proqnozlaşdırılması çox çətin olan situasiyaları aşkara çıxarmaq.

Süni intellektin stratejik menecment sahəsi üzrə də təkmilləşməkdədir. Belə ki, Sİ öz alqoritmləri vasitəsilə stratejik qərarların alınmasında olduqca önəmli rol oynayır (Doğan, 2002): Stratejik menecmentdə süni intellektin tətbiqi istiqamətləri aşağıdakılardan ibarətdir: (Gooinn, 2023):

- Stratejiyanın formalaşdırılması və bununla əlaqəli olaraq da planlamanın hazırlanması;
- Verilənlər bazasının (Data Base) və eləcə də iri həcmli mənbələrin analiz edilməsi;
- Proseslərin optimizasiya edilməsi;
- Sürətli qərar alma prosesinin asanlaşması;
- Dijital assistent rolunu icra etməsi (Buna misal olaraq, chatbotlar, online tətbiqi proqramlarla proseslərin məkan və zamandan müstəqil olaraq icra edilməsini göstərmək olar);
- Dəyişikliklərə sürətli reaksiya verə bilmə qabiliyyəti;
- Risklərə nəzarət və onların idarə edilməsi;

Qeyd edilən tətbiqi istiqamətlər, menecerləri çətin qərar alma, həll edilməsi uzun çəkən proseslərin icrası, iri həcmli verilənlər bazasının işlənməsi və.s kimi çətin proseslərdən qurtarır. Lakin, menecerlər süni intellekt vasitəsilə dijital dəyişiklikləri idarə edə bilmələri üçün 4 perspektivə sahib olmaları vacibdir. Bunlara aiddir: (Borek və Prill, 2021):

1. Stratejiya perspektivi – Hərtərəfli stratejik vizyonlar, işin necə yenidən qurulacağını formalaşdırdığı üçün dijital dəyişimin təməlini müəyyənləşdirir.

2. Məhsul perspektivi – Məhsulları dizayn etmək, onu bazara təqdim etmək, hədəfi faktiki imkanlara çevirmək və müəssisəyə inteqrasiya etmək gərəkdir.

3. Bacarıq perspektivi – Məlumat məhsulların dizayn və təqdim edilməsi, rollar, müddət və idarəçilik istiqamətində bacarıqlar formalaşdırmaq vacibdir.

4. Dəyişim perspektivi – Şirkət mədəniyyətini dəyişdirmək, işin həcmi istiqamətləndirmək əsas hədəfdir. Bunlara əlavə olaraq, təməl iş proseslərində verilənlər (data base) elmi və maşın-insan iş prosesinin inzibati heyətdə aşılması nəticəyə çatmaq üçün vacibdir.

Nəticə

Aparılan tədqiqat nəticəsində qeyd edə bilərik ki, menecment sahəsində süni intellektin tətbiqi eyni zamanda bir çox imkanlar yaratdığı kimi, neqativ tendensiyalar da formalaşdırmaqdadır. Ancaq, süni intellektin mövcud imkanlarını və sürətli inkişafını nəzərə aldıqda, menecerlərin işi bu inkişafa həm özlərini, həm çalışdıqları müəssisələri müvafiq situasiyaya uyğunlaşdırmaq, adaptasiya etməkdir.

Ədəbiyyat

1. Pandey, T. R. ve Sharma, H. (2024). The development of manufacturing industry revolutions from 1.0 to 5.0. Journal of Informatics Education and Research, 4(1), 1230-1242. (<https://doi.org/10.52783/jier.v4i1.710>)
2. Tallat, R., Hawbani, A., Wang, X., Al-Dubai, A., Zhao, L., Liu, Z., Min, G., Zomaya, A. Y. ve Rehman, S. (2023). Navigating Industry 5.0: A survey of key enabling technologies, trends, challenges, and opportunities. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 25(4), 2255–2291. (<https://doi.org/10.1109/COMST.2023.3329472>)
3. Menecmentin mahiyyəti. (<https://kayzen.az/blog/menecment/5683/menecmentin-mahiyy%C9%99ti.html>)
4. Süni intellekt nədir? Tərif, istifadə və növləri. (<https://era.az/az/bloq/suni-intellekt-nedir-terif-istifade-ve-novleri>)
5. Süni intellekt nədir? (<https://coders.edu.az/az/blog/suni-intellekt-nedir>)
6. İşletmələrdə Yapay Zeka Teknolojisinin Rolü. (<https://www.figensoft.com/blog/isletmelerde-yapay-zeka-teknolojisinin-rolu>)

7. İnce, H., İmamoğlu, S.E. & İmamoğlu, S.Z. 2021. Yapay zeka uygulamalarının karar verme üzerine etkileri: Kavramsal bir çalışma. *International Review of Economics and Management*, 9(1), 50-63. Doi: <http://dx.doi.org/10.18825/iremjournal.866432>
8. Tippins, N. T., Oswald, F. L., & McPhail, S. M. (2021). Scientific, legal, and ethical concerns about AI-based personnel selection tools: a call to action. *Personnel Assessment and Decisions*, 7(2), 1.
9. Vasilj, D. & Torbica, I. / AI in Management Decision-Making: Benefits, Challenges, and Future Perspectives 18(8), 1.
10. Vasilj, D., Vučić, F. i Matković, Ž. (2024). Application of artificial intelligence in the economic and legal affairs of companies. *International Conference on Digital Transformation in Education and Artificial Intelligence Application*. Springer Nature Switzerland. str. 229-240.
11. Berg, J.M., Raj, M., Seamans, R., 2023. Capturing value from artificial intelligence. *Acad. Manag. Discov.* 9 (4), 424–428.
12. Doğan, A. (2002). Yapay zeka. *Kariyer Developer*.
13. Gooinn (2023). Yapay zeka raporu, www.goinn.co, Erişim Tarihi: 29.10.2023.
14. Borek, A & Prill, N. (2021). Veri ve yapay zekayla dijital dönüşüm, işletmelerde dijital dönüşüm, makine öğrenimi ve yapay zeka. Cev: Derman G. Aydını Murat Demirekin, Ozge N. Kuskun, İstanbul: The Kitap.

DOI: <https://doi.org/10.36719/0872/03/43-47>**Kamran Məmmədov**

Azərbaycan Texniki Universiteti

Magistrant

<https://orcid.org/0009-0009-8309-616X>

kamranmammadsoy@gmail.com

İdman obyektlərinin istifadə intensivliyinin zaman sıraları əsasında təhlili və proqnozlaşdırılması

Xülasə

Bu tədqiqat idman obyektlərində istifadə intensivliyinin zaman üzrə dəyişməsinin təhlili və qısa müddətli proqnozlaşdırılmasına həsr olunmuşdur. Saatlıq istifadə göstəricilərinə əsaslanan zaman sırası formalaşdırılmış, istifadə intensivliyinin dəyişmə sürəti və pik yüklənmə nöqtələri müəyyən edilmişdir. Tədqiqat çərçivəsində diferensial analiz və eksponensial hamarlaşdırma modeli tətbiq edilmişdir. Nəticələr göstərir ki, istifadə intensivliyində baş verən kəskin artım intervalları əvvəlcədən müəyyən edilə bilər və bu yanaşma resursların daha səmərəli idarə olunmasına imkan yaradır.

Açar sözlər: *idman obyektləri, istifadə intensivliyi, zaman sıraları analizi, pik yüklənmə, qısa müddətli proqnozlaşdırma, eksponensial hamarlaşdırma, resursların idarə olunması*

Abstract

This study examines the temporal variation of utilization intensity in sports facilities, with a particular focus on identifying peak load periods and conducting short-term forecasting. A time series was constructed based on hourly usage indicators, and the dynamics of utilization intensity were analyzed in terms of both level and rate of change. Differential analysis and an exponential smoothing model were applied within the research framework. The findings indicate that sharp increases in utilization intensity can be identified in advance and that short-term forecasts can support more effective management decisions. The proposed approach is practically significant for balancing facility usage, improving operational efficiency, and supporting more rational allocation of available resources.

Keywords: *sports facilities, utilization intensity, time series analysis, peak load, short-term forecasting, exponential smoothing, resource management*

Резюме

Данное исследование посвящено анализу временной вариации интенсивности использования спортивных объектов с особым акцентом на выявление периодов пиковой нагрузки и проведение краткосрочного прогнозирования. На основе почасовых показателей использования был построен временной ряд, а динамика интенсивности использования проанализирована как с точки зрения уровня, так и скорости изменения. В рамках исследования были применены методы дифференциального анализа и модель экспоненциального сглаживания. Полученные результаты показывают, что резкие увеличения интенсивности использования могут быть выявлены заранее, а краткосрочные прогнозы способны способствовать принятию более эффективных управленческих решений. Предложенный подход имеет практическую значимость для балансировки загрузки объектов, повышения операционной эффективности и более рационального распределения доступных ресурсов.

Ключевые слова: *спортивные объекты, интенсивность использования, анализ временных рядов, пиковая нагрузка, краткосрочное прогнозирование, экспоненциальное сглаживание, управление ресурсами*

Giriş

İdman obyektlərində istifadə intensivliyinin qeyri-bərabər paylanması bu obyektlərin idarə olunmasında əsas problemlərdən biri hesab olunur. Günün müxtəlif saatlarında istifadə səviyyəsinin dəyişməsi bəzi intervallarda pik yüklənmə, digər intervallarda isə aşağı istifadə səviyyəsi ilə nəticələnir. Bu vəziyyət həm istifadəçi təcrübəsinə, həm də resursların effektiv istifadəsinə mənfi təsir göstərir.

Ənənəvi analizlər əsasən orta göstəricilərə əsaslanır və istifadə intensivliyinin dinamik dəyişməsini nəzərə almır. Halbuki istifadə intensivliyinin zaman üzrə dəyişmə sürətinin və pik nöqtələrinin müəyyən edilməsi idarəetmə baxımından daha böyük əhəmiyyət daşıyır.

Zaman sıraları analizi bu tip dəyişkənliklərin öyrənilməsi üçün geniş istifadə olunan yanaşmalardan biridir və müşahidə olunan proseslərin strukturunu anlamağa imkan verir (Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). *Time series analysis: Forecasting and control* (5th ed.). Wiley). Bu səbəbdən zaman sıraları analizinin sözü gedən problemlərin həllinə tətbiqi ən effektiv metodlardan biri hesab olunur.

Zaman sıraları analizinin nəzəri əsasları. Zaman sıraları bir dəyişənin zaman üzrə ardıcıl müşahidələrindən ibarət olur. Bu sıraların əsas komponentləri trend, mövsümi dəyişkənlik və təsadüfi komponentlərdən ibarətdir (Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2017). *Time series analysis and its applications: With R examples* (4th ed.). Springer.).

Trend uzunmüddətli dəyişmə istiqamətini göstərir, mövsümi komponent isə müəyyən zaman intervalllarında təkrarlanan davranışları əks etdirir. Təsadüfi komponent isə izah olunmayan dəyişkənlikləri ifadə edir.

Zaman sıralarının təhlili bu komponentlərin ayrılması və modelləşdirilməsi vasitəsilə həyata keçirilir ki, bu da gələcək qiymətlərin proqnozlaşdırılmasına imkan yaradır.

Verilənlər və modelin qurulması. Tədqiqatda istifadə olunan verilənlər saatlıq istifadə intensivliyini əks etdirən sintetik dataset əsasında formalaşdırılmışdır. Bu yanaşma istifadə intensivliyinin gün daxilində necə dəyişdiyini müşahidə etməyə imkan verir. Zaman sıraları modelləri müşahidələrin zamanla əlaqəli olduğu hallarda effektiv nəticələr verir (Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2017). *Time series analysis and its applications: With R examples* (4th ed.). Springer.).

Datasetdə istifadə səviyyəsi aşağıdakı kimi zaman sırası şəklində modelləşdirilmişdir:

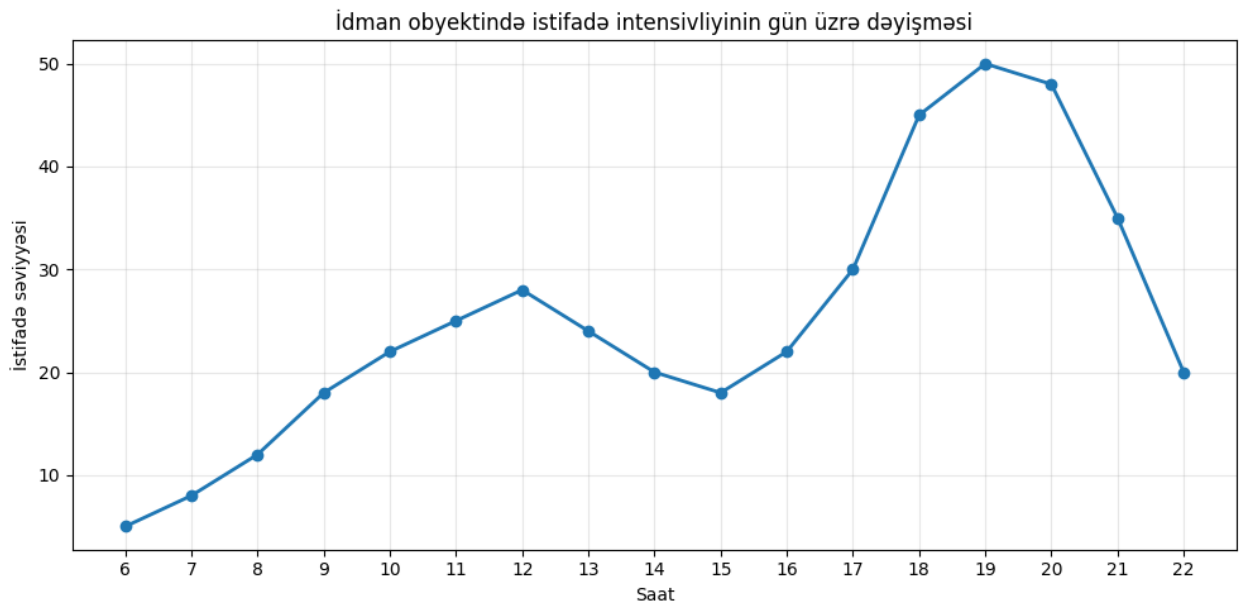
$$U(t) = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$$

burada u_t müəyyən zaman anında istifadə səviyyəsini göstərir.

İstifadə intensivliyinin dəyişmə sürətini müəyyən etmək üçün diferensial yanaşma tətbiq edilmişdir:

$$\Delta u_t = u_t - u_{t-1}$$

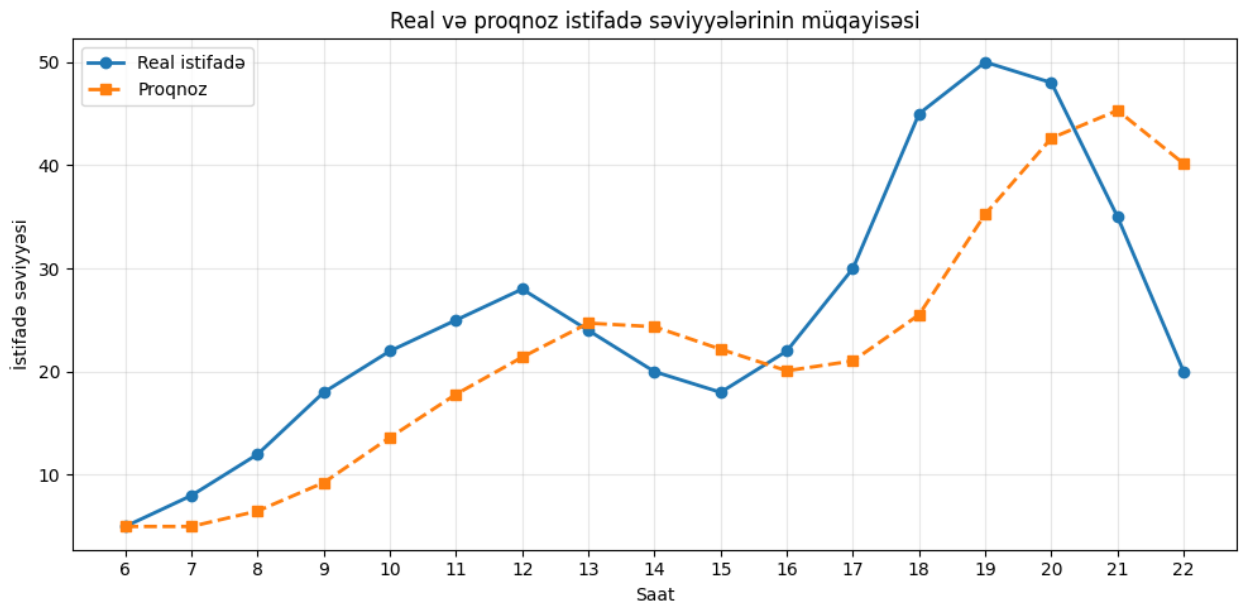
Bu göstərici istifadə intensivliyində artım və azalma mərhələlərini müəyyən etməyə imkan verir.



Şəkil 1. İdman obyektində istifadə intensivliyinin gün üzrə dəyişməsi

Qrafik analiz

Şəkil 1-dən göründüyü kimi, istifadə intensivliyi səhər saatlarında aşağı, günün ikinci yarısında isə daha yüksəkdir. Xüsusilə 18:00–20:00 aralığında müşahidə olunan artım pik yüklənmə mərhələsini xarakterizə edir. Belə dəyişkənliklər zaman sıralarında pik nöqtələrin mövcudluğunu göstərir (Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (2015). Introduction to time series analysis and forecasting (2nd ed.). Wiley.).



Şəkil 2. Real və proqnoz istifadə səviyyələrinin müqayisəsi

Şəkil 2 eksponensial hamarlaşdırma modeli əsasında alınmış proqnoz göstəricilərini təqdim edir. Qrafikdən göründüyü kimi, model real istifadə səviyyəsinin ümumi tendensiyasını izləyir və qısa müddətli proqnozlaşdırma üçün praktik baxımdan uyğun nəticə verir.

Proqnozlaşdırma modeli. Proqnozlaşdırma modelləri resursların daha effektiv idarə olunması baxımından önəmli xarakter daşıyır (Makridakis, S., Spiliotis, E., & Assimakopoulos, V. (2020). The M4 competition: Results, findings, conclusion and way forward. International Journal of Forecasting, 36(1), 54–74.). Bu tədqiqat əsasında isə istifadə intensivliyinin proqnozlaşdırılması üçün eksponensial hamarlaşdırma modeli tətbiq edilmişdir:

$$F_t = \alpha u_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1}$$

burada α hamarlaşdırma parametridir. Eksponensial hamarlaşdırma qısa müddətli proqnozlaşdırma üçün geniş istifadə olunur və son müşahidələrə daha yüksək çəki verir (Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). Forecasting: Principles and practice (3rd ed.). OTexts.).

Model Python proqramlaşdırma dili vasitəsilə həyata keçirilmişdir və aşağıdakı alqoritm tətbiq edilmişdir:

- əvvəlki müşahidələr əsasında proqnoz hesablanır
- yeni məlumat daxil olduqca model yenilənir
- qısa müddətli proqnoz əldə olunur

Modellərin müqayisəsi. Zaman sıralarının təhlilində müxtəlif modellər tətbiq oluna bilər. Sadə hərəkətli orta (moving average) modeli məlumatların hamarlaşdırılması üçün istifadə olunur, lakin bu model ani baş verən potensial dəyişikliklərə həssas deyil.

Eksponensial hamarlaşdırma isə son müşahidələrə daha çox əhəmiyyət verdiyi üçün qısa müddətli dəyişiklikləri daha yaxşı əks etdirir. Bu səbəbdən bu tədqiqatda həmin model seçilmişdir.

Praktiki tətbiqlər. Bu tədqiqatın nəticələri idman obyektlərinin idarə olunmasında praktik əhəmiyyətə malikdir. Xüsusilə istifadə intensivliyinin zaman üzrə dəyişməsinin əvvəlcədən müəyyən edilməsi obyektlərin daha effektiv planlaşdırılmasına imkan yaradır. Universitet idman komplekslərində bu yanaşma dərslər cədvəlləri və məşq proqramlarının optimallaşdırılmasında istifadə oluna bilər. Eyni zamanda fitness mərkəzlərində istifadəçi axınının balanslaşdırılması və pik saatlarda sıxlığın azaldılması üçün tətbiq edilə bilər. İctimai idman obyektlərində isə bu model resursların daha səmərəli bölüşdürülməsinə və xidmət keyfiyyətinin artırılmasına töhfə verə bilər.

Məhdudiyyətlər. Tədqiqatın nəticələri müəyyən məhdudiyyətlərlə xarakterizə olunur. İlk növbədə, istifadə olunan məlumatlar real müşahidələrə deyil, modelləşdirilmiş göstəricilərə əsaslanır ki, bu da nəticələrin praktik mühitdə tam dəqiqliklə tətbiqinə müəyyən təsir göstərə bilər. Bundan əlavə, analiz yalnız qısa zaman intervalını əhatə edir və uzunmüddətli dəyişkənliklər nəzərə alınmamışdır. Həmçinin tədqiqat çərçivəsində yalnız bir proqnozlaşdırma modelindən istifadə edilmişdir ki, bu da alternativ modellərlə müqayisənin aparılmamasına səbəb olmuşdur.\

Gələcək tədqiqat istiqamətləri. Gələcək tədqiqatlarda istifadə intensivliyinin daha dəqiq proqnozlaşdırılması üçün daha mürəkkəb modellərin tətbiqi məqsədəuyğun hesab olunur. Xüsusilə ARIMA və digər zaman sırası modellərinin istifadəsi nəticələrin dəqiqliyini artırmağa imkan verə bilər. Bundan əlavə, maşın öyrənməsi metodlarının tətbiqi ilə daha mürəkkəb nümunələrin aşkar edilməsi mümkün ola bilər. Eyni zamanda real sensor məlumatlarının toplanması və analizə daxil edilməsi tədqiqatın praktik əhəmiyyətini daha da artıracaqdır.

Nəticələrin təhlili. Aparılan analiz nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, istifadə intensivliyi təsadüfi deyil və müəyyən zaman nümunələrinə uyğun şəkildə dəyişir: istifadə intensivliyi gün ərzində qeyri-bərabər paylanır. Xüsusilə günün ikinci yarısında istifadə intensivliyinin artım sürəti yüksəlir və bu, pik yüklənmə mərhələsinin yaxınlaşdığını göstərir. Bu səbəbdən pik saatların müəyyən edilməsi idarəetmə qərarları üçün mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Yuxarıda əldə alınan nəticələr əsasında aşağıdakı optimallaşdırma tədbirləri təklif edilə bilər:

- istifadə saatlarının balanslaşdırılması
- rezervasiya sistemlərinin tətbiqi
- aşağı yüklənmə saatlarında təşviq mexanizmləri

Eksponsial modelin nəticələri göstərir ki, pik saatların əvvəlcədən müəyyən edilməsi mümkündür. Bu isə idarəetmə sistemlərinə əvvəlcədən tədbir görmək imkanı yaradır.

Nəticə

Bu tədqiqat göstərir ki, zaman sıraları analizi idman obyektlərində istifadə intensivliyinin təhlili və proqnozlaşdırılması üçün effektiv vasitədir. Xüsusilə istifadə intensivliyinin dəyişmə sürətinin nəzərə alınması pik yüklənmələrin daha dəqiq müəyyən edilməsinə imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). Time series analysis: Forecasting and control (5th ed.). Wiley.
2. Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). Forecasting: Principles and practice (3rd ed.). OTexts. <https://otexts.com/fpp3/>
3. Makridakis, S., Spiliotis, E., & Assimakopoulos, V. (2020). The M4 competition: Results, findings, conclusion and way forward. *International Journal of Forecasting*, 36(1), 54–74.
4. Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (2015). Introduction to time series analysis and forecasting (2nd ed.). Wiley.
5. Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2017). Time series analysis and its applications: With R examples (4th ed.). Springer.

Səbuhi Kazımzadə

Bakı Dövlət Universiteti

Magistrant

<https://orcid.org/0009-0003-0820-5588>

sebu1796@gmail.com

ABŞ-nin Xartiya siyasətinin Cənubi Qafqaz üçün əhəmiyyəti

Xülasə

Məqalədə ABŞ-ın xartiya siyasətinin Cənubi Qafqaz regionu üçün əhəmiyyəti təhlil olunur. Xüsusilə Azərbaycan, Gürcüstan və Ermənistanla imzalanmış strateji tərəfdaşlıq sənədləri çərçivəsində ABŞ-ın regionda siyasi, iqtisadi və təhlükəsizlik sahələrində rolunun artması araşdırılır. Tədqiqatda ABŞ-ın demokratik institutların inkişafına dəstəyi, enerji təhlükəsizliyi siyasəti və regional sabitliyə təsir imkanları qiymətləndirilir. Eyni zamanda, bu siyasətin Rusiya ilə rəqabət kontekstində formalaşması və Cənubi Qafqaz ölkələrinin xarici siyasət seçimlərinə təsiri göstərilir.

Açar sözlər: ABŞ, xartiya siyasəti, Cənubi Qafqaz, strateji tərəfdaşlıq, enerji təhlükəsizliyi

The Importance of the U.S. Charter Policy for the South Caucasus

Abstract

The article analyzes the significance of the United States' charter policy for the South Caucasus region. It examines the growing role of the U.S. in political, economic, and security spheres within the framework of strategic partnership agreements signed with Azerbaijan, Georgia, and Armenia. The study evaluates U.S. support for democratic institution-building, energy security initiatives, and its impact on regional stability. It also highlights that this policy is shaped within the context of competition with Russia and influences the foreign policy choices of South Caucasus states.

Keywords: United States, charter policy, South Caucasus, strategic partnership, energy security

Значение Хартийной Политики США для Южного Кавказа

Резюме

В статье анализируется значение хартийной политики США для региона Южного Кавказа. Рассматривается усиление роли США в политической, экономической и сфере безопасности в рамках стратегических партнерских соглашений с Азербайджаном, Грузией и Арменией. В исследовании оценивается поддержка США в развитии демократических институтов, политика энергетической безопасности и влияние на региональную стабильность. Также показано, что данная политика формируется в условиях конкуренции с Россией и влияет на внешнеполитический выбор стран региона.

Ключевые слова: США, хартийная политика, Южный Кавказ, стратегическое партнерство, энергетическая безопасность

Giriş

Bu kontekstdə ABŞ - nin region ölkələriylə imzaladığı Strateji Tərəfdaşlıq Xartiyaları xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Gürcüstanla 9 yanvar 2009-cu ildə, Ermənistanla 14 yanvar 2025-ci ildə və Azərbaycanla 10 fevral 2026-cı ildə imzalanan bu sənədlər hər bir ölkənin təhlükəsizlik, iqtisadi inkişaf, enerji, regional bağlılıq və demokratiya sahələrində əməkdaşlığını institusional səviyyəyə qaldırır. Xartiyaların imzalanma konteksti fərqlidir. Gürcüstan xartiyası 2008-ci il müharibəsindən sonra Rusiya təhdidinə cavab olaraq, Ermənistan xartiyası Rusiyadan uzaqlaşma və diversifikasiya

prosesinin nəticəsi kimi, Azərbaycan xartiyası isə 2025-ci il 8 avqust Vaşinqton bəyannaməsindən sonra ABŞ - Azərbaycan əlaqələrinin inkişafı nəticəsində ortaya çıxmışdır. Bu sənədlər ABŞ - nin regionda strateji mövqeyini gücləndirməklə yanaşı, hər ölkəyə fərdi imkanlar yaradır: Bu sənəd Gürcüstan üçün təhlükəsizlik və NATO standartlarına yaxınlaşma, Ermənistan üçün enerji siyasətinin təkmilləşməsi və iqtisadi islahatlar, Azərbaycan üçün isə TRIPP, Orta dəhliz və rəqəmsal inkişaf kimi yeni layihələrin həyata keçirilməsi baxımından olduqca əhəmiyyətlidir. Bu elmi işdə hər üç xartiyanın ölkələr üçün təhlükəsizlik, iqtisadiyyat, enerji, rəqəmsal inkişaf və demokratiya kimi müxtəlif sahələrdəki təsirləri sistemli şəkildə təhlil edilir. Tədqiqatın məqsədi xartiyaların yaratdığı fərsətləri, asimmetrik xarakteri, hazırkı çətinlikləri və uzunmüddətli perspektivləri müqayisəli şəkildə qiymətləndirməkdir.

Əsas hissə

ABŞ və Gürcüstan arasında strateji tərəfdaşlıq xartiyası 9 yanvar 2009-cu ildə Vaşinqtonda ABŞ Dövlət katibi Kondoliza Rays və Gürcüstan Xarici İşlər naziri Qriqol Vaşadze tərəfindən imzalanmışdır. Xartiyanın imzalanması 2008-ci il avqust müharibəsindən dərhal sonra baş vermişdir. Bu müharibə Gürcüstanın hərbi infrastrukturuna və suverenliyinə ciddi zərər vurmuş, eyni zamanda regionda Rusiya təsirinin artmasına səbəb olmuşdu. Xartiya ABŞ - nin Gürcüstanın suverenliyi, ərazi bütövlüyü və müstəqilliyini dəstəkləmək məqsədilə Rusiya təhdidinə cavab olaraq hazırlanmış strateji cavab sənədi olmuşdur. ABŞ Xartiya vasitəsilə Obama administrasiyası ilə Gürcüstan hökuməti arasında əməkdaşlığın formalaşması üçün zəmin yaratmışdı. Sonrakı mərhələdə NATO - Gürcüstan Komissiyasının yaradılması ilə paralel olaraq Gürcüstanın Avro-Atlantik integrasiyasına dəstək nümayiş etdirmişdi. Xartiya demokratiya, müdafiə, iqtisadiyyat və mədəni mübadilələr kimi məsələləri özündə birləşdirir. Bu sahələr xartiyanın əsas məqsədini əks etdirir. Müdafiə və təhlükəsizlik sahəsində xartiya hərbi əməkdaşlığı genişləndirir, Gürcüstan ordusunun qabiliyyətini artırmağı, NATO standartlarına uyğunlaşmanı və regionda təhlükəsizliyi gücləndirməyi nəzərdə tutur. İqtisadiyyat və enerji istiqamətində isə sərbəst ticarət müqaviləsi, investisiya müqavilələri, enerji istehsalının artırılması və Gürcüstan vasitəsilə Avropaya enerji tranzitinin fiziki təhlükəsizliyinin təmin edilməsi kimi məsələlər bu sənəddə ön plana çıxır. Demokratiya sahəsində media azadlığı, məhkəmə islahatları, vətəndaş cəmiyyəti və insan hüquqlarının gücləndirilməsinin prioritet məsələ olduğu qeyd olunur. Xartiyanın icrasını təmin etmək üçün komissiya yaradılmış və bu komissiya yüksək səviyyəli görüşləri təşkil etmək üçün əsas mexanizm kimi fəaliyyət göstərmişdi. İlk iclas 22 iyun 2009-cu ildə Vaşinqtonda keçirilmişdir. Komissiyanın öhdəliklərindən biri demokratiya, müdafiə-təhlükəsizlik, iqtisadiyyat-enerji və insanlararası əlaqələr sahəsində dörd işçi qrupu ilə illik monitoring və planlaşdırma aparmaq idi.[9, s. 4]. Bu sənəd ABŞ-la Gürcüstan əlaqələrini institusional səviyyəyə qaldırsada, lakin eyni zamanda sənəddə qarşılıqlı tələblər də öz əksin tapmışdı. ABŞ tərəfi daha çox demokratiya və idarəçilik islahatlarına, Gürcüstan tərəfi isə təhlükəsizlik və müdafiə dəstəyinə üstünlük verirdi. Razılaşma Gürcüstanın təhlükəsizlik, iqtisadi və demokratik inkişafına çoxşaxəli təsir göstərmişdir. Xartiya 2008-ci il müharibəsindən sonra Gürcüstanın suverenliyini və ərazi bütövlüyünü dəstəkləmək məqsədilə imzalanmışdır və Strateji Tərəfdaşlıq Komissiyası vasitəsilə institusional əməkdaşlıq təmin edilmişdi. Sonrakı mərhələdə müdafiə sahəsində əməkdaşlıq yalnız beynəlxalq əməliyyatlarla məhdudlaşmamış həm də Gürcüstanla birlikdə hərbi təlimlər təşkil olunmuşdu. Bunun ən bariz nümunələri GDRP, Agile Spirit və Noble Partner kimi birgə hərbi təlimləridir. 2017-ci ildə imzalanan Ümumi Məlumat Təhlükəsizliyi Sazişi ilə kəşfiyyat mübadiləsi genişlənmiş, 2018-ci ildən isə Javelin tank əleyhinə raketlərin satışı təsdiqlənmişdir. Bu tədbirlər Gürcüstanın Rusiya təhdidinə qarşı dayanıqlılığını artırmış və NATO ilə sıx əməkdaşlığa zəmin yaratmışdı. Xartiya çərçivəsində ABŞ-nin Gürcüstanı dəstəkləməsi regionda Rusiya ambisiyalarını məhdudlaşdırmışdır. Post-müharibə rekonstruksiyası üçün ABŞ - nin 1 milyard dollarlıq yardım paketi Gürcüstanın iqtisadi stabilləşməsinə töhfə vermişdir[6. s.29,35]. Xartiya çərçivəsində Anaklia dərən su limanı layihəsi kimi təşəbbüslər Gürcüstanı Avrasiya iqtisadi mərkəzi kimi təbliğ etmişdir. Lakin praktik nəticələr məhdud qalmışdır. 2019-cu il məlumatlarına görə, Gürcüstanın ABŞ-la ticarət həcmi kiçik idi. Ölkələr arasında idxal 680 milyon ABŞ dolları, ixrac 130 milyon ABŞ dolları təşkil edib və azad ticarət müzakirələri nəticəsiz qalmışdı[8. s.24,27.]. Anaklia limanı layihəsinin 2020-ci ildə maliyyə problemləri və skandallar səbəbindən dayandırılması Gürcüstanın ABŞ-la münasibətlə-

rinin gərginləşməsinin nəticəsi idi. Xartiya demokratiya və idarəçiliyi əsas götürmüş və media azadlığı, məhkəmə islahatları, vətəndaş cəmiyyəti, insan hüquqları və korrupsiyaya qarşı mübarizəni prioritetləşdirmişdir. Strateji Tərəfdaşlıq Komissiyası vasitəsilə ABŞ Gürcüstanın islahatlarını monitorinq etmiş və maliyyə dəstəyi göstərmişdi, 132 milyon dollarlıq yardımın 15%-i islahatlarla əlaqədar bu sahəyə yönəlmişdi. Müsbət təsirlərə baxmayaraq, 2015-ci ildən sonra demokratik geriləmə halları məhkəmə sisteminin siyasiləşməsi, seçki problemləri ABŞ tərəfindən tənqid edilmişdir. ABŞ-nin islahat tələbləri ilə Gürcüstanın təhlükəsizlik prioriteti arasında ziddiyyət təşkil etməsi xartiyanın effektivliyini məhdudlaşdırmışdı. ABŞ Dövlət Departamenti sözçüsü Matthew Millerin bəyanatına əsasən, Gürcüstan hökumətinin Avropa İttifaqına üzvlük danışıqlarını 2028-ci ilə qədər dayandırması Gürcüstanın demokratiyaya zidd siyasəti səbəbindən baş vermişdi[10]. ABŞ-nin strateji xartiya siyasətinin Azərbaycan üçün də əhəmiyyəti böyükdür. Bu sənəd prezident İlham Əliyev və J.D. Vance tərəfindən 2026 -cı il 10 fevral tarixində imzalanmışdı. Xartiya iqtisadi investisiyalar o cümlədən süni intellekt və rəqəmsal infrastruktur və təhlükəsizlik əməkdaşlığı sahələrində konkret öhdəlikləri müəyyənləşdirir və işçi qrupları, yol xəritələri, illik görüşlər kimi icra mexanizmlərini institusional səviyyəyə qaldırır[12]. İmzalama tarixindən cəmi iki ay yarım keçdikdən sonra artıq praktiki addımlar icra olunmağa başlandı. ABŞ Ticarət və İnkişaf Agentliyinin 2026-cı ilin aprelində Bakıya texniki missiyası baş tutdu[1]. Bunlarla yanaşı Xartiya təhlükəsizlik əməkdaşlığını genişləndirərək müdafiə satışlarını, antiterror fəaliyyətini, kiber təhlükəsizliyi və kritik infrastrukturun qorunmasını, habelə humanitar mina təmizləməsi sahəsində texnologiya transferi və maliyyə dəstəyini nəzərdə tutur. Azərbaycanın beynəlxalq sülhməramlı əməliyyatlardakı mövcud töhfəsi xartiyada yüksək qiymətləndirilir və bu, əməkdaşlığın genişləndirilməsi üçün əsas yaradır. Vitse-prezident J.D. Vancenin səfəri zamanı Xəzər dənizi ərazilərinin müdafiəsi üçün yeni patrul gəmilərinin veriləcəyi elan edildi. Bu addım Azərbaycanın dəniz təhlükəsizliyini gücləndirir və Xəzər hövzəsində enerji infrastrukturalarının qorunmasında strateji üstünlük yaradır. Orta və uzunmüddətli perspektivdə müdafiə satışları və kiber təhlükəsizlik əməkdaşlığı Azərbaycan ordusunun NATO standartlarına yaxınlaşmasını sürətləndirəcək, antiterror və mina təmizləməsi proqramları isə ərazi bütövlüyünün möhkəmləndirilməsinə birbaşa töhfə verəcək. Analitik qiymətləndirmədə bu sahədə asimmetriya aydın görünür: ABŞ texnologiya və maliyyə dəstəyi təmin edir, Azərbaycan isə regional sülhün qorunmasında və beynəlxalq əməliyyatlarda praktiki töhfə verir. Bu mexanizm Rusiya və İran təsirlərinin zəiflədiyi şəraitdə Azərbaycanın strateji dayanıqlılığını artırır və Cənubi Qafqazda baş verən siyasi proseslərdə ABŞ - nin daha fəal iştirakına şərait yaradır. Nəticədə təhlükəsizlik sahəsi Xartiyanın ən sürətli və ölçülə bilən təsirini göstərən sahə kimi qiymətləndirilir. Sənəd Trans-Xəzər Nəqliyyat Dəhlizini prioritet kimi müəyyənləşdirir, TRIPP layihəsini isə Naxçıvanla əsas ərazi arasında maneəsiz əlaqə yaradan və regionun ticarət potensialını açan konkret layihə kimi vurğulayır. TRIPP 2025-ci il Vaşinqton Sülh Bəyannaməsi ilə bağlıdır və enerji, nəqliyyat, rəqəmsal infrastruktur sahələrində investisiyaları cəlb olunmasına şərait yaradır. Bu, xartiyanın imzalanmasından cəmi iki ay sonra yol xəritələrinin hazırlanması prosesi sürətlənir. Enerji sahəsində neft, qaz, elektrik və nüvə əməkdaşlığı, kritik mineralların tranziti və üçüncü ölkələrlə interkonnektor layihələri nəzərdə tutulur ki, bu da Azərbaycanın Avropa enerji təhlükəsizliyindəki rolunu möhkəmləndirir. Analitik baxımdan bu təsirlər Azərbaycanı sadəcə enerji təchizatçısından regional logistika və tranzit mərkəzinə çevirir. TRIPP və Orta dəhliz vasitəsilə Asiya ilə Avropa arasında ticarət axınlarının şaxələndirilməsi iqtisadi artımı stimullaşdıracaq, yeni iş yerləri yaradacaq və Azərbaycanın integrasiyasını stimullaşdıracaq. Potensial risklər olsa da, ABŞ - nin investisiya mobilizasiyası mexanizmləri bu riskləri minimuma endirir. İqtisadi və enerji sahəsi Xartiyanın ən böyük uzunmüddətli transformasiya potensialına malik sahəsidir. Xartiya iqtisadi investisiyalar bölməsində AI tərəfdaşlığını, rəqəmsal infrastrukturun inkişafını, kosmik sənaye əməkdaşlığını, innovasiya platformalarını, kiber təhlükəsizlik təşəbbüslərini və kadr hazırlığını prioritet kimi müəyyənləşdirir. Özəl sektorun iştirakı və texnologiya transferi ilə bağlı konkret öhdəliklər Azərbaycanın rəqəmsal iqtisadiyyatını global standartlara uyğunlaşdırmağa yönəlib. Bu sahədə təsirlər sistemli xarakter daşıyır: AI data mərkəzlərinin yaradılması, venture kapitalın cəlb edilməsi və erkən mərhələdə texnologiya risklərinin azaldılması mexanizmləri Azərbaycanda innovasiya ekosisteminə formalaşdıracaq [5]. Texniki yardım, təlim proqramları və Trans-Xəzər rəqəmsal

bağlılıq layihələri Azərbaycanı regionda rəqəmsal mərkəzə çevirəcək. Uzunmüddətli perspektivdə bu əməkdaşlıq iqtisadiyyatın şaxələndirilməsini neftdən asılılığın azaldılması, yüksək ixtisaslı kadr potensialının artmasını və AI, kosmos, kiber sahədə yeni sənaye sahələrinin inkişafını təmin edəcək[2]. ABŞ–Ermənistan Strateji Tərəfdaşlıq Xartiyası 14 yanvar 2025-ci ildə imzalanır. Ermənistan üçün çoxşaxəli və sistemli təsirlər yaradır. Xartiya iqtisadiyyat, təhlükəsizlik, demokratiya və insanlararası əlaqələr sahələrində konkret öhdəlikləri müəyyənləşdirir və Strateji Tərəfdaşlıq Komissiyası vasitəsilə institusional icra mexanizmini yaradır. İmzalama tarixindən bir ildən artıq vaxt keçməsinə baxmayaraq, artıq praktiki nəticələr sərhəd təhlükəsizliyi dəstəyi, kiber müdafiə, mülki nüvə əməkdaşlığı və ticarət artımı müşahidə olunur və bu, Xartiyanın qısa müddətli icra potensialını təsdiqləyir. Burada müdafiə və təhlükəsizlik sahəsində əməkdaşlığı genişləndirmək sərhəd təhlükəsizliyini təmin etmək, kiber müdafiənin təşkili, ordunun NATO standartlarına uyğunlaşdırılması və beynəlxalq əməliyyatlarda Ermənistanın iştirakının zəruriliyi qeyd olunur. ABŞ Export Control and Border Security proqramları vasitəsilə sərhəd təhlükəsizliyi proqramlarına 27 milyon dollar vəsait sərf etmişdi bu, Rusiya sərhədçilərinin əvəzlənməsi prosesini sürətləndirir və Ermənistanın İran və Türkiyə sərhədində təhlükəsizliyi müstəqil şəkildə qoruma qabiliyyətini artırır [3]. Eagle Partner birgə hərbi təlimləri (2023–2024) davam etdirilmiş, 18 milyon dollar vəsaitlə zirehli təcili yardım maşınları, kiber müdafiə əməliyyatları mərkəzi və milli təlim mərkəzinin inkişafı dəstəklənmişdir. Ermənistan 2024-cü ilin dekabrında Beynəlxalq Ransomware əleyhinə təşəbbüsə qoşulmuşdu və bunlarla yanaşı ABŞ-la milli kiber strategiya və Milli Kompüter İnsidentlərinə Reaksiya Qrupunun yaradılmasında əməkdaşlıq edir. 2020–2023-cü illərdə ikitərəfli ticarət həcmi üç dəfə artaraq \$321 milyona çatıb; ABŞ - nin xarici ticarət xidməti 2023-cü ildən bəri 15 milyon dollar dəyərində ixrac dəstəyi göstərərək və 300-dən çox ABŞ şirkətini Ermənistan bazarına cəlb edib[11]. Vitse-prezident J.D. Vance-in səfəri zamanı 123 Sazişinin danışıqlarının başa çatmasıdır. Bu saziş Metsamor AES-in əvəzlənməsi üçün ABŞ texnologiyasının istifadəsinə hüquqi baza yaradır və potensial olaraq \$9 milyard investisiya cəlb edir[13] Analitik baxımdan bunlar Ermənistan iqtisadiyyatının bir neçə sahədə inkişaf etməsinə və regional nəqliyyat layihələrinə müsbət təsir edir. Xartiya ticarət və investisiya dialoqunu institusionalaşdırır və iqtisadi dayanıqlığı artırır[4]. Potensial risklər olsa da, özəl sektorun iştirakı və ABŞ - nin investisiya mexanizmləri bu riskləri minimuma endirir. Xartiya demokratiya, ədalət və inklüzivliyi əsas sütun kimi müəyyən edir və məhkəmə müstəqilliyi, korrupsiyaya qarşı mübarizə, e-idarəetmə, media azadlığı, vətəndaş cəmiyyəti və insan hüquqlarının gücləndirilməsini öhdəsinə götürür. ABŞ - nin \$3,3 milyard ümumi investisiyasının böyük hissəsi demokratiya və idarəçilik islahatlarına sərf olunmuşdu[7]. Asimmetriya Xartiyanın ən bariz xüsusiyyətidir. ABŞ tərəfi əsasən demokratiya islahatları, texnologiya transferi, investisiya və maliyyə dəstəyi təmin edir; Ermənistan isə regional sabitlik, sülh prosesində fəal rol oynamalıdır. Bu asimmetriya Gürcüstan Xartiyası ilə müqayisədə daha iqtisadi və enerji yönümlüdür: Gürcüstanda təhlükəsizlik ön planda idi, Ermənistanda isə enerji siyasətinin yenidən formalaşdırılmasının vacibliyi vurğulanırdı.

Nəticə

Nəticə olaraq qeyd etmək lazımdır ki, ABŞ-nin Cənubi Qafqaz ölkələri ilə imzaladığı Strateji Tərəfdaşlıq Xartiyaları hər üç ölkə üçün fərqli, amma ümumilikdə müsbət təsir göstərir. Gürcüstan xartiyası ölkənin təhlükəsizlik qabiliyyətini gücləndirsə də, və demokratiya sahəsində bəzi məhdudiyyətlər qaldığından Qərbə tam inteqrasiya baş tutmadı. Ermənistan xartiyası 2025 - ci ildən Rusiyadan uzaqlaşma prosesini sürətləndirərək, iqtisadi əməkdaşlıqda ciddi irəliləyiş yaradıb. Azərbaycan xartiyası isə ölkəni regional enerji, tranzit və rəqəmsal mərkəzə çevirəcək potensiala malikdir. TRIPP və Orta dəhliz layihələri bunun ən bariz nümunəsidir. Üç xartiyanın müqayisəsi göstərir ki, asimmetriya hamısında mövcuddur: ABŞ əsasən demokratiya, texnologiya və investisiya təklif edir, ölkələr isə enerji, tranzit və regional sabitlik töhfəsi verirlər. Bu Cənubi Qafqazda sabitliyin qorunmasında mühüm rol oynayır. Azərbaycanla əməkdaşlıq mükəmməl şəkildə qurulsa da Ermənistan və Gürcüstanın bu barədə müəyyən problemləri qalır. Xartiyaların uğuru ölkələrin daxili

islahatlara sadıqlıyından, ABŞ - nin regiona uzunmüddətli yanaşmasından və geosiyasi şəraitdən asılıdır.

Ədəbiyyat

1. Euronews. US and Azerbaijan begin rollout of key projects after Trump peace deal. 23 aprel 2026. <https://www.euronews.com/business/2026/04/23/us-and-azerbaijan-begin-rollout-of-key-projects-after-trump-peace-deal>
2. Eurasia Review. From Shatterbelt To Strategic Pivot: U.S.-Azerbaijan Strategic Partnership As A Blueprint For Caucasian Peace. 24 fevral 2026. <https://www.eurasiareview.com/24022026-from-shatterbelt-to-strategic-pivot-u-s-azerbaijan-strategic-partnership-as-a-blueprint-for-caucasian-peace-oped/>
3. European Leadership Network. Interpreting the new US-Armenia Strategic Partnership. 2025. <https://europeanleadershipnetwork.org/commentary/interpreting-the-new-us-armenia-strategic-partnership/>
4. EVN Report. Armenia's Diversified Partnerships: Opportunities and Risks in a Fragmenting Geopolitical Order. 2026. <https://evnreport.com/politics/armenias-diversified-partnerships-opportunities-and-risks-in-a-fragmenting-geopolitical-order/>
5. Huseynov, V. Gurbanov, Y. Hajiyeve, S. AIR Center. Azerbaijan - U.S. Relations: Charting A New Course For Strategic Partnership. Bakı: Beynəlxalq Münasibətlərin Təhlili Mərkəzi, 2026. 92s.
6. Martel, A. M. U.S. Strategic Interests and Georgia's Prospects for NATO Membership. Monterey, CA: Naval Postgraduate School Master's Thesis, 2015. <https://calhoun.nps.edu/server/api/core/bitstreams/a9cf409c-eb6b-428b-93b8-47c364b63f23/content>
7. MassisPost. Full Text of Charter on Strategic Partnership Between the Republic of Armenia and the United States of America. 15 yanvar 2025. <https://massispost.com/2025/01/full-text-of-charter-on-strategic-partnership-between-the-republic-of-armenia-and-the-united-states-of-america/>
8. Smolnik, F. The Strategic Partnership between Georgia and the United States: Vision Wanted. SWP Research Paper 15/2020. Berlin: Stiftung Wissenschaft und Politik, 2020. 33 s.
9. Tsereteli, O. Birth of the Charter on the US-Georgia Strategic Partnership and the Progress Achieved within Its Framework in 2009-2014 // Diplomacy and Law. – 2022. – Vol. 9, № 1-2. – S. 1-10.
10. U.S. Department of State. Statement on Georgia's Suspension of European Union Accession. 30 noyabr 2024. <https://2021-2025.state.gov/statement-on-georgias-suspension-of-european-union-accession/>
11. U.S. Embassy in Armenia. Charter on Strategic Partnership Between the United States of America and the Republic of Armenia. Vaşinqton, 14 yanvar 2025. Tam mətn və PDF: <https://am.usembassy.gov/charter-on-strategic-partnership-between-the-united-states-of-america-and-the-republic-of-armenia/>
12. U.S. Embassy in Azerbaijan. Charter on Strategic Partnership between the Government of the United States of America and the Government of the Republic of Azerbaijan. Bakı, 10 fevral 2026. Tam mətn: <https://az.usembassy.gov/us-azerbaijan-charter/>
13. World Nuclear News. US, Armenia sign agreement on nuclear energy. 10 fevral 2026. <https://www.world-nuclear-news.org/articles/us-armenia-sign-agreement-on-nuclear-energy>

Vüsal Həsənlı

Gəncə Dövlət Universiteti

Magistrant

<https://orcid.org/0009-0000-7343-6348>

vusalhasanli25@gmail.com

Fizika fənninin ixtisas fənləri ilə integrasiyası əsasında təcrübi bacarıqların inkişaf etdirilməsi

Xülasə

Müasir təhsil sistemində fənlərin ayrı-ayrılıqda deyil, qarşılıqlı əlaqədə öyrədilməsi mühüm pedaqoji istiqamətlərdən biri hesab olunur. Xüsusilə fizika fənninin ixtisas fənləri ilə integrasiyası tələbələrin nəzəri biliklərini praktik fəaliyyətlə əlaqələndirməyə, peşə bacarıqlarını formalaşdırmağa və gələcək ixtisas sahəsində daha hazırlıqlı kadr kimi yetişməsinə şərait yaradır. Fizika təbiət hadisələrinin qanunauyğunluqlarını öyrənən fundamental elm olmaqla yanaşı, texniki, mühəndislik, energetika, informasiya texnologiyaları, tibb, kənd təsərrüfatı və digər ixtisas sahələri üçün əsas baza rolunu oynayır. Bu baxımdan fizikadan təcrübi məşğələlərin ixtisas fənləri ilə əlaqələndirilməsi təlim prosesinin keyfiyyətini artırır, tələbələrdə müşahidə aparmaq, ölçmə, müqayisə, təhlil, nəticə çıxarmaq, cihazlarla işləmək və problem həll etmək bacarıqlarını inkişaf etdirir. Məqalədə fizika fənninin ixtisas fənləri ilə integrasiyasının mahiyyəti, təcrübi məşğələlərin peşə hazırlığında rolu, integrativ təlimin üstünlükləri və tətbiq imkanları araşdırılmışdır. Eyni zamanda laboratoriya işlərinin ixtisas yönümlü təşkilinin tələbələrin praktik düşüncəsinə, texniki yaradıcılığına və müstəqil fəaliyyət bacarıqlarına təsiri təhlil edilmişdir. Nəticədə müəyyən edilmişdir ki, fizika fənninin ixtisas fənləri ilə integrasiyası yalnız biliklərin möhkəmləndirilməsi deyil, həm də tələbələrin real istehsalat, texnologiya və peşə mühitinə hazırlanması baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır.

***Açar sözlər:** fizika təlimi, ixtisas fənləri, integrasiya, təcrübi bacarıqlar, laborator məşğələlər, peşə hazırlığı, praktik fəaliyyət*

Развитие практических навыков на основе интеграции физики со специальными дисциплинами

Резюме

В современной системе образования особое значение приобретает интеграция общеобразовательных и специальных дисциплин. Физика, являясь фундаментальной наукой, играет важную роль в формировании профессиональных знаний и практических умений студентов. Связь физических законов, понятий и экспериментальных занятий со специальными дисциплинами способствует более глубокому усвоению учебного материала, развитию исследовательских навыков и подготовке студентов к будущей профессиональной деятельности. В статье рассматриваются возможности интеграции физики со специальными дисциплинами, роль лабораторных и практических занятий в развитии профессиональных компетенций, а также значение междисциплинарного подхода в учебном процессе. Отмечается, что практические занятия по физике позволяют студентам не только усваивать теоретические знания, но и применять их в реальных профессиональных ситуациях.

***Ключевые слова:** физика, специальные дисциплины, интеграция, практические навыки, лабораторные занятия, профессиональная подготовка*

Development of Practical Skills Based on the Integration of Physics with Specialized Subjects

Abstract

In the modern education system, the integration of general and specialized subjects is considered one of the important directions of improving the quality of teaching. Physics, as a fundamental science, has a significant role in the formation of professional knowledge and practical skills. The connection of physics with specialized subjects helps students understand theoretical knowledge more deeply and apply it in practical and professional situations. The article examines the essence of integrating physics with specialized disciplines, the role of experimental and laboratory work in professional training, and the pedagogical importance of interdisciplinary teaching. It is emphasized that practical physics classes develop students' observation, measurement, analysis, comparison, problem-solving and independent research skills. Such integration increases the effectiveness of the educational process and prepares students for real professional activity.

Keywords: *physics education, specialized subjects, integration, practical skills, laboratory work, professional training*

Giriş

Müasir dövrdə təhsil yalnız nəzəri biliklərin mənimsədilməsi ilə məhdudlaşmır. Təhsilin əsas məqsədlərindən biri öyrənənlərin əldə etdikləri bilikləri real həyat şəraitində, gələcək peşə fəaliyyətində və istehsalat prosesində tətbiq edə bilməsinə nail olmaqdır. Bu baxımdan fənlərarası integrasiya tədrisin mühüm istiqamətlərindən biri kimi çıxış edir. Xüsusilə fizika fənninin ixtisas fənləri ilə əlaqələndirilməsi tələbələrin həm ümumelmi dünyagörüşünün, həm də praktik bacarıqlarının inkişafı üçün geniş imkanlar yaradır. Fizika təbiətdə baş verən hadisələri, maddənin quruluşunu, hərəkət qanunlarını, enerji çevrilmələrini, elektrik, maqnit, istilik, optik və mexaniki prosesləri öyrənən fundamental elm sahəsidir. Bu qanun və anlayışlar müxtəlif ixtisas sahələrinin əsasını təşkil edir. Məsələn, mühəndislik ixtisaslarında mexanika və elektrik qanunları, informasiya texnologiyalarında elektronika və elektromaqnit dalğaları, tibb sahəsində rentgen şüaları, ultrasəs, optik cihazlar, kənd təsərrüfatında istilik, rütubət, işıq və enerji prosesləri, energetika sahəsində isə enerji çevrilmələri və elektrik dövrləri mühüm tətbiq sahəsinə malikdir. Bu səbəbdən fizika fənninin tədrisi yalnız ümumi nəzəri bilik vermək məqsədi daşımamalıdır. Fizika dərsləri, xüsusilə təcrübi və laborator məşğələlər tələbənin oxuduğu ixtisasla əlaqələndirildikdə daha səmərəli nəticə verir [1]. Belə yanaşma tələbələrdə “bu bilik mənə gələcək peşəmdə nə üçün lazımdır?” sualına cavab yaradır və təlimə marağı artırır. Fizika fənninin ixtisas fənləri ilə integrasiyası həm də praktik yönümlü təhsilin formalaşmasına xidmət edir. Təcrübi məşğələlər zamanı tələbə yalnız hazır məlumatı qəbul etmir, özü müşahidə aparır, ölçmə edir, nəticələri müqayisə edir, səhvləri müəyyənləşdirir və elmi nəticə çıxarır. Bu proses onun tədqiqatçılıq qabiliyyətini, texniki düşüncəsini və müstəqil işləmə bacarığını inkişaf etdirir. İntegrativ təlimin əsas üstünlüklərindən biri də biliklərin parçalanmış formada deyil, sistemli şəkildə mənimsənilməsidir. Tələbə fizikada öyrəndiyi qanunun ixtisas fənnində konkret tətbiqini gördükdə həmin bilik daha davamlı və mənalı olur. Məsələn, Ohm qanunu yalnız elektrik cərəyanı mövzusu kimi deyil, elektrik avadanlıqlarının işləmə prinsipi, avtomatlaşdırma sistemləri, elektron qurğular və təhlükəsizlik qaydaları ilə əlaqələndirilərək öyrədildikdə daha praktik məzmun qazanır. Bu məqalənin əsas məqsədi fizika fənninin ixtisas fənləri ilə integrasiyası əsasında təcrübi bacarıqların inkişaf etdirilməsi imkanlarını araşdırmaq, təcrübi məşğələlərin peşə hazırlığında rolunu müəyyənləşdirmək və integrativ təlimin səmərəli təşkili yollarını göstərməkdir [2].

Materiallar və metodlar

Tədqiqatın metodoloji əsasını fənlərarası integrasiya, praktik yönümlü təlim, kompetensiya əsaslı yanaşma və fəaliyyətə əsaslanan təlim prinsipləri təşkil edir. Mövzunun araşdırılması zamanı pedaqoji ədəbiyyatların təhlili, müqayisəli yanaşma, ümumiləşdirmə, müşahidə, təlim prosesinin modelləşdirilməsi və laborator məşğələlərin ixtisas fənləri ilə əlaqələndirilməsi metodlarından istifadə edilmişdir. Fizika fənninin ixtisas fənləri ilə integrasiyasını təmin etmək üçün ilk növbədə tədris proqramlarında uyğun mövzular müəyyənləşdirilməlidir. Bu zaman fizika mövzuları ilə ixtisas

fənlərində öyrədilən texniki, texnoloji və praktik anlayışlar arasında əlaqə yaradılır. Məsələn, “elektrik cərəyanı” mövzusu elektrotexnika, avtomatika, informasiya texnologiyaları və energetika fənləri ilə; “istilik hadisələri” mövzusu istilik texnikası, kənd təsərrüfatı texnologiyaları və ekologiya ilə; “mexaniki hərəkət” mövzusu maşınqayırma, nəqliyyat və texniki mexanika ilə əlaqələndirilə bilər [3].

Cədvəl 1. Təcrübi məşğələlərin integrativ təşkili

Fizika mövzusu	Əlaqələndirilə bilən ixtisas fənni	Təcrübi bacarıq
Elektrik dövrləri	Elektrotexnika, avtomatika	Dövrə qurmaq, gərginlik və cərəyan ölçmək
İstilik hadisələri	İstilik texnikası, ekologiya	Temperatur ölçmək, istilik itkisini hesablamaq
Mexaniki hərəkət	Texniki mexanika, nəqliyyat	Sürət, qüvvə və sürtünməni təhlil etmək
Optika	Tibb, biologiya, informasiya texnologiyaları	Linza, işıq sınması və optik cihazlarla işləmək
Mayelərin xassələri	Hidravlika, kənd təsərrüfatı texnikası	Təzyiq, sıxlıq və axın sürətini müəyyənləşdirmək
Elektromaqnit hadisələri	Elektronika, rabitə sistemləri	Maqnit sahəsi və induksiya hadisəsini müşahidə etmək

Təcrübi məşğələlərin səmərəli təşkili üçün yalnız laboratoriya avadanlığının olması kifayət etmir. Burada müəllimin mövzunu ixtisasla əlaqələndirmə bacarığı, tələbəyə praktik tapşırıqlar verməsi, real peşə situasiyaları yaratması və nəticələri müzakirə etdirməsi mühüm rol oynayır. Məsələn, tələbələr sadəcə elektrik dövrəsi yığmamalı, həm də həmin dövrənin konkret texniki qurğuda hansı funksiyanı yerinə yetirdiyini izah etməlidirlər. Integrativ təcrübi məşğələlərin təşkili zamanı aşağıdakı mərhələlər tətbiq oluna bilər: Birinci mərhələdə nəzəri hazırlıq aparılır. Müəllim fiziki anlayışı izah edir və onun ixtisas sahəsində tətbiqini göstərir. İkinci mərhələdə problem situasiyası yaradılır. Tələbəyə real peşə fəaliyyətinə yaxın tapşırıq verilir. Üçüncü mərhələdə laborator və ya praktik iş yerinə yetirilir. Dördüncü mərhələdə nəticələr təhlil olunur, ölçmə səhvləri müəyyən edilir və yekun nəticə çıxarılır. Beşinci mərhələdə tələbə öyrəndiyi fiziki qanunun ixtisas fənnində tətbiqi haqqında qısa izah və ya hesabat hazırlayır. Bu yanaşma tələbələrin passiv dinləyici mövqeyindən çıxaraq aktiv tədqiqatçı və praktik icraçıya çevrilməsinə kömək edir [4].

Araşdırma göstərir ki, fizika fənninin ixtisas fənləri ilə integrasiyası təcrübi bacarıqların inkişafında mühüm rol oynayır. Ənənəvi tədris zamanı tələbə fiziki qanunu nəzəri olaraq öyrənir, laboratoriyada isə həmin qanunun sadə təcrübə ilə təsdiqini görür. Lakin integrativ yanaşmada tələbə bu qanunun gələcək peşəsində hansı məqsədlə istifadə olunacağını da dərk edir. Bu isə biliklərin daha şüurlu və davamlı mənimsənilməsinə səbəb olur. Fizika üzrə təcrübi məşğələlər ixtisas fənləri ilə əlaqələndirildikdə tələbələrdə bir sıra vacib bacarıqlar formalaşır. Bunlara ölçmə aparmaq, cihazlardan istifadə etmək, texniki təhlükəsizlik qaydalarına əməl etmək, müşahidə nəticələrini qeyd etmək, qrafik qurmaq, hesablama aparmaq, nəticələri müqayisə etmək və praktik qərar qəbul etmək bacarıqları daxildir. Bu bacarıqlar yalnız fizika fənni üçün deyil, tələbənin gələcək peşə fəaliyyəti üçün də zəruridir. Məsələn, elektrotexnika və ya avtomatika ixtisasında təhsil alan tələbə fizika dərslində elektrik cərəyanı, müqavimət, gərginlik və güc anlayışlarını təcrübi şəkildə mənimsədikdə ixtisas fənlərində elektrik sxemlərini daha asan başa düşür [5]. Tibb və biologiya istiqamətində oxuyan tələbələr optika, səs dalğaları, rentgen şüaları və ultrasəs haqqında fiziki bilikləri mənimsədikdə tibbi cihazların iş prinsipini daha yaxşı anlayırlar. Kənd təsərrüfatı və ekologiya sahəsində təhsil alan tələbələr isə istilik, rütubət, işıq, təzyiq və enerji anlayışlarını praktik nümunələrlə öyrəndikdə istehsalat və təbiət proseslərini daha düzgün izah edə bilirlər. Integrativ təcrübi məşğələlərin tətbiqi tələbələrin motivasiyasına da müsbət təsir göstərir. Tələbə dərslə

öyrəndiyi biliklərin gələcək peşəsində lazım olacağını gördükdə fənnə marağı artır. Bu halda fizika “çətin və abstrakt fənn” kimi deyil, ixtisası başa düşmək üçün vacib vasitə kimi qəbul edilir [12].

Müzakirə

Fizika fənninin ixtisas fənləri ilə integrasiyası təhsil prosesində yeni pedaqoji yanaşma tələb edir. Burada müəllim yalnız fiziki qanunları izah edən şəxs deyil, həm də həmin qanunların peşə fəaliyyətində tətbiqini göstərən təşkilatçı və istiqamətverici rolunu yerinə yetirir. Müəllim tədris etdiyi mövzunu tələbələrin ixtisasına uyğun nümunələrlə zənginləşdirməli, laborator işləri sadə təcrübə səviyyəsində saxlamamalı, onları real tətbiq sahələri ilə əlaqələndirməlidir [6]. Məsələn, “mexaniki iş və enerji” mövzusu texniki ixtisaslarda mexanizmlərin iş prinsipi, mühərriklərin faydalı iş əmsalı, yükqaldırma qurğuları və nəqliyyat vasitələri ilə əlaqələndirilə bilər. Bu zaman tələbə enerjinin saxlanması qanununu yalnız düstur kimi deyil, real texniki sistemin əsas prinsipi kimi başa düşür [11]. “Mayələrin təzyiqi” mövzusu hidravlik sistemlər, suvarma qurğuları, nasoslar və neft-qaz sənayesində istifadə olunan boru xətləri ilə əlaqələndirildikdə daha praktik məzmun qazanır. İntegrativ təlimin mühüm üstünlüklərindən biri də tələbələrin tədqiqatçılıq qabiliyyətinin inkişafıdır. Təcrübə məşğələlərdə tələbə nəticəni hazır şəkildə almır, onu özü müəyyənləşdirir. Ölçmələr aparır, müşahidələr edir, fərziyyə irəli sürür, səhvləri təhlil edir və nəticə çıxarır. Bu proses elmi düşüncənin formalaşmasına xidmət edir. Digər tərəfdən, fizika fənninin ixtisas fənləri ilə integrasiyası peşə kompetensiyalarının inkişafına da şərait yaradır. Müasir əmək bazarında yalnız nəzəri biliklərə malik olmaq kifayət etmir [7]. Mütəxəssis cihazlarla işləməyi, texniki göstəriciləri oxumağı, ölçmə nəticələrini təhlil etməyi, problemin səbəbini müəyyənləşdirməyi və düzgün qərar qəbul etməyi bacarmalıdır. Bu bacarıqların əsası isə çox vaxt fizika dərslərində və laborator məşğələlərdə qoyulur. Bununla yanaşı, integrativ təlimin tətbiqində müəyyən çətinliklər də mövcuddur. Bəzi hallarda fizika proqramı ilə ixtisas fənlərinin proqramı arasında əlaqə sistemli şəkildə qurulmur. Laboratoriya avadanlıqlarının məhdudluğu, müəllimlərin ixtisas fənləri üzrə kifayət qədər məlumatlı olmaması, dərslərin azlığı və metodik vəsaitlərin çatışmazlığı bu prosesə mane ola bilər. Bu problemlərin aradan qaldırılması üçün fizika müəllimləri ilə ixtisas fənni müəllimləri arasında əməkdaşlıq gücləndirilməli, integrativ laborator işlər hazırlanmalı və tədris materialları peşə yönümlü nümunələrlə zənginləşdirilməlidir. Təcrübə məşğələlərin daha səmərəli olması üçün aşağıdakı yanaşmalar məqsədəuyğun hesab edilir [9]:

- fizika mövzularının ixtisas fənləri ilə əvvəlcədən əlaqələndirilməsi;
- laborator işlərin peşə fəaliyyətinə yaxın tapşırıqlarla qurulması;
- tələbələrə ölçmə, hesablama və təhlil əsaslı tapşırıqların verilməsi;
- real cihaz və texniki sistemlərdən istifadə olunması;
- qrup işi, layihə və problem əsaslı təlim metodlarının tətbiqi;
- hər laborator işdən sonra tələbənin nəticəni ixtisas sahəsi ilə əlaqələndirməsi.

Bu cür yanaşma tələbələrin yalnız fizika biliklərini deyil, həm də praktik düşüncəsini və peşə hazırlığını inkişaf etdirir.

Nəticə

Fizika fənninin ixtisas fənləri ilə integrasiyası müasir təhsil prosesində mühüm pedaqoji əhəmiyyətə malikdir. Bu integrasiya tələbələrin nəzəri biliklərini praktik fəaliyyətlə əlaqələndirməyə, təcrübə bacarıqlarını inkişaf etdirməyə və gələcək peşə fəaliyyətinə daha hazırlıqlı şəkildə formalaşmasına imkan verir [8]. Məqalədə aparılan təhlil göstərir ki, fizikadan təcrübə məşğələlərin ixtisas fənləri ilə əlaqələndirilməsi təlimin keyfiyyətini yüksəldir, tələbələrin fənnə marağını artırır və biliklərin real tətbiq sahələrini anlamağa kömək edir. Bu prosesdə laborator işlər xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Çünki laborator məşğələlər tələbələrə müşahidə aparmaq, cihazlarla işləmək, ölçmə nəticələrini təhlil etmək, səhvləri müəyyənləşdirmək və elmi nəticə çıxarmaq imkanı verir [10]. Fizika fənninin ixtisas fənləri ilə integrasiyası tələbələrdə aşağıdakı bacarıqların formalaşmasına şərait yaradır: praktik düşünmə, texniki yaradıcılıq, problem həll etmə, analitik təhlil, müstəqil qərar qəbul etmə, əməkdaşlıq, ölçmə dəqiqliyi və peşə məsuliyyəti. Bu bacarıqlar müasir mütəxəssis hazırlığında vacib yer tutur. Nəticə olaraq qeyd etmək olar ki, fizika fənninin ixtisas fənləri ilə

inteqrasiyası yalnız fənlərarası əlaqə yaratmaq deyil, həm də təhsilin praktik və peşəyönlü xarakterini gücləndirmək vasitəsidir. Bu istiqamətdə müəllimlərin əməkdaşlığı, laborator bazanın təkmilləşdirilməsi, ixtisas yönümlü tapşırıqların hazırlanması və tələbələrin aktiv fəaliyyətə cəlb edilməsi vacib şərtlərdir.

Ədəbiyyat

1. Abbasov, A. N. Pedaqogika. Bakı: Mütərcim, 2013.
2. Ağayev, Ə. Ə. Təlim prosesi: ənənə və müasirlik. Bakı: Adiloğlu, 2006.
3. Əlizadə, Ə. Ə. Müasir Azərbaycan məktəbinin psixoloji problemləri. Bakı: Pedaqogika, 2004.
4. Həsənov, A. M., Ağayev, Ə. Ə. Pedaqogika. Bakı: Nasir, 2007.
5. Mehrabov, A. O. Müasir təhsilin konseptual problemləri. Bakı: Mütərcim, 2010.
6. Qasimov, Ə. Fizikanın tədrisi metodikası. Bakı: Maarif, 2015.
7. Əliyev, R. Fənlərarası əlaqələrin təlim prosesində rolu. Bakı: Elm və Təhsil, 2018.
8. Dewey, J. Experience and Education. New York: Macmillan, 1938.
9. Kolb, D. A. Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development. New Jersey: Prentice Hall, 1984.
10. UNESCO. Technical and Vocational Education and Training: Issues, Concerns and Prospects. Paris: UNESCO Publishing, 2015.
11. National Research Council. How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School. Washington, DC: National Academy Press, 2000.
12. Hake, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal of Physics, 1998, 66(1), 64–74.

Emin Musayev
Azərbaycan Texniki Universiteti
Magistrant
<https://orcid.org/0009-0003-2945-2369>
eminmusazade640@gmail.com

Süni intellekt texnologiyalarının biznes proseslərinin avtomatlaşdırılmasında tətbiqi: imkanlar, risklər və perspektivlər

Xülasə

Müasir dövrdə süni intellekt (Sİ) texnologiyaları dünya iqtisadiyyatının aparıcı qüvvəsinə çevrilməkdədir. Bu məqalədə süni intellekt alqoritmlərinin biznes proseslərinin avtomatlaşdırılmasında tətbiqinin əsas istiqamətləri, o cümlədən maşın öyrənməsi, natural dil emalı və kompüter görmə sahələri araşdırılır. Tədqiqat zamanı Sİ-nin təşkilatlarda istifadə halları – müştəri xidməti, maliyyə analitikası, insan resurslarının idarəçiliyi və təchizat zənciri optimallaşdırılması – sistemli şəkildə təhlil edilmişdir. Bundan əlavə, Sİ tətbiqlərinin gətirdiyi risklər: etik problemlər, data məxfiliyi, işsizlik təhlükəsi və alqoritmik qərəzlilik kimi məsələlər müzakirə olunur. Azərbaycan kontekstinə xüsusi diqqət ayrılaraq ölkədə rəqəmsal transformasiya siyasəti çərçivəsində Sİ-nin inkişaf perspektivləri qiymətləndirilir. Aparılan tədqiqat göstərir ki, Sİ texnologiyalarının düzgün idarə edilməsi, əlverişli normativ çərçivənin yaradılması və insan kapitalının inkişafı ilə paralel həyata keçirilməsi həm iqtisadi səmərəliliyi artıracaq, həm də sosial risklər minimuma endirilmiş olacaqdır.

Açar sözlər. *Süni intellekt, maşın öyrənməsi, biznes prosesləri, avtomatlaşdırma, rəqəmsal transformasiya, natural dil emalı*

Application of Artificial Intelligence Technologies in Business Process Automation: Opportunities, Risks and Prospects

Abstract

In the modern era, artificial intelligence (AI) technologies are becoming a leading force in the global economy. This article investigates the key directions of applying AI algorithms in business process automation, including machine learning, natural language processing, and computer vision. The research systematically analyzes AI use cases in organizations – customer service, financial analytics, human resource management, and supply chain optimization. Moreover, the risks posed by AI applications – ethical issues, data privacy, unemployment threat, and algorithmic bias – are discussed. Special attention is given to the Azerbaijani context, assessing AI development prospects within the country's digital transformation policy framework.

Keywords: *Artificial intelligence, machine learning, business processes, automation, digital transformation, natural language processing*

Применение технологий искусственного интеллекта в автоматизации бизнес-процессов: возможности, риски и перспективы

Резюме

В современную эпоху технологии искусственного интеллекта (ИИ) превращаются в ведущую силу мировой экономики. В данной статье исследуются основные направления применения алгоритмов ИИ в автоматизации бизнес-процессов, включая машинное обучение, обработку естественного языка и компьютерное зрение. В ходе исследования систематически

анализируются случаи использования ИИ в организациях: обслуживание клиентов, финансовая аналитика, управление персоналом и оптимизация цепочки поставок. Кроме того, обсуждаются риски применения ИИ, такие как этические проблемы, конфиденциальность данных, угроза безработицы и алгоритмическая предвзятость. Уделяя особое внимание контексту Азербайджана, оцениваются перспективы развития ИИ в рамках политики цифровой трансформации страны.

Ключевые слова. Искусственный интеллект, машинное обучение, бизнес-процессы, автоматизация, цифровая трансформация, обработка естественного языка

Giriş

Son onilliklər ərzində informasiya texnologiyaları sahəsindəki sıçrayışlı inkişaf biznesin aparılma üsullarını kökündən dəyişdirdi. Xüsusilə süni intellekt (Sİ) texnologiyaları – öyrənmə qabiliyyətinə malik alqoritmlər, böyük həcmli verilənlərin analizi alətləri və intellektual avtomatlaşdırma sistemləri – müasir müəssisələrin rəqabət mühitindəki yerini əsaslı sürətdə yenidən müəyyən etmişdir. Dünya İqtisadi Forumunun hesabatına görə, süni intellekt texnologiyalarına olan qlobal investisiyalar 2022-ci ildə 91,9 milyard ABŞ dollarını keçmişdir; bu rəqəm 2030-cu ilə qədər 1,8 trilyon dollara çatacağı proqnozlaşdırılır [1].

Süni intellektin biznes proseslərinə inteqrasiyası müəssisələrə bir sıra strateji üstünlüklər bəxş edir: əməliyyat xərclərinin azaldılması, qərar qəbulunun sürətləndirilməsi, insan xətalарının minimuma endirilməsi və müştəri təcrübəsinin fərdiləşdirilməsi. Bununla birlikdə, texnologiyanın geniş yayılması bərabərində ciddi sosial, etik və hüquqi problemlər də gətirir. Bu baxımdan Sİ-nin tətbiq sferaları, üstünlükləri, riskləri və tənzimləmə mexanizmləri mövzusunda elmi araşdırmaların aparılması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Azərbaycan Respublikası da rəqəmsal transformasiya kursunu dövlət siyasətinin prioritetləri sırasına daxil etmiş, bu istiqamətdə bir sıra strateji sənədlər qəbul edilmişdir. "Azərbaycan 2030: Sosial-iqtisadi İnkişafa dair Milli Prioritetlər" sənədi, "Rəqəmsal Azərbaycan" proqramı və Azərbaycan Süni İntellekt Strategiyasının hazırlanması bu sahədə dövlət iradəsini açıq şəkildə ortaya qoymaqladır [2]. Lakin ölkə miqyasında Sİ-nin biznes proseslərinə tətbiqi, bu tətbiqin qarşılaşdığı maneələr və yaratdığı imkanlar mövzusunda elmi araşdırmaların sayı hələ ki kifayət qədər deyildir.

Bu məqalənin məqsədi süni intellekt texnologiyalarının biznes proseslərinin avtomatlaşdırılmasında tətbiqinin əsas istiqamətlərini müəyyənləşdirmək, yaranan imkan və riskləri təhlil etmək, həmçinin Azərbaycan kontekstinə uyğun inkişaf perspektivlərini qiymətləndirməkdir. Tədqiqatda ədəbiyyat icmalı, müqayisəli analiz və sintez metodlarından istifadə edilmişdir.

1. Süni intellektin əsas texnologiyaları və biznes avtomatlaşdırılmasındakı rolu

Süni intellekt – insan zəkasına xas olan öyrənmə, məntiqi nəticə çıxarma, problemin həlli, dil anlayışı və digər qabiliyyətlərin kompüter sistemləri tərəfindən həyata keçirilməsidir [3]. Müasir biznes praktikasında ən geniş tətbiq tapan Sİ texnologiyaları aşağıdakı əsas alt-sahələri əhatə edir:

- Maşın öyrənməsi (Machine Learning – ML): mövcud verilənlər əsasında nümunələri tanıma və proqnozlar hazırlama;
- Dərin öyrənmə (Deep Learning – DL): çox qatlı neyron şəbəkələri vasitəsilə mürəkkəb asılılıqların öyrənilməsi;
- Natural dil emalı (Natural Language Processing – NLP): insan dilinə dair mətnin və nitqin anlaşılması, generasiyası;
- Kompüter görmə (Computer Vision): şəkillərin, videoların avtomatik analizi;
- Robotic Process Automation (RPA): strukturlaşdırılmış iş axınlarının robot proqramlar vasitəsilə yerinə yetirilməsi.

McKinsey Global İnstitutunun araşdırmasına görə, mövcud iş funksiyalarının təxminən 45%-i texniki cəhətdən avtomatlaşdırıla bilər; bu potensialın reallaşdırılması üçün illik 2 trilyon dollardan çox sərmayə tələb edilir [4]. Sİ-nin biznes proseslərinə inteqrasiyası üç əsas istiqamət üzrə baş verir: 1) köməkçi avtomatlaşdırma – insan işini tamamlayan Sİ sistemləri; 2) artırılmış zəka – qərar

qəbulunu dəstəkləyən analitik alətlər; 3) tam avtonomiya – minimal insan müdaxiləsi ilə işləyən sistemlər [5].

Əsas Hissə

2. Sİ-nin biznes proseslərinə tətbiqinin əsas sahələri

Sİ texnologiyaları bir sıra kritik biznes funksiyalarını köklü şəkildə dəyişdirməkdədir. Bu bölmədə ən geniş tətbiq tapan dörd sahə təhlil edilir.

2.1. Müştəri xidməti və CRM sistemləri

NLP əsaslı chatbotlar və virtual köməkçilər müştəri xidmətini 7/24 formatında həyata keçirməyə imkan verir. Salesforce tədqiqatına görə, müştərilərlə qarşılıqlı əlaqənin 69%-i 2023-cü ilə qədər Sİ tərəfindən idarə edilməyə başlanmışdır [6]. Bank of America-nın virtual köməkçisi Erica 2023-ci il sonuna qədər 1,5 milyard müştəri sorğusuna cavab vermişdir. Azərbaycanın aparan bankları – ABB, Kapital Bank, PAŞA Bank – da son illərdə müştəri xidmətlərini Sİ-yə söykənən həllərlə genişləndirmişdir.

2.2. Maliyyə analitikası və riskin idarəçiliyi

Maşın öyrənməsi modelləri kredit risklərinin qiymətləndirilməsini ənənəvi skoring sistemlərinə nisbətən əhəmiyyətli dərəcədə dəqiqləşdirir. JPMorgan Chase-in COIN platforması hüquqi sənədlər üzərindəki işi 360.000 saatdan bir neçə saniyəyə endirərək illik 360.000 iş saati qazandırır [7]. Anomaliya aşkarlama alqoritmləri fırıldaqçılıq hadisələrini real vaxt rejimindəki tranzaksiyalarda müəyyən edərək maliyyə itkilərini minimuma endirir.

2.3. İnsan resurslarının idarəçiliyi

İşəgötürən şirkətlər Sİ-dən namizəd seçimi, onboarding prosesinin optimallaşdırılması və işçi dövryyəsinin proqnozlaşdırılması üçün geniş istifadə edir. LinkedIn-in Talent Insights platforması işə qəbulun effektivliyini 50% artırdığını bildirən statistikaya istinad edir. Bununla belə, bu sahədə Sİ alqoritmlərindəki qərəzlilik problemləri ciddi etik narahatçılıq yaradır [8].

2.4. Təchizat zənciri optimallaşdırılması

Amazon öz anbar idarəçiliyi sistemini Sİ ilə inteqrasiya edərək çatdırılma vaxtını 25% azaltmış, anbar əməliyyatları xərclərini isə 40% aşağı salmışdır [9]. Proqnozlaşdırıcı analitika tələbatı öncədən müəyyən etməyə, ehtiyat malların optimallaşdırılmasına və istehsal gücünün düzgün bölüşdürülməsinə imkan verir. Pandemiya dövründəki zəncir böhranları bu sahədə adaptiv Sİ sistemlərinin zəruriliyini bir daha sübut etdi.

3. Sİ tətbiqinin yaratdığı risklər və etik məsələlər

Süni intellektin geniş tətbiqi özü ilə bir sıra əhəmiyyətli risk amillərini gətirir. Bu riskləri texniki, sosial-iqtisadi və hüquqi olmaqla üç qrupda nəzərdən keçirmək mümkündür.

3.1. Texniki risklər

Sİ sistemlərinin "qara qutu" xarakteri – qərarların əsaslandırılmasının mümkünəzliyi – xüsusilə tibb, hüquq və maliyyə sahələrindəki tətbiqlər üçün ciddi problem yaradır [10]. Adversarial attack texnikaları Sİ modellərini manipulyasiyaya həssas edir; data zəhərlənməsi (data poisoning) isə öyrənmə prosesini sındıraraq yanlış nəticələrə gətirib çıxara bilər. Bundan əlavə, Sİ sistemlərinin öyrənilməsi verilənlərdəki tarixi qərəzliliklər alqoritm nəticələrini sistemətik şəkildə əyirə bilər.

3.2. Sosial-iqtisadi risklər

Dünya İqtisadi Forumunun "Gələcəyin İş Yeri" hesabatı 2025-ci ilə qədər Sİ-nin 85 milyon iş yerini ortadan qaldıracağını, eyni zamanda 97 milyon yeni iş yeri yaradacağını proqnozlaşdırır [11]. Lakin bu transformasiyanın coğrafi və sosial bölgüsü son dərəcə qeyri-bərabər ola bilər: inkişaf etməkdə olan ölkələr, xüsusilə orta ixtisas səviyyəli işçilər daha böyük risklə üzləşəcəkdir. Rəqəmsal bərabərsizlik (digital divide) mövcud iqtisadi fərqləri daha da dərinləşdirə bilər.

3.3. Hüquqi və normativ risklər

Avropa İttifaqı 2024-cü ildə qüvvəyə minən Süni İntellekt Aktı (AI Act) ilə Sİ sistemlərini risk dərəcəsinə görə təsnifat edərək tənzimləyir. Azərbaycanda isə bu sahədəki hüquqi çərçivə hələ formalaşma mərhələsindədir. Data məxfiliyi qanunvericiliyinin tamamlanması, intellektual mülkiyyət hüquqlarının Sİ-yə uyğunlaşdırılması və alqoritmik hesabatlılıq mexanizmlərinin tətbiqi ölkəmizin gündəmindəki aktual məsələlərə çevrilmişdir.

4. Azərbaycanda Sİ-nin tətbiq perspektivləri

Azərbaycan Respublikası son illər ərzində informasiya-kommunikasiya texnologiyaları infrastrukturunun inkişafında ciddi irəliləyişlər əldə etmişdir. İnternet nüfuz nisbətinin 85%-ə çatması, mobil ödəniş sistemlərinin genişlənməsi, e-hökumət xidmətlərinin artması ölkəni Sİ texnologiyalarının mənimsənilməsi üçün əlverişli mühitə çevirmişdir. "Azərbaycan 2030" Milli Prioritetlər sənədi iqtisadiyyatın rəqəmsallaşdırılmasını strateji hədəf kimi müəyyən edir [2].

Enerji, kənd təsərrüfatı, turizm və maliyyə sektorları Azərbaycanda Sİ tətbiqinin ən böyük potensialını daşıyan sahələrdir. SOCAR-ın neft hasilatı proseslərinin optimallaşdırılmasında maşın öyrənməsi alqoritmlərindən, Aqrar Kredit və İnkişaf Agentliyinin işə torpaq məhsuldarlığı proqnozlaşdırılmasında məlumat analitikasından istifadəsi bu tendensiyaaların ilk nümunələridir. Azərbaycan Dövlət Vergi Xidməti riskə əsaslanan audit mexanizmlərini Sİ ilə gücləndirmiş, bu addım vergi uyumunun artırılmasına əhəmiyyətli töhfə vermişdir.

Lakin ölkədə Sİ-nin inkişafının önündə bir sıra maneələr mövcuddur: ixtisaslı Sİ mütəxəssislərinin az sayı, açıq datasetlərin məhdudluğu, startap ekosisteminin hələ tam formalaşmaması və normativ çərçivənin qeyri-müəyyənliyi bunların başında gəlir. Bu maneələrin aradan qaldırılması üçün yüksəkixtisaslı kadrların hazırlanmasına investisiya, dövlət-özl sektor tərəfdaşlığının genişləndirilməsi və beynəlxalq Sİ platformaları ilə inteqrasiya vacib addımlar kimi görünür.

5. Sİ tətbiqinin effektivliyini artıran amillər

Tədqiqatlar göstərir ki, Sİ investisiyasından maksimum fayda əldə etmək üçün texnoloji həllin özü qədər, təşkilati hazırlıq da kritik əhəmiyyət daşıyır [12]. Bu amillər arasında aşağıdakılar ön plana çıxır:

- Məlumat keyfiyyəti: Sİ modelinin dəqiqliyi bilavasitə öyrəniləndiyi verilənlərin tam, ardıcıl və qərəzsiz olmasından asılıdır;
- İnsan-Sİ əməkdaşlığı: ən yaxşı nəticələr texnologiyaları insan ekspertizəsi ilə birlikdə tətbiq etdikdə əldə edilir;
- Rəhbərlik tərəfindən dəstək: Sİ layihələrinin uğuru üçün C-suite səviyyəsindəki rəhbərin strateji baxışı və dəstəyi şərtidir;
- Çevik metodologiya: Sİ sistemlərinin tətbiqini kiçik pilotlarla başlayıb iterativ şəkildə genişləndirmək uğur şansını artırır;
- Etik çərçivə: daxili Sİ etika komitəsinin yaradılması və alqoritmik qərəzlilik yoxlamalarının aparılması uzunmüddətli davamlılıq baxımından vacibdir.

Gartner analitik şirkətinin araşdırmasına görə, Sİ layihələrinin yalnız 15%-i sınaq mərhələsindən istehsal mühitinə keçə bilir; bu statistika texnoloji hazırlıq qədər mədəni və proses dəyişikliklərinin önəmliyini bir daha vurğulayır [5]. Azərbaycan müəssisələri üçün də bu dərs aktualdır: texnologiyaları tətbiq etməkdən öncə müəssisənin data mədəniyyətini, proses yetkinliyini və insan kapitalını güclü etmək tələb olunur.

Nəticə

Aparılan tədqiqat göstərir ki, süni intellekt texnologiyaları müasir biznes proseslərinin avtomatlaşdırılmasında transformativ rol oynamaqdadır. Maşın öyrənməsi, natural dil emalı, kompüter görmə və robotic process automation kimi texnologiyalar müştəri xidməti, maliyyə analitikası, insan resurslarının idarəçiliyi və təchizat zənciri optimallaşdırılması kimi kritik sahələrdə ölçülə bilən üstünlüklər təqdim edir.

Eyni zamanda, Sİ-nin geniş tətbiqi etik qərəzlilik, data məxfiliyi, iş yerlərinin itirilməsi və normativ boşluqlar kimi ciddi riskləri də bərabərində gətirir. Bu risklərin idarə edilməsi üçün texnoloji həllərin yanında hüquqi çərçivənin gücləndirilməsi, şəffaf alqoritmik qərar qəbulu mexanizmləri və sosial uyğunlaşma tədbirləri zəruridir.

Azərbaycan üçün tövsiyə olunan istiqamətlər aşağıdakılardır: ali təhsil müəssisələrinin tədris proqramlarına Sİ mövzularının inteqrasiyasının sürətləndirilməsi; açıq data portallarının genişləndirilməsi; Süni İntellekt üzrə milli strategiyanın qəbulu; pilot Sİ layihələri üçün dövlət maliyyəsinin artırılması; beynəlxalq Sİ tərəfdaşlıqlarına cəlb edilmə. Bu addımların kompleks şəkildə

həyata keçirilməsi ölkənin rəqəmsal transformasiya məqsədlərinə nail olmasına ciddi töhfə verəcəkdir.

Ədəbiyyat

1. Stanford University Human-Centered AI Institute (2023). Artificial Intelligence Index Report 2023. Stanford, CA: Stanford University.
2. Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Strateji Araşdırmalar Mərkəzi (2021). Azərbaycan 2030: Sosial-iqtisadi inkişafa dair Milli Prioritetlər. Bakı.
3. Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson.
4. McKinsey Global Institute (2023). The Economic Potential of Generative AI: The Next Productivity Frontier. McKinsey & Company.
5. Gartner Research (2023). Top Trends in Data and Analytics. Gartner Inc.
6. Salesforce Research (2023). State of the Connected Customer (6th ed.). Salesforce.
7. Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review*, 96(1), 108–116.
8. Barocas, S., Hardt, M., & Narayanan, A. (2023). *Fairness and Machine Learning: Limitations and Opportunities*. MIT Press.
9. Bughin, J., Seong, J., Manyika, J., Chui, M., & Joshi, R. (2018). Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy. McKinsey Global Institute.
10. Doshi-Velez, F., & Kim, B. (2017). Towards a rigorous science of interpretable machine learning. *arXiv preprint*, arXiv:1702.08608.
11. World Economic Forum (2023). The Future of Jobs Report 2023. Geneva: WEF.
12. Ransbotham, S., Khodabandeh, S., Kiron, D., Candelon, F., Chu, M., & LaFountain, B. (2020). Expanding AI's Impact With Organizational Learning. MIT Sloan Management Review & BCG.
13. Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (2018). *Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence*. Harvard Business Review Press.
14. European Parliament (2024). Regulation (EU) 2024/1689 on Artificial Intelligence (AI Act). Official Journal of the European Union.

DOI: <https://doi.org/10.36719/0872/03/63-68>

Nigar Abdullayeva

Azerbaijan State University of Economics

<https://orcid.org/0009-0007-7605-1970>

nigar.abdullayev95@gmail.com

Rəqəmsal siqnalların tətbiqi sahələri

Xülasə

Təqdim olunan məqalədə rəqəmsal siqnalların müasir dövrdə müxtəlif fəaliyyət sahələrində tətbiq imkanları araşdırılır. Rəqəmsal siqnal emalı texnologiyalarının informasiya sistemləri, telekommunikasiya, tibb və multimedia sahələrində geniş yayılması və analoq sistemləri əvəz etməsi təhlil olunur. Məqalədə analoq və rəqəmsal siqnalların xüsusiyyətləri, onların çevrilmə mərhələləri, eləcə də diskretləşmə və kvantlaşdırma prosesləri izah edilir. Bununla yanaşı, rəqəmsal siqnalların televiziya, mobil rabitə, tibbi görüntülmə və audio-video emalı sahələrində tətbiqi və üstünlükləri səs-küyə davamlılıq, yüksək dəqiqlik və effektiv məlumat saxlanması xüsusi vurğulanır. Tədqiqat nəticəsində müəyyən olunur ki, rəqəmsal siqnal emalı müasir texnologiyaların əsas istiqamətlərindən biridir və gələcəkdə süni intellekt, böyük verilənlər və IoT sistemləri ilə integrasiya olunaraq daha geniş tətbiq sahələri qazanacaqdır.

Açar sözlər: *rəqəmsal siqnallar, telekommunikasiya, tibbi siqnallar, informasiya texnologiyaları, IoT, süni intellekt*

Nigar Abdullayeva

Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti

<https://orcid.org/0009-0007-7605-1970>

nigar.abdullayev95@gmail.com

Application fields of digital signals

Abstract

The presented article examines the application possibilities of digital signals in various fields of activity in the modern era. The widespread use of digital signal processing technologies in the fields of information systems, telecommunications, medicine and multimedia and their replacement of analog systems are analyzed. The article explains the characteristics of analog and digital signals, their conversion stages, as well as the processes of discretization and quantization. In addition, the application and advantages of digital signals in the fields of television, mobile communications, medical imaging and audio-video processing - noise immunity, high accuracy and effective information storage - are emphasized. The study results show that digital signal processing is one of the main directions of modern technologies and will gain wider application areas in the future by integrating with artificial intelligence, big data and IoT systems.

Keywords: *digital signals, telecommunications, medical signals, information technologies, IoT, artificial intelligence*

Нигар Абдуллаева

Азербайджанский Государственный Экономический Университет

<https://orcid.org/0009-0007-7605-1970>

nigar.abdullayev95@gmail.com

Области применения цифровых сигналов

Резюме

В представленной статье рассматриваются возможности применения цифровых сигналов в различных областях деятельности в современную эпоху. Анализируется широкое использо-

вание технологий цифровой обработки сигналов в информационных системах, телекоммуникациях, медицине и мультимедиа, а также их замена аналоговых систем. В статье объясняются характеристики аналоговых и цифровых сигналов, этапы их преобразования, а также процессы дискретизации и квантования. Кроме того, подчеркиваются применение и преимущества цифровых сигналов в области телевидения, мобильной связи, медицинской визуализации и обработки аудио-видео — помехоустойчивость, высокая точность и эффективное хранение информации. Результаты исследования показывают, что цифровая обработка сигналов является одним из основных направлений современных технологий и в будущем получит более широкое применение за счет интеграции с искусственным интеллектом, большими данными и системами Интернета вещей (IoT).

Ключевые слова: цифровые сигналы, телекоммуникации, медицинские сигналы, информационные технологии, IoT, искусственный интеллект

Giriş

Müasir informasiya cəmiyyətinin inkişafı rəqəmsal texnologiyaların sürətli tərəqqisi ilə sıx bağlıdır. Bu inkişafın əsas istiqamətlərindən biri rəqəmsal signal emalı (RSE) sahəsidir. XXI əsrdə rəqəmsal signalların emalı və tətbiqi telekommunikasiya, kompüter texnologiyaları, tibb, multimedia və sənaye sahələrində geniş yayılaraq mühüm rol oynayır. Kompüter texnologiyalarının inkişafı və hesablama gücünün artması nəticəsində analoq sistemlər tədricən rəqəmsal sistemlərlə əvəz olunmuşdur. Rəqəmsal signalların səs-küyə davamlılığı, məlumatların etibarlı saxlanması və müərkəb alqoritmlərin tətbiqi imkanları onların üstünlüyünü təmin edir və tətbiq sahələrini genişləndirir. Rəqəmsal signal emalı riyaziyyat, fizika, elektronika və informatikanın kəsişməsində formalaşmış multidissiplinar sahədir. Bu sahə vasitəsilə səs, görüntü və digər fiziki proseslər rəqəmsal formaya çevrilərək emal olunur və analiz edilir.

Mövzunun aktuallığı informasiya axınının sürətlə artması və bu məlumatların effektiv emalı və ötürülməsinin vacibliyi ilə bağlıdır. Rəqəmsal signallar bu proseslərin əsas vasitəsi kimi çıxış edir. Tədqiqatın məqsədi rəqəmsal signalların nəzəri əsaslarını və tətbiq sahələrini araşdırmaqdır. Bu məqsədlə analoq və rəqəmsal signalların müqayisəsi, rəqəmsallaşdırma prosesləri, telekommunikasiya sistemlərində rolu və tətbiq imkanları təhlil edilmişdir. Beləliklə, tədqiqat rəqəmsal signalların müasir texnologiyalardakı əhəmiyyətini ümumi şəkildə təqdim edir.

Əsas hissə

Müasir informasiya sistemlərinin strukturunda informasiya, verilənlər və signallar kateqoriyaları bir-birini tamamlayan müərkəb bir iyerarxiya təşkil edir. İnformasiya dedikdə, hər hansı bir obyekt, hadisə və ya proses haqqında əldə edilən semantik məna kəsb edən biliklər məcmusu nəzərdə tutulur. Verilənlər isə bu biliklərin hesablama maşınları tərəfindən emalı, saxlanması və arxivləşdirilməsi üçün müvafiq kodlaşdırılmış formatıdır. Bu zəncirin son həlqəsi olan signal, verilənlərin fiziki daşıyıcısı rolunu oynayır və adətən elektrik, elektromaqnit və ya optik dalğalar vasitəsilə məlumatın ötürülməsini təmin edir. Elmi nöqteyi-nəzərdən signal, sistemin davranışını və ya atributlarını əks etdirən müəyyən bir funksiya kimi xarakterizə olunur. Mühəndislik praktikasında signallar riyazi olaraq zamanın, məkanın və ya digər müstəqil dəyişənlərin funksiyası kimi interpretasiya edilir. Məsələn, akustik dalğalar, temperatur rəqsləri və elektromaqnit şüalanmalar real aləmdəki fenomenlər haqqında mühüm məlumatlar daşıyan signal nümunələridir. Bu vasitələr telekommunikasiya, audiovizual emal, radiolokasiya və tibbi diaqnostika kimi kritik sahələrdə həm təbii, həm də süni sistemlərin qarşılıqlı əlaqəsini təmin edən ilkin media hesab olunur [4, s. 78-80].

Signallar öz fiziki təbiətinə və strukturuna görə iki fundamental kateqoriyaya – analoq və rəqəmsal signallara bölünür. Analıq signallar həm zaman kəsiyində, həm də amplitud diapazonunda kəsilməz (continuous) xarakter daşıyır ki, bu da onların müəyyən bir interval daxilində sonsuz sayda qiymət ala bilməsi deməkdir. Təbiətdə müşahidə olunan əksər signallar, o cümlədən səs, işıq və termal dalğalar mahiyyət etibarilə analıq strukturuna malikdir. Məsələn, insan səsinin yaratdığı kəsilməz təzyiq dalğaları mikrofon vasitəsilə asanlıqla analıq elektrik signalına çevrilə bilər. Analıq və

rəqəmsal formalar arasındakı bu struktur fərqi sistemlərin səs-küyə davamlılığı, layihələndirilməsi və verilənlərin emal tutumu baxımından həlledici əhəmiyyət kəsb edir [2, s. 65-69].

Analoq siqnalların rəqəmsal formata transformasiyası müasir elektronikanın təməl proseslərindən biri hesab olunur və bu keçid üç əsas ardıcıl mərhələni əhatə edir. İlkin mərhələ olan diskretləşmə (sampling) zamanı kəsilməz zaman siqnalının amplitudası müəyyən diskret zaman intervallarında ölçülür. Burada Nykvist teoreminə əsasən, siqnalın dəqiq bərpası üçün diskretləşmə tezliyi siqnalın tərkibindəki ən yüksək tezlikdən ən azı iki dəfə böyük olmalıdır. Növbəti mərhələ olan kvantlaşdırma (quantization) prosesində ölçülmüş amplitud qiymətləri öncədən müəyyən edilmiş məhdud sayda səviyyələrə uyğunlaşdırılır. Bu proses zamanı rəqəmsal təqdimatın təbii məhdudiyyəti kimi "kvantlaşma küyü" adlanan cüzi xətlər yaranır. Son mərhələdə, yəni kodlaşdırma (encoding) fazasında kvantlaşdırılmış qiymətlər ikilik koda çevrilərək rəqəmsal emal üçün hazır vəziyyətə gətirilir. Bu texnoloji prosedurların nəticəsində əldə olunan rəqəmsal siqnallar analoq analoqları ilə müqayisədə parazit küyə qarşı yüksək müqavimət, ötürmə dəqiqliyi və informasiyanın keyfiyyətini itirmədən uzunmüddətli saxlanılma imkanı kimi üstünlüklər qazanır [1, s. 120-126].

Rəqəmsal siqnal emalı sahəsində siqnalların interpretasiyası və effektiv analizi üçün statistik parametrlərin tədqiqi mühüm rol oynayır. Bu çərçivədə istifadə olunan ən kritik göstəricilərdən biri siqnalın zaman daxilindəki orta qiymətini (μ) əks etdirən riyazi gözləmədir. Bununla yanaşı, siqnal qiymətlərinin orta kəmiyyət ətrafında səpələnmə dərəcəsini müəyyən edən dispersiya (σ^2) və siqnal-dakı fluktuasiyaların və ya küy səviyyəsinin dərəcəsini göstərən orta kvadratik meyl (σ) fundamental parametrlər hesab edilir. Qeyd olunan statistik kəmiyyətlər xüsusilə maneələrin təmizlənməsi, siqnalların filtrasiyası və obrazların tanınması kimi yüksək texnoloji tətbiqlərdə həlledici funksiya yerinə yetirir. Məsələn, siqnal-küy nisbəti (SNR) siqnalın keyfiyyətini qiymətləndirmək üçün istifadə olunan ən mühüm metrikadır. Statistik analiz metodları mühəndislərə siqnalın davranış modelini dərinlən anlamağa və real dünya şəraitində işləyən rəqəmsal sistemlərin performansını maksimum dərəcədə optimallaşdırmağa imkan verir [10, s. 91-98].

İstənilən telekommunikasiya infrastrukturunun fundamental qayəsini informasiyanın mənbədən təyinat nöqtəsinə rabitə kanalları vasitəsilə etibarlı şəkildə çatdırılması təşkil edir. Bu mürəkkəb prosesdə siqnallar məlumatın fiziki daşıyıcısı statusunda çıxış edərək, informasiyanın maddi mühitdə hərəkətini təmin edir. Mahiyyət etibarilə elektromaqnit təbiətli olan bu siqnallar mis naqillər, optik lifli kəbellər və ya açıq fəza (radio dalğalar) kimi müxtəlif transmissiya mühitləri ilə yayılma imkanına malikdir. Müasir telekommunikasiya şəbəkələri səs, rəqəmsal verilənlər və vizual görüntülər kimi müxtəlif növ informasiya axınlarının ötürülməsini dəstəkləyir. Rəqəmsal texnologiyaların sürətli tərəqqisi nəticəsində bu müxtəlif informasiya tipləri vahid multimedia kommunikasiya sistemləri çərçivəsində integrasiya olunmuşdur ki, bu da məlumat mübadiləsinin effektivliyini və funksional çevikliyini kəskin şəkildə artırmışdır. Bu sahədəki ən inqilabi dəyişikliklərdən biri kanalların kommutasiyasına əsaslanan ənənəvi şəbəkələrdən, İnternet Protokoluna (IP) əsaslanan paket kommutasiyalı arxitekturalara keçiddir. Belə sistemlərdə verilənlər massivi kiçik paketlərə bölünərək şəbəkə üzərindən avtonom şəkildə ötürülür ki, bu da resurslardan rəqsənəllə istifadəyə və sistemin miqyaslanma qabiliyyətinin yüksəlməsinə xidmət edir.

Ötürülən informasiya həcmnin eksponensial artımı şəraitində verilənlərin effektiv kodlaşdırılması və sıxılması texnikaları strateji zərurətə çevrilmişdir. Kodlaşdırma prosesinin əsas hədəfi informasiyanın tamlığını qorumaq şərtilə, onun artıqlığını (redundancy) minimuma endirmək və məlumatı daha kompakt formatda təqdim etməkdir. Müasir elmi praktikada verilənlərin sıxılması metodları iki fundamental kateqoriyaya ayrılır. Birinci qrup olan itkisiz sıxma (lossless compression) üsullarında orijinal verilənlər heç bir deformasiyaya uğramadan tam bərpa edilir ki, bu da xüsusilə mətn faylları və kritik rəqəmsal məlumatlar üçün həyati əhəmiyyət kəsb edir. İkinci qrup olan itkili sıxma (lossy compression) metodlarında isə daha yüksək sıxılma dərəcəsinə nail olmaq üçün informasiyanın insan qavrayışı üçün kritik olmayan müəyyən hissələri fəda edilir; bu yanaşma audio və video emalı sahələrində geniş tətbiq olunur. Kodlaşdırmanın tarixi təkamülü qısa və uzun siqnalların kombinasiyasına əsaslanan Morze əlifbasından başlasa da, müasir sistemlər mürəkkəb riyazi modellər və alqoritmlərə əsaslanır. Hazırda geniş istifadə olunan LZ77 kimi lüğət əsaslı alqoritmlər verilənlərdə təkrarlanan şablonları daha qısa istinadlarla əvəz edərək informasiya itkisi

olmadan həcmi əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Bu metodlar həm yaddaş resurslarına qənaət edir, həm də ötürmə sürətini və spektral səmərəliliyi artırır [5, s. 51-59].

Signal emalı nəzəriyyəsində mürəkkəb strukturlu siqnallar daha sadə komponentlərə parçalanaraq analiz edilir. Bu məqsədlə istifadə olunan ən güclü riyazi aparat Furiye çevrilməsidir. Bu metod istənilən siqnalı müxtəlif tezlikli sinusoidal komponentlərin cəmi (superpozisiyası) şəklində təqdim etməyə imkan verir. Rəqəmsal sistemlər üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edən Diskret Furiye Çevrilməsi (DFT) zaman oblastındakı seçmələri tezlik oblastına transformasiya edərək mühəndislərə siqnalın spektral tərkibini dərinlən analiz etmək imkanı yaradır. Furiye analizinin praktik tətbiq sahələri olduqca genişdir; bura siqnalların filtrasıyası, kənar maneələrin (küyün) eliminasiyası, vizual və akustik verilənlərin redaktəsi, habelə rabitə sistemlərinin layihələndirilməsi daxildir. Siqnalların tezlik müstəvisinə keçirilməsi spesifik tezlik komponentlərinin identifikasiyasını və onlara hədəf yönümlü müdaxiləni asanlaşdırır ki, bu da siqnal emalı texnologiyalarının effektivliyini maksimum həddə çatdırır. Real istismar şəraitində rabitə kanalları ilə ötürülən siqnallar müxtəlif növ küy və interferensiyaların təsirinə məruz qalır ki, bu da informasiyanın keyfiyyətinin pisləşməsinə səbəb olur. Bu səbəbdən maneəyədavamlı (noise-resistant) ötürmənin təmini rəqəmsal kommunikasiyanın ən mühüm çağırışlarından biridir. Rəqəmsal siqnallar bu xüsusa analoq sistemlərlə müqayisədə fundamental üstünlüyə malikdir. Diskret təbiəti sayəsində rəqəmsal siqnallar ötürmə yolunun aralıq nöqtələrində regenerasiya (yenidən formalaşdırılma) edilə bilər ki, bu da toplanmış küyün tamamilə kənarlaşdırılmasına imkan verir. Küyə qarşı dözümlülüyü artırmaq üçün xətlərin aşkarlanması və korreksiyası kodları, kanal kodlaşdırması, mürəkkəb modulyasiya texnikaları və adaptiv filtrasıya üsullarından istifadə olunur. Məsələn, İrəli Səhv Korreksiyası metodu qəbulədicini tərəfə ötürməni təkrarlamadan xətləri müəyyən etmək və düzəltmək imkanı verir. Bununla belə, rəqəmsal sistemlərin də müəyyən kritik hədləri mövcuddur; əgər siqnalın təhrif dərəcəsi müəyyən limiti aşarsa, orijinal məlumatın bərpası qeyri-mümkün olur bu fenomen elmi ədəbiyyatda "uçurum effekti" (cliff effect) kimi xarakterizə olunur. Lakin bu riskə rəğmən, rəqəmsal kommunikasiya müasir tətbiqlərdə ən etibarlı və effektiv həll yolu olaraq qalır [11, s. 131-136].

Rəqəmsal siqnal emalı müasir texnoloji sistemlərin mərkəzi komponentinə çevrilərək informasiyanın müxtəlif domenlərdə effektiv idarə edilməsi, ötürülməsi və interpretasiyasına imkan yaradır. Bu texnologiyanın tətbiq sahələri ənənəvi rabitə sistemlərinin həddlərini aşaraq müasir rəqəmsal cəmiyyətin formalaşmasında həlledici rol oynayır. Rəqəmsal siqnalların ən bariz tətbiq sahələrindən biri rəqəmsal televiziya və multimedia sistemləridir. Analıq yayımından rəqəmsal formata keçid yayımın keyfiyyətini, etibarlılığını və spektral səmərəliliyini kəskin şəkildə yüksəltmişdir. Müasir televiziya sistemləri yüksək keyfiyyətli audio və video siqnalları daha məhdud tezlik zolağında ötürmək üçün qabaqcıl sıxılma alqoritmlərindən və kodlaşdırma metodikasından istifadə edir. Bundan əlavə, rəqəmsal formatlar interaktiv xidmətlərin, yüksək və ultra-yüksək dəqiqlikli kontentlərin yaradılmasına, habelə internet əsaslı platformalarla inteqrasiyaya zəmin hazırlayır. Video siqnalların rəqəmsallaşdırılması prosesi diskretləşmə, kvantlaşdırma və kodlaşdırma mərhələlərini əhatə etməklə vizual informasiyanın dəqiq təqdimatını və effektiv depolanmasını təmin edir. Digər bir kritik istiqamət mobil və simsiz rabitə sistemləri ilə bağlıdır. Müasir 4G və 5G şəbəkə texnologiyaları modulyasiya, kanal kodlaşdırması və siqnalların deteksiyası proseslərində tamamilə rəqəmsal siqnal emalına söykənir. Bu sistemlər yüksək sürətli verilənlər mübadiləsinə, real vaxt rejimində kommunikasiyaya və mürəkkəb mühitlərdə belə stabil bağlantıya şərait yaradır. Rəqəmsal metodlar radio-tezlik spektrindən səmərəli istifadəyə imkan verir və qabaqcıl multipleksləşdirmə üsulları vasitəsilə çoxsaylı istifadəçinin eyni vaxtda sistemdən faydalanmasını dəstəkləyir. Nəticə etibarilə, rəqəmsal siqnallar qlobal kommunikasiya infrastrukturunun əsas sütunu statusunda çıxış edir. Tibb sahəsində rəqəmsal siqnal emalı diaqnostika və monitorinq texnologiyalarında inqilabi dəyişikliklərə yol açmışdır. Kompüter tomoqrafiyası, maqnit-rezonans tomoqrafiyası və ultrasəs müayinəsi kimi vizuallaşdırma metodları insan bədəninin detallı təsvirlərini yaratmaq üçün rəqəmsal siqnallardan istifadə edir. Bundan əlavə, elektrokardioqramma və elektroensefaloqramma kimi biomedikal göstəricilər patologiyaların aşkarlanması və klinik qərarların qəbulu üçün rəqəmsal olaraq emal edilir. Xüsusilə tibbi tətbiqlərdə kənar küyün filtrasıyası və siqnalın keyfiyyətinin artırılması

həyatı əhəmiyyət kəsb edir, çünki burada dəqiqlik və etibarlılıq birbaşa insan sağlamlığı ilə bağlıdır [3, s. 41-45].

Rəqəmsal siqnallar audio və nitq texnologiyalarında da geniş tətbiq tapır. Səsin tanınması, nitqin sintezi və audio-sıxılma alqoritmləri rəqəmsal emalın məhsuludur. Bu texnologiyalar virtual köməkçilər, avtomatlaşdırılmış tərcümə sistemləri və multimedia əyləncə platformalarının əsasını təşkil edir. Eyni zamanda, təsvir və video emalı sahəsi də mühüm tətbiq domenidir. Təsvirlərin keyfiyyətinin artırılması, obyektlərin deteksiyası və obrazların tanınması metodları kompüter görməsi, təhlükəsizlik sistemləri, avtonom nəqliyyat vasitələri və süni intellekt layihələrində fundamental rolunu oynayır.

Sənaye və mühəndislik tətbiqləri də rəqəmsal siqnallardan böyük fayda götürür. Avtomatlaşdırma və idarəetmə sistemlərində sensorlar tərəfindən yaradılan siqnallar rəqəmsallaşdırılaraq sənaye proseslərinin monitorinqi və tənzimlənməsi üçün istifadə olunur. Bu isə real vaxtda qərarların qəbuluna, effektivliyin artmasına və insan müdaxiləsinin minimuma enməsinə şərait yaradır. Radar və naviqasiya sistemlərində də rəqəmsal emal obyektlərin koordinatlarını təyin etmək və hərəkət trayektoriyasını analiz etmək üçün zəruridir. Məlumatların saxlanması və informasiya təhlükəsizliyi sahəsində isə rəqəmsal siqnallar böyük həcmli verilənlərin zamanla keyfiyyətini itirmədən arxivləşdirilməsinə və kriptografik metodlarla qorunmasına xidmət edir. Ümumilikdə, texnoloji tərəqqi ilə paralel olaraq rəqəmsal siqnalların tətbiq dairəsi genişlənməkdədir. Süni intellekt, Əşyaların İnterneti (IoT) və Böyük Verilənlər (Big Data) kimi sahələr inkişaf etdikcə, rəqəmsal siqnal emalının rolu daha da artacaq və fərqli elmi istiqamətlərdə yeni innovativ imkanlar yaradacaqdır [9, s. 81-86].

Nəticə

Yekun olaraq qeyd etmək lazımdır ki, rəqəmsal siqnal emalı müasir elmi-texnoloji paradigmanın ən dinamik inkişaf edən və strateji əhəmiyyət kəsb edən istiqamətlərindən birini təşkil edir. Tədqiqat çərçivəsində rəqəmsal siqnalların nəzəri bazası, onların analoq formatlardan transformasiya mexanizmləri, ötürülmə prinsipləri və geniş spektrli tətbiq sahələri kompleks şəkildə analiz edilmişdir. Aparılan araşdırmalar nümayiş etdirir ki, rəqəmsal siqnallar analoq analoqları ilə müqayisədə parazit küyə və interferensiyalara qarşı yüksək dözümlülük, informasiyanın ötürülməsində maksimum dəqiqlik və verilənlərin daha rasionallaşdırılmış saxlanma imkanları kimi fundamental üstünlüklərə malikdir. Məhz bu üstünlüklər telekommunikasiya, multimedia platformaları, səhiyyə, sənaye avtomatlaşdırılması və verilənlərin emalı kimi çoxşaxəli sahələrdə rəqəmsal texnologiyaların kütləvi şəkildə tətbiqinə rəvac vermişdir.

Tədqiqatda xüsusi diqqət yetirilən analoq siqnalların rəqəmsal formata keçidi prosesi diskretləşmə, kvantlaşdırma və kodlaşdırma mərhələləri – müasir hesablama alqoritmlərinin siqnal analizində effektiv istifadəsi üçün həlledici zəmin yaradır. Bununla yanaşı, kommunikasiya infrastrukturlarında rəqəmsal siqnalların rolu nəzərdən keçirilmiş, onların yüksək sürətli və etibarlı məlumat mübadiləsinə təmin etməkdəki strateji əhəmiyyəti vurğulanmışdır. Bu tədqiqatda araşdırılan tətbiq arealları bir daha sübut edir ki, rəqəmsal siqnal emalı lokallaşdırılmış bir sahə deyil, əksinə, müxtəlif elmi fənlərin kəsişməsində dayanan universal bir instrumentari rolunu oynayır. Rəqəmsal televiziyadan tutmuş süni intellekt və tibbi diaqnostika sistemlərinə qədər bütün sferalarda rəqəmsal siqnallar funksionallığın və dəqiqliyin artırılmasında mərkəzi element kimi çıxış edir. Gələcək perspektivdə rəqəmsal siqnal emalı texnologiyalarının əhəmiyyətinin daha da artacağı proqnozlaşdırılır. Əşyaların İnterneti (IoT), böyük verilənlər (Big Data) və maşın öyrənməsi kimi yeni nəsil texnologiyaların təkamülü rəqəmsal siqnalları texnoloji tərəqqinin və innovasiyaların nüvəsində saxlayacaqdır. Beləliklə, bu istiqamətdə aparılan elmi axtarırların və texniki təkmilləşdirmələrin davam etdirilməsi müasir informasiya sistemlərinin inkişafı və bəşəriyyətin həyat keyfiyyətinin yüksəldilməsi baxımından müstəsna zərurət kəsb edir.

Ədəbiyyat

1. Qasimov B. M., Musayev İ. K., Bayramov H. M. (2018). İnformasiyanın işlənməsinin kodlaşdırılması. Bakı, 152 s.
2. Rüstəmov Q. Ə. (2016). Siqnalların rəqəmli emalı. Mühazirələr kompleksi. Bakı, 294 s.
3. Rüstəmov Q. Ə. (2016). Rəqəmli idarəetmə sistemləri. Mühazirələr kompleksi. Bakı, 289 s.
4. Qasimov V. Ə. (2015). İnformasiya axtarışı üsulları və sistemləri. Bakı, 288 s.
5. Musayev İ., Əlizadə M. (2014). İnformatikanın əsasları. Bakı, 228 s.
6. Воронин А. В., Иванов В. Н., Сомов А. М. (2017). Цифровое телевизионное вещание. Москва, 240 стр.
7. Евсютин О. О., Шелупанов А. А., Росошек С. К., Мещеряков Р. В. (2013). Цифровое сжатие изображений. 124 стр.
8. Солонина А. И., Клионский Д. М., Меркучева Т. М., Перов С. Н. (2013). Цифровая обработка сигналов и Matlab. БХВ-Петербург, 512 стр.
9. Сергеев В. С., Баринов В. В. (2011). Сжатие данных, речи, звука и изображений в телекоммуникационных системах. Москва, 360 стр.
10. Smith, S. W. (2008). Digital Signal Processing: A Practical Guide for Engineers and Scientists. Newnes, 720 p.
11. Gonzalez, R. C., Woods, R. E. (2018). Digital Image Processing. Pearson.
12. Oppenheim, A. V., Schaffer, R. W. (2010). Discrete-Time Signal Processing. Pearson.

Vətən müharibəsində qələbəmizi təmin edən konstitusion haqlarımız və beynəlxalq hüquq normaları

Xülasə

Dünyada müharibələr arzuolunmaz olsa da, onların davamlı və ardıcıl şəkildə baş verməsi bir gerçəyə çevrilməkdədir. Bildiyimiz kimi müharibələrdə haqlı və haqsız tərəflər mövcuddur. Tərəflər haqlı olduğunu bütün dünyaya isbat etməklə yanaşı, həmçinin beynəlxalq hüquq normalarına uyğun addım atmalıdır. Müharibə aparan ölkələr döyüşlər zamanı hüquq normalarından irəli gələn bütün məsələləri diqqətdə saxlamalı, əməliyyatlarda mülki əhaliyə qarşı humanist şəkildə davranmalıdır. Bu sferada bütün dünyaya nümunə olacaq ölkə məhz Azərbaycan Respublikasıdır. Məqalədə Azərbaycan Respublikasının Qarabağ münaqişəsində haqq tərəf olması sübutlarla oxucuların diqqətinə çatdırılmış, Qarabağın Azərbaycana məxsus olması ilə bağlı tarixi faktlar qeyd edilmişdir. Araşdırmada ölkəmizin qələbə qazanması zamanı beynəlxalq hüquq normaları və konstitusion haqlarımıza uyğun atılan addımlar bir – bir nəzərdən keçirilərək işıqlandırılmışdır. Əsərdə dünyada müharibələrlə bağlı formalaşdırılmış beynəlxalq hüquq normaları və ölkəmizdə haqq savaşımızı aparmağımız üçün qəbul edilən konstitusion haqlarımız, onların tətbiq mexanizmləri təqdim edilmişdir. Beləliklə şanlı qələbəmizdə mühüm təsirə malik olan amillər geniş şəkildə təhlil edilərək oxucuların diqqətinə çatdırılmışdır. Qazanılan qələbədə Azərbaycan xalqının, Ümummilli Liderimiz Cənab Heydər Əliyevin və Rəşadətli Ali Baş Komandan İlham Əliyevin rolu qeyd olunmuşdur.

Açar Sözlər: *Azərbaycan Respublikasının Konstitusiyası, Birləşmiş Millətlər Təşkilatının Nizamnaməsi, Qarabağ müharibəsi, Heydər Əliyev, İlham Əliyev*

Our Constitutional Rights and International Legal Norms That Ensure Our Victory in the Homeland War

Abstract

Although wars in the world are undesirable, their continuous and consistent occurrence is becoming a reality. As we know, there are just and unjust parties in wars. In addition to proving to the whole world that they are right, the parties must also take steps in accordance with international law. Countries waging war must keep in mind all issues arising from legal norms during wars and must treat civilians humanely in operations. The country that will be an example to the whole world in this sphere is the Republic of Azerbaijan. The article brings to the attention of the readers the evidence that the Republic of Azerbaijan is the rightful party in the Karabakh conflict, and historical facts about Karabakh belonging to Azerbaijan are noted. The study reviews and highlights the steps taken in accordance with international law and our constitutional rights during the victory of our country. The work presents the international law norms formulated in connection with wars in the world and our constitutional rights adopted in our country for waging our just war, as well as their implementation mechanisms. Thus, the factors that had an important impact on our glorious victory have been extensively analyzed and brought to the attention of the readers. The role of the Azerbaijani people, our National Leader Mr. Heydar Aliyev, and the brave Supreme Commander-in-Chief Ilham Aliyev in the victory was noted.

Keywords: *Constitution of the Republic of Azerbaijan, Charter of the United Nations, Karabakh War, Heydar Aliyev, Ilham Aliyev*

Giriş

Əldə olan mənbələrə əsasən tarixin yazıya alındığı gündən indiki dövrdə olan zaman çərçivəsində dünyada yalnız 28 il müharibə olmamışdır. Qalan bütün dövrlərdə dünya müharibələr ilə çalxalanmış, tarixdə önəmli yeniliklər baş verərək cəmiyyətlərin həyatında dərin iz qoymuşdur. Bəzi müharibələr yalnız lokal şəkildə olmamış, bütün dünyaya yayılmağı bacarmışdır. Beləliklə, bu cür müharibələr nəticəsində bütöv dünya müəyyən təsirlərə məruz qalmışdır (Çimən & Göyəbaxan, 2023, s.5). Əlbəttə, bütün müharibələrin haqlı və haqsız tərəfləri vardır. Haqsız tərəflərin müharibələrə səbəb olması nəticəsində bütün bəşəriyyət ciddi ziyan görmüş, dünya tarixində müəyyən sarsıntılar baş vermişdir. Buna misal olaraq I və II Dünya Müharibələrini, Vyetnam, Kosova müharibələrini, eyni zamanda bizə böyük şəkildə təsir göstərmiş Qarabağ müharibəsini göstərmək olar. Müharibələrdə hansı tərəfin haqlı, hansı tərəfin haqsız olduğunu sübut edəcək əsas amil ədalətli şəkildə qəbul edilmiş beynəlxalq hüquq normalarıdır. Əgər bir dövlət beynəlxalq hüquq normalarına uyğun hərəkət edib, addımlarının hüquqliliyini faktlarla göstərərək öz konstitusiyasındakı kimi fəaliyyət göstərsə, apardığı müharibənin haqlı tərəfi olar. Dünyada müharibələrin qarşısını almaq üçün xüsusi ilə təlatümlü II Dünya müharibəsindən sonra müxtəlif mexanizmlər yaradılmışdır ki, məhz bu mexanizmlər sayəsində qarşı – qarşıya gələn iki tərəfdən hansının haqq, hansının nəhaq olduğu ayırd edilə bilsin. Məhz bu mexanizmlər beynəlxalq hüquq normalarıdır. Vətən savaşımız olan müqəddəs Qarabağ müharibəsində bütün beynəlxalq hüquq normalarına, tarixi reallıqlara və konstitusion haqlarımıza əsasən haqq olan tərəf biz idik. Məhz qələbəmizin arxasında dayanan əsas faktorlardan biri də bu amillər olmuşdur. Məqalədə Qarabağ müharibəsində qazandığımız zəfərin əsas sütunlarından olan konstitusion haqlarımız və beynəlxalq hüquq normalarından söhbət açılmışdır. Dünyada formalaşdırılan beynəlxalq hüquq normaları və konstitusion haqlarımızın hansı şəkildə əsası qoyularaq, həyata keçirilməsi xronoloji ardıcılıqla diqqətə çatdırılmışdır. Eyni zamanda Ali Baş Komandan Cənab İlham Əliyevin rəhbərliyi altında II Qarabağ savaşı zamanı bu dəyərlərin fonunda ölkəmizin atdığı addımlar geniş şəkildə araşdırılaraq məqalədə qeyd edilmişdir.

1. Beynəlxalq hüquq normaları

Xüsusi olaraq qeyd etməliyik ki, bu gün müasir dövrdə dünyanın ən nüfuzlu təşkilatlarından biri də Birləşmiş Millətlər Təşkilatıdır. Birləşmiş Millətlər Təşkilatının qəbul etdiyi nizamnamə əsasında münaqişə tərəflərindən hansının haqq, hansının nəhaq olduğunu aşkara çıxarmaq olduqca asandır. Bu nizamnaməni pozan tərəf münaqişələrdə məsuliyyət daşımaqdadır.

Birləşmiş Millətlər Təşkilatının 26 iyun 1945 – ci ildə imzalanan nizamnaməsinin elə həmin ilin 24 oktyabr tarixindən başlayaraq tətbiqinə başlanılmışdır. Nizamnamədə qeyd edilən ikinci maddənin dördüncü bəndinə əsasən təşkilatın bütün ölkələri digər dövlətlərin siyasi müstəqilliyinə və ərazi bütövlüyünə güc tətbiqi və hədə həyata keçirə bilməzdilər. Ermənistan Qarabağın işğalına başlayaraq, bu maddəni pozmuş olmuşdu. Nizamnamənin 51 – ci maddəsinə əsasən təşkilata üzv olan ölkəyə silahlı hücum olarsa, Təhlükəsizlik Şurası lazım olan addımı atana qədər təcavüzə məruz qalan tərəf kollektiv və ya fərdi özünümüdafiə ilə bağlı tədbir həyata keçirmək hüququna sahibdir. Münaqişənin həlli istiqamətində 30 ilə yaxın müddətdə nəticə əsaslı addımların atılmaması bizə Vətən müharibəmizdə irəli atılaraq işğalçını cəzalandırmaq hüququ qazandırmış, bu maddənin həyata keçməsinə reallaşdırmışdır (Birləşmiş Millətlər Təşkilatının Nizamnaməsi və Beynəlxalq Ədalət Məhkəməsinin Statusu, 2013, s. 1 – 33). 1991 – ci ildə Sovet Sosialist Respublikalar İttifaqından ayrılan Ermənistan 2 mart 1992 – ci ildə Azərbaycanla birlikdə Birləşmiş Millətlər Təşkilatına üzv qəbul edilmişdir. Lakin, Ermənistan elə həmin illərdə üzv seçildiyi təşkilatın nizamnaməsini kobud şəkildə pozaraq qonşusu Azərbaycanın əzəli və əbədi torpağı olan Qarabağa hücum edib, işğal etmiş, dinc əhaliyə qarşı müxtəlif soyqırımlar həyata keçirmişdir (Cabbarlı, 2014, s.55).

Dünyada müharibələrin durmadan baş verməsi reallığa çevrilən bir məsələdir. Dünyanın müxtəlif yerlərində bir müharibə bitməmiş digəri başlayır. Məhz bu müharibələrin hansı qanunlar çərçivəsində aparılmasını müəyyən etmək münasibəti ilə Cenevrə Konvensiyaları qəbul edilmişdir. Konvensiya ilk dəfə 12 avqust 1949–cu ildə qəbul edilmiş, daha sonra 1977 və 2005 – ci illərdə Konvensiyaya əlavə protokollar daxil edilmişdir. Konvensiyanın üçüncü maddəsinə baxdıqda görə bilərik ki, müharibə aparan tərəflər əlinə silah almayan mülki əhaliyə və onların ailə üzvlərinə hər

hansısa bir xəsarət yetirə bilməzdilər. Bu cür şəxsləri girov götürmək, işgəncə vermək qəti şəkildə qadağan edilirdi. Altıncı və Yeddinci maddəyə əsasən yaralıların, eyni zamanda xəstələrin həyatına hər hansısa bir təhlükə yaradılmamalı idi. On ikinci maddədə hərbi əsirlərə, xüsusi ilə qadın hərbi əsirlərə hörmətlə yanaşılması vacib şərt kimi irəli sürülmüşdür. Eyni zamanda konvensiyanın on altıncı maddəsində yaralıların və döyüşlər zamanı həlak olanların vəziyyətinin qarşı tərəflərin bir – birinə bildirməsi qeyd edilmişdir. On doqquzuncu maddədə tibb xidmətinə qarşı hər hansısa təhlükənin yaradılması qadağan edilir, həmçinin onlara sərbəst fəaliyyət imkanının yaradılması tələb olunurdu (Yamaner vd., 2009, s.1–9). Qarabağ münaqişəsi zamanı Azərbaycan bu konvensiyanın bütün maddələrinə bir – bir riayət etdiyi halda, Ermənistan konvensiyaya üzv olsa da, bu konvensiyanın maddələrini də pozmaqla növbəti cinayətlərinə imza atmışdır. Belə ki, I Qarabağ müharibəsi zamanı Xocalı soyqırımını törədərək 613 nəfəri qətlə yetirib, 1275 nəfər əsir götürüb, minlərlə dinc sakinin yaralanmasına bais olan Ermənistan bu əməlini 30 ilə yaxın işğal dövründə də davam etdirmiş, II Qarabağ müharibəsi zamanı da beynəlxalq hüququ növbəti dəfə kobud şəkildə pozmuşdur. Ermənistanın II Qarabağ müharibəsi zamanı mülki insanların yaşadığı Tərtər, Ağdam, Bərdə, Naftalan, Gəncə kimi şəhərlərə raketlərlə hücum etməsi nəticəsində təkcə 44 günlük döyüşlər zamanı 100 mülki şəxs şəhid olmuş, 416 nəfər dinc sakin ağır şəkildə yaralanmışdır. Ermənistanın başladığı Qarabağ müharibəsi zamanı sayları 5 minə yaxın itkin düşən şəxslər vardır ki, onların taleyi hələ də məlum deyildir (Nuriyeva, 2024, s.523–657). Ermənistanın bu cür addımlarına baxmayaraq beynəlxalq hüququn bütün normalarına və Cenevrə Konvensiyalarına diqqətlə riayət edən ölkəmiz qələbə üçün mühüm zəmin formalaşdırmışdır.

Beynəlxalq hüququn digər mühüm sənədi qaçqınların statusu haqqında 1951-ci ildə qəbul edilmiş beynəlxalq konvensiya və 1967-ci ildə konvensiyaya əlavə edilmiş protokoldur. Konvensiyaya görə qaçqınların sürgün edilməsi qəti şəkildə qadağan edilmişdir (Vəliyev, 1999, s.9–12). Məhz Qarabağ müharibəsi nəticəsində bir milyondan çox azərbaycanlı öz yurd – yuvalarından didərgin düşmüşdür ki, Vətən müharibəsində əldə etdiyimiz zəfər onların doğma torpaqlarımıza dönmək hüququnun həyata keçməsinə böyük şərait yaratmışdır (Nuriyeva, 2024, s.531). Müharibədə müvəffəqiyyətimizi təmin edən beynəlxalq hüquq normalarından biri də elə bu idi.

Ermənistanın Qarabağ münaqişəsi zamanı kobud şəkildə pozduğu növbəti beynəlxalq hüquq norması 1954 – cü ilin may ayın 14 – də Haaqada qəbul edilmiş müharibələr zamanı mədəni sərvətlərin qorunması haqqında konvensiyadır. Bu konvensiyaya 1954 və 1999 – cu illərdə 2 Əlavə Protokol daxil edilmişdir. Konvensiyaya əsasən münaqişə aparan tərəflər qarşı tərəfin dini abidələrinə, sənət əsərlərinə, tarixi abidələrinə, elmi kolleksiyalarına, arxiv materiallarına, arxeoloji obyektlərinə, memarlıq və incəsənət mərkəzlərinə zərər vurmamalı idi. Konvensiyanın mühüm əhəmiyyət kəsb edən maddələrindən biri də 4 – cü maddənin 3 – cü bəndi idi. Burada mədəni sərvətlərin qəsb edilməsi və sahiblənilməsi qəti şəkildə qadağan edilmişdir. Konvensiyada işğal edilmiş torpaqlarda milli səlahiyyətli orqanlara mədəni sərvətlərin mühafizəsinin təşkilinə zəmin formalaşdırmaq tələb edilmişdir. Eyni zamanda maddələrdə mədəni sərvətlərin qənimət kimi götürülməsinin qəbul edilməz olduğu vurğulanmış, işğalçıdan sərvətlərin ixracının qarşısını almaq tələb edilmiş, dəymiş ziyanın zərərçəkən tərəfə ödənilməli olduğu müəyyən olunmuşdur (Həşimova, 2021, s.129–133). İşğal nəticəsində 4 incəsənət qalereyasına, 500 tarixi – memarlıq abidəsinə, 22 muzeyə və 9 tarixi saraya zərər yetirən Ermənistan abidələrlə yanaşı təbii sərvətlərə də qənim kəsilmiş, 145 şərq çinarını, 152 müxtəlif adda olan ağacı oğurlamış, 8 meşə sahəsini, 10 su anbarını, 155 növ faydalı qazıntı yatağını amansızcasına istismar etmiş, hətta xarici ölkələrin bəzi şirkətlərinə işğal zamanı burada işləməsinə şərait yaratmışdır (Nuriyeva, 2024, s.654 – 662). Ölkəmiz 44 günlük müharibə zamanı əldə etdiyimiz qalibiyyətlə beynəlxalq hüququn bu şərtlərini də müvəffəqiyyətlə təmin edib, həyata keçirmiş oldu.

Qəbul edilmiş digər önəmli beynəlxalq hüquq norması 1 avqust 1975 – ci ildə imzalanan “Avropa Təhlükəsizlik və Əməkdaşlıq Müşavirəsi Yekun Aktı” sənədidir. Bu aktda olduqca əhəmiyyətli məsələlər qeyd edilmişdi. Belə ki, dövlətlər bir – birinin suverenliyinə, ərazi bütövlüyünə ehtiram göstərməli, bir – birinə güc işlətməməli, sərhədləri toxunulmaz saxlamalı və mübahisələri dinc yolla həll etməyə çalışmalı idi (Abdullayev vd., 2010, s.8–9). Bütün bu tələbləri pozan

Ermənistan II Qarabağ müharibəsi zamanı ölkəmiz tərəfindən ağır şəkildə cəzalandırılır. Qazanılan zəfər zamanı ölkəmiz uğurlu şəkildə bu şərtlərin həyata keçirilməsini təmin etmişdir.

Ermənistan münaqişə dövründə həm Qarabağda yaşayan separatçı ermənilərə dəstək vermiş, həm də 20 faiz torpağımızı işğal etmişdi (Abdullayev vd., 2016, s.343 – 372). Onların bu prizmadan da pozduğu növbəti beynəlxalq hüquq norması Beynəlxalq Hüquq Məhkəməsinin 1986 – cı ildə Nikaraqua məsələsi ilə bağlı qəbul edilmiş qərarları idi. Belə ki, əgər bir dövlət digər dövlətin daxilindəki separatizm meyillərinə və bu meyilləri həyata keçirən qüvvələrə dəstək göstərdiyi təqdirdə təcavüzə məruz qalan ölkə özünü müdafiə etmək haqqına sahib idi. Eyni zamanda burada təcavüzkar ölkənin digər ölkəyə silahlı qüvvə və birləşmələr göndərməsi halı baş verdikdə onlara qarşı hüququ pozulan ölkə tərəfindən cavab tədbirlərinin görülməsi hüququ da tanınırdı (Yılmaz & Irk, 2015, s.157–158).

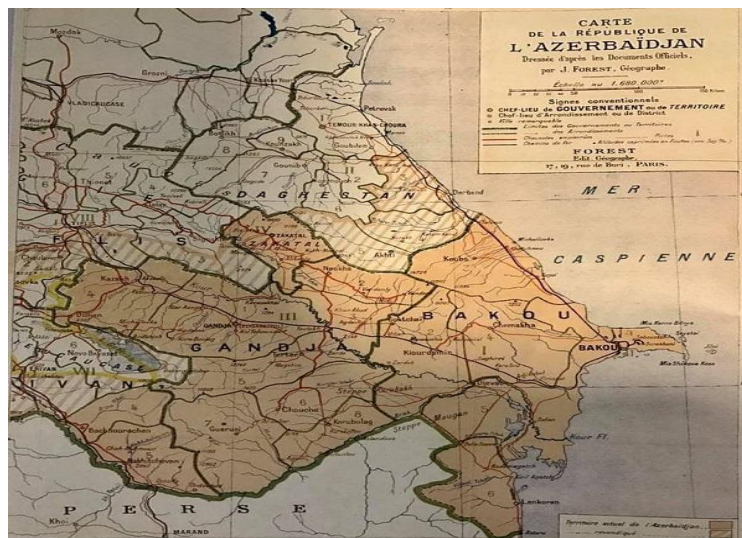
2. Tarixi Azərbaycan torpağı Qarabağın Ermənistan tərəfindən işğalı və Beynəlxalq müstəvidə atılan addımlar

Əldə olan bütün mənbələr, sənəd və qaynaqlar Qarabağın əzəli və əbədi şəkildə tarixi Azərbaycan torpağı olduğunu sübut etməkdədir. Ermənilər isə həm Qarabağa, həm də Qafqaza yad bir toplum olmuşdur.

Ermənilərin ilk dəfə tarixi Azərbaycan torpaqlarında geniş şəkildə yerləşdirilməsi I Pyotrun Xəzəryanı bölgələri işğal etməsi ilə başlamışdır. Lakin, onun ölümündən sonra dayanan proses yenidən XIX əsrin əvvəllərində Azərbaycan xanlıqlarının tutulmasından sonra geniş vüsət almışdır. Xüsusi ilə qeyd etməliyik ki, ermənilərin Qarabağa bu dövrdən köçürülməsini sübut edən mənbələrdən biri də Kürəkçay müqaviləsidir. 1805 – ci ilin 14 may tarixində Qarabağ xanı İbrahim xanla Rusiya qüvvələri arasında bağlanan müqavilədə ermənilər haqqında hər hansısa bir bənd yox idi. Bu isə ermənilərin Qarabağda söz sahibi olmadıqlarının bariz nümunəsi kimi göstərilə bilər. Ermənilərin köçürülməsinə ən çox təkan verən hadisə 1828 – ci ilin fevral ayında imzalanan Türkmənçay müqaviləsi olmuşdur. Müqavilənin 15 – ci bəndinə əsasən İranda yaşayan on minlərlə erməni Azərbaycan torpaqlarına gətirilmişdir. Qaynaqlarda bu dövrdə Osmanlı və İran ərazisindən Azərbaycan torpaqlarına köçürülən erməni sayı 43422 nəfər göstərilməkdədir. Ərazilərimizə köçürüləndən sonra ermənilər torpaqların əsl sahiblərinə qarşı talançı siyasət həyata keçirmiş, bir daha erməni xislətlərini ortaya qoymuşdurlar. Onlar həm 1905 – 1906 – cı il hadisələri zamanı, həm də 1918 – ci ildə Azərbaycanlı əhaliyə qarşı soyqırımlar həyata keçirmişdir (İsgəndərli, 2012, s.9 – 60). Hər zaman böyük dövlətlərin əlində vasitə olub, alət kimi çalışan ermənilər köçürüldükləri torpaqlarda da bu missiyanı “uğurla” həyata keçirmişdir. Parçala və hökmranlıq et qanunu ilə hərəkət edən həm Rusiya imperiyası, həm də Sovet Sosialist Respublikaları İttifaqı ən çətin zamanlarında bu taktikanı işə salmış, quldur ermənilərin əli ilə azərbaycanlıların qanını axıtmışdır.

Qarabağın tarixi Azərbaycan torpağı olduğunu sübut edən digər mühüm mənbə 1918 – ci ildə Fransalı kartoqraf Josef Forest tərəfindən hazırlanan Azərbaycan Xalq Cümhuriyyətinin xəritəsidir. Xəritədə Qarabağla yanaşı tarixi torpağımız olan Zəngəzur ərazisi də həqiqi sahibinə məxsus şəkildə qeyd edilmişdir. Xüsusi olaraq qeyd etməliyik ki, bu cür xəritələrin mövcudluğu beynəlxalq təşkilatların doğru qərar verməsinə kömək edən ən mühüm materiallardan biridir. Məhz bu vasitələrlə beynəlxalq təşkilatlar və hüquq doğru olanın yanında yer ala bilər.

Doğma yurdumuzun bizə məxsus olduğunu sübut edən digər mühüm sənəd Sovet dövründə, 5 iyul 1921 – ci ildə Qafqaz bürosunun iclasında təsdiq edilən qərar idi. Bu qərarla qeyd edilirdi ki, Dağlıq Qarabağ ərazisi Azərbaycanın tərkibində saxlanılsın (Nuriyeva, 2024, s.417). Burada diqqət edilməli məqam qərarla saxlanılsın sözünün qeyd edilməsi idi. Çünki, Qarabağ əgər başqa bir dövlətə məxsus olsa idi, orada saxlanılsın yox, verilsin sözü qeyd edilirdi.



Şəkil 1. Aqşın. Azərbaycan və Ermənistan: 1918 – ci il xəritəsi.

Mənbə: axar.az (<https://axar.az/media/2019/05/30/xerite-azercaycann.jpg>)

Sovet dövründə Qarabağın Ermənistana birləşdirilməsi cəhdi bir neçə dəfə həyata keçirilsə də, bu baş tutmur. Ümumilli Liderimiz Heydər Əliyevin 1987 – ci ildə Qorbaçov tərəfindən Sovet rəhbərliyindən uzaqlaşdırılmasından sonra ermənilər ürəklənirlər. Həmin ilin avqust ayında Ermənistanın Elmlər Akademiyası tərəfindən Naxçıvan və Dağlıq Qarabağ ərazilərinin Azərbaycandan ayrılıb, Ermənistana verilməsi ilə bağlı xahiş ərizəsi mərkəzə göndərilir. 1988 – ci ildə Dağlıq Qarabağ ərazisində yaşayan ermənilərin separatçı addımları çoxalır. Həmin ilin 12 iyul tarixində Dağlıq Qarabağ Muxtar Vilayətinin Soveti tərəfindən vilayətin Ermənistana birləşdirildiyi barədə qərar qəbul edilir. Sentyabr və oktyabr aylarında Xankəndi və Xocalıda yaşayan ermənilər kütləvi surətdə azərbaycanlılara hücum edirlər. 1989 – cu ildə Xankəndidə yaşayan təqribən 14 minə yaxın azərbaycanlıların tamamilə şəhərdən zorla çıxarılması və şəhərdə Ermənistan Sovet Sosialist Respublikasının bayrağının qaldırılması ilə beynəlxalq hüquq normaları kobud şəkildə pozulmuş olur. Xalqımız ərazi bütövlüyü və suverenliyimizə qarşı yönəlmiş addımlara susa bilməzdi. Ona görə də, kütləvi surətdə xalq hərəkatı başladı. Digər mühüm addım 23 sentyabr 1989 – cu ildə atıldı. Belə ki, Azərbaycan Sovet Sosialist Respublikasının Ali Soveti olduqca əhəmiyyətli Konstitusiya Qanunu qəbul etdi. Bu qanun “Azərbaycan Sovet Sosialist Respublikasının suverenliyi haqqında” idi. Ölkəmizin müstəqilliyi uğrunda xalqımızın apardığı mübarizə qəddar Sovet hökuməti tərəfindən 20 yanvar 1990 – cı ildə qanlı qırğın törədilməklə qarşısı alınmağa çalışıldı. Hadisə nəticəsində yüzlərlə Azərbaycan vətəndaşı şəhid edildi. “Qanlı yanvar” hadisəsində 744 nəfər ağır yaralandı. Lakin, olanlar qəhrəman Azərbaycan xalqının gözünü qorxutmadı. Xalqımız müstəqilliyimiz və ərazi bütövlüyümüz uğrunda mübarizənin yeni dövrünə qədəm qoydu. Nəhayət xalqımız öz istəyinə 18 oktyabr 1991 – ci ildə çatdı. “Azərbaycan Respublikasının Dövlət Müstəqilliyi haqqında Konstitusiya Aktı” – nın qəbul edilməsi ilə müstəqilliyimiz bərpa edilmiş oldu. 8 dekabr 1991 – ci ildə isə SSRİ – nin hüquqi cəhətdən varlığına son qoyuldu. Ölkəmiz müstəqilliyini əldə etdikdən sonra fəal şəkildə beynəlxalq təşkilatlara üzv olmuş, beynəlxalq hüquq normalarına tam şəkildə riayət etməyə çalışmışdır. Ölkəmiz 20 yanvar 1992 – ci ildə ATƏT – ə üzv qəbul olunur. 2 mart 1992 – ci ildə isə Azərbaycan Birləşmiş Millətlər Təşkilatına daxil edilir. Digər mühüm addım 10 iyul 1992 – ci ildə Helsinki Yekun sənədinə tərəfdar çıxmağımızı bəyan etməyimiz olur. Hələ müstəqilliyimizi yenidən bərpa etdiyimiz bir dövrdə bəzi çatışmamazlıqlardan istifadə edən Ermənistan Qarabağdakı separatçı ermənilərə dəstək verərək 1992 – ci ilin yanvar və fevral ayları ərzində Quşçular, Kərkicahan, Qeybəli, Qarabağlı, Malıbəyli və Xocalını işğal etdi. Minlərlə silahsız mülki azərbaycanlı şəhid edildi. Bu Birləşmiş Millətlər Təşkilatı Nizamnaməsinin ikinci maddəsinin dördüncü bəndinin, “Avropa Təhlükəsizlik və Əməkdaşlıq Müşavirəsi Yekun Aktı” sənədinin, Cenevrə Konvensiyalarının və Beynəlxalq Hüquq Məhkəməsinin Nikaraqua məsələsi ilə bağlı qəbul edilmiş qərarlarının kobud şəkildə pozulması idi. Heç bir beynəlxalq hüquqa riayət etməyən Ermənistan öz

işğalçı fəaliyyətinə davam edərək 1992 – 1993 – cü illərdə Şuşa, Laçın, Ağdərə, Xocavənd, Kəlbəcər, Ağdam, Füzuli, Cəbrayıl, Qubadlı və Zəngilanı işğal etdi. Beynəlxalq müstəvidə atılmış ən mühüm addım 1993 – cü ildə Birləşmiş Millətlər Təşkilatının Təhlükəsizlik Şurasının qəbul etdiyi 822, 853, 874, 884 sayılı qətnamələr olur. Bu qətnamələrə görə düşmən dərhal, qeyd – şərtsiz və tamamilə öz işğalçı ordusunu Azərbaycan torpaqlarından çıxarmalı idi. Ermənistan torpaqlarımızı işğal etməklə beynəlxalq hüququ pozmaqla yanaşı, özünün imzaladığı müqavilə və üzvü olduğu təşkilatların da nizamnamələrini kobud şəkildə tapdalayırdı. Belə bəyannamələrdən biri 1991 – ci ildə Azərbaycan və Ermənistan arasında imzalanan Almatı bəyannaməsi idi. Bu bəyannaməyə görə Ermənistan ölkəmizin suvereliyini və ərazi bütövlüyünü tanıyırdı. Amma Ermənistan düşmən kimi davranaraq onun əksini həyata keçirdi. Dövlətimizin üzləşdiyi ağır bir zamanda xalqımız olduqca doğru qərar qəbul edərək, mühüm bir addım atdı. Xalqımızın təkidli tələbi ilə dahi strateq, ulu öndər Heydər Əliyev Bakıya qayıtdıqdan sonra 15 iyun 1993 – cü ildə Ali Sovetin Sədri seçildi. Ümummilli Liderimiz 3 oktyabr 1993 – cü ildə Azərbaycan xalqının doğru qərarı ilə Azərbaycan respublikasının prezidenti seçildi. Cəbhədə düşmən irəliləyişini dayandırmaqda müvəffəq olan Azərbaycan 12 may 1994 – cü ildə Bişkek protokolu ilə atəşkəsə nail oldu. Ulu Öndərimizin məqsədi qələbə üçün böyük iqtisadi imkanlar əldə etmək, beynəlxalq ictimaiyyəti haqq savaşıma haqqında daha çox məlumatlandırmaq və ordu quruculuğu üçün vaxt qazanmaq idi. Müstəqilliyimizi qazandıqdan sonra xarici siyasətdəki ən böyük boşluqlardan biri Azərbaycana qarşı Amerika Birləşmiş Ştatlarının qəbul etdiyi 907 – ci düzəliş idi. Bu düzəlişlə Amerika Birləşmiş Ştatları Azərbaycana dövlət yardımına qadağa qoyurdu. Ümummilli Liderimizin əsas hədəflərindən biri də bunun aradan qaldırılması idi. Ölkəmizin atdığı ən mühüm addımlardan biri 4 may 1994 – cü ildə NATO – nun “Sülh naminə tərəfdaşlıq” proqramına qoşulması olur. 20 sentyabr 1994 – cü ildə isə “Əsrin müqaviləsi” – nin imzalanmasıyla ölkəmiz ordu və infrastruktur quruculuğu üçün böyük iqtisadi imkanlar əldə etdi (Nuriyeva, 2024, s.516 – 623).

3. Qələbəmizi təmin edən konstitusion haqlarımızın formalaşdırılması

Ulu Öndərimiz cənab Heydər Əliyev bizi qələbəyə aparan yolun konturlarını cizmaqla yanaşı, uğurla dövlət quruculuğunu da həyata keçirməkdə idi. 1995 – ci ilin ortalarında ölkəmizdə sabitliyin yaradılmasına tam nail olan Ümummilli Liderimiz konstitusiyamızın hazırlanmasına başçılıq edərək, onun müəlliflərindən biri olmuşdur. 12 noyabr 1995 – ci ildə referendumla konstitusiyamız təsdiq edilmişdir. 2002, 2009, 2016 – cı illərdə referendumla konstitusiyamıza dəyişikliklər edildi ki, bununlada hazırda konstitusiyamız 5 bölmə, 12 fəsil və 158 maddəni özündə birləşdirir (Nuriyeva, 2024, s.544 – 551).

Haqq savaşıma olan Vətən müharibəsində atdığımız addımlar və bizi qələbəyə aparan yollar beynəlxalq hüquqla yanaşı ali qanunlarımız olan Azərbaycan Respublikasının Konstitusiyasına uyğun şəkildə atılırdı.

Konstitusiyamızın 8 – ci maddəsinə əsasən prezidentimiz ərazi bütövlüyümüzün və müstəqilliyimizin təminatçısıdır. 9 – cu maddədə Silahlı Qüvvələrimizin Ali baş komandanı Azərbaycan Respublikasının prezidenti müəyyən edilmişdir. Həmçinin bu maddədə öz təhlükəsizliyimizin Silahlı Qüvvələrimiz tərəfindən təmin ediləcəyi qeyd edilmişdir. 11 – ci maddəyə əsasən ölkəmizin ərazisi vahid, toxunulmaz və bölünməzdir. 12 – ci maddədə vətəndaşlarımıza layiqli həyat səviyyəsinin təmin edilməsi dövlətin ali məqsədi təyin edilmişdir. Ermənistan torpaqlarımızı işğal edib, mülki insanlarımızı şəhid etməklə, 1 milyon azərbaycanlıyı öz yurd – yuvalarından qaçqın salmaqla insanlarımızın layiqli həyat sürməsinə maneə olmuşdur. Konstitusiyamızın ikinci bölməsinin III fəslində vətəndaşlarımıza bərabərlik, yaşamaq, azadlıq, mülkiyyət, təhlükəsiz yaşamaq, şəxsi toxunulmazlıq, mənzil toxunulmazlıq hüququ və sağlam ətraf mühitdə yaşamaq hüququ tanınmışdır ki, Ermənistanın işğalı ilə Qarabağda yaşayan vətəndaşlarımızın bu hüquqları tamamilə pozulmuşdur. Vətən müharibəsindəki qələbəmiz bu hüquqlarımızın bərpa və təmin edilməsinə şərait yaradıb, töhfə vermişdir. 76 maddəyə əsasən doğma vətəni müdafiə etmək hər bir vətəndaşımızın vəzifəsi müəyyən edilmişdir. Eyni zamanda 77 və 78 – ci maddələrdə tarix və mədəniyyət abidələrinin, ətraf mühitin qorunması hər bir kəsin borcu müəyyənləşdirilmişdir ki, Ermənistan işğal etdiyi rayonlarımızda bu dəyərlərimizə zərbə endirməklə onları qorumaq hüququmuzu aktivləşdirmişdir. Konstitusiyamızın 148 və 151 – ci maddələrinə əsasən tərəfdar çıxdığımız Beynəlxalq müqavilələr qanunvericilik

sistemimizin ayrılmaz hissəsi elan edilmişdir. Mənfur qonşumuzun işğalı ilə Birləşmiş Millətlər Təşkilatının Nizamnaməsi və Helsinki aktı sərt şəkildə pozulmuşdur (Azərbaycan Respublikasının Konstitusiyası, 2025, s.6 – 58).

4. Qələbəmiz üçün beynəlxalq müstəvidə zəminin formalaşdırılması

Qarabağ müharibəsində Azərbaycanın haqq tərəf olduğunu beynəlxalq ictimaiyyətə sübut edən ən mühüm addımımız 2 – 3 dekabr 1996 – ci ildə Lissabonda keçirilən sammitdə oldu. ATƏT – ə üzv olan 53 ölkə Azərbaycanın suverenliyinə tam dəstək göndərdi. Lakin, ATƏT – in Minsk qrupunun həmsədrləri tərəfindən münaqişənin həlli istiqamətində irəli sürülən təkliflərə Ermənistanın qeyri – konstruktiv mövqeyi münaqişənin həllini uzatdı. Zamanla Minsk qrupu fəaliyyətsiz bir təşkilata çevrildi. Münaqişənin həllində yeganə lazımı addımı atacaq qüvvə yalnız Azərbaycan dövləti ola bilərdi. Ölkəmiz bunun üçün beynəlxalq ictimaiyyəti hazırlamaq istiqamətində böyük addımlar atdı. 26 sentyabr 2002 – ci ildə Avropa Şurasının Parlament Assambleyasının sessiyası zamanı təsdiq edilən sənəddə Ermənistan işğalçı kimi qəbul edildi. 2002 – ci ilin sentyabr ayının 11 – də Amerika Birləşmiş Ştatlarına qarşı 1 il öncə edilən terror hücumu ilə əlaqədar keçirilən konfransda iştirak edən Ümummilli Liderimiz Azərbaycanında Qarabağda terror və separatizmin qurbanına çevrildiyini iştirakçıların diqqətinə çatdırdı. Düzgün qurulan xarici siyasət nəticəsində Amerika Birləşmiş Ştatları 907 – ci düzəlişi dayandıraraq, Azərbaycana hərbi sursatların satışına qoyulan qadağanı aradan qaldırdı. Heydər Əliyev səhhəti ilə bağlı yaranan problemlərə görə 2003 – cü ildə keçirilən prezident seçkilərində öz namizədliyini İlham Əliyevin xeyrinə geri götürdü. "Mən ona özüm kimi inanıram. İnanıram ki, mənim başa çatdırı bilmədiyim təyüklü məsələləri İlham Əliyev başa çatdıracaq." söyləyən dahi Ümummilli Liderimiz növbəti dəfə xalqımıza doğru yolu göstərmiş oldu. 2003 – cü ilin oktyabr ayında keçirilən prezident seçkilərində Cənab İlham Əliyev Azərbaycan Respublikasının prezidenti seçildi. 12 dekabr 2003 – cü ildə böyük liderimiz Heydər Əliyev vəfat etdi. İlham Əliyevin prezidentliyi dövründə də Ermənistanın işğalçı olduğu uğurla beynəlxalq ictimaiyyətin diqqətinə çatdırıldı. Avropa Şurası Parlament Assambleyasının 9 yanvar 2006 – ci ildə formalaşdırılan hesabatında Dağlıq Qarabağdakı rejimin separatçı olduğu, əhalimizin zorla yurd – yuvalarımızdan didərgin salındığı, torpaqlarımızın qəsb edildiyi qeyd edilmişdir. Həmçinin, AŞPA – da 2008 – ci ildə qəbul edilmiş 1614 sayılı qətnamə ölkəmizin mövqeyi ilə üst – üstə düşürdü. AŞPA – da torpaqlarımızın işğalı ilə bağlı qəbul edilmiş digər mühüm sənəd 2141 sayılı 2017 – ci ildə qəbul edilmiş sənəddir. Eyni zamanda İlham Əliyev Birləşmiş Millətlər Təşkilatın Baş Məclisinin sessiyaları zamanı çıxış edərkən hər zaman Qarabağ münaqişəsini beynəlxalq ictimaiyyətin diqqətinə çatdırmış, Azərbaycanın haqq səsinə bütün dünyaya car çəkmiş, problemlə bağlı yeni qətnamələrin qəbul edilməsinə nail olmuşdur. Buna misal olaraq 2008 – ci ildə keçirilən 62 – ci sessiya zamanı gündəliyin 20 – ci bəndini göstərmək olar. Bu “ Azərbaycanın işğal edilmiş ərazilərində vəziyyət barədə” Qətnamə idi. Ermənistan gün keçdikcə münaqişənin həllində maraqlı olmadığını göstərir, beynəlxalq ictimaiyyət isə bu haqsızlıqlara susurdu. 2014 – cü ilin avqust hadisələri, 2016 – ci ildə baş verən aprel döyüşləri Ermənistanın sülh istəmədiyinin bariz nümunəsi idi. Lakin, Bişkek protokolundan keçən 22 il müddətində kifayət qədər güclənən Azərbaycan ordusu Ermənistanı layiqli cavab verdi. Qəhrəman Azərbaycan əsgəri tərəfindən “Lələtəpə” yüksəkliyi işğaldan azad edildi. Ölkəmiz münaqişənin həllinin sülh yolu ilə sona çatdırılmasına daim sadıq qalsa da, Ermənistanın 2020 – ci ildə atdığı addımlar səbrimizi tamamilə tükəndirdi. İyul ayının 12 – də Ermənistanın hücumu ilə başlayan Tovuz döyüşlərində general – mayor Polad Həşimov başda olmaqla 7 qəhrəmanımız şəhid oldu. Avqust ayında isə Ermənistanı məxsus diversiya qrupunun ölkəmizə göndərilməsi düşmənin yeni müharibə arzusunda olduğunu bariz nümunəsi idi (Nuriyeva, 2024, s.571 – 627).

5. Şanlı Vətən Müharibəmiz və ondan sonra atığımız addımlar

2020 – ci ilin sentyabr ayının 27 – də Ermənistan ordusu səhər saat 6 iradələrində mülki əhalimizin məskunlaşdığı əraziləri dağıdıcı silahlarla hədəfə alır. Hadisə nəticəsində mülki əhalimiz və hərbiçilərimiz arasında şəhid olanlar olur. Təxribatlar zamanı onlarla vətəndaşımız ağır yaralanır. Ermənistan növbəti dəfə BMT Nizamnaməsini, Cenevrə Konvensiyalarını, Helsinki yekun aktını və digər beynəlxalq hüquq normalarını kobud şəkildə bir daha pozmuş olur. Artıq yağı düşməni doğma torpaqlarımızdan çıxarmağın tam zamanı idi. Elə həmin gün Ali Baş Komandan Cənab İlham Əliyev

Xalqımıza müraciəti zamanı torpaqlarımızın azad edilməsinin vaxtı çatdığını bəyan edir. Ordumuza Birləşmiş Millətlər Təşkilatı Nizamnamənin 51 – ci maddəsinə, həmçinin konstitusiyamızın 9 – cu və 11 – ci maddələrinə əsasən yağı düşməyə qarşı əks – hücum əmri verilir. Prezidentimizin əmrinə əsasən 28 sentyabrdan etibarən ölkə ərazisində hərbi vəziyyət elan edilir. Buna uyğun olaraq komendant saati və qismən səfərbərlik tətbiq edildi ki, bütün bunlar konstitusiyamızın 109 – cu maddəsinin 25 – ci və 29 – cu bəndlərinə, eləcə də 111 – ci maddəsinə uyğun şəkildə həyata keçirilirdi. Cəmi 44 gün davam edən haqq savaşımız 30 illik ədalətsizliyə son qoydu. Müharibə zamanı Ermənistan bir daha Cenevrə Konvensiyalarını pozaraq, mülki əhaliyə qarşı qadağan edilmiş silahlardan atəş açdı. Eyni zamanda tibbi məşinlərimiz Erməni terrorunun qurbanı oldu. Amma bu provokasiyalara uymayıb, bütün beynəlxalq hüquq və normalara uyğun müharibə aparan ölkəmiz sonda öz istəyinə çatdı. Hərbi əməliyyatlar zamanı Azərbaycan Silahlı Qüvvələri Cəbrayıl, Füzuli, Zəngilan, Qubadlı rayonlarını və Şuşa şəhərini, eləcə də 4 qəsəbə və 286 kəndi işğaldan tam azad etdi. 8 noyabr tarixində Şuşanın işğaldan azad edilməsi düşmənin döyüş meydanında tam sındırılması ilə nəticələndi. Ermənistan 10 noyabr 2020 – ci ildə müharibənin dayandırılması ilə bağlı bəyannamə imzalamağa məcbur oldu. Döyüş meydanında qazanılan qələbə bir güllə belə atmadan Ağdam, Kəlbəcər və Laçın rayonlarının azad edilməsi ilə nəticələndi. Ermənistan bu 3 rayonumuzu döyüşsüz təslim etdi. Lakin, onlar rayonlarımızı tərk etmək üçün verilən vaxt ərzində məşələrimizi qarət edib, ağaclarımızı yandıraraq talançılıqla məşğul oldular. Bu, Haaqa Konvensiyalarının pozulması idi. 10 noyabr bəyannaməsinin özünəməxsus cəhətlərindən biri də ölkəmizin suverenliyinin təmin edilməsi məsləsi ilə bağlıydı. Belə ki, bəyannamə də Dağlıq Qarabağa status verilməsi qeyd edilmirdi ki, bu ölkəmizin növbəti qələbəsi idi. Vətən müharibəsindən sonra ölkəmiz Qarabağ ərazisində qalan ermənilərə Azərbaycan vətəndaşlığını qəbul edəcəkləri təqdirdə ən yüksək həyat şəraiti ilə təmin ediləcəklərinə dair təminat irəli sürür. Lakin, onların qeyri – konstruktiv mövqe sərgiləməsi, Azərbaycanlı əhalini mina terroruna məruz qoymaları, eyni zamanda Ermənistanın Beynəlxalq Hüquq Məhkəməsinin Nikaraqua məsələsi ilə bağlı qəbul edilmiş qərarlarını pozaraq Qarabağdakı separatçı xunta rejiminə dəstək göstərərək, silah və ordu ilə təmin etməsi onların növbəti dəfə sülh istəmədiklərinin bariz nümunəsi oldu. Bu addımlara cavab olaraq ölkəmiz 19 sentyabr 2023 – cü ildə ölkəmizin konstitusiya quruluşunu təmin etmək üçün lokal antiterror əməliyyatlarına start verdi. Bütün müharibələrdə olduğu kimi bu əməliyyatlarda da ölkəmiz erməni mülki əhalisinin tam təhlükəsizliyini nəzərə alaraq olduqca dəqiq və beynəlxalq hüquqa, Cenevrə Konvensiyaları və onun əlavə protokollarına uyğun əməliyyat apararaq terrorçu xunta rejimi üzərində tam qələbə qazandı. 20 sentyabr 2020 – ci ildə Azərbaycan Respublikasının suvereniyi Ali Baş Komandanımız cənab İlham Əliyevin rəhbərliyi altında Azərbaycan ordusu və xalqı tərəfindən tam bərpa olundu (Nuriyeva, 2024, s.628 – 648). Konstitusiyamızın 11 – ci maddəsinin 1 – ci bəndi tam təmin edilərək, respublikamızın ərazi vahidliyi, toxunulmazlığı və bölünməzliyi təminat altına alındı.

Nəticə

Ölkəmiz 30 ilə yaxın müddətdə böyük bir problemi beynəlxalq hüquq və konstitusiyamızın bəndlərinə uyğun şəkildə tam həll etdi. Qələbəmizin arxasında dayanan əsas nüaslardan biri də məhz bu idi. Əgər bir dövlət haqq tərəf olduğunu bütün dünyaya sübut edib, beynəlxalq hüququn şərtlərinə uyğun şəkildə addım atarsa, şübhəsiz gec və ya tez öz istəyinə nail olacaqdır. Bu məsələlərdə dünya ölkələrinə ən böyük nümunə məhz Azərbaycan Respublikasıdır. 44 günlük şanlı Vətən müharibəsi və cəmi 23 saat 44 dəqiqə çəkən lokal antiterror əməliyyatlarında qazanılan qələbə ilə suvereniyimiz tam bərqərar oldu. Ölkəmiz bu gün sülh quruculuğunu da beynəlxalq hüquqa uyğun və uğurla həyata keçirməkdədir. Qələbədən sonra qaçqınların statusu haqqında 1951 – ci ildə qəbul edilmiş beynəlxalq konvensiya və 1967 – ci ildə konvensiyaya əlavə edilmiş protokollara uyğun olaraq məcburi köçkünlərimiz öz doğma yurd – yuvalarına təhlükəsiz şəkildə geri dönmələri həyata keçirilməkdədir. Ölkəmiz daim sülh yoluna sadıq qalmış, müharibədən sonra da ilk sülh əlini Ermənistana uzatmış, sülh mətninin müəllifi olmuşdur. Bu gün Qafqazda sülh quruculuğu prosesi uğurlu mərhələyə qədəm qoymuşdur. 2025 – ci ilin avqust ayının 8 – də Amerika Birləşmiş Ştatlarının Prezident sarayında

Azərbaycan və Ermənistan arasında paraflanmış Sülh bəyannaməsi imzalanmışdır. Ölkəmiz bu uğurlar fonunda 2025 – ci ili “Konstitusiya və Suverenlik İli” elan etmişdir.

Ədəbiyyat

1. Abdullayev, B. M., Bayramov, Z. R., Ələsgərzadə, Ə. S., İmanova, S. M., Şirvanova, T. Ə. (2010). Azərbaycan və ATƏT. “İqtisad Universiteti” nəşriyyatı.
2. Abdullayev, M. Q., Əliyərli, S. S., Süleymanova, S. Y., Məmmədov, X. M., Bayramov, Z. H., Babayeva, T. K., Nəsimov, Y. M., Şabiyev, B. Ş., Mehditev, Ə. B., Hüseynli, R. S., Məmmədov, K. H., Əliyeva, L. A., Süleymanlı, R. H., Şirinova, Ə. Q., Cavanşir, N. A., Həsənov, Ə. H., İbrahimova, Ü. Ə., Cavadova, A. S., Məmmədova, A. Ə. (2016). Azərbaycan tarixi (ən qədim zamanlardan – XXI əsrin ilk onilliklərinədək). “Bakı Universiteti” nəşriyyatı.
3. Aqşin. (2019). Azərbaycan və Ermənistan: 1918 – ci il xəritəsi [Fotoşəkil]. axar.az. <https://axar.az/media/2019/05/30/xerite-azerbaycan.jpg>.
4. Azərbaycan Respublikasının Konstitusiyası, (2025), Hüquq Yayın Evi.
5. Birləşmiş Millətlər Təşkilatının Nizamnaməsi və Beynəlxalq Ədalət Məhkəməsinin Statusu, (2013), Qanun.
6. Cabbarlı, H. (2014). Ermənistanın Xarici Siyasəti (1991 – 2012). Avrasiya Təhlükəsizlik və Strateji Araşdırmalar Mərkəzi.
7. Çimən, Ə., Göyəbaxan, G. (2023). Tarixi dəyişdirən müharibələr. Qələm nəşriyyatı.
8. Həşimova, L. (2021). Silahlı münaqişə zamanı mədəni sərvətlərin qorunması haqqında 1954 – cü il tarixli Haaqa Konvensiyası və ona Əlavə Protokolların bu sahədə münasibətlərin tənzimlənməsində rolu. Azərbaycan Hüquq Jurnalı, 2021 (2), s.129 – 139.
9. İsgəndərli, A. (2012). Azərbaycan Həqiqətləri 1917 – 1920. “Elm və təhsil”.
10. Nuriyeva, İ. (2024). Azərbaycan tarixi (ən qədim dövrlərdən zəmanəmizədək). “Elm və təhsil”.
11. Vəliyev, (1999). İnsan hüquqları və qaçqınlar. “İNAM” Plüralizm Mərkəzi.
12. Yamaner, M. B., Öktem, E., Kurtarcan, B., Uzun, M. C. (2009). 12 Ağustos 1949 tarixli Cenevre sözleşmeleri ve ek protokolleri. Galatasaray Üniversitesi Hukuk Fakültesi Yayınları.
13. Yılmaz, E. A. & İrk, O. (2015). Nikaragua Divan Kararları ışığında kuvvet kullanma ve meşru müdafa sorunu. Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 13 (2), s.151 – 166. Doi: 10.18026/cbusos.55087

Nihad Məmmədov

Bakı, Azərbaycan

Magistrant

<https://orcid.org/0009-0000-5902-3475>

mammadovnihad@outlook.com

Heterogen İnformasiya Sistemlərində Dəyişiklik Təsirinin Proqnozlaşdırılması üçün Çoxqatlı Qraf və Ehtimal Əsaslı Yayılma Modelinin Hazırlanması və Qiymətləndirilməsi

Xülasə

Müasir korporativ informasiya sistemləri heterogen yerli (on-premise), bulud və multi-bulud mühitlərdə yerləşən tətbiq kodu, verilənlər bazası sorğuları, məlumat axınları (data pipeline-ları), API-lər və hesabat təbəqələrindən ibarətdir. Bu sistemlər zamanla inkişaf etdikcə sistem barədə texniki biliklər komandalar, alətlər və repositoriyalar arasında bölünür, bu da sistem üzərindəki dəyişikliklərin onun müxtəlif hissələrinə necə təsir edəcəyini proqnozlaşdırmağı çətinləşdirir. Mövcud dəyişiklik təsiri analizi (Change Impact Analysis – CIA) metodları olan statik dilimləmə (slicing), dinamik icra analizi və tarix əsaslı birgə dəyişikliklərin analizi, yalnız bir növ artefakt üzərində (əsasən mənbə kodu) işləyir və kod, SQL, məlumat axınları, API-lər və hesabatları vahid təsir qrafı kimi birgə təhlil etmir. Bu məqalə həmin boşluğu aradan qaldıran çoxqatlı qraf və ehtimal əsaslı yayılma modelini təklif edir. Qraf korporativ sistem elementlərini beş qat üzrə tipləşdirilmiş təpələr kimi modelləşdirir və istiqamətlənmiş tillər vasitəsilə məlumat axını, transformasiya, çağırış və istehlak əlaqələrini əks etdirir. Hər bir tilə dörd müşahidə edilə bilən siqnalın birləşdirilməsi əsasında ehtimal təyin olunur: struktur çatımlılıq, tarixə əsaslanan birgə dəyişiklik tezliyi, icra zamanı log korrelyasiyası və til tipinə aid ilkin ehtimal. Dəyişiklik təsiri yaranmış çəkili qraf üzərində fərdiləşdirilmiş PageRank alqoritmi vasitəsilə proqnozlaşdırılır. Model 370 təpə və Monte Karlo yayılması ilə yaradılmış 120 real təsir dəstindən ibarət idarəolunan sintetik benchmark üzərində qiymətləndirilmişdir. Təklif olunan metod Orta Orta Dəqiqlik (MAP) üzrə 0.764 və NDCG@10 üzrə 0.841 nəticələri göstərmişdir, bu da ən güclü baza model ilə müqayisədə MAP üzrə 27% və NDCG üzrə 23% yaxşılaşma deməkdir. Qatların çıxarılması üzrə eksperimentlər göstərir ki, məlumat qatı (SQL) koddan olmayan təsir siqnalları arasında ən informativ mənbədir və model tarixi məlumatının az olduğu hallarda tədricən dayanıqlığını itirir.

Açar sözlər: dəyişiklik təsiri analizi; çoxqatlı qraf; ehtimal əsaslı yayılma; korporativ informasiya sistemləri; məlumat genealogiyası (data lineage); şəxsiləşdirilmiş PageRank; proqram təminatının təkamülü

Development and Evaluation of a Multi-Layered Graph and Probabilistic Propagation Model for Change Impact Prediction in Heterogeneous Enterprise Information Systems

Abstract

Modern enterprise information systems span heterogeneous on-premise, cloud, and multi-cloud environments composed of application code, database queries, data pipelines, APIs, and reporting layers. As such systems evolve, technical knowledge becomes fragmented across teams, tools, and repositories, and the lack of integrated visibility into how components are related makes it difficult to predict how changes will propagate. Existing change impact analysis (CIA) techniques — static slicing, dynamic execution analysis, and history-based co-change mining — operate within a single artifact universe (typically source code) and do not jointly reason over code, SQL, pipelines, APIs, and reports as a unified impact graph. This article proposes a multi-layered graph and probabilistic

propagation model that addresses this gap. The graph represents enterprise system entities as typed nodes across five layers, with directed edges capturing data-flow, transformation, invocation, and consumption relationships. Each edge is assigned a probability fused from four observable signals: structural reachability, historical co-change frequency, runtime log correlation, and an edge-type prior. Change impact is predicted via personalized PageRank over the resulting weighted graph. The model is evaluated on a controllable synthetic benchmark with 370 nodes and 120 ground-truth impact sets generated through Monte Carlo propagation. The proposed method achieves a Mean Average Precision of 0.764 and NDCG@10 of 0.841, improving on the strongest baseline by 27% in MAP and 23% in NDCG. Layer-ablation experiments confirm that the data layer (SQL) is the most informative non-code source of impact signal, and the model degrades gracefully under low-history regimes.

Keywords: *change impact analysis; multi-layered graph; probabilistic propagation; enterprise information systems; data lineage; personalized PageRank; software evolution*

Giriş

Müasir korporativ informasiya sistemləri artıq monolitik deyil. Bank platformaları, səhiyyə informasiya sistemləri və böyük dövlət sektoru sistemləri getdikcə daha çox müxtəlif dillərdə yazılmış tətbiq kodunu, relyasional və analitik verilənlər bazalarını, məlumat axınlarını, daxili və xarici API-ləri və biznes analitikası (Business Intelligence — BI) alətləri vasitəsilə təqdim olunan hesabat təbəqələrini birləşdirir. Bu artefakt qruplarının hər biri müxtəlif mütəxəssislər, tətbiq tərtibatçıları, verilənlər bazası administratorları, məlumat mühəndisləri, integrasiya mühəndisləri və biznes analitikləri, tərəfindən yaradılır, müxtəlif depolarda saxlanılır, müxtəlif proseslərlə idarə olunur və müxtəlif alətlər vasitəsilə istifadə olunur (Esparrachiarı, Reilly, & Rentz, 2018; Cerny, Goulis, & Abdelfattah, 2025).

Arxitektura heterogenliyi birbaşa xərc yaradır. Vaxt keçdikcə bu cür sistemləri çoxsaylı iştirakçılar inkişaf etdirdikcə texniki bilik komandalar, alətlər və tarixi artefaktlar arasında parçalanır. Dəyişiklik planlaşdırən mühəndislər nadir hallarda öz dəyişikliklərinin redaktə etdikləri komponentdən kənara necə yayılacağı barədə bütöv bir mənzərəyə malik olurlar. Məsələn, verilənlər bazasındakı sxem dəyişikliyi ondan istifadə Spark transformasiyasını sıradan çıxara bilər, bu isə öz növbəsində həmin sistemdən istifadə edən rəhbər tərəfindən baxılan Tableau panelini etibarsız edə bilər. Sənaye nümunələri və Lelovic və həmkarlarının son sistematik ədəbiyyat icmalı göstərir ki, mikroservis və məlumat intensiv sistemlər bu problemdən daha çox təsirlənir və mövcud alətlər bu problemin yalnız ayrı-ayrı hissələrini həll edir (Lelovic və b., 2024).

Dəyişiklik təsiri analizi (CIA) üzrə texniki ədəbiyyat, Lehnert (2011) tərəfindən icmal edilmiş və Li, Sun, Leung və Zhang (2013) tərəfindən yenilənmiş şəkildə, üç əsas yanaşma qrupunu təqdim edir. Statik CIA, System Dependence Graph üzərində dilimləmə (Horwitz, Reps və Binkley, 1990) və ya çağırış qrafları və kod-xüsusiyyət qrafları üzərində asılılıq keçidləri vasitəsilə (Yamaguchi, Golde, Arp və Rieck, 2014) təsiri proqram strukturundan çıxarır. Dinamik CIA instrumentasiya vasitəsilə proqramın icra yollarını təhlil edir (Ren, Shah, Tip, Ryder və Chesley, 2004). Tarix əsaslı CIA versiya nəzarət tarixçələrini analiz edərək birlikdə dəyişən artefaktları assosiasiya qaydaları öyrənməsi vasitəsilə müəyyən edir (Zimmermann, Weißgerber, Diehl və Zeller, 2005). Son yeniliklərə kod-xüsusiyyət qrafları üzərində işləyən qraf neyron şəbəkələri (Zhou və b., 2019; Allamanis və b., 2018) və dərin öyrənmə əsaslı birgə dəyişiklik proqnozlaşdırıcıları (Pathik və Sharma, 2022) kimi maşın öyrənməsi yanaşmaları daxildir.

Bu metodlar ayrı-ayrılıqda tam yetkin olmasına baxmayaraq, heterogen korporativ sistemlərə tətbiq edildikdə dörd əsas məhdudiyyətə malikdir. Birincisi, demək olar ki, onlar həmişə mənbə kodu səviyyəsində tək artefakt qrupu daxilində işləyir. Lelovic və həmkarlarının (2024) mikroservis CIA üzrə 1 669 məqaləni əhatə edən sistematik icmalı yalnız 29 uyğun tədqiqat müəyyən etmiş və nəticəyə gəlmişdir ki, heç biri kod, məlumat və infrastruktur artefaktlarını birlikdə nəzərdən keçirmir. İkincisi, bu metodlar kalibrasiya olunmuş ehtimallar əvəzinə ikilin və ya eyni çəkili təsir çoxluqları yaradır, bu da yoxlama söylərinin prioritetləşdirilməsini və müxtəlif mənbələrdən gələn faktların

birleştirilməsini çətinləşdirir. Üçüncüsü, onlar nadir hallarda çoxsaylı tarixi mənbələri birləşdirir: yalnız birgə dəyişiklik analizi qarışıq commit-lər səbəbilə təhrif olunur (Herzig və Zeller, 2013), yalnız struktur dilimləmə yanlış artıq qiymətləndirmə verir, yalnız icra jurnal qeydləri isə kənar siqnallarla çirklənmiş olur. Dördüncüsü, bu yanaşmaların daxili izah oluna bilmə qabiliyyəti zəifdir, son tədqiqatlar göstərir ki, hətta qraf neyron şəbəkələri üçün hazırlanmış izah mexanizmləri belə kod transformasiyaları zamanı stabil deyil (Hu və b., 2023).

Bu məqalə bu məhdudiyyətləri birbaşa aradan qaldıran metod təklif edir. Korporativ sistem tipləşdirilmiş çoxqatlı qraf kimi modelləşdirilir: burada təpələr beş qatdan birinə, kod, SQL, məlumat axını, API və hesabat qatlarına aid olur, tillər isə həm əlaqə tipini, həm də mənbə təpədə baş verən dəyişikliyin hədəf təpəyə yayılma ehtimalını daşıyır. Tillərin ehtimalları versiya nəzarət sistemi, davamlı integrasiya pipeline-ı və mərkəzləşdirilmiş log saxlama sistemi olan istənilən təşkilatın hesablama biləcəyi dörd müşahidə edilə bilən siqnalın birləşdirilməsi ilə müəyyən edilir. Dəyişiklik təsirinin proqnozlaşdırılması isə yaranmış çəkili qraf üzərində fərdiləşdirilmiş PageRank alqoritmi vasitəsilə aparılır və nəticədə sıralanmış, kalibrə olunmuş və izah edilə bilən təsir qiymətləndirməsi əldə olunur.

Məqalə dörd tədqiqat sualına cavab verir.

1. Kod, SQL, məlumat axını, API və hesabat artefaktlarını birləşdirən çoxqatlı qraf təkqatlı qraflarla müqayisədə dəyişiklik təsirinin proqnozlaşdırılmasını yaxşılaşdırırmı?
2. Bir neçə müşahidə edilə bilən siqnaldan (struktur, tarixi, icra zamanı, ilkin) birləşdirilmiş tillərin ehtimalları tək mənbəyə əsaslanan çəkiləndirmədən daha yaxşı nəticə verirmi?
3. Təklif olunan metod statik çatımlılıq, struktur əsaslı fərdiləşdirilmiş PageRank və yalnız birgə dəyişikliklərə əsaslanan fərdiləşdirilmiş PageRank kimi standart CIA yanaşmaları ilə müqayisədə necə nəticə göstərir?
4. Metod sənayedəki “cold-start” tətbiqlərinə bənzər qısa tarixlə malik, yeni sistemlər üçün olan ssenarilərdə necə davranır?

Məqalənin töhfələri aşağıdakılardır. Birincisi, beş korporativ artefakt qatı üzrə sistemlərarası texniki bilikləri birləşdirən formal çoxqatlı qraf modeli. İkincisi, dörd müşahidə edilə bilən siqnalı birləşdirərək kalibrə olunmuş til çəkili yaradan ehtimal birləşdirmə sxemi. Üçüncüsü, daxili izah yolları ilə birlikdə sıralanmış təsir dəstləri yaradan yayılma əsaslı proqnozlaşdırma alqoritmi. Dördüncüsü, idarəolunan sintetik benchmark üzərində aparılmış empirik qiymətləndirmə nəticəsində ən güclü baza model ilə müqayisədə Orta Orta Dəqiqlik üzrə 27% nisbi yaxşılaşmanın göstərilməsi.

Məqalənin qalan hissəsi Giriş, Tədqiqat və Nəticə bölmələrindən ibarətdir. Tədqiqat bölməsində əlaqəli ədəbiyyat, formal model, qiymətləndirmə dizaynı və empirik nəticələr təqdim olunur.

1. Tədqiqat

1.1 Əlaqəli işlər

Proqram təminatında dəyişiklik təsiri analizi. Klassik istinad Bohner və Arnoldun (1996) əsəridir, bu iş CIA-nı dəyişikliklərin nəticələrinin müəyyən edilməsi kimi çərçivələndirmiş və bu gün də istifadə olunan “namizəd”, “təxmin edilən” və “faktiki” təsir dəstləri terminologiyasını təqdim etmişdir. Statik CIA Weiser-in (1984) proqram dilimləməsindən və Horwitz, Reys və Binkley-nin (1990) System Dependence Graph üzərində prosedurlar arası dilimləmə yanaşmasından inkişaf etmişdir. Nümunə alətlərə Joern (Yamaguchi və b., 2014) və CodeQL daxildir. Dinamik CIA PathImpact (Law və Rothermel, 2003), CoverageImpact (Orso, Apiwattanapong və Harrold, 2003) və Chianti (Ren və b., 2004) çərçivəsində inkişaf etdirilmişdir, lakin real dəyişikliklərdə dəqiqliyin 50%-dən aşağı düşdüyü göstərilmişdir (Cai və Santelices, 2015). Dəyişiklik tarixi əsaslı CIA Zimmermann və həmkarlarının (2005) ROSE sistemi və Ying, Murphy, Ng və Chu-Carroll (2004) ilə başlanmışdır. TARMAQ kimi təkmilləşdirmələr (Rølfesnes və b., 2016) heterogen artefaktlara ümumiləşdirmə aparsa da, yalnız tək versiya nəzarət sistemi daxilində fayl səviyyəli birgə dəyişikliklər üzrə qiymətləndirilmişdir.

Proqram mühəndisliyi üçün ehtimallı modellər. Fenton və Neil-in (1999) defekt proqnozlaşdırma modellərinə tənqidi yanaşması Bayes şəbəkələrini keyfiyyət xarakterli proses faktorları ilə kəmiyyət metriklərini birləşdirmək üçün prinsipial yanaşma kimi formalaşdırmışdır. Mirarab, Hassouna və Tahvildari (2007) mənbə kodunda dəyişiklik təsirinə Bayes yayılmasını tətbiq

etmiş, Tang, Nicholson, Jin və Han (2007) isə bu yanaşmanı arxitektura dizaynı səviyyəsinə qaldırmışdır. Bu yanaşmaların heç biri artefakt sərhədlərini aşaraq məlumat və infrastruktur qatlarını əhatə etmir və onlar icra logları və davamlı integrasiya pipeline-ının geniş istifadə olunmasından əvvəl inkişaf etdirilmişdir.

Kod üçün qraf neyron şəbəkələri. Kod qrafları üzərində öyrənmə üzrə müasir yanaşmalar Allamanis və həmkarlarının (2018) proqram qrafı təqdimatı ilə başlamış və Devign (Zhou və b., 2019) kimi modellərlə, eləcə də GraphCodeBERT (Guo və b., 2021) kimi əvvəlcədən öyrədilmiş modellərlə inkişaf etmişdir. Bu yanaşmalar repozitoriya daxilində güclü nəticələr göstərsə də, Chakraborty, Krishna, Ding və Ray (2022) REVEAL tədqiqatında göstərmişdir ki, real məlumat paylanmalarında performans kəskin şəkildə azala bilər və izah oluna bilmə qabiliyyəti sabit deyil (Hu və b., 2023).

Məlumat mənşəyi və korporativ arxitektura. Apache Atlas, OpenLineage və DataHub kimi alətlər məlumat axınlarının təsviri üçün metadata terminologiyasını standartlaşdırmışdır, lakin onlar proqnozlaşdırıcı deyil, təsviri xarakter daşıyır, yəni onlar baş verənləri qeydə alır, dəyişiklik baş verdikdə nə baş verəcəyini deyil. Akademik baxımdan Curino, Moon, Deutsch və Zaniolo (2013) tərəfindən verilənlər bazası sxeminin təkamülünün avtomatlaşdırılması və Maule, Emmerich və Rosenblumun (2008) verilənlər bazası sxemi dəyişikliklərinin təsir analizi işləri proqnozlaşdırıcı, artefaktlararası analizə ən yaxın yanaşmalardır, lakin hər ikisi kod və verilənlər bazası sərhədində dayanır. Glaser, Ali, Sallinger və Bork (2022) tərəfindən təklif olunan Enterprise Architecture Knowledge Graph yanaşması ArchiMate modellərini Neo4j vasitəsilə təqdim edir, lakin ehtimallı yayılma mexanizmi təmin etmir.

Müəyyən edilmiş boşluq. Ədəbiyyat tək artefakt üzrə CIA üçün yetkin metodlar, sistemlərarası məlumat mənşəyinin təsviri və homogen kod qrafları üzərində ehtimallı yanaşmalar təqdim etsə də, lakin qeyd olunan işlər bunları vahid çərçivədə birləşdirərək bütün korporativ steki əhatə edən və çoxsaylı tarixi siqnalları kalibrləşdirilmiş til ehtimallarına integrasiya edən proqnozlaşdırıcı model təklif etmir. Bu məqalə məhz bu boşluğu aradan qaldırır.

1.2 Təklif olunan yanaşma

1.2.1 Çoxqatlı qrafın rəsmi tərif

Korporativ sistem istiqamətlənmiş, tipləşdirilmiş və til çəkirləri ilə zənginləşdirilmiş multiqraf kimi təqdim olunur: $G = (V, E, \tau_V, \tau_E, w)$. Burada V obyekt təpələrinin çoxluğunu, $E \subseteq V \times V$ istiqamətlənmiş tillərin çoxluğunu ifadə edir. $\tau_V : V \rightarrow \mathcal{L}$ funksiyası hər bir təpəni beş qatdan birinə, $\mathcal{L} = \{\text{kod, SQL, məlumat axını, API, hesabat}\}$, aid edir; $\tau_E : E \rightarrow \mathcal{R}$ funksiyası isə hər bir tili doqquz əlaqə tipindən birinə, $\mathcal{R} = \{\text{calls, reads, writes, transforms, consumes, invokes, intra}_{\text{sql}}, \text{intra}_{\text{pipe}}, \text{intra}_{\text{api}}, \text{intra}_{\text{rep}}\}$, uyğunlaşdırır. $w : E \rightarrow [0, 1]$ funksiyası hər bir tilə yayılma ehtimalı təyin edir; bu ehtimal mənbə təpədə dəyişiklik baş verdiyi halda hədəf təpədə uyğun dəyişiklik tələb olunması ehtimalını göstərir.

Beş qat sənaye tipli korporativ sistemlərdə müşahidə olunan artefakt bölgüsünə və açıq metadata standartlarının (Apache Atlas, OpenLineage, DataHub) dəstəklədiyi kateqoriyalara əsasən seçilmişdir. Kod qatı modul və ya sinif səviyyəsində tətbiq mənbə artefaktlarını əhatə edir. SQL qatı verilənlər bazası strukturunu müəyyən edən DDL-dən çıxarılan cədvəlləri, view-ləri və sütunları ehtiva edir. Məlumat axını qatı Airflow operatorları, dbt modelləri və ya Spark job-ları kimi pipeline tapşırıqlarını əhatə edir. API qatı OpenAPI və ya gRPC spesifikasiyalarından çıxarılan endpoint müqavilələrini özündə saxlayır. Hesabat qatı isə dashboard-lar, view-lar və metriklər kimi BI artefaktlarını əhatə edir.

Bu qatlar daxilində və qatlar arasında olan tillər yuxarıda sadalanan əlaqələri kodlaşdırır. Xüsusilə qatlararası tillər mühüm rol oynayır: məsələn, kod modulundan SQL cədvəlinə yönəlmiş writes tipi til modulun həmin cədvəl üzərində DML əməliyyatları yerinə yetirdiyini göstərir; pipeline tapşırığından hesabat qatına yönəlmiş consumes tipi til isə hesabatın məlumatı pipeline çıxışından götürdüyünü ifadə edir.

1.2.2 Müşahidə edilə bilən siqnallardan til ehtimalı birləşdirilməsi

Hər bir til üzrə $w(e)$ ehtimalı birbaşa verilməmişdir, o, müşahidə edilə bilən siqnallar əsasında qiymətləndirilməlidir. Dörd siqnal mənbəyindən istifadə olunur və onların hər biri yetkin mühəndislik

təcrübələrinə malik istənilən təşkilatın artıq yaratdığı artefaktlardan hesablanı bilər. Struktur çatımlılıq signalı p_{struct} müəyyən tipli birbaşa tilin mövcudluğunu göstərir. Bu signal statik şəkildə kod xüsusiyyət qraflarından (Joern və ya CodeQL vasitəsilə), pars olunmuş SQL-dən (SQLGlott və ya LineageX vasitəsilə), OpenAPI spesifikasiyalarından, pipeline-lar üçün OpenLineage hadisələrindən və hesabatlar üçün BI metadata API-lərindən çıxarılır. Tarixə əsaslanan birgə dəyişiklik etibarlılığı signalı $p_{cochange}$ “əgər mənbə təpə u dəyişirsə, hədəf təpə v də eyni commit pəncərəsində dəyişir” assosiasiya qaydasının empirik etibarlılığıdır və bu, tarixdəki commit-lər üzərində klassik assosiasiya qaydaları analizi ilə hesablanır (Zimmermann və b., 2005; Rolfsnes və b., 2016). Herzig və Zeller (2013) tərəfindən göstərilmiş qarışıq dəyişiklik təhrifini azaltmaq üçün ölçüsü müəyyən həddən böyük olan commit-lər analizdən əvvəl filtdən keçirilir. İcra zamanı log korrelyasiyası signalı p_{log} mənbə və hədəf təpələrdə baş verən nasazlıq və ya anomaliya hadisələri arasındakı əlaqəni ifadə edir və bu, icra telemetriyası üzrə sürüşən pəncərə daxilində hesablanır; komponentlər üzrə baza tezlik fərqlərinə qarşı dayanıqlı olduğuna görə nöqtəvi qarşılıqlı informasiya (PMI) istifadə olunur. Til tipinə aid ilkin ehtimal p_{prior} isə parametrləri əlaqə tipinə görə müəyyən edilən Beta paylanması orta qiymətidir; bu ilkin ehtimallar sahə biliklərini əks etdirir, məsələn, koddan SQL-ə yönəlmiş writes tipli tillərin yayılma ehtimalı dashboard-lar arasındakı $intra_{rep}$ tillərə nisbətən daha yüksəkdir.

Hər bir til üzrə yekun ehtimal kalibrlənmiş xətti kombinasiyaya əsasən hesablanır:

$$w(e) = \text{clip}(\beta_{log} \cdot p_{log}(e) + \beta_{cc} \cdot p_{cochange}(e) + \beta_{pr} \cdot p_{prior}(e) + \beta_{st} \cdot p_{struct}(e), \varepsilon, 1),$$

bu ifadədə $w(e)$ çoxqatlı qrafda tək bir e tili üçün təyin edilmiş birləşdirilmiş yayılma ehtimalını göstərir: dörd p -termin yuxarıda müəyyən edilmiş müşahidə edilə bilən siqnallardır və dörd β əmsalı isə hər bir signalın ümumi nəticəyə nə qədər töhfə verdiyini müəyyən edən qarışım çəkilibidir. Konkret olaraq, $p_{log}(e)$ tilin mənbə və hədəf təpələri arasında icra log-u korrelyasiyasını ifadə edir, $p_{cochange}(e)$ tarixi commit-lərdən çıxarılan empirik assosiasiya qaydası etibarlılığıdır, $p_{prior}(e)$ tilin əlaqə tipi ilə əlaqəli Beta paylanmasından əldə olunan ilkin ehtimaldır, $p_{struct}(e)$ isə struktur çatımlılığını göstərən binar göstəricidir.

Uyğun qarışım çəkilibi, β_{log} , β_{cc} , β_{pr} və β_{st} (burada “cc”, “pr” və “st” müvafiq olaraq birgə dəyişiklik, ilkin ehtimal və struktur terminlərini ifadə edir), qeyri-mənfi həqiqi ədədlərdir və cəmi birə bərabər olmaq şərti ilə məhdudlaşdırılmışdır ki, xətti kombinasiyanın nəticəsi kəsilmədən əvvəl düzgün ehtimal kimi qalsın. $\text{clip}(\cdot, \varepsilon, 1)$ operatoru nəticəni $[\varepsilon, 1]$ intervalında saxlayır; burada ε kiçik müsbət alt hədddir və bu tədqiqatda 0.001 kimi götürülmüşdür. Yuxarı hədd 1 $w(e)$ -nin ehtimal kimi şərh olunmasını təmin edir, aşağı hədd ε isə çəkisi sıfıra bərabər olan və ədədi baxımdan degenerasiya yaradan tillərin qarşısını alır; əks halda bu cür tillər fərdiləşdirilmiş PageRank keçid matrisində sıfır sütunlar yaradaraq yayılma mərhələsini pozardı. Bu tədqiqatda istifadə olunan standart çəkilibi $\beta = (0.4, 0.3, 0.2, 0.1)$ kimi müəyyən edilmişdir; bu seçim icra telemetriyasına və tarixə əsaslanan birgə dəyişiklik siqnallarına üstünlük verir, eyni zamanda ilkin ehtimalları və struktur siqnallarını dəstəkləyici amil kimi saxlayır. İstehsal mühitində tətbiq zamanı qarışım çəkilibi ayrılmiş (hold-out) zaman pəncərəsi üzərində logistik reqressiya vasitəsilə kalibrlənməlidir; burada isə standart dəyərlərdən istifadə olunmuşdur ki, sintetik benchmark nəticələri təklif olunan metodun xeyrinə süni şəkildə yönləndirilməsin.

1.2.3 Yayılma əsaslı dəyişiklik təsiri proqnozu

Verilmiş dəyişiklik başlanğıc təpəsi $s \in V$ olduqda, proqnozlaşdırılan təsir dəsti çəkili qraf üzərində fərdiləşdirilmiş PageRank (PPR) vasitəsilə formaləşdirilir. PPR dəyişiklik təsirini təsadüfi gəzinti kimi modelləşdirir; hər addımda ya ehtimallarla çəkilibilənmiş çıxan til üzrə hərəkət edilir, ya da α sönməmə ehtimalı ilə başlanğıc təpəyə geri qayıdılır. Nəticədə əldə olunan stasionar paylanma r hər bir təpəyə başlanğıc təpədən ziyarət olunma ehtimalını təyin edir və bu ehtimal təsir göstəricisi kimi istifadə olunur:

$$r = (1 - \alpha) \cdot P \cdot r + \alpha \cdot e_s,$$

Bu sabit nöqtə tənliyində r təsir balı vektorudur, yəni qrafdakı hər bir təpə üçün bir elementdən ibarət sütun vektorudur və r_i başlanğıc dəyişiklik təpəsindən başlayan təsadüfi gəzintinin nəticədə i təpəsinə çatma ehtimalını göstərir. Matris P birləşdirilmiş til çəkilibilənmiş $w(e)$ törədilmiş sütun-stoxastik keçid matrisidir; burada P_{ij} elementi bir addımda j təpəsindən i təpəsinə keçid ehtimalını

ifadə edir və bu ehtimallar elə normallaşdırılmışdır ki, P matrisinin hər sütununun cəmi birə bərabər olsun.

Fərdiləşdirmə vektoru e_s sütun vektorudur və yalnız dəyişiklik başlanğıc təpəsi s -ə uyğun indeksdə 1 qiyməti alır, digər bütün elementlər sıfırdır; bu, təsadüfi gəzintinin hər zaman s təpəsindən yenidən başladığını ifadə edir. Sönümləmə əmsalı $\alpha \in (0, 1)$ qraf üzrə hərəkət ilə başlanğıc təpəyə qayıdış arasındakı balans tənzimləyir; hər addımda gəzinti $(1 - \alpha)$ ehtimalı ilə çəkiləndirilmiş çıxan til üzrə davam edir və α ehtimalı ilə başlanğıc təpəyə geri “teleportasiya” edir. Bu tədqiqatda $\alpha = 0.15$ götürülmüşdür və bu, Larry Page və Sergey Brin tərəfindən təqdim olunmuş ilkin PageRank modelində istifadə edilən standart dəyərdir.

Tənlik güc iterasiyası üsulu ilə həll olunur, başlanğıcda $r = e_s$ götürülür və sağ tərəf ardıcıl olaraq sol tərəfə əvəz edilərək r vektorunun dəyişməsi ardıcıl iterasiyalar arasında kiçik həddən aşağı düşənə qədər davam etdirilir; burada nəzərə alınan qraf ölçüləri üçün 50 iterasiya yaxınlaşma üçün kifayətdir. Nəticədə əldə olunan r vektoru azalan qaydada sıralanır və model tərəfindən qaytarılan sıralanmış təsir proqnozu kimi istifadə olunur

Bu formulun üç mühüm xüsusiyyəti var. Birincisi, PPR kalibrlənmişdir, nəticə dəyərləri müsbətdir və cəmi birə bərabərdir, buna görə onlar təsirin təxmini posterior ehtimalları kimi şərh oluna bilər. İkincisi, PPR izah edilə bilər, hər bir proqnozlaşdırılmış təsir göstəricisi üçün əsas töhfə verən yollar altqrafın çıxarılması ilə bərpa oluna bilər və bu, insan tərəfindən yoxlanıla bilən yayılma yolu izahı təqdim edir. Üçüncüsü, PPR hər iterasiya üzrə tillərin sayına xətti olaraq miqyaslanır, geniş istifadə olunan qraf kitabxanalarında yaxşı dəstəklənir və asanlıqla paralelləşdirilə bilər.

1.3 Qiymətləndirmə dizaynı

Model dəqiq ground truth qurulmasına imkan verən və eyni zamanda korporativ sistemlərin struktur və ehtimallı xüsusiyyətlərini təkrarlayan idarəolunan sintetik benchmark üzərində qiymətləndirilmişdir. Real sistem əvəzinə və ya ona əlavə olaraq sintetik benchmark seçilməsinin üç əsas səbəbi var: real sistemlərdə ground truth-un qurulması ya bahalı ekspert etikətlənməsi, ya da geniş test xətlərinə əsaslanan analiz tələb edir; parametrlər məkanı, məsələn tarix uzunluğu, til sıxlığı və siqnal səs-küyü, real sistemlərdə idarəolunan deyil; və sintetik benchmark tam təkrar istehsal edilə bilər. TrainTicket, eShopOnContainers və Defects4J kimi açıq mənbəli nümunə sistemlər sonrakı validasiya üçün tövsiyə olunur, lakin bu ilkin tədqiqat çərçivəsinə daxil edilməmişdir.

1.3.1 Etalonun yaradılması

Etalon generatori orta ölçülü korporativ sistemlərdə müşahidə olunan artefakt paylanmasını təxmini şəkildə əks etdirmək üçün 200 kod təpəsi, 80 SQL təpəsi, 40 məlumat axını təpəsi, 30 API təpəsi və 20 hesabat təpəsindən ibarət çoxqatlı qraf yaradır (Mayer və Weinreich, 2018). Eyni qat daxilində tillər hər tip üçün ayrıca kalibrlənmiş sıxlıqlara uyğun olaraq seçilir, qatlararası tillər isə istiqamətli sıxlıq parametrlərinə malik stoxastik blok modeli əsasında qurulur. Hər bir tilə “həqiqi” yayılma ehtimalı $p(e)$ təyin edilir; bu ehtimal parametrləri til tipindən asılı olan Beta paylanmasından götürülür. İstifadə olunan konfigurasiyada generator 370 təpə və təxminən 1200 tildən ibarət qraf yaradır.

Ground truth təsir dəstləri müstəqil kaskadlı Monte Karlo simulyasiyası vasitəsilə qurulur: təsadüfi seçilmiş 120 dəyişiklik başlanğıc təpəsi üçün həqiqi til ehtimallarından istifadə etməklə 200 kaskad simulyasiyası icra olunur və hər kaskad maksimum beş addım ilə məhdudlaşdırılır. Əgər hədəf təpə kaskadların ən azı 50%-ində əldə olunursa, o, ground truth təsir dəstinə daxil edilir. Bu prosedur (başlanğıc təpə, təsir dəsti) cütlükləri yaradır və təsir dəstlərinin orta ölçüsü real sistemlərdə müşahidə olunan təsir radiusu paylanmalarını təqlid edir. Məlumat dəstinin ilk 50%-i siqnalların çıxarılması üçün tarixi məlumat kimi istifadə olunur, qalan 50%-i isə ayrılmış test dəsti kimi istifadə edilir.

1.3.2 Siqnallar, metodlar və metriklər

1.2.2 bölməsində müəyyən edilən dörd siqnal məlumat dəstinin tarixi hissəsindən çıxarılır. Struktur siqnalı tilin mövcudluğunu göstərən binar göstəricidir; birgə dəyişiklik siqnalı tarixi təsir dəstləri üzərində assosiasiya qaydası etibarlılığı kimi hesablanır; log siqnalı həqiqi ehtimalın Gauss

səs-küyü ilə pozulmuş müşahidəsi kimi, standart sapması 0.10 olmaqla modelləşdirilir; ilkin ehtimal isə hər bir til tipi üzrə Beta paylanmasının parametrlərindən hesablanır.

Beş metod müqayisə olunur. Random aşağı sərhəd baza modelidir və başlanğıc təpədən fərqli bütün təpələrə təsadüfi şəkildə bərabər bal verir. StaticReach vahid çəkili çatımlılıq modelidir və bal $1/(1+h)$ kimi hesablanır, burada h keçid məsafəsidir. StructPPR yalnız struktur çəkildəndən istifadə edən PPR-dir ($\beta = (0, 0, 0, 1)$). CoChangePPR yalnız birgə dəyişiklik çəkildəndən istifadə edən PPR-dir ($\beta = (0, 1, 0, 0)$). FusedPPR (təklif olunan metod) isə bütün siqnalların birləşdirildiyi PPR-dir ($\beta = (0.4, 0.3, 0.2, 0.1)$).

Performans CIA qiymətləndirməsində geniş istifadə olunan yeddi metrik ilə ölçülür: k üçün dəqiqlik (precision@ k), k üçün tamlıq (recall@ k) və k üçün F1 ($k \in \{5, 10, 25\}$); Orta Orta Dəqiqlik (MAP) və 10 üzrə normallaşdırılmış diskontlaşdırılmış yığılmış qazanc (NDCG@10). Bir neçə sıralama metrikinin təqdim edilməsi zəruridir, çünki CIA-nın əməliyyat istifadəsi fərqlidir, kod yoxlanmasının prioritetləşdirilməsi üçün P@5 və P@10 daha önəmlidir, tamlıq yönümlü analiz üçün isə R@25 və MAP daha əhəmiyyətlidir.

1.4. Nəticələr

Cədvəl 1. Bütün metodlar üzrə əsas qiymətləndirmə nəticələri. FusedPPR bütün metriklər üzrə ən yüksək performansı göstərir.

Metod	P@5	P@10	P@25	R@10	R@25	F1@10	MAP	NDCG@10
Random	0.008	0.012	0.011	0.026	0.047	0.016	0.021	0.013
StaticReach	0.338	0.238	0.131	0.678	0.854	0.329	0.404	0.504
StructPPR	0.431	0.273	0.155	0.760	0.960	0.375	0.603	0.683
CoChangePPR	0.431	0.281	0.157	0.771	0.963	0.384	0.595	0.683
FusedPPR (təklif olunan)	0.477	0.323	0.162	0.863	0.979	0.437	0.764	0.841

Təklif olunan FusedPPR metodu bütün metriklər üzrə bütün baza modellərdən üstün nəticə göstərir. Ən güclü baza model (StructPPR) ilə müqayisədə MAP üzrə nisbi artım 27%, NDCG@10 üzrə isə 23% təşkil edir. F1@10 göstəricisi 0.384-dən (CoChangePPR) 0.437-yə yüksəlmişdir, bu da 5.3 faiz bəndi həcmində mütləq artım deməkdir. Random baza modeli bütün sıralama metrikləri üzrə sıfıra yaxın nəticə göstərir, bu da benchmark-un qeyri-trivial olduğunu və struktur və ehtimallı metodların qrafdan real siqnallar çıxardığını təsdiqləyir.

Yalnız bir mənbədən məlumat istifadə edən metodlar, StructPPR (yalnız struktur), CoChangePPR (yalnız birgə dəyişiklik), StaticReach (vahid struktur), MAP üzrə 0.40 ilə 0.60 aralığında cəmləşir. Tək mənbədən ehtimallı til çəkildərinin əlavə olunması (StructPPR və ya CoChangePPR) vahid çatımlılıq yanaşması ilə müqayisədə MAP göstəricisini təxminən 50% artırır. Dörd mənbənin birləşdirilməsi isə əlavə olaraq 27% artım təmin edir və bu da siqnalların bir-birini tamamlayan informasiya daşıdığını və çoxmənbəli birləşdirmənin əlavə dəyərinin əhəmiyyətli olduğunu göstərir.

Cədvəl 2. FusedPPR üçün qatların çıxarılması üzrə eksperimentlər. SQL qatının çıxarılması ən böyük performans azalmasına səbəb olur və bu da qatlararası integrasiyanın əhəmiyyətini təsdiqləyir.

Konfigurasiya	P@10	R@10	F1@10	MAP	NDCG@10
Tam (bütün təbəqələr)	0.323	0.873	0.440	0.736	0.819

SQL təbəqəsi	0.146	0.577	0.231	0.553	0.597
Məlumat axını təbəqəsi	0.262	0.842	0.387	0.716	0.805
API təbəqəsi	0.323	0.885	0.439	0.744	0.833
Hesabat təbəqəsi	0.278	0.838	0.395	0.725	0.793

SQL qatının çıxarılması MAP üzrə 25%, NDCG@10 üzrə isə 27% azalma ilə nəticələnir və bu, bütün qatların çıxarılması hallarının ən böyük təsiridir. Pipeline və hesabat qatları daha kiçik, lakin ölçülə bilən töhfə verir, API qatının çıxarılması isə MAP göstəricisini cüzi şəkildə artırır; bu da istifadə olunan sintetik konfigurasiyada API qatının məlumat qatı ilə müqayisədə təsir baxımından daha az əhəmiyyətli olduğunu göstərir. Bu nəticə sənaye sistemlərində müşahidə olunan empirik faktla üst-üstə düşür ki, məlumat qatındakı asılılıqlar sistemlərarası dəyişiklik təsirinin ən çox qiymətləndirilməyən mənbəyidir (Maule və b., 2008; Curino və b., 2013).

Cədvəl 3. FusedPPR üçün siqnalların çıxarılması üzrə eksperimentlər. İcra logu siqnalının çıxarılması MAP göstəricisində ən böyük azalmanı yaradır.

Konfigurasiya	P@10	R@10	F1@10	MAP	NDCG@10
Bütün siqnallar	0.319	0.866	0.435	0.775	0.844
– Log siqnalı	0.288	0.786	0.394	0.626	0.715
– Birgə dəyişiklik	0.319	0.866	0.435	0.774	0.844
– Prior	0.342	0.907	0.463	0.794	0.873
– Struktur	0.338	0.901	0.459	0.806	0.876
Yalnız birgə dəyişiklik	0.281	0.771	0.384	0.595	0.683
Yalnız log	0.346	0.921	0.470	0.833	0.898

İki əsas nəticə ortaya çıxır. Birincisi, icra logu siqnalının çıxarılması ən böyük azalmaya səbəb olur: MAP 19%, NDCG@10 isə 15% azalır. Bu, icra telemetriyasının mövcud olduğu halda ən informativ tək siqnal olduğunu təsdiqləyir. İkincisi, ilkin ehtimal və struktur siqnallar gözləniləndən daha az əlavə dəyər verir, onların hər hansı birinin çıxarılması MAP göstəricisini cüzi şəkildə artırır. Bu hal sintetik mühitlə uyğun gəlir, burada struktur məlumatı qismən ondan çıxarılan siqnallarla təkrarlanır; real sistemlərdə isə ground truth daha səs-küylü olduğuna görə struktur ilkin ehtimalların daha böyük rol oynayacağı gözlənilir. “Yalnız log” konfigurasiyası bu sintetik eksperimentdə formal olaraq bütün siqnalların birləşdirilməsindən daha yaxşı nəticə göstərir, çünki simulyatorda log siqnalı həqiqi til ehtimallarının birbaşa (səs-küylü) müşahidəsidir. Praktikada log siqnalları bu qədər birbaşa olmur və siqnalların birləşdirilməsinin daha dayanıqlı üstünlüklər verəcəyi gözlənilir; bu, sintetik benchmark-ların məlum məhdudiyyətidir və aşağıda müzakirə olunur.

Cədvəl 4. FusedPPR üçün tarix həssaslığı. Tarixi məlumat azaldıqca metodun performansı tədricən və sabit şəkildə azalır.

Tarix payı	P@10	R@10	F1@10	MAP	NDCG@10
10%	0.304	0.813	0.413	0.753	0.805
25%	0.292	0.837	0.405	0.765	0.825
50%	0.323	0.877	0.442	0.766	0.841
75%	0.377	0.885	0.495	0.818	0.879

Tarixi məlumatın cəmi 10%-i mövcud olduqda belə, FusedPPR MAP üzrə 0.753 nəticəsini saxlayır, bu da tam məlumat dəsti ilə əldə olunan MAP-dan cəmi 8% azdır, F1@10 isə 0.413 təşkil edir. Bu tədrici və sabit azalma birbaşa ilkin ehtimal və struktur siqnalların təsiri ilə izah olunur: tarix məlumatının az olduğu şəraitdə, birgə dəyişiklik siqnalı etibarsız olduqda, ilkin ehtimal və struktur komponentlər üstünlük təşkil edir və performansın kəskin düşməsinin qarşısını alır. Bu xüsusiyyət sənaye mühitində tətbiq üçün kritik əhəmiyyət daşıyır, çünki yeni və ya yaxın zamanda yenidən

qurulmuş sistemlər adətən tarixə əsaslanan CIA metodlarının tələb etdiyi uzunmüddətli commit tarixçəsinə malik olmur.

1.5 Müzakirə

Empirik nəticələr dörd tədqiqat sualını dəstəkləyir. RQ1 müsbət cavablandırılır: çoxqatlı qraf proqnozlaşdırmanı yaxşılaşdırır və xüsusilə SQL qatı MAP artımının 25%-ni təmin edir. RQ2 də müsbət cavablandırılır: birləşdirilmiş til ehtimalları hər bir tək mənbəli variantı MAP üzrə 27% fərqlə üstələyir. RQ3 Cədvəl 1-dəki müqayisə ilə cavablandırılır: təklif olunan metod bütün metriklər üzrə bütün baza modellərdən üstün nəticə göstərir. RQ4 isə Cədvəl 4 ilə cavablandırılır: metod tarixi məlumatın yalnız 10%-i ilə belə tam məlumat üzrə MAP göstəricisinin 92%-ni qoruyur.

Üç əsas etibarlılıq riski qeyd edilməlidir. Konstrukt etibarlılığı: sintetik benchmark korporativ sistemlərin struktur və ehtimallı xüsusiyyətlərini təxmini şəkildə əks etdirir, lakin istehsal mühitinin paylanma xüsusiyyətlərini tam təkrarlama bilmir. “Yalnız log” konfigurasiyasının signal çıxarma eksperimentində formal olaraq daha yaxşı nəticə göstərməsi sintetik mühitə xas artefaktdır, simulyasiya olunmuş log signalı həddindən artıq informativdir; real mühitdə isə hər bir signal daha səs-küylü və natamam olduğuna görə signalların birləşdirilməsinin üstünlüyünün artacağı gözlənilir. Daxili etibarlılıq: qarışım çəkirləri β öyrənilməmiş, heuristik olaraq təyin edilmişdir; bu yanaşma təklif olunan metod üçün konservativdir, lakin maksimal nəticəni vermir. Xarici etibarlılıq: real korporativ sistemlərə ümumiləşdirmə TrainTicket, eShopOnContainers və Defects4J kimi açıq mənbəli nümunələr üzərində yoxlanmanı tələb edir və bu növbəti addım kimi tövsiyə olunur. Burada təqdim olunan sintetik nəticələr metodun mexaniki baxımdan düzgün olduğunu və çoxqatlı, ehtimallı, birləşdirilmiş yanaşmanın ölçülə bilən üstünlüklər verdiyini göstərir; real mühitdə tətbiq isə bu üstünlüklərin miqyasını müəyyən edəcəkdir.

Nəticələrin praktik əhəmiyyəti təklif olunan metodun sənayedə istifadə olunan məlumat mənsəyi alətləri ilə əlaqəsində özünü göstərir. Apache Atlas, OpenLineage və DataHub artıq çoxqatlı qrafın qurulması üçün tələb olunan struktur və tarixi məlumatların böyük hissəsini toplayır. Təklif olunan metod bu alətləri təsviri funksiyadan proqnozlaşdırıcı funksiyaya genişləndirir: “X-dən Y-yə nə axır?” sualını cavablandırmaqla kifayətlənmir, həm də “X dəyişərsə, Y-nin dəyişmə ehtimalı nədir?” sualına cavab verir. Bu, artıq lineage infrastrukturunu qurmuş təşkilatlar üçün birbaşa tətbiq edilə bilən imkandır.

İkinci mühüm nəticə izah oluna bilmə ilə bağlıdır. PPR nəticələri yayılma yollarına parçalandığı üçün hər bir proqnozlaşdırılmış təsir yoxlanıla bilən izah ilə müşayiət olunur: mühəndis başlanğıc təpədən hədəf təpəyə gedən tipləşdirilmiş və çəkiləndirilmiş tillər zənciri əsasında təsirin səbəbini görə bilir. Bu, izahları kod transformasiyaları zamanı qeyri-stabil olan tam qraf neyron şəbəkələri ilə müqayisədə struktur üstünlükdür (Hu və b., 2023). Kalibrənmiş ehtimallar və yoxlanıla bilən yayılma yollarının birləşməsi metodu tənzimlənən sahələrdə risk əsaslı dəyişiklik idarəetməsi prosesləri üçün uyğunudur.

Nəticə

Bu məqalədə heterogen korporativ informasiya sistemlərində dəyişiklik təsirinin proqnozlaşdırılması üçün çoxqatlı qraf və ehtimallı yayılma modeli təklif olunmuşdur. Model kod, SQL, məlumat axınları, API-lər və hesabatları tipləşdirilmiş təpələr kimi təqdim edir və onları tipləşdirilmiş, ehtimallarla çəkiləndirilmiş tillər vasitəsilə birləşdirir; til ehtimalları struktur çatımlılıq, tarixə əsaslanan birgə dəyişiklik etibarlılığı, icra logu korrelyasiyası və til tipinə aid ilkin ehtimalların birləşdirilməsi ilə müəyyən edilir; dəyişiklik təsiri isə fərdiləşdirilmiş PageRank vasitəsilə proqnozlaşdırılır və nəticədə sıralanmış, kalibrənmiş və izah edilə bilən təsir qiymətləndirmələri əldə olunur.

İdarəolunan sintetik benchmark üzərində aparılmış empirik qiymətləndirmə göstərmişdir ki, təklif olunan metod bütün metriklər üzrə bütün baza modellərdən üstün nəticə verir; ən güclü tək mənbəli baza ilə müqayisədə MAP üzrə 27% və NDCG@10 üzrə 23% nisbi artım əldə edilmişdir. Qatların çıxarılması üzrə analiz göstərmişdir ki, məlumat qatı (SQL) koddan kənar ən informativ mənbədir; tarixə həssaslıq analizi isə metodun tarix məlumatı az olduqda belə sabit şəkildə

performansını saxladığını göstərmişdir, yalnız 10% tarixi məlumat ilə MAP göstəricisinin 92%-i qorunur. Çoxmənbəli signal birləşdirməsi, çoxqatlı integrasiya və izah edilə bilən yayılma yollarının kombinasiyası metodoloji baxımdan əsaslandırılmış, mövcud məlumat mənbəyi infrastrukturunu üzərində tətbiq oluna bilən və risk əsaslı dəyişiklik idarəetməsi üçün uyğun model yaradır.

Gələcək tədqiqatlar üçün üç istiqamət müəyyən edilir. Birincisi, real şəraitdə əldə olunan nəticələrin miqyasını qiymətləndirmək üçün TrainTicket, eShopOnContainers, jaffle-shop və Defects4J kimi açıq mənbəli sistemlər üzərində validasiya aparılmalıdır. İkincisi, qarışım çəkilişi β heuristik deyil, ayrılmış zaman pəncərəsi üzərində logistik reqressiya ilə öyrənilməlidir; bu yanaşmanın performansı artıracağı və müxtəlif sənaye kontekstlərində hansı signalaların üstünlük təşkil etdiyini göstərəcəyi gözlənilir. Üçüncüsü, yayılma alqoritmi heterogen qraf neyron şəbəkəsi embedding-lərinin keçid ehtimallarını parametrizə etdiyi neyron-Bayes hibrid modelə genişləndirilə bilər və bu, ehtimallı modellərin kalibrlənmə və izah oluna bilmə xüsusiyyətlərini müasir kod-qraf öyrənmə yanaşmalarının ifadə gücü ilə birləşdirir.

Korporativ sistemlərdə heterogenlik artdıqca təsviri lineage alətləri ilə proqnozlaşdırıcı təsir analizi arasındakı fərq daha da genişlənəcək və burada təklif olunan kimi yanaşmalar davamlı sistem inkişafı üçün zəruri infraqururəturə çevriləcəkdir. Vahid çoxqatlı və ehtimallı qraf çərçivəsi heterogenlik, uyğunluq və izlənilənliyin kəşifdiyi tənzimlənmə sahələrdə risk əsaslı dəyişiklik idarəetməsi üçün genişləndirilə bilən möhkəm əsas təqdim edir.

Ədəbiyyat

1. Allamanis, M., Brockschmidt, M., & Khademi, M. (2018). Learning to represent programs with graphs. In International Conference on Learning Representations (ICLR 2018). <https://arxiv.org/abs/1711.00740>
2. Bohner, S. A., & Arnold, R. S. (Eds.). (1996). Software change impact analysis. IEEE Computer Society Press.
3. Cai, H., & Santelices, R. (2015). A comprehensive study of the predictive accuracy of dynamic change-impact analysis. Journal of Systems and Software, 103, 248–265. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.02.018>
4. Cerny, T., Goulis, G., & Abdelfattah, A. S. (2025). Towards change impact analysis in microservices-based system evolution (arXiv:2501.11778) [Preprint]. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.11778>
5. Chakraborty, S., Krishna, R., Ding, Y., & Ray, B. (2022). Deep learning based vulnerability detection: Are we there yet? IEEE Transactions on Software Engineering, 48(9), 3280–3296. <https://doi.org/10.1109/TSE.2021.3087402>
6. Curino, C., Moon, H. J., Deutsch, A., & Zaniolo, C. (2013). Automating the database schema evolution process. The VLDB Journal, 22(1), 73–98. <https://doi.org/10.1007/s00778-012-0302-x>
7. Esparrachiar, S., Reilly, T., & Rentz, A. (2018). Tracking and controlling microservice dependencies. ACM Queue, 16(4), 44–65. <https://doi.org/10.1145/3277539.3277541>
8. Fenton, N. E., & Neil, M. (1999). A critique of software defect prediction models. IEEE Transactions on Software Engineering, 25(5), 675–689. <https://doi.org/10.1109/32.815326>
9. Glaser, P.-L., Ali, S. J., Sallinger, E., & Bork, D. (2022). Model-based construction of enterprise architecture knowledge graphs. In Enterprise Design, Operations, and Computing (EDOC 2022) (LNCS Vol. 13585, pp. 57–73). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17604-3_4
10. Guo, D., Ren, S., Lu, S., Feng, Z., Tang, D., Liu, S., Zhou, L., Duan, N., Svyatkovskiy, A., Fu, S., Tufano, M., Deng, S. K., Clement, C. B., Drain, D., Sundaresan, N., Yin, J., Jiang, D., & Zhou, M. (2021). GraphCodeBERT: Pre-training code representations with data flow. In 9th International Conference on Learning Representations (ICLR 2021).

- <https://arxiv.org/abs/2009.08366>
11. Herzig, K., & Zeller, A. (2013). The impact of tangled code changes. In 2013 10th Working Conference on Mining Software Repositories (MSR) (pp. 121–130). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MSR.2013.6624018>
 12. Horwitz, S., Reps, T., & Binkley, D. (1990). Interprocedural slicing using dependence graphs. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, 12(1), 26–60. <https://doi.org/10.1145/77606.77608>
 13. Hu, Y., Wang, S., Li, W., Peng, J., Wu, Y., Zou, D., & Jin, H. (2023). Interpreters for GNN-based vulnerability detection: Are we there yet? In *Proceedings of the 32nd ACM SIGSOFT International Symposium on Software Testing and Analysis (ISSTA 2023)* (pp. 1407–1419). ACM. <https://doi.org/10.1145/3597926.3598145>
 14. Law, J., & Rothermel, G. (2003). Whole program path-based dynamic impact analysis. In *Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering (ICSE 2003)* (pp. 308–318). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSE.2003.1201210>
 15. Lehnert, S. (2011). A taxonomy for software change impact analysis. In *Proceedings of the 12th International Workshop on Principles of Software Evolution (IWPSE-EVOL 2011)* (pp. 41–50). ACM. <https://doi.org/10.1145/2024445.2024454>
 16. Lelovic, L., Huzinga, A., Goulis, G., Kaur, A., Boone, R., Muzrapov, U., Abdelfattah, A. S., & Cerny, T. (2024). Change impact analysis in microservice systems: A systematic literature review. *Journal of Systems and Software*, 219, 112241. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2024.112241>
 17. Li, B., Sun, X., Leung, H., & Zhang, S. (2013). A survey of code-based change impact analysis techniques. *Software Testing, Verification and Reliability*, 23(8), 613–646. <https://doi.org/10.1002/stvr.1475>
 18. Maule, A., Emmerich, W., & Rosenblum, D. S. (2008). Impact analysis of database schema changes. In *Proceedings of the 30th International Conference on Software Engineering (ICSE 2008)* (pp. 451–460). ACM. <https://doi.org/10.1145/1368088.1368152>
 19. Mayer, B., & Weinreich, R. (2018). An approach to extract the architecture of microservice-based software systems. In *2018 IEEE Symposium on Service-Oriented System Engineering (SOSE)* (pp. 21–30). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SOSE.2018.00012>
 20. Mirarab, S., Hassouna, A., & Tahvildari, L. (2007). Using Bayesian belief networks to predict change propagation in software systems. In *15th IEEE International Conference on Program Comprehension (ICPC 2007)* (pp. 177–188). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICPC.2007.27>
 21. Orso, A., Apiwattanapong, T., & Harrold, M. J. (2003). Leveraging field data for impact analysis and regression testing. In *Proceedings of ESEC/FSE 2003* (pp. 128–137). ACM. <https://doi.org/10.1145/940071.940089>
 22. Pathik, B., & Sharma, M. (2022). Source code change analysis with deep learning based programming model. *Automated Software Engineering*, 29(1), Article 15. <https://doi.org/10.1007/s10515-021-00305-x>
 23. Ren, X., Shah, F., Tip, F., Ryder, B. G., & Chesley, O. (2004). Chianti: A tool for change impact analysis of Java programs. In *Proceedings of OOPSLA 2004* (pp. 432–448). ACM. <https://doi.org/10.1145/1028976.1029012>
 24. Rolfesnes, T., Di Alesio, S., Behjati, R., Moonen, L., & Binkley, D. W. (2016). Generalizing the analysis of evolutionary coupling for software change impact analysis. In *2016 IEEE 23rd International Conference on Software Analysis, Evolution, and Reengineering (SANER)* (Vol. 1, pp. 201–212). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SANER.2016.101>
 25. Tang, A., Nicholson, A., Jin, Y., & Han, J. (2007). Using Bayesian belief networks for change impact analysis in architecture design. *Journal of Systems and Software*, 80(1), 127–148.

<https://doi.org/10.1016/j.jss.2006.04.004>

26. Weiser, M. (1984). Program slicing. *IEEE Transactions on Software Engineering*, SE-10(4), 352–357. <https://doi.org/10.1109/TSE.1984.5010248>
27. Yamaguchi, F., Golde, N., Arp, D., & Rieck, K. (2014). Modeling and discovering vulnerabilities with code property graphs. In *2014 IEEE Symposium on Security and Privacy* (pp. 590–604). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SP.2014.44>
28. Ying, A. T. T., Murphy, G. C., Ng, R., & Chu-Carroll, M. C. (2004). Predicting source code changes by mining change history. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 30(9), 574–586. <https://doi.org/10.1109/TSE.2004.52>
29. Zhou, Y., Liu, S., Siow, J., Du, X., & Liu, Y. (2019). Devign: Effective vulnerability identification by learning comprehensive program semantics via graph neural networks. In *Advances in Neural Information Processing Systems 32 (NeurIPS 2019)* (pp. 10197–10207). <https://arxiv.org/abs/1909.03496>
30. Zimmermann, T., Weißgerber, P., Diehl, S., & Zeller, A. (2005). Mining version histories to guide software changes. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 31(6), 429–445. <https://doi.org/10.1109/TSE.2005.72>

DOI: <https://doi.org/10.36719/0872/03/90-94>**Elnur İbadov**

The University of Western Ontario

<https://orcid.org/0009-0004-1364-2165>

elnur.ibadov.aze@gmail.com

Süni intellektin kompüter elmlərində tətbiqi və əhəmiyyəti

Xülasə

Süni intellekt müasir dövrdə demək olar ki, bütün elm və fəaliyyət sahələrində tətbiq olunmaqdadır. Bildiyimiz kimi süni intellekt müasir kompüter elmlərinin ən dinamik və perspektivli istiqamətlərindən biridir. Bu texnologiya kompüter sistemlərinə insanabənzər düşünmə, öyrənmə və qərarvermə qabiliyyəti qazandıraraq müxtəlif sahələrdə geniş tətbiq imkanları yaradır. Maşın öyrənməsi, təbii dilin emalı və kompüter görməsi kimi alt sahələr süni intellektin əsas inkişaf istiqamətlərini təşkil edir. Süni intellekt səhiyyə, maliyyə, təhsil və sənaye kimi sahələrdə proseslərin avtomatlaşdırılmasına, effektivliyin artırılmasına və qərarvermənin optimallaşdırılmasına mühüm töhfə verir.

Bu aspektdən məqalədə yerli və xarici alimlərin əsərlərindən istifadə olunaraq ümumi təhlillər aparılmış, təklif və tövsiyələr qeyd edilmişdir.

Açar sözlər. Süni intellekt, kompüter elmləri, maşın öyrənməsi, böyük verilər, avtomatlaşdırma, təbii dilin emalı

Artificial Intelligence in Computer Science: Applications and Significance

Abstract

Artificial intelligence is being applied in almost all fields of science and human activity in the modern era. As is known, artificial intelligence is one of the most dynamic and promising areas of contemporary computer science. This technology provides computer systems with human-like capabilities such as thinking, learning, and decision-making, thereby creating wide-ranging application opportunities across various domains. Subfields such as machine learning, natural language processing, and computer vision constitute the main development directions of artificial intelligence.

Artificial intelligence makes a significant contribution to the automation of processes, improvement of efficiency, and optimization of decision-making in areas such as healthcare, finance, education, and industry.

In this regard, the article presents a general analysis based on the works of local and international scholars, and includes relevant suggestions and recommendations.

Keywords. Artificial intelligence, computer science, machine learning, big data, automation, natural language processing

Искусственный интеллект в компьютерных науках: применение и значение

Резюме

Искусственный интеллект в современную эпоху применяется практически во всех областях науки и человеческой деятельности. Как известно, искусственный интеллект является одним из наиболее динамичных и перспективных направлений современной компьютерной науки. Данная технология наделяет компьютерные системы человекоподобными способностями, такими как мышление, обучение и принятие решений, создавая широкие возможности для применения в различных сферах. Такие направления, как машинное

обучение, обработка естественного языка и компьютерное зрение, составляют основные векторы развития искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект вносит значительный вклад в автоматизацию процессов, повышение эффективности и оптимизацию принятия решений в таких областях, как здравоохранение, финансы, образование и промышленность.

В данной статье на основе работ отечественных и зарубежных учёных проведён общий анализ, а также представлены соответствующие предложения и рекомендации.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, компьютерные науки, машинное обучение, большие данные, автоматизация, обработка естественного языка

Giriş

Süni intellektin (SI) kompüter elmlərində tətbiqi müasir informasiya texnologiyalarının ən mühüm inkişaf istiqamətlərindən biridir. Bu sahə kompüter sistemlərinin insan düşünmə proseslərinə bənzər şəkildə öyrənməsi, qərar verməsi və problemləri həll etməsini təmin edən alqoritmlərin və modellərin hazırlanmasını əhatə edir. Süni intellekt (SI) müasir kompüter elmlərinin ən sürətlə inkişaf edən və ən təsirli istiqamətlərindən biri kimi çıxış edir. O, kompüter sistemlərinə insan kimi düşünmək, öyrənmək, analiz etmək və qərar vermək qabiliyyəti qazandıran texnologiyalar toplusudur. Son onilliklərdə süni intellektin inkişafı kompüter elmlərinin nəzəri və praktiki imkanlarını əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirmiş, bir çox sahələrdə fundamental dəyişikliklərə səbəb olmuşdur.

Süni intellektin kompüter elmlərində əsas tətbiq sahələrindən biri maşın öyrənməsidir (Machine Learning). Bu yanaşma kompüter sistemlərinin verilənlərdən öyrənərək avtomatik şəkildə nəticə çıxarmasına imkan verir. Xüsusilə böyük verilər (Big Data) ilə birgə istifadə olunduqda, sistemlər daha dəqiq proqnozlar verə və mürəkkəb problemləri həll edə bilir. Məsələn, maliyyə sektorunda risklərin qiymətləndirilməsi, səhiyyədə xəstəliklərin erkən diaqnostikası və e-ticarətdə müştəri davranışlarının analizi bu texnologiyanın real tətbiqləridir.

Əsas hissə

M. Jordan və T. Mitchell vurğulayırlar ki, maşın öyrənməsi müxtəlif sahələrdə geniş tətbiq olunaraq sistemlərin verilənlər əsasında öyrənməsinə və zamanla performansını artırmasına imkan yaradır [9]. A. Krizhevsky, I. Sutskever və G. Hinton qeyd edirlər ki, dərin neyron şəbəkələri böyük həcmli verilənlər üzərində yüksək dəqiqliklə təsvirlərin tanınmasını təmin edir və bu sahədə inqilabi nəticələr əldə olunmuşdur [10]. Süni intellekt ilkin nəzəri konsepsiyalardan inkişaf edərək müasir dövrdə praktiki və geniş tətbiq olunan texnoloji sahəyə çevrilmişdir.

Məqalədə tədqiq edilən mühüm istiqamət təbii dilin emalıdır (Natural Language Processing – NLP). Bu texnologiya kompüterlərin insan dilini anlamasına və emal etməsinə imkan yaradır. Chatbotlar, virtual köməkçilər və avtomatik tərcümə sistemləri bu sahənin məhsuludur. Bu tətbiqlər həm istifadəçi təcrübəsini yaxşılaşdırır, həm də informasiya mübadiləsini daha sürətli və effektiv edir.

Cədvəl 1. Süni intellektin kompüter elmlərində tətbiqinin əhəmiyyəti

Tətbiq sahəsi	Qısa izah	Əsas texnologiyalar	Əhəmiyyəti
Maşın öyrənməsi	Sistemlərin verilənlərdən öyrənərək qərar verməsi	Supervised/unsupervised learning, neural networks	Proqnozlaşdırma və analizdə yüksək dəqiqlik
Təbii dilin emalı (NLP)	İnsan dilinin kompüter tərəfindən anlaşılması	Chatbotlar, dil modelləri, tərcümə sistemləri	Kommunikasiya və informasiya mübadiləsini asanlaşdırır
Kompüter görməsi	Şəkil və videoların analizi	Image recognition, face detection	Təhlükəsizlik və tibbdə geniş istifadə olunur

Robototexnika	Fiziki robotların intellektual idarəsi	Sensorlar, Sİ alqoritmləri	Sənaye və xidmət sektorunda avtomatlaşdırma
Böyük verilərin analizi	Böyük həcmli məlumatların emalı	Data mining, deep learning	Strateji qərarların qəbulunu optimallaşdırır
Kibertəhlükəsizlik	Təhlükələrin aşkarlanması və qarşısının alınması	Anomaliya aşkarlanması, Sİ monitoring	Sistemlərin təhlükəsizliyini artırır

Yuxarıdakı cədvəlin təhlili zamanı onu qeyd etməliyik ki, süni intellektin kompüter elmlərində tətbiqi və əhəmiyyəti müasir texnologiyanın müxtəlif istiqamətlərində geniş və kompleks şəkildə özünü göstərir. Bu sahənin əsas tətbiq istiqamətlərindən biri maşın öyrənməsidir. Maşın öyrənməsi sistemlərin böyük həcmli verilənlərdən öyrənərək avtomatik şəkildə qərar qəbul etməsinə imkan yaradır. Bu texnologiya xüsusilə proqnozlaşdırma, məlumatların analizi və nümunələrin aşkar edilməsi proseslərində yüksək effektivlik təmin edir və süni intellektin əsas dayaq sütunlarından biri hesab olunur.

Digər mühüm istiqamət təbii dilin emalıdır. Bu texnologiya kompüterlərin insan dilini anlaması və emal etməsi ilə bağlıdır. Chatbotlar, avtomatik tərcümə sistemləri və səs köməkçiləri bu sahənin praktiki nəticələridir. Təbii dilin emalı informasiya mübadiləsini daha sürətli və əlçatan edir, həmçinin insan-kompüter qarşılıqlı əlaqəsini asanlaşdırır.

Kompüter görməsi sahəsi süni intellektin vizual məlumatlarla işləmə imkanlarını genişləndirir. Şəkillərin və videoların analizi vasitəsilə üz tanıma sistemləri, təhlükəsizlik kameraları və tibbi görüntü analizləri həyata keçirilir. Bu texnologiya xüsusilə səhiyyə və təhlükəsizlik sahələrində yüksək əhəmiyyət daşıyır, çünki daha dəqiq və sürətli diaqnostika və nəzarət imkanı yaradır.

Ekspert sistemlər insan mütəxəssislərin qərarvermə prosesini modelləşdirən süni intellekt sistemləridir. Bu sistemlər qaydalar bazasına əsaslanaraq müəyyən sahələrdə avtomatlaşdırılmış qərarlar qəbul edir. Onlar xüsusilə tibb, hüquq və sənaye sahələrində istifadə olunur və insan əməyini tamamlayıcı rol oynayır.

Robototexnika sahəsində süni intellekt fiziki sistemlərin idarə olunmasında tətbiq edilir. Sensorlar və alqoritmlər vasitəsilə robotlar ətraf mühiti analiz edir və müvafiq hərəkətlər yerinə yetirir. Bu, sənaye istehsalında avtomatlaşdırmanı artırır və əməliyyat səmərəliliyini yüksəldir.

Məqaləni mənbəşünaslıq aspektindən tədqiq etsək qeyd edə bilərik ki, Abbasov Ə. və Məmmədov Z. qeyd edirlər ki, süni intellekt müasir dövrdə həm elmi tədqiqatların aparılmasında, həm də təhsil sistemində innovativ yanaşmaların tətbiqinə geniş imkanlar yaradır, eyni zamanda etik məsələlər və gələcək perspektivlər baxımından yeni çağırışlar formalaşdırır [1] Rüstəmov R. vurğulayır ki, müasir dünyada elmi-texniki inkişafın əsas xüsusiyyətlərindən biri informasiya təminatının güclənməsi və süni intellekt texnologiyalarının bu prosesə inteqrasiyasıdır ki, bu da bilik iqtisadiyyatının formalaşmasına təsir göstərir [2].

Mənbədə [3] qeyd olunur ki, süni intellekt insan zəkasını təqlid edən sistemlərin yaradılmasını əhatə edir və bu sistemlər öyrənmə, məntiqi nəticə çıxarma və qərarvermə kimi funksiyaları yerinə yetirə bilər. Məqalədə bildirilir ki, süni intellekt texnologiyalarının inkişafı yaxın gələcəkdə iqtisadiyyatın rəqəmsallaşmasını sürətləndirəcək və sosial sahələrdə keyfiyyət dəyişikliklərinə səbəb olacaqdır [4].

İsmayılova N. qeyd edir ki, təhsil sahəsində süni intellektin tətbiqi fərdiləşdirilmiş öyrənmə mühitinin yaradılmasına, tələbələrin bilik səviyyəsinin dəqiq qiymətləndirilməsinə və tədris prosesinin optimallaşdırılmasına şərait yaradır [5].

Aşağıdakı şəkildə süni intellekt əsaslı robot sistem ilə insan arasında qarşılıqlı əməkdaşlıq və etibarlı interaksiya prosesi təsvir olunur. Vizual səhnə müasir rəqəmsal transformasiya kontekstində insan–maşın inteqrasiyasının inkişaf səviyyəsini əks etdirir.



Şəkil 1. Süni intellekt və insan əməyi

Görüntünün sol hissəsində insanabənzər robot təqdim olunur. Robotun dizaynı yüksək texnoloji mühəndislik prinsiplərinə əsaslanaraq hazırlanmışdır və onun sensor sistemləri, neyron şəbəkə əsaslı idarəetmə mexanizmləri və məlumat emalı qabiliyyətinə malik olduğu müşahidə edilir. Robotun daxili strukturunda rəqəmsal interfeyslər və məlumat axınını simvolizə edən qrafik elementlər onun süni intellektlə təchiz olunduğunu göstərir.

Şəkilin sağ hissəsində isə insan istifadəçi (peşəkar mühitdə fəaliyyət göstərən mütəxəssis) təsvir olunmuşdur. İnsan və robot arasında əl sıxma hərəkəti həyata keçirilir ki, bu da insan–maşın əməkdaşlığının rəmzi kimi çıxış edir. Bu interaksiya süni intellekt sistemlərinin insan fəaliyyətini tamamlama və dəstəkləmə funksiyasını nümayiş etdirir. Arxa fonda görünən rəqəmsal interfeys elementləri, qrafik ikonlar və məlumat axını vizualizasiyaları “ağıllı sistemlər”, “data analitikası” və “rəqəmsal ekosistem” anlayışlarını simvolizə edir. Bu elementlər süni intellektin müxtəlif sahələrdə – idarəetmə, kommunikasiya, məlumat emalı və qərarvermə proseslərində tətbiq olunduğunu göstərir.

Şəkilin elmi mahiyyəti süni intellektin (Sİ) insan fəaliyyəti ilə inteqrasiyası və insan–maşın əməkdaşlığı (human–AI collaboration) konsepsiyasını əks etdirir. Vizual olaraq təqdim olunan səhnə kompüter elmlərində müasir inkişaf istiqamətlərindən biri olan intellektual sistemlərin real mühitdə tətbiqini göstərir.

Böyük verilərin analizi süni intellektin ən mühüm tətbiq sahələrindən biridir. Böyük həcmli məlumatların emalı və analizi nəticəsində daha dəqiq qərarlar qəbul edilir və strateji planlaşdırma təkmilləşdirilir. Bu texnologiya biznes, maliyyə və dövlət idarəetməsi sahələrində geniş istifadə olunur.

Kibertəhlükəsizlik sahəsində süni intellekt sistemləri şübhəli fəaliyyətləri aşkar etmək və kiberhücumların qarşısını almaq üçün istifadə olunur. Bu yanaşma informasiya sistemlərinin təhlükəsizliyini artırır və real vaxt rejimində risklərin idarə olunmasına imkan verir.

Tədqiqatçı Kərimova S. vurğulayır ki, süni intellektin inkişafı əsasən maşın öyrənməsi və dərin öyrənmə kimi istiqamətlər üzərində qurulmuşdur və bu texnologiyalar mürəkkəb verilənlərin emalı və analizində mühüm rol oynayır [6].

Ağayev R. qeyd edir ki, Azərbaycanda süni intellekt ekosisteminin formalaşması milli strategiyaların hazırlanması, iqtisadi transformasiya və informasiya təhlükəsizliyinin təmin olunması baxımından xüsusi əhəmiyyət kəsb edir [7].

S. Russell və P. Norvig qeyd edirlər ki, süni intellekt insan intellektinə xas olan tapşırıqları yerinə yetirə bilən sistemlərin yaradılmasına yönəlmiş elmi sahədir və bu sahə kompüter elmlərinin əsas istiqamətlərindən biridir [8].

Nəticə

Süni intellekt müasir kompüter elmlərinin ən dinamik və perspektivli istiqamətlərindən biri kimi çıxış edir. Aparılan təhlillər göstərir ki, süni intellekt texnologiyaları-xüsusilə maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə, təbii dilin emalı və kompüter görməsi-informasiya sistemlərinin imkanlarını əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirmişdir. Bu texnologiyalar böyük verilənlərin emalını sürətləndirir, mürəkkəb problemlərin həllini asanlaşdırır və qərarvermə proseslərinin daha dəqiq aparılmasına şərait yaradır.

Eyni zamanda, süni intellekt kompüter elmlərində avtomatlaşdırma səviyyəsini yüksəldərək insan əməyinin yükünü azaldır və sistemlərin daha səmərəli işləməsini təmin edir. Kiber təhlükəsizlik, tibbi diaqnostika, təhsil və sənaye kimi sahələrdə tətbiqi onun multidissiplinar əhəmiyyətini bir daha sübut edir.

Əminik ki, bu istiqamətdə yazdığımız məqalə gələcəkdə ixtisas mütəxəssisləri və müstəqil tədqiqatçılar üçün əsas informasiya mənbəyi olaraq onların informasiyaya olan tələbatının ödənilməsində mühüm rola malik olacaqdır.

Ədəbiyyat

1. Abbasov, Ə., Məmmədov, Z. Süni intellektin elmdə və təhsildə rolu: çağırışlar, yeni imkanlar, etik məsələlər və gələcək perspektivlər. *İpək Yolu*, (3),-2025.11–24.
2. Rüstəmov, R. Müasir dünyada elmi-texniki inkişaf tendensiyaları: informasiya təminatı və süni intellekt.-*Elmi İş: Beynəlxalq Elmi Jurnal*,-2025.19(4),-s.306–311.
3. https://az.wikipedia.org/wiki/S%C3%BCni_intellekt
4. https://azertag.az/xeber/suni_intellektli_geleceye_baxis_meqale-4020315
5. İsmayılova, N. “Təhsildə süni intellektin rolu” // *Elmi məqalə*. – 2025. – URL:https://www.researchgate.net/publication/392082013_THSILD_SUNI_INTELLEKTIN_R OLU
6. Kərimova, S. “Süni intellektin inkişafı: maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə və neyron şəbəkələr” // *Elmi məqalə*. – 2024. – URL: <https://ojs.publisher.agency/index.php/WSR/article/view/4829>
7. Ağayev, R. “Azərbaycan Respublikasında süni intellekt ekosisteminin formalaşması: milli strategiya, iqtisadi transformasiya və təhlükəsizlik paradıqmaları” // *Elmi məqalə*. – 2025. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/400716965>
8. Russell S., Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. – 4th ed. – Pearson Education, 2021.
9. Jordan M. I., Mitchell T. M. Machine learning: Trends, perspectives, and prospects // *Science*. – 2015. – Vol. 349(6245). – pp. 255–260.
10. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks // *Communications of the ACM*. – 2017. – Vol. 60(6). – pp. 84–90.
11. Nilsson N. J. *The Quest for Artificial Intelligence*. – Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
12. Рассел, С., Норvig, П. Искусственный интеллект: современный подход. – М.: Вильямс, 2021.

DOI: <https://doi.org/10.36719/0872/03/95-99>**Vüsal Həsənlı**

Gəncə Dövlət Universiteti

Magistrant

<https://orcid.org/0009-0000-7343-6348>

vusalhasanli25@gmail.com

Fizika dərslərində maraq və motivasiyanın inkişaf etdirilməsində interaktiv təlim metodları

Xülasə

Müasir ümumtəhsil məktəblərində fizika fənninin tədrisi yalnız nəzəri biliklərin şagirdlərə çatdırılması ilə məhdudlaşmamalı, onların fənnə marağının, idraki fəallığının və öyrənmə motivasiyasının inkişafına xidmət etməlidir. Fizika təbiət hadisələrinin qanunauyğunluqlarını izah edən fundamental elm sahəsi olduğuna görə onun səmərəli tədrisi şagirdlərin dünyagörüşünün formalaşmasında, məntiqi və yaradıcı təfəkkürünün inkişafında mühüm rol oynayır. Lakin bəzi hallarda fizika fənni şagirdlər tərəfindən çətin, riyazi hesablamalarla yüklənmiş və gündəlik həyatla əlaqəsi zəif görünən fənn kimi qəbul edilir. Bu vəziyyət fizika dərslərində yeni yanaşmaların, xüsusilə interaktiv təlim metodlarının tətbiqini zəruri edir. Məqalədə fizika dərslərində maraq və motivasiyanın artırılmasında interaktiv təlim metodlarının rolu araşdırılmışdır. Beyin həmləsi, problem əsaslı təlim, qrup işi, layihə metodu, debat, rollu oyunlar, təcrübə və müşahidəyə əsaslanan tapşırıqlar, rəqəmsal resurslardan istifadə kimi metodların fizika təlimində tətbiq imkanları təhlil edilmişdir. Göstərilir ki, interaktiv metodlar şagirdi dərslərin passiv dinləyicisi deyil, fəal iştirakçısına çevirir, onun sual vermək, araşdırmaq, nəticə çıxarmaq və bilikləri praktik vəziyyətlərdə tətbiq etmək bacarıqlarını inkişaf etdirir. Nəticə etibarilə, fizika dərslərində interaktiv təlim metodlarından məqsədyönlü istifadə şagirdlərin fənnə marağını gücləndirir, motivasiyasını artırır və təlim nəticələrinin keyfiyyətinə müsbət təsir göstərir.

Açar sözlər: fizika təlimi, interaktiv metodlar, motivasiya, maraq, şagird fəallığı, problem əsaslı təlim, laborator təcrübə

Интерактивные методы обучения в развитии интереса и мотивации на уроках физики

Резюме

В современной школе преподавание физики должно быть направлено не только на передачу теоретических знаний, но и на развитие познавательного интереса, учебной мотивации и практических умений учащихся. Физика как фундаментальная наука играет важную роль в формировании научного мировоззрения, логического мышления и исследовательских навыков школьников. Однако в ряде случаев учащиеся воспринимают физику как сложный и абстрактный предмет. Поэтому применение интерактивных методов обучения является одним из эффективных путей повышения интереса к данному предмету. В статье рассматривается роль интерактивных методов обучения в развитии интереса и мотивации учащихся на уроках физики. Анализируются возможности применения таких методов, как мозговой штурм, групповая работа, проблемное обучение, проектный метод, дискуссии, экспериментальные задания и использование цифровых ресурсов. Отмечается, что интерактивные методы активизируют познавательную деятельность учащихся, способствуют развитию самостоятельности, исследовательского мышления и практического применения знаний.

Ключевые слова: обучение физике, интерактивные методы, мотивация, интерес, активность учащихся, проблемное обучение, эксперимент

Interactive Teaching Methods in Developing Interest and Motivation in Physics Lessons

Abstract

In modern secondary education, physics teaching should not be limited only to the transmission of theoretical knowledge. It should also develop students' interest, learning motivation, cognitive activity and practical skills. Physics, as a fundamental science, plays an important role in the formation of scientific worldview, logical thinking and research abilities. However, many students sometimes perceive physics as a difficult and abstract subject. Therefore, the use of interactive teaching methods is one of the effective ways to increase students' interest in physics.

The article examines the role of interactive teaching methods in developing interest and motivation in physics lessons. The use of brainstorming, group work, problem-based learning, project method, discussions, role-playing, experimental tasks and digital resources is analyzed. It is emphasized that interactive methods turn students from passive listeners into active participants of the learning process. These methods help students ask questions, investigate, compare, draw conclusions and apply knowledge in practical situations.

Keywords: *physics education, interactive methods, motivation, interest, student activity, problem-based learning, experiment*

Giriş

Müasir dövrdə təhsilin qarşısında duran əsas vəzifələrdən biri şagirdlərdə yalnız bilik formalaşdırmaq deyil, həm də onların öyrənməyə marağını, müstəqil düşünmə qabiliyyətini və praktik fəaliyyət bacarıqlarını inkişaf etdirməkdir. Bu baxımdan fizika fənninin tədrisi xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Çünki fizika təbiətdə baş verən hadisələrin səbəb və nəticə əlaqələrini izah edir, şagirdlərdə elmi dünyagörüş, məntiqi təfəkkür, müşahidəçilik və araşdırma bacarıqları formalaşdırır. Fizika fənni gündəlik həyatla sıx bağlıdır. Işığın yayılması, səsə yaranması, elektrik enerjisinin istifadəsi, istilik mübadiləsi, nəqliyyat vasitələrinin hərəkəti, məişət texnikasının işləmə prinsipi, rabitə sistemləri, tibbi cihazlar və kosmik tədqiqatlar fiziki qanunlarla izah olunur. Buna baxmayaraq, məktəb təcrübəsində bəzən şagirdlər fizikanı çətin və mürəkkəb fənn kimi qəbul edirlər. Bunun əsas səbəblərindən biri dərslərin daha çox nəzəri izah və düsturlar üzərində qurulması, şagirdlərin aktiv fəaliyyətə kifayət qədər cəlb edilməməsi və fənnin həyatla əlaqəsinin zəif göstərilməsidir. Bu problemin aradan qaldırılmasında interaktiv təlim metodları mühüm rol oynayır [1]. İnteraktiv təlim şagirdin dərstdə fəal iştirakını, müəllim və şagird arasında qarşılıqlı əməkdaşlığı, sual-cavab, müzakirə, təcrübə, qrup işi və problem həlli kimi fəaliyyətləri nəzərdə tutur. Bu yanaşmada müəllim yalnız bilik verən deyil, həm də istiqamətləndirici, təşkilatçı və motivasiya yaradan şəxs kimi çıxış edir. Şagird isə hazır məlumatı qəbul edən passiv dinləyici deyil, araşdırıcı, düşünən, nəticə çıxaran və öz fikrini əsaslandıran fəal iştirakçıya çevrilir. Fizika dərslərində interaktiv metodların tətbiqi şagirdlərin fənnə marağını artırmaq üçün geniş imkanlar yaradır. Məsələn, “Niyə ildırım zamanı səs işıqdan gec eşidilir?”, “Nə üçün qışda metal əşya taxtadan daha soyuq hiss olunur?”, “Niyə avtomobil qəfil əyləcləndikdə sənişin irəliyə doğru hərəkət edir?” kimi suallar şagirdlərdə maraq yaradır və onları düşünməyə sövq edir. Belə suallar dərslərin əvvəlində problem situasiyası kimi təqdim edildikdə şagirdlər mövzunu daha həvəslə öyrənirlər. Məqalənin əsas məqsədi fizika dərslərində maraq və motivasiyanın inkişaf etdirilməsində interaktiv təlim metodlarının əhəmiyyətini araşdırmaq, bu metodların tətbiq imkanlarını göstərmək və onların təlim prosesinə təsirini təhlil etməkdir [2].

Materiallar və metodlar

Tədqiqatın metodoloji əsasını interaktiv təlim, fəal öyrənmə, problem əsaslı təlim, təcrübəyə əsaslanan öyrənmə və şagirdyönümlü tədris yanaşmaları təşkil edir. Mövzunun araşdırılması zamanı pedaqoji ədəbiyyatların təhlili, müqayisə, müşahidə, ümumiləşdirmə və fizika dərslərində istifadə edilə biləcək interaktiv metodların təsnifatı əsas götürülmüşdür.

Cədvəl 1. Fizika dərslərində maraq və motivasiyanın inkişaf etdirilməsi

İnteraktiv metod	Fizika dərslərində tətbiq forması	Gözlənilən nəticə
Beyin həmləsi	Mövzu ilə bağlı düşündürücü sualların verilməsi	Şagirdlərin ilkin bilikləri və marağı üzə çıxır
Problem əsaslı təlim	Real həyat hadisəsinin fiziki izahının axtarılması	Məntiqi düşünmə və araşdırma bacarığı inkişaf edir
Qrup işi	Laborator tapşırıqların kiçik qruplarda yerinə yetirilməsi	Əməkdaşlıq və qarşılıqlı öyrənmə güclənir
Layihə metodu	Fiziki hadisəyə dair kiçik tədqiqat və təqdimat hazırlanması	Yaradıcılıq və müstəqil fəaliyyət artır
Debat və müzakirə	Müxtəlif fikirlərin əsaslandırılması	Tənqidi düşüncə və nitq bacarığı inkişaf edir
Rollu oyun	Fiziki proseslərin obrazlı canlandırılması	Mövzu daha maraqlı və yaddaqalan olur
Rəqəmsal resurslar	Simulyasiya, video və virtual laboratoriyalardan istifadə	Abstrakt anlayışlar daha aydın mənimsənilir

Fizika dərslərində interaktiv metodların tətbiqi zamanı dərslərin quruluşu da dəyişir. Ənənəvi dərslərdə əsas diqqət müəllimin izahına yönəldiyi halda, interaktiv dərslərdə şagird fəaliyyəti ön plana çıxır. Belə dərslərdə motivasiya mərhələsi xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Müəllim mövzuya uyğun maraqlı sual, gündəlik həyatdan nümunə, qısa təcrübə və ya problem situasiyası təqdim edir. Bu mərhələ şagirdlərdə “nə üçün?”, “necə?”, “hansı səbəbdən?” kimi suallar yaradır. Məsələn, “Sürtünmə qüvvəsi” mövzusunda dərslə belə bir sualla başlamaq olar: “Nə üçün buzlu yolda avtomobilin dayanması daha çətin olur?” Bu sual şagirdlərin gündəlik müşahidələri ilə bağlı olduğu üçün onların dərslə marağını artırır. Daha sonra qrup işi təşkil edilir, şagirdlər müxtəlif səthlər üzərində cismin hərəkətini müşahidə edir, nəticələri müqayisə edir və sürtünmə qüvvəsinin səthin növündən asılılığını müəyyənləşdirirlər.

İnteraktiv metodların səmərəli tətbiqi üçün müəllim aşağıdakı prinsiplərə əməl etməlidir [3]:

- dərsləri şagirdin yaş səviyyəsinə və bilik imkanlarına uyğun qurmaq;
- mövzunu gündəlik həyat nümunələri ilə əlaqələndirmək;
- şagirdləri sual verməyə və fikir bildirməyə həvəsləndirmək;
- təcrübə və müşahidələrə geniş yer vermək;
- qrup və cütlərlə iş formalarından istifadə etmək;
- nəticələrin müzakirəsinə və əsaslandırılmasına şərait yaratmaq;
- rəqəmsal resurslardan məqsədyönlü istifadə etmək.

Bu prinsiplər fizika dərslərinin daha canlı, maraqlı və şagirdyönümlü təşkilinə kömək edir.

Nəticələr

Araşdırma göstərir ki, fizika dərslərində interaktiv təlim metodlarının tətbiqi şagirdlərin maraq və motivasiyasının artırılmasına ciddi təsir göstərir. Ənənəvi izah üsulu ilə keçirilən dərslərdə şagirdlər çox vaxt məlumatı passiv şəkildə qəbul edir, mövzunu yalnız yadda saxlamağa çalışırlar. İnteraktiv dərslərdə isə şagirdlər təlim prosesinin iştirakçısına çevrilir, sual verir, təcrübə aparır, müşahidə edir, nəticə çıxarır və öz fikrini əsaslandırır [4]. Fizika fənninə marağın artırılmasında ən təsirli vasitələrdən biri təcrübə və müşahidələrdir. Şagird fiziki hadisəni yalnız dərslərdə oxuduqda onu abstrakt şəkildə qəbul edir. Lakin həmin hadisəni laboratoriyada, sadə təcrübədə və ya virtual simulyasiyada gördükdə mövzu daha aydın və maraqlı olur. Məsələn, elektrik dövrəsinin qurulması, maqnit sahəsinin müşahidəsi, linzalarla işığın sınılmasının göstərilməsi, mayelərdə təzyiqin öyrənilməsi kimi təcrübələr şagirdlərin fənnə marağını artırır. İnteraktiv metodlar şagirdlərin motivasiyasına bir neçə istiqamətdə təsir edir [5]. Birincisi, bu metodlar dərsləri daha maraqlı və dinamik edir. İkincisi, şagirdlər öz fikirlərini bildirmək və müzakirədə iştirak etmək imkanı əldə

edirlər. Üçüncüsü, qrup işi və layihələr şagirdlərdə məsuliyyət və əməkdaşlıq hissini gücləndirir. Dördüncüsü, real həyatla bağlı tapşırıqlar fizikanın praktik əhəmiyyətini göstərir.

Müzakirə

Fizika dərslərində maraq və motivasiyanın formalaşdırılması müəllimin dərsi necə təşkil etməsindən birbaşa asılıdır. Əgər dərslər yalnız müəllimin izahı və şagirdlərin qeydlər aparması ilə məhdudlaşarsa, bu zaman şagirdlərin fəallığı zəifləyir. Lakin dərslər sual, müzakirə, təcrübə, araşdırma və problem həlli əsasında qurulduqda şagirdlər mövzuya daha maraqla yanaşırlar. İnteraktiv təlim metodları fizika dərslərində bir neçə mühüm pedaqoji funksiyaları yerinə yetirir. Əvvəla, bu metodlar şagirdlərin diqqətini dərslərə cəlb edir [6]. İkincisi, şagirdlərdə öyrənməyə daxili ehtiyac yaradır. Üçüncüsü, biliklərin praktik tətbiqini təmin edir. Dördüncüsü, şagirdlərdə özünəinam və müstəqil düşünmə bacarığını inkişaf etdirir. Məsələn, “Elektrik enerjisindən istifadə və təhlükəsizlik” mövzusunda müəllim dərsləri sadəcə nəzəri izahla deyil, problem situasiyası ilə başlaya bilər: “Nə üçün yaş əllə elektrik açarına toxunmaq təhlükəlidir?” Bu sual şagirdlərdə həm maraq, həm də həyatı təhlükəsizlik baxımından məsuliyyət yaradır [7]. Daha sonra müəllim elektrik keçiriciliyi, insan bədəninin müqaviməti, suyun elektrik cərəyanını keçirməsi kimi anlayışları izah edir və mövzu real həyatla əlaqələndirilir. Problem əsaslı təlim fizika dərslərində xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Bu metod şagirdlərə hazır cavab vermək əvəzinə onları cavabı axtarmağa istiqamətləndirir. Məsələn, “Nə üçün kosmosda səs yayılır?” sualı şagirdləri səs dalğalarının yayılması üçün maddi mühitin lazım olduğunu araşdırmağa sövq edir. Belə yanaşma şagirdlərin məntiqi düşünməsini və səbəb-nəticə əlaqələrini müəyyənləşdirmə bacarığını inkişaf etdirir. Qrup işi də fizika dərslərində motivasiyanın artırılmasında mühüm rol oynayır. Qrup işi zamanı şagirdlər bir-biri ilə fikir mübadiləsi aparır, tapşırığı birlikdə həll edir və nəticəni təqdim edirlər. Bu zaman zəif şagirdlər daha fəal şagirdlərdən öyrənir, güclü şagirdlər isə biliklərini izah etməklə daha da möhkəmləndirirlər [8].

Layihə metodu fizika fənninin həyatla əlaqəsini göstərmək baxımından olduqca faydalıdır. Şagirdlər “Ev şəraitində enerji qənaəti”, “Günəş enerjisindən istifadə”, “Sadə elektrik dövrəsinin hazırlanması”, “Məişət cihazlarının fiziki iş prinsipi”, “Səs-küyün insan sağlamlığına təsiri” kimi mövzularda layihələr hazırlaya bilərlər. Bu cür tapşırıqlar şagirdlərə fizikanın gündəlik həyatdakı rolunu daha yaxşı anlamağa kömək edir. Rəqəmsal texnologiyalardan istifadə də fizika dərslərində motivasiyanı artıran mühüm vasitədir [9]. Virtual laboratoriyalar, simulyasiyalar, animasiyalar və videodərslər fiziki hadisələrin daha əyani şəkildə başa düşülməsinə şərait yaradır. Xüsusilə atom quruluşu, elektromaqnit dalğaları, işıqın sınması, elektrik sahəsi kimi gözlə görünməyən və abstrakt anlayışların izahında rəqəmsal resurslar böyük əhəmiyyət daşıyır. Bununla yanaşı, interaktiv metodların tətbiqində müəyyən çətinliklər də mövcuddur. Bəzi müəllimlər dərslərin vaxtının məhdudluğu səbəbindən interaktiv metodlara kifayət qədər yer ayıra bilmirlər. Bəzi məktəblərdə laborator avadanlıqlar və rəqəmsal resurslar məhdud olur. Bəzən isə şagirdlər ilk mərhələdə aktiv iştirak etməyə çətinlik çəkirlər [10]. Bu çətinlikləri aradan qaldırmaq üçün müəllim dərsləri əvvəlcədən düzgün planlaşdırmalı, sadə və əlçatan təcrübələrdən istifadə etməli, şagirdləri mərhələli şəkildə aktiv fəaliyyətə cəlb etməlidir.

Nəticə

Fizika dərslərində maraq və motivasiyanın inkişaf etdirilməsi təlim prosesinin keyfiyyətini yüksəldən mühüm amillərdən biridir. Şagirdlərin fizika fənninə maraq göstərməsi üçün dərslər yalnız nəzəri izah və düsturlar üzərində qurulmamalı, gündəlik həyatla əlaqələndirilməli, təcrübə, müşahidə, müzakirə və araşdırma fəaliyyəti ilə zənginləşdirilməlidir. İnteraktiv təlim metodları fizika dərslərində şagird fəallığını artırır, onların düşünmə, araşdırma, nəticə çıxarma və bilikləri tətbiq etmə bacarıqlarını inkişaf etdirir [11]. Beyin həmləsi, problem əsaslı təlim, qrup işi, layihə metodu, debat, rollu oyunlar, laborator təcrübələr və rəqəmsal resurslardan istifadə fizika dərslərini daha maraqlı və səmərəli edir. Məqalədə aparılan təhlil göstərir ki, interaktiv metodlardan istifadə edən müəllim şagirdlərdə yalnız fiziki biliklər deyil, həm də tədqiqatçılıq, yaradıcılıq, əməkdaşlıq, kommunikasiya və praktik düşünmə bacarıqları formalaşdırır. Bu isə müasir təhsilin əsas məqsədlərinə uyğun gəlir. Nəticə olaraq qeyd etmək olar ki, fizika dərslərində maraq və motivasiyanın inkişaf etdirilməsi üçün

interaktiv təlim metodlarından sistemli və məqsədyönlü istifadə olunmalıdır. Müəllim dərslərin məzmununu real həyat nümunələri, sadə təcrübələr, problemli suallar və şagirdlərin aktiv fəaliyyətini təmin edən tapşırıqlarla zənginləşdirdikdə fizika fənni şagirdlər üçün daha anlaşıqlı, maraqlı və faydalı olur [12].

Ədəbiyyat

1. Abbasov, A. N. Pedagogika. Bakı: Mütərcim, 2013.
2. Ağayev, Ə. Ə. Təlim prosesi: ənənə və müasirlik. Bakı: Adiloğlu, 2006.
3. Əlizadə, Ə. Ə. Müasir Azərbaycan məktəbinin psixoloji problemləri. Bakı: Pedagogika, 2004.
4. Həsənov, A. M., Ağayev, Ə. Ə. Pedagogika. Bakı: Nasir, 2007.
5. Mehrabov, A. O. Müasir təhsilin konseptual problemləri. Bakı: Mütərcim, 2010.
6. Qasimov, Ə. Fizikanın tədrisi metodikası. Bakı: Maarif, 2015.
7. Əliyev, R. Fənlərarası əlaqələrin təlim prosesində rolu. Bakı: Elm və Təhsil, 2018.
8. Veysova, Z. Fəal/interaktiv təlim: müəllimlər üçün vəsait. Bakı, 2007.
9. Dewey, J. Experience and Education. New York: Macmillan, 1938.
10. Kolb, D. A. Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development. New Jersey: Prentice Hall, 1984.
11. Hake, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal of Physics, 1998, 66(1), 64–74.
12. UNESCO. Teaching and Learning: Achieving Quality for All. Paris: UNESCO Publishing, 2014.

Ravan Asadov

Baku Higher Oil School

Master student

<https://orcid.org/0009-0003-6513-2864>

ravan.asadov.std@bhos.edu.az

Choosing Between SHAP and LIME for Network Intrusion Detection: A Practical Comparison

Abstract

Security teams that build machine learning detectors face the same question over and over: when the model raises an alarm, how do we explain it to the analyst? Two tools dominate this space today, and they pull in different directions. SHAP gives you mathematically clean attributions but is slow. LIME is fast and easy to plug in, but its outputs jitter from one run to the next. This work compares them on three things that actually matter when you ship a detector: response time, output stability, and the workload they put on a human reviewer. I read four widely-cited evaluations and pulled out their numbers. SHAP wins on stability and theoretical guarantees. LIME wins on speed by a factor of roughly five to ten, depending on input size. Neither is a perfect choice. The right answer depends on whether your team needs forensic-grade explanations or fast triage signals. The closing section gives a short checklist for picking between them.

Keywords: SHAP, LIME, intrusion detection, model explanation, runtime cost, security analyst workflow

Introduction

1. The Problem We Keep Running Into

Picture an analyst on a Tuesday afternoon. Her dashboard pings. The model says one of the company's web servers is being attacked. She has thirty seconds to decide what to do, and the only thing the system tells her is a probability score: 0.87. Why 0.87? Which feature triggered it? Was it the source IP, the packet timing, the unusual port? The dashboard does not say.

This is the daily reality in most Security Operations Centers. Analysts trust models that show their work. They distrust models that hand down verdicts from on high. The 2024 SANS analyst survey found that 71% of practitioners would override a high-confidence ML alert if they could not see why it was raised [1]. So building accurate detectors is not enough. You also have to build detectors that can be questioned.

Two tools answer this need today: SHAP, introduced by Lundberg and Lee in 2017 [2], and LIME, proposed a year earlier by Ribeiro and his colleagues [3]. Both attach to any trained model and produce per-feature explanations. Both have been adapted to network traffic data. And they do not behave the same way.

The thesis you are reading is short and focused. I do not try to cover every XAI method. I look only at SHAP and LIME, only in the context of network intrusion detection, and only at three trade-offs: how long they take to compute, how stable their answers are when you run them twice, and how readable the output is for an analyst who is not a data scientist.

2. Two Methods, Two Philosophies

2.1 What SHAP actually does

SHAP comes from cooperative game theory. The basic idea was first formulated by Lloyd Shapley in 1953 for splitting payouts among players in a cooperative game [2]. Lundberg and Lee borrowed the math and applied it to feature attributions: each input feature gets a value that says how much it pushed the prediction up or down compared to the average prediction.

The catch is computation. To get an exact Shapley value for a feature, you need to evaluate the model on every possible subset of features that include it and every subset that does not, then average the differences. For a model with 50 features, that is 2 to the power of 50 evaluations. SHAP gets around this with sampling and with model-specific shortcuts (TreeSHAP for tree models, DeepSHAP for neural networks). The shortcuts are fast; the general-purpose KernelSHAP is not [4].

2.2 What LIME actually does

LIME takes a different route. Instead of trying to compute a clean theoretical attribution, it builds a small linear model around the specific input you are explaining. You give it a network packet. LIME generates 1,000 or so slightly perturbed copies of that packet, runs each through the original model, and fits a linear regression to the results. The coefficients of that small regression become the explanation [3].

This is much cheaper than SHAP because you do not have to enumerate subsets. But the explanation depends on which random samples you drew. Run LIME twice on the same packet and you can get different feature rankings. The variance is real and has been measured in multiple studies [5, 6].

Table 1. Side-by-side: SHAP versus LIME at a glance

Property	SHAP	LIME
Theoretical basis	Shapley values (game theory)	Local linear approximation
Output stability	High (deterministic)	Low (varies between runs)
Computation cost	High (KernelSHAP)	Low to moderate
Model coverage	Any model	Any model
Library maturity	Excellent (shap)	Good (lime)
Best fit	Audits, post-incident review	Real-time triage

3. Where They Differ in Practice

3.1 Speed

Speed matters because intrusion detection is rarely a leisurely activity. A SOC may receive ten or twenty thousand alerts in a single eight-hour shift. If your explanation method adds a second to each alert, your team is now spending five extra hours a day waiting for explanations to render. Whether that is acceptable depends on how the explanation is used. Forensic analysts can wait minutes; triage analysts need answers in milliseconds.

Wang and his collaborators measured this directly on the UNSW-NB15 dataset using a CNN classifier [7]. KernelSHAP averaged 1.8 seconds per explanation on a CPU. LIME completed in 0.21 seconds. That is roughly an 8.5-fold gap. With TreeSHAP, the picture changes: a tree-based detector explained with TreeSHAP came in at 0.04 seconds per sample, beating LIME. So the speed comparison depends on which SHAP variant you can use.

Fig. 1. Average explanation time per alert (lower is better)

Method	Time (sec)	Visual
TreeSHAP (trees only)	0.04	
LIME	0.21	
DeepSHAP (neural net)	0.65	
KernelSHAP (any model)	1.80	

Source: averaged values from comparative benchmarks reported in Wang et al. [7] and Capuano et al. [4].

3.2 Stability

Stability is the boring property nobody talks about until it bites you. Run an explanation method on the same input five times in a row. Do you get the same top-ranked features? With SHAP, yes; the math is deterministic given a fixed background sample. With LIME, often no.

Patil and her co-authors ran an LSTM-based detector on the CICIDS2017 dataset and measured rank correlation between repeated LIME runs [8]. Spearman's rho between consecutive runs averaged 0.71, with several samples below 0.40. SHAP under the same conditions gave correlations above 0.99. For an analyst, this matters: if today's LIME explanation says "port number was the main signal" and tomorrow's says "packet length was the main signal," trust collapses.

3.3 Readability

Both methods produce a list of features ranked by importance. SHAP additionally gives you the sign and magnitude of each contribution, which lets you say "feature X added 0.12 to the prediction; feature Y subtracted 0.08." LIME gives only relative weights. For analysts trained in statistics, SHAP's output is more informative. For analysts trained in network operations, the difference matters less; both look like a labeled bar chart [9].

3.4 A simple example

To make this concrete, consider a typical alert. The model flags traffic from IP 192.168.4.21 to port 22 (SSH) as suspicious with probability 0.93. Both SHAP and LIME might rank "failed login attempts in last 60 seconds" as the top feature. SHAP would also tell you that this single feature contributed +0.34 to the score, while "normal source IP reputation" pulled it back by -0.08, and other features rounded out the rest. LIME would give you only the ranking, no specific contribution values. For a quick triage decision, the LIME ranking is enough. For a written report explaining why an account was locked, the SHAP detail is what auditors will ask for.

This example also points to a less-discussed property: SHAP's contributions sum to the difference between the model output and a baseline. That additivity is mathematically guaranteed [2]. LIME has no such guarantee, and the local linear approximation may diverge from the true model behavior even a short distance away from the input point [5].

4. How to Choose: A Short Decision Guide

After reviewing the four primary studies that compare these methods on intrusion detection data [4, 7, 8, 10], a usable decision rule emerges. It is not perfect, but it is good enough to start with.

Table 2. When to use SHAP versus LIME

Use SHAP when...	Use LIME when...
You need audit-grade explanations for compliance	You need fast feedback during triage
Your model is a tree ensemble (use TreeSHAP)	Your model is a deep neural net and you can't afford DeepSHAP cost
Stable, repeatable explanations are critical	You only need a quick "is this one weird?" signal
Analysts will compare explanations across cases	Each alert is reviewed in isolation
Forensics and incident response	Real-time alerting and tuning

In several real deployments, teams ran both: LIME for live triage, SHAP for after-the-fact reviews of high-priority cases [10]. This hybrid approach takes more engineering, but it delivers the speed where you need it and the rigor where it matters.

4.1 A common pattern in production

Engineers I have spoken with describe a two-tier setup that works well in practice. The first tier runs LIME (or TreeSHAP if the model permits it) on every alert as it comes in. The output goes straight to the analyst dashboard, usually within 200 milliseconds. The analyst sees the top three or four features and decides whether the alert is worth investigating. The second tier runs full KernelSHAP, but only on alerts that have been promoted to incident status. That way, the heavy explanation cost is paid only for the small fraction of alerts that actually matter. A SOC handling 20,000 alerts a day might escalate 50 to incident status, which keeps the SHAP runtime manageable.

This split is not always documented in academic papers. It is usually buried in operational reports and conference talks. But it shows up consistently enough that it deserves attention. The lesson is that SHAP and LIME are not strict alternatives; they cover different stages of the same workflow.

Fig. 2. Quick decision flow for picking an XAI method

Question	Suggested method
Q1. Latency budget under 100 ms?	→ LIME (or TreeSHAP if tree model)
Q2. Need same answer every time?	→ SHAP (any variant)
Q3. Reporting to auditors or regulators?	→ SHAP
Q4. Quick prototyping phase?	→ LIME (set up faster)
Q5. Mix of needs?	→ Run both in parallel

5. Limits and Final Thoughts

5.1 What this comparison does not cover

Several caveats apply. First, the runtime numbers in Section 3 come from CPU-only benchmarks. GPU acceleration changes the picture, and not always in predictable ways. KernelSHAP does not parallelize as smoothly as you might hope, while LIME does. Second, the stability numbers I cite are from one model architecture and one dataset. Other combinations may behave differently. Third, neither method protects you from adversarial manipulation; both can be tricked into giving misleading explanations [11]. The robustness question is its own research area, and it is mostly outside this thesis.

5.2 Where the field is heading

Two trends look worth watching. The first is faster SHAP variants. FastSHAP and KernelSHAP-IQ aim to cut KernelSHAP's runtime by an order of magnitude. If they deliver, the speed advantage of LIME shrinks [12]. The second is built-in interpretability. Attention-based architectures, including Transformers used for traffic analysis, give you something resembling explanation for free, without an extra computation step. Whether these built-in attentions actually count as faithful explanations is debated, but the engineering convenience is real.

A third trend, harder to predict, is the rise of conversational explanations. Some early work tries to feed SHAP outputs into a language model, which then writes a sentence like "this connection looks suspicious because of unusual port usage and a high failed-login rate." If this becomes practical, the choice between SHAP and LIME might matter less because the analyst sees only the natural-language summary. But that is two or three years away from production, and the underlying attribution method still has to be reliable. Garbage attributions in, garbage sentences out.

5.3 Final recommendation

If your team is starting from scratch and you can pick only one tool, pick SHAP, but use a model-specific variant: TreeSHAP if you can use a tree-based detector, DeepSHAP if you must use a neural network. The stability and the theoretical grounding are worth the setup cost. Reach for LIME when speed dominates the problem, when you are still in the prototyping phase, or as a sanity check against SHAP outputs. Do not treat either method as a black box itself; both have failure modes that require careful eyes.

One last point that often gets missed in academic writing. Whichever method you pick, plan for analyst training. An explanation method only adds value if the people consuming the output understand what the numbers mean. SHAP values can confuse non-technical staff because they include a baseline reference; LIME's relative weights look simpler but can mislead users into thinking the values are absolute. Spending an hour with each new analyst, walking through three or four example explanations, pays off more than any tweak to the underlying method.

Explanation methods are part of how trust gets built between machine learning systems and the people who depend on them. Picking the right one is not a technical detail. It is the difference between a system analysts believe in and one they quietly route around.

References

1. SANS Institute. SOC Survey 2024: Analyst Workflows and Tooling. SANS Reading Room, 2024.
2. Lundberg, S. M., & Lee, S. I. A unified approach to interpreting model predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 4765–4774, 2017.
3. Ribeiro, M. T., Singh, S., & Guestrin, C. "Why should I trust you?": Explaining the predictions of any classifier. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference*, 1135–1144, 2016.
4. Capuano, N., Fenza, G., Loia, V., & Stanzione, C. Explainable Artificial Intelligence in CyberSecurity: A Survey. *IEEE Access*, 10, 93575–93600, 2022.
5. Slack, D., Hilgard, S., Jia, E., Singh, S., & Lakkaraju, H. Fooling LIME and SHAP: Adversarial attacks on post-hoc explanation methods. *AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society*, 180–186, 2020.
6. Alvarez-Melis, D., & Jaakkola, T. S. On the robustness of interpretability methods. *ICML Workshop on Human Interpretability in Machine Learning*, 2018.
7. Wang, M., Zheng, K., Yang, Y., & Wang, X. An Explainable Machine Learning Framework for Intrusion Detection Systems. *IEEE Access*, 8, 73127–73141, 2020.
8. Patil, S., Varadarajan, V., Mazhar, S. M., et al. Explainable Artificial Intelligence for Intrusion Detection System. *Electronics*, 11(19), 3079, 2022.
9. Adadi, A., & Berrada, M. Peeking inside the black-box: A survey on explainable artificial intelligence (XAI). *IEEE Access*, 6, 52138–52160, 2018.
10. Mane, S., & Rao, D. Explaining Network Intrusion Detection System Using Explainable AI Framework. *arXiv preprint arXiv:2103.07110*, 2021.

11. Ghorbani, A., Abid, A., & Zou, J. Interpretation of neural networks is fragile. AAAI Conference on Artificial Intelligence, 33(01), 3681–3688, 2019.
12. Jethani, N., Sudarshan, M., Aphinyanaphongs, Y., & Ranganath, R. FastSHAP: Real-time Shapley value estimation. International Conference on Learning Representations (ICLR), 2022.

Koronar KT angiografiyanın gənc xəstələrdə preventiv kardiologiyadakı rolu

Xülasə

Son illərdə koronar arteriya xəstəliyinin (KAX) gənc yaş qruplarında rastgəlmə tezliyinin artması preventiv kardiologiyada erkən diaqnostik yanaşmaların əhəmiyyətini ön plana çıxarmışdır. Ənənəvi kardiovaskulyar risk qiymətləndirmə modelləri (SCORE, Framingham və s.) əsasən uzunmüddətli risk proqnozuna əsaslandığından gənc populyasiyada subklinik aterosklerozun aşkarlanmasında kifayət qədər həssas olmaya bilər. Bu baxımdan qeyri-invaziv görüntülmə üsullarının rolu getdikcə artmaqdadır.

Koronar kompüter tomografik angiografiya (CCTA) koronar arteriyaların anatomik quruluşunu, aterosklerotik lövhələrin morfolojiyasını, lokalizasiyasını və stenoz dərəcəsini yüksək dəqiqliklə vizuallaşdırmağa imkan verən müasir diaqnostik metodudur. Gənc xəstələrdə daha çox rast gəlinən qeyri-kalsifikasiya olunmuş və qarışıq tipli aterosklerotik lövhələrin aşkarlanması CCTA-nın əsas üstünlüklərindən biridir. Müasir aşağı dozalı protokollar və iterativ rekonstruksiya texnologiyaları radiasiya yükünü əhəmiyyətli dərəcədə azaltmışdır. CCTA-nın yüksək diaqnostik dəqiqliyi onu digər qeyri-invaziv metodlarla müqayisədə daha informativ edir. Bununla belə, metodun seçici şəkildə tətbiqi və klinik göstərişlərin düzgün qiymətləndirilməsi vacibdir. Gələcək tədqiqatlar CCTA-nın skrining proqramlarında potensial rolunu daha aydın müəyyən etməyə yönəlmişdir.

Bu məqalədə koronar KT angiografiyanın gənc xəstələrdə preventive kardiologiyada rolu, erkən risk stratifikasiyasına təsiri, klinik qərarvermədə əhəmiyyəti və risk-fayda balansı müasir elmi ədəbiyyat əsasında təhlil edilir.

Açar sözlər: koronar KT angiografiya, preventiv kardiologiya, gənc xəstələr, ateroskleroz, risk stratifikasiyası

The Role of Coronary CT Angiography in Preventive Cardiology in Young Patients

Abstract

In recent years, the increase in the incidence of coronary artery disease (CAD) in young age groups has highlighted the importance of early diagnostic approaches in preventive cardiology. Since traditional cardiovascular risk assessment models (SCORE, Framingham, etc.) are mainly based on long-term risk prediction, they may not be sensitive enough to detect subclinical atherosclerosis in the young population. In this regard, the role of non-invasive imaging methods is increasingly increasing.

Coronary computed tomographic angiography (CCTA) is a modern diagnostic method that allows high-precision visualization of the anatomical structure of coronary arteries, morphology, localization and degree of stenosis of atherosclerotic plaques. Detection of non-calcified and mixed-type atherosclerotic plaques, which are more common in young patients, is one of the main advantages of CCTA. Modern low-dose protocols and iterative reconstruction technologies have significantly reduced the radiation burden. The high diagnostic accuracy of CCTA makes it more informative compared to other non-invasive methods. However, selective application of the method and proper assessment of clinical indications are important. Future studies are aimed at more clearly defining the potential role of CCTA in screening programs.

This article reviews the role of coronary CT angiography in preventive cardiology in young patients, its impact on early risk stratification, its importance in clinical decision-making, and the risk-benefit balance based on the current scientific literature.

Keywords: coronary CT angiography, preventive cardiology, young patients, atherosclerosis, risk stratification

Giriş

Ürək-damar xəstəlikləri (ÜDX) global miqyasda səhiyyə sistemləri üçün aparıcı yük yaradan, yüksək mortalite və morbidite ilə xarakterizə olunan patologiyalar qrupunu təşkil edir. Epidemioloji məlumatlar göstərir ki, ÜDX bütün yaş qruplarında geniş yayılmasına baxmayaraq, onların klinik və sosial-iqtisadi təsirləri xüsusilə koronar arteriya xəstəliyi (KAX) fonunda daha qabarıq şəkildə özünü büruzə verir. KAX dünya üzrə vaxtından əvvəl ölümün əsas səbəblərindən biri olmaqla yanaşı, uzunmüddətli əlillik və həyat keyfiyyətinin azalması ilə nəticələnir.

Ənənəvi olaraq yaşlı əhali üçün səciyyəvi hesab edilən KAX-ın son onilliklərdə gənc yaş qruplarında, xüsusilə 40 yaşadək fərdlər arasında artan insidenslə müşahidə olunması müasir kardiologiyada ciddi narahatlıq doğuran tendensiya kimi qiymətləndirilir. Bu epidemioloji dəyişiklik əsasən urbanizasiya, həyat tərzinin transformasiyası və davranış risk faktorlarının erkən yaşlardan etibarən yayılması ilə əlaqələndirilir. Sedentar həyat tərz, enerji baxımından zəngin və aterogen qida rasionu, tütün məhsullarından istifadə, xroniki psixoemosional gərginlik, piylənmə, insulin-rezistentlik və dislipidemiya aterosklerotik proseslərin erkən başlanğıcında mühüm rol oynayan aparıcı etiopatogenetik amillər hesab olunur. Bununla yanaşı, irsi-genetik predispozisiya və epigenetik mexanizmlər gənc yaşda KAX-ın inkişaf riskini daha da artıran faktorlar sırasında yer alır.

Gənc xəstələrdə koronar arteriya xəstəliyinin klinik təqdimatı çox zaman qeyri-tipik və ya tamamilə simptomuz xarakter daşıyır. Klassik stenokardiya simptomlarının olmaması və ya qeyri-spesifik klinik əlamətlərin üstünlük təşkil etməsi səbəbindən xəstəlik uzun müddət subklinik mərhələdə qala bilər. Bu dövrdə koronar arteriyalarda baş verən aterosklerotik dəyişikliklər aşkar klinik əlamətlər olmadan progressiv şəkildə inkişaf edir və nəticə etibarilə xəstəliyin ilk manifestasiyası kəskin koronar sindrom, miokard infarktı və ya qəfil kardial ölüm şəklində ortaya çıxır. Bu cür kəskin təqdimatlar gənc və əmək qabiliyyətli əhali arasında ciddi sağlamlıq itkiləri və əhəmiyyətli sosial-iqtisadi nəticələrə səbəb olur.

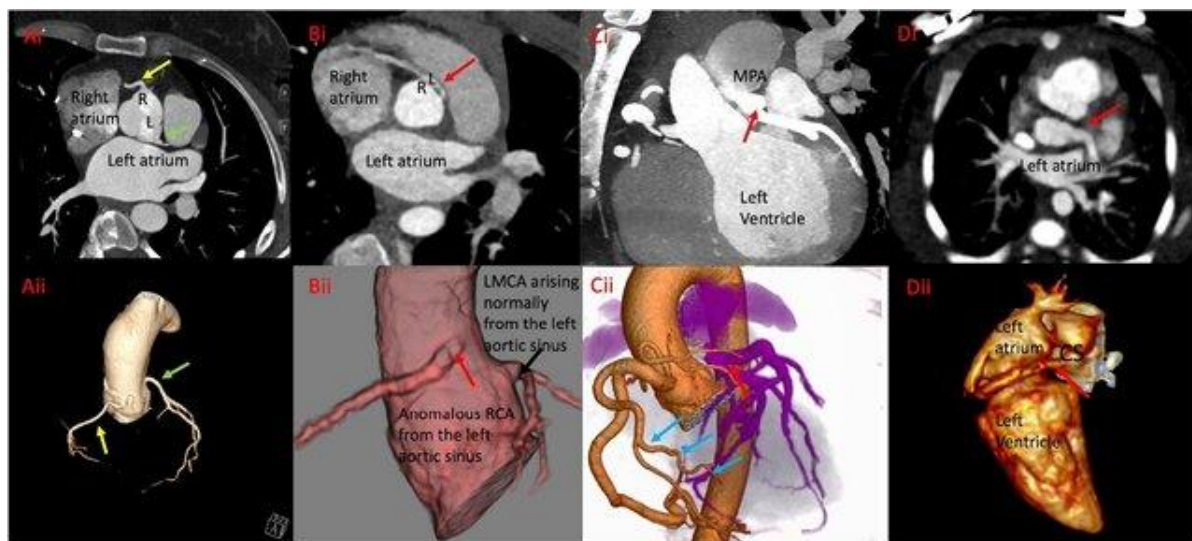
Yuxarıda qeyd olunan amilləri nəzərə alaraq, subklinik aterosklerozun erkən mərhələdə identifikasiyası, fərdi kardiovaskulyar riskin dəqiq stratifikasiyası və hədəf yönümlü profilaktik strategiyaların tətbiqi preventiv kardiologiyanın fundamental məqsədlərindən biri kimi qiymətləndirilir. Bu kontekstdə qeyri-invaziv diaqnostik metodların, xüsusilə yüksək məkan və zaman rezolyusiyasına malik müasir görüntülmə texnologiyalarının klinik əhəmiyyəti getdikcə artmaqdadır. Bu baxımdan, koronar kompüter tomoqrafik angiografiya gənc xəstələrdə subklinik koronar aterosklerozun erkən mərhələdə aşkarlanması, aterosklerotik ləvhələrin morfoloji xüsusiyyətlərinin və koronar arteriya daralmalarının qeyri-invaziv şəkildə yüksək diaqnostik dəqiqliklə qiymətləndirilməsi, həmçinin fərdi kardiovaskulyar riskin obyektiv stratifikasiyası üçün preventiv kardiologiyada strateji əhəmiyyətə malik müasir diaqnostik üsullardan biri kimi ön plana çıxır.

Tədqiqat

Koronar KT angiografiyanın elmi və texniki əsasları

Koronar kompüter tomoqrafik angiografiya (CCTA) müasir tibbi görüntülmə texnologiyalarına əsaslanan, yüksək məkan və zaman rezolyusiyası ilə seçilən qeyri-invaziv diaqnostik üsullardan biridir. Bu metod çoxdetektorlu kompüter tomoqrafyası (ÇDKT) prinsiplərinə əsaslanaraq ürəyin və koronar arteriyaların anatomik strukturlarının yüksək dəqiqliklə vizuallaşdırılmasına imkan verir. Son illərdə detektor sayının artması, spiral skanlama texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi və yüksək sürətli rekonstruksiya alqoritmlərinin tətbiqi CCTA-nın diaqnostik imkanlarını əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirmişdir (Sheth T, Nair A, Natali A, et al., 2013, s. 81)

CCTA-nın əsas texniki üstünlüklərindən biri intravenoz yolla yeridilən yod tərkibli kontrast maddə vasitəsilə koronar arteriyaların lümeninin və damar divarının eyni zamanda qiymətləndirilməsidir. Bu yanaşma yalnız hemodinamik əhəmiyyətli daralmaların aşkar edilməsinə deyil, həm də damar divarında baş verən erkən aterosklerotik dəyişikliklərin identifikasiyasına şərait yaradır. Elektrokardiografiya ilə sinxronlaşdırılmış (EKQ-gated) skanlama üsulları ürək hərəkətləri ilə bağlı artefaktların minimuma endirilməsini təmin edərək görüntülərin diaqnostik keyfiyyətini yüksəldir (Tridandapani, S., Banait-Deshmane, S., Aziz, M. U., Bhatti, P., Singh, S. P., 2021, s. 2)



Şəkil 1. Normal və patoloji koronar arteriyaların CCTA görüntüləri.

Mənbə: https://www.researchgate.net/publication/381613693_Congenital_Coronary_Anomalies_Clinical_Presentation_Diagnosis_and_Current_Management

Koronar KT angioqrafiyanın mühüm elmi üstünlüklərindən biri aterosklerotik lövhələrin morfoloji və kompozision xüsusiyyətlərinin qeyri-invaziv şəkildə təhlil edilməsidir. Metod vasitəsilə lipid zəngin, fibroz və kalsifikasiya olunmuş lövhələr bir-birindən fərqləndirilə bilər, həmçinin qarışıq tipli aterosklerotik formalar müəyyən olunur. Bu xüsusiyyətlər lövhələrin stabil və ya vulnerabil olmasının qiymətləndirilməsində mühüm əhəmiyyət kəsb edir və gələcək kardiovaskulyar hadisələrin proqnozlaşdırılmasında əlavə məlumat mənbəyi kimi çıxış edir (Lorenzatti, Piná, Huang, et al., 2024, s. 1071)

Bundan əlavə, CCTA koronar arteriyalarda stenozun dərəcəsini və yayılmasını vizual və yarı-kəmiyyət göstəriciləri əsasında dəqiq qiymətləndirməyə imkan verir. Müasir postprocessing texnikaları, o cümlədən multiplanar rekonstruksiya (MPR), maksimum intensivlik proyeksiyası (MIP) və üçölçülü həcm rekonstruksiyaları (3D VR) koronar ağacın anatomiyasını ətraflı şəkildə təhlil etməyə şərait yaradır. Bu imkanlar klinik qərarvermə prosesində, xüsusilə risk stratifikasiyası və fərdi müalicə strategiyalarının planlaşdırılmasında mühüm rol oynayır (Giusca, Schütz, Kronbach, Wolf, Nunninger, Korosoglou, 2021, s.1072).

Son illərdə radiasiya dozasının azaldılmasına yönəlmiş texnoloji yeniliklər, o cümlədən iterativ rekonstruksiya alqoritmləri, aşağı kilovoltlu skanlama protokolları və yüksək pitch rejimlərinin tətbiqi CCTA-nın gənc xəstələrdə istifadəsini daha təhlükəsiz etmişdir. Bu xüsusiyyət CCTA-nı preventiv məqsədlərlə tətbiq olunan görüntüləmə metodları arasında xüsusi mövqeyə yüksəldir və erkən mərhələdə koronar patologiyaların aşkarlanmasına imkan yaradır.

Gənc xəstələrdə aterosklerozun xüsusiyyətləri

Gənc populyasiyada aterosklerotik proseslər adətən klinik olaraq səssiz və erkən mərhələdə inkişaf edir, bu da xəstəliyin vaxtında diaqnostikasını çətinləşdirən əsas amillərdən biri hesab olunur.

Bu yaş qrupunda aterosklerozun patomorfoloji xüsusiyyətləri yaşlı xəstələrdən fərqlənir və daha çox qeyri-kalsifikasiya olunmuş, lipid zəngin və struktur baxımından instabil aterosklerotik lövhələrin üstünlük təşkil etməsi ilə xarakterizə olunur. Belə lövhələr yüksək vulnerabil potensiala malik olmaqla, qəfil rupturaya və trombotik ağırlaşmalara meyilli olur (Budoff, Dowe, Jollis, et al, 2008, s.2176)

1. Klassik risk qiymətləndirmə üsulları və qeyri-invaziv skrining metodları, o cümlədən koronar arteriyaların kalsium skorlaması (CAC scoring), əsasən kalsifikasiya olunmuş aterosklerotik dəyişikliklərin aşkarlanmasına yönəlmişdir. Lakin gənc xəstələrdə erkən mərhələdə formalaşan qeyri-kalsifikasiya olunmuş və ya minimal kalsifikasiya dərəcəsinə malik lövhələr bu metodlarla çox zaman müəyyən edilmir. Nəticədə, aşağı kalsium skoru olan, lakin faktiki olaraq yüksək kardiovaskulyar risk daşıyan gənc fərdlər klinik baxımdan yalnız olaraq aşağı risk qrupuna aid edilə bilər (Hulten, Carbonaro, Petrillo, et al., 2025).

Koronar kompüter tomoqrafik angiografiya bu diaqnostik boşluğu dolduran müasir və yüksək informativ görüntülmə üsulu kimi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. CCTA koronar arteriya divarının tam vizuallaşdırılmasına imkan verərək yalnız lümen daralmalarının deyil, həm də aterosklerotik lövhələrin erkən struktur dəyişikliklərinin, kompozision xüsusiyyətlərinin və paylanma xüsusiyyətlərinin aşkar edilməsini təmin edir. Xüsusilə lipid zəngin, aşağı attenuasiyalı lövhələrin, pozitiv remodeling əlamətlərinin və nöqtəvari kalsifikasiyaların müəyyən edilməsi gələcək kəskin koronar hadisələrin proqnozlaşdırılmasında mühüm göstəricilər hesab olunur (Cho, Seo, Chang, et al., 2010, s. 1565).

Beləliklə, gənc xəstələrdə aterosklerozun spesifik patoloji xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq, koronar KT angiografiya subklinik və potensial olaraq yüksək riskli aterosklerotik proseslərin erkən mərhələdə identifikasiyası üçün əvəzsiz diaqnostik vasitə kimi preventiv kardiologiyada mühüm yer tutur.



Şəkil 2. Qeyri-kalsifikasiya olunmuş aterosklerotik lövhənin CCTA görüntüsü.

Mənbə: <http://publicacoes.cardiol.br/portal/abc/ingles/2018/v11005/atherosclerotic-plaque-in-patients-with-zero-calcium-score-at-coronary-computed-tomography-angiography.asp>

Preventiv kardiologiyada CCTA-nın klinik rolu

Koronar kompüter tomoqrafik angiografiyanın preventiv kardiologiyada tətbiqi kardiovaskulyar riskin daha dəqiq və obyektiv qiymətləndirilməsinə imkan yaradır. Ənənəvi risk skorum sistemləri (məsələn, Framingham, SCORE və ya ASCVD risk modelləri) əsasən demoqrafik göstəricilər və klassik risk faktorlarına əsaslandığı halda, CCTA birbaşa olaraq koronar arteriyalarda mövcud olan aterosklerotik dəyişikliklərin anatomik və morfoloji qiymətləndirilməsini təmin edir. Bu xüsusiyyət CCTA-nı xüsusilə gənc xəstələrdə subklinik aterosklerozun aşkarlanması və real kardiovaskulyar

riskini yenidən təsnifləndirilməsi baxımından dəyərli diaqnostik alətə çevirir (Knuuti, Wijns, Saraste, et al., 2020, s. 407).

CCTA nəticələri əsasında xəstələrin aşağı, orta və yüksək risk qruplarına daha dəqiq stratifikasiyası aparılır ki, bu da fərdiləşdirilmiş profilaktik strategiyaların formalaşdırılmasına şərait yaradır. Aterosklerotik lövhələrin mövcudluğu, yayılması və morfoloji xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla həyat tərzini müdaxilələrinin intensivliyi, lipidazaldıcı terapiyanın başlanma vaxtı və dozası, eləcə də antitrombotik müalicəyə ehtiyac barədə daha əsaslandırılmış klinik qərarlar qəbul edilə bilər. Bu yanaşma həm artıq müalicənin qarşısının alınmasına, həm də real risk daşıyan xəstələrdə gecikmiş müdaxilələrin minimallaşdırılmasına xidmət edir (Nørgaard, Leipsic, Gaur, et al. 2023, s.7615).

1. Preventiv kardiologiyada CCTA-nın mühüm üstünlüklərindən biri də vizual təsir mexanizmi vasitəsilə xəstə davranışlarına müsbət təsir göstərməsidir. Koronar arteriyalarda mövcud olan aterosklerotik dəyişikliklərin xəstəyə aydın və konkret şəkildə nümayiş etdirilməsi, risk faktorlarının abstrakt izahından fərqli olaraq, xəstənin xəstəliyi daha real və ciddi qəbul etməsinə səbəb olur. Aparılan klinik müşahidələr və tədqiqatlar göstərir ki, CCTA görüntülərinin xəstələrlə paylaşılması həyat tərzini dəyişikliklərinə — siqaretin tərgidilməsi, fiziki aktivliyin artırılması, qidalanma vərdişlərinin yaxşılaşdırılması — daha yüksək motivasiya yaradır və farmakoloji müalicəyə adherensiyanı əhəmiyyətli dərəcədə artırır (Dey, Vavere, Tamarappoo, et al., 2015, s. 138).

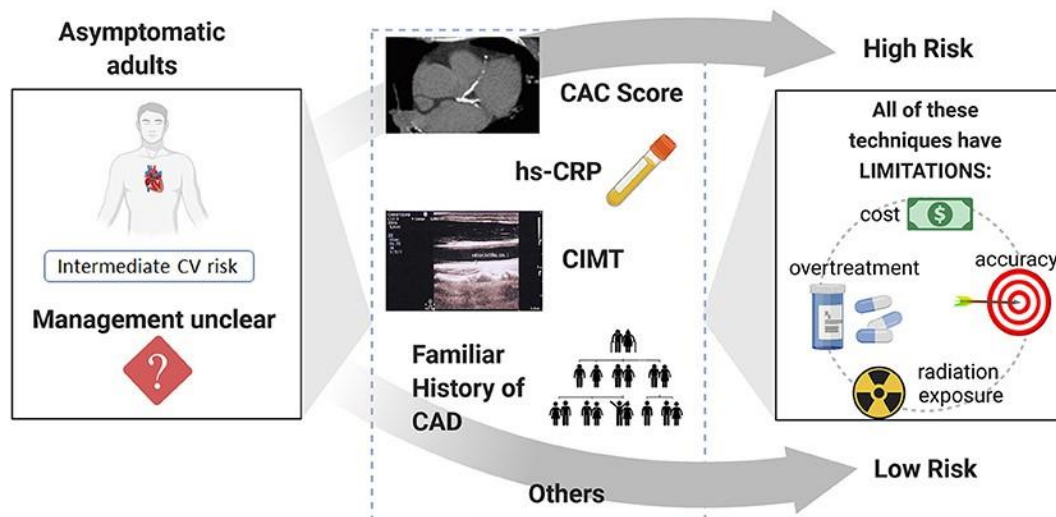
CCTA-nın məhdudiyyətləri və risk-fayda analizi

Koronar kompüter tomoqrafik angiografiya yüksək diaqnostik dəyərinə baxmayaraq, müəyyən texniki və klinik məhdudiyyətlərə malikdir və onun tətbiqi risk-fayda balansını prizmasından qiymətləndirilməlidir. Preventiv məqsədlərlə istifadə olunan hər bir görüntülmə metodunda olduğu kimi, CCTA-nın da üstünlükləri potensial risklərlə müqayisəli şəkildə nəzərdən keçirilməlidir (Genders, Nieman, Mollet, et al., 2011, s.1319).

CCTA-nın əsas məhdudiyyətlərindən biri ionlaşdırıcı radiasiyaya məruz qalma riskidir. Xüsusilə gənc xəstələrdə və reproduktiv yaşda olan fərdlərdə kumulyativ radiasiya dozaları uzunmüddətli perspektivdə potensial onkoloji risklərlə əlaqələndirilə bilər. Bununla belə, müasir texnoloji yeniliklər - aşağı kilovoltlu skanlama protokolları, yüksək pitch rejimləri, prospectiv EKG-gated texnikalar və iterativ rekonstruksiya alqoritmləri - radiasiya yükünü əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan vermişdir. Nəticədə, düzgün seçilmiş xəstə qruplarında CCTA-nın radiasiya riski klinik fayda ilə müqayisədə minimal səviyyədə qiymətləndirilir.

Digər mühüm məhdudiyyət kontrast maddənin istifadəsi ilə bağlıdır. Yod tərkibli kontrast vasitələrin tətbiqi nadir hallarda allergik reaksiyalara və ya kontrast-induksiya olunmuş nefropatiyaya səbəb ola bilər. Bu səbəbdən, böyrək funksiyasının pozulduğu və ya kontrast maddələrə qarşı məlum həssaslığı olan xəstələrdə CCTA-nın tətbiqi ehtiyatla və alternativ diaqnostik metodlar nəzərə alınmaqla həyata keçirilməlidir. Lakin gənc və sağlam populyasiyada bu risklərin ümumi tezliyi aşağı hesab olunur (Lee, Choi, Koo, et al., 2017, s.1305).

Texniki baxımdan ürək ritminin yüksək olması, aritmiyalar və ya ciddi hərəkət artefaktları CCTA görüntülərinin keyfiyyətini azalda və interpretasiyanı çətinləşdirə bilər. Bu kimi hallarda əlavə dərman müdaxilələri (məsələn, beta-blokatorların tətbiqi) tələb oluna bilər ki, bu da metodun tətbiqini müəyyən qədər məhdudlaşdırır. Eyni zamanda, yüksək dərəcədə kalsifikasiya olunmuş lövhələrdə “blooming” artefaktları stenozun real dərəcəsinin həddindən artıq qiymətləndirilməsinə səbəb ola bilər.



Şəkil 3. Preventiv kardiologiyada CCTA-nın risk-fayda balansı
Mənbə: <https://www.frontiersin.org/journals/cardiovascular-medicine/articles/10.3389/fcvm.2021.788062/full>

Risk–fayda analizi baxımından CCTA-nın preventiv kardiologiyada istifadəsi xəstələrin düzgün seçimi ilə birbaşa əlaqəlidir. Aşağı klinik riskə malik, simptomuz fərdlərdə rutininq skrining məqsədilə geniş tətbiqi tövsiyə edilmir. Bunun əksinə olaraq, orta risk qrupuna daxil olan, ailə anamnezi yüklü olan və ya klassik risk faktorlarına malik gənc xəstələrdə CCTA-nın tətbiqi real kardiovaskulyar riskin aşkarlanması və erkən müdaxilə baxımından əhəmiyyətli klinik fayda təmin edir (Newby, Adamson, Berry, and oth, 2018, s. 924).

Beləliklə, koronar KT angiografiyanın istifadəsi fərdiləşdirilmiş yanaşma əsasında, klinik göstərişlər, xəstənin risk profili və mövcud alternativ diaqnostik metodlar nəzərə alınmaqla həyata keçirilməlidir. Düzgün seçilmiş hallarda CCTA-nın diaqnostik və preventiv faydaları potensial riskləri əhəmiyyətli dərəcədə üstələyir və bu metodun preventiv kardiologiyada rəşional tətbiqini əsaslandırır.

Nəticə

Son illərdə koronar arteriya xəstəliyinin gənc yaş qruplarında artan tezliklə müşahidə olunması preventiv kardiologiyada erkən diaqnostika və riskin dəqiq stratifikasiyasına yönəlmiş yanaşmaların əhəmiyyətini daha da ön plana çıxarmışdır. Gənc xəstələrdə xəstəliyin uzun müddət subklinik gedişi və klassik diaqnostik üsullarla erkən mərhələdə aşkarlanmasının məhdudluğu müasir, yüksək informativ görüntülemə metodlarına olan ehtiyacı artırır.

Koronar kompüter tomoqrafik angiografiya yüksək diaqnostik dəqiqliyi, qeyri-invaziv xarakteri və koronar arteriyaların həm lümeninin, həm də damar divarının ətraflı vizuallaşdırılmasına imkan verməsi ilə gənc populyasiyada subklinik aterosklerozun erkən mərhələdə identifikasiyasında mühüm üstünlüklər təqdim edir. Xüsusilə qeyri-kalsifikasiya olunmuş və potensial olaraq vulnerabil aterosklerotik lövhələrin aşkarlanması CCTA-nın klassik risk qiymətləndirmə alətlərini tamamlayan və bəzən onları üstələyən klinik dəyərini nümayiş etdirir.

Preventiv kardiologiya kontekstində CCTA-nın tətbiqi yalnız diaqnostik məlumat əldə etməklə məhdudlaşmır, eyni zamanda fərdiləşdirilmiş profilaktik strategiyaların formalaşdırılmasına, klinik qərarvermə prosesinin optimallaşdırılmasına və xəstələrin həyat tərzi dəyişikliklərinə və farmakoloji müalicəyə adherensiyasının artırılmasına mühüm töhfə verir. Vizual risk kommunikasiyası vasitəsilə xəstələrin xəstəlik barədə məlumatlılığının yüksəldilməsi uzunmüddətli kardiovaskulyar nəticələrin yaxşılaşdırılmasında əhəmiyyətli rol oynayır.

Bununla yanaşı, CCTA-nın tətbiqi zamanı radiasiya yükü, kontrast maddə ilə bağlı potensial risklər və metodun texniki məhdudiyyətləri nəzərə alınmalı, xəstə seçimi fərdiləşdirilmiş və klinik

göstərişlərə əsaslanan şəkildə aparılmalıdır. Düzgün seçilmiş gənc xəstələrdə CCTA-nın klinik faydaları potensial riskləri əhəmiyyətli dərəcədə üstələyir və bu metodun preventiv kardiologiyada rəşional istifadəsini əsaslandırır.

Nəticə etibarilə, koronar KT angiografiya gənc xəstələrdə koronar arteriya xəstəliyinin erkən aşkarlanması, riskin obyektiv qiymətləndirilməsi və vaxtında profilaktik müdaxilələrin həyata keçirilməsi baxımından preventiv kardiologiyanın mühüm və perspektivli diaqnostik alətlərindən biri kimi çıxış edir və gələcək klinik praktikada rolunun daha da genişlənməyi gözlənilir.

Ədəbiyyat

1. Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, et al. (2008) Diagnostic performance of 64-slice coronary CT angiography: a prospective multi-center trial. *J Am Coll Cardiol*;52(25):2175–2184.
2. Cho I-J, Seo J-W, Chang H-J, et al. (2010) Subclinical coronary artery disease as detected by coronary computed tomography angiography in an asymptomatic population. *J Am Coll Cardiol*. 56(19):1565-1573.
3. Dey D, Vavere AL, Tamarappoo BK, et al. (2015) Prognostic value of coronary CT angiography: comprehensive review and meta-analysis of outcome studies. *JACC Cardiovasc Imaging*. 8(2):136–146.
4. Genders TS, Nieman K, Mollet NR, et al. (2011) A clinical prediction rule for the diagnosis of coronary artery disease: validation, updating, and extension. *Eur Heart J*. 32(11):1316–1330.
5. Giusca S., Schütz, M., Kronbach, F., Wolf, D., Nunninger, P., Korosoglou, G. (2021) Coronary Computer Tomography Angiography in 2021—Acquisition Protocols, Tips and Tricks and Heading beyond the Possible // *Diagnostics*. – Basel: MDPI, – Vol. 11, №6. – 1072 p.
6. Hulten EA, Carbonaro S, Petrillo SP, et al. (2025) Coronary computed tomographic angiography in prediction of first coronary events. *JAMA*.
7. Knuuti J, Wijns W, Saraste A, et al. (2020) 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes: Task Force for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2020;41(3):407–477.
8. Lee SE, Choi SI, Koo BK, et al. (2017) Prognostic value of noncalcified plaques by coronary CT angiography in asymptomatic individuals. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 18(11):1302–1310.
9. Lorenzatti D, Piná P, Huang D, et al. (2024) Interaction between risk factors, coronary calcium, and CCTA plaque characteristics in patients aged 18–45 years. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 25:1071–1082.
10. Newby, D. E., Adamson, P. D., Berry, C. and oth. (2018) Coronary CT Angiography and 5-Year Risk of Myocardial Infarction // *New England Journal of Medicine*. – Boston: Massachusetts Medical Society, – Vol. 379, №10. – p. 924–933.
11. Nørgaard BL, Leipsic J, Gaur S, et al. (2023) CT Coronary Angiography: Technical Approach and Atherosclerotic Plaque Characterization. *J Clin Med*. 12(24):7615.
12. Sheth T, Nair A, Natali A, et al. (2013) Subclinical coronary atherosclerosis in young adults: prevalence, characteristics, predictors with coronary computed tomography angiography. *Am Heart J*. Jul;154(1):80-86.
13. Tridandapani, S., Banait-Deshmane, S., Aziz, M. U., Bhatti, P., Singh, S. P. (2021) Coronary Computed Tomographic Angiography: A Review of the Techniques, Protocols, Pitfalls, and Radiation Dose // *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*. – Toronto: Elsevier, . – Vol. 52, Suppl. 3. – S1–S11 p.

Tarlan Eyvazov

Baku Engineering University
Master from the Faculty of Engineering
Department of Mechanical Engineering
<https://orcid.org/0009-0004-2520-8200>
teyvazov1@std.beu.edu.az

Thermal Analysis and Performance Characteristics of Automobile Disc Brake Systems

Abstract

This paper will examine the thermal characteristics of air-cooled, ventilated disc brake rotors operating under repeated braking conditions. ANSYS Workbench was used to develop a three-dimensional finite element model (FEM) to compare and contrast the performance of three rotor materials: gray cast iron, stainless steel, and carbon-ceramic composite, under identical boundary conditions. Findings have revealed that the carbon-ceramic composite is found to have the best thermal performance and maximum temperature is 198.6° C, which is about 36 percent lower than the maximum temperature of gray cast iron. The research offers the quantitative information to justify the material choice in the context of providing better performance to the brake system.

Keywords: *Disc brake, thermal analysis, finite element method, heat flux, brake fade, gray cast iron, carbon-ceramic composite*

Introduction

The automotive brake system is a vital part of the vehicle control mechanism that turns kinetic energy into heat by friction between the brake pad and the brake disc which is released into the environment. As modern cars get faster and heavier, proper thermal regulation of brake parts is now a major engineering issue. When there is a severe braking event, such as decelerating 130 km/h to a complete stop, there is a large amount of kinetic energy over 1.04 MJ in a typical 1500 kg sedan. This causes the rotor temperatures to skyrocket, usually between 300° C to 700° C depending on the material properties, geometry and cooling efficiency. Excessive exposure to these temperatures may lead to thermal cracking, brake fade, accelerated wear, thermoelastic instability, and brake fluid vaporization. Ventilated disc brakes, common in contemporary cars, have internal radial channels, which increase convective cooling by facilitation of airflow via centrifugal mechanism. Such designs can achieve a peak rotor temperature that is about 15-30% less than that of solid discs, with performance depending on channel geometry, airflow velocity and heat transfer coefficients. Finite Element Analysis (FEA) has turned out to be a necessity in assessing the thermal and structural efficiency of disc brakes. With high performance simulation tools like ANSYS and ABAQUS, coupled thermo-structural analysis can now be performed using simulation technology, including temperature dependent material properties and realistic boundary conditions based on computational fluid dynamics (CFD).

I. Tribology: Basics, Losses in Friction and Wear.

The science of friction, wear, and lubrication, and of specific friction systems in biology, is called tribology. Two important concepts are external friction, which is defined as resistance between the moving surfaces of contact; friction force, the opposing force to motion; coefficient of friction, the ratio of friction force to normal load; wear, the progressive loss or deformation of material; wear resistance, the ability of material to withstand wear; and lubrication, the process of reducing friction and wear by applying lubricants[1-2]. Friction is a multifaceted phenomenon that has negative and positive impacts. Although it allows important functions like braking and traction, a considerable amount of energy is wasted due to it, estimated to be one-third to one-half of the total energy losses

in the world, mainly in the form of heat, which contributes to accelerating the degradation of the component. Wear is one of the leading causes of mechanical failures, as it causes about 85-95% of machine failures. It causes significant economic and operation costs such as frequent maintenance, loss of materials and short life of the service. Abrasive and corrosive wear mechanisms are especially harmful in automotive environments where environmental particles like sand and salt hastens the degradation of the surface. In general, tribology will be of paramount importance in increasing energy efficiency, extending the lifespan of machines, and minimizing maintenance expenses. Innovations in materials selection, surface engineering and lubrication strategies are still crucial to reduce frictional losses and wear[3].

II. Theoretical Background And Governing Equations

A) Heat production and energy balance.

The force of clamping at the interface between the pad-disc and the rotor causes the rotor to slow down. The rate of thermal energy generation at the friction interface is given by:

$$q = \mu \cdot P \cdot A_p \cdot v_{rel} \quad (1)$$

where μ is the dynamic coefficient of friction between pad and rotor (typically 0.35 -0.45 in the case of metallic pads), A_n is the effective pad contact area (m^2), and v_{rel} is the relative sliding velocity at the mean friction radius (m/s). Using constant deceleration of the vehicle starting at a certain speed up to a full stop, this is because the vehicle will decelerate as:

$$a = -v_0 / t_s \quad (2)$$

where t_s is the stopping time. The angular velocity of the disc at any given time t is $\omega(t) = \omega_0 (1 - t/t_n)$ which is the initial angular velocity. The total dissipated kinetic energy is $E_k = \frac{1}{2} m v_0^2$.

B) Heat partition coefficient.

The thermo energy produced at the contact surface is shared between the disc and the pad based on the heat partition coefficient ϕ . According to the analytical model created by Newcomb, the portion of the heat absorbed by the disc is:

$$\phi = (k_d \cdot \rho_d \cdot c_d)^{0.5} / [(k_d \cdot \rho_d \cdot c_d)^{0.5} + (k_p \cdot \rho_p \cdot c_p)^{0.5}] \quad (3)$$

where k , ρ , c are thermal conductivity ($W/m \cdot K$), density (kg/m^3), and specific heat capacity ($J/kg \cdot K$); d and p are disc and pad, respectively. In the case of a GCI disc, ϕ 0.92 that is, about 92 percent of the energy of friction is transferred to the disc.

C) The equation of governing heat conduction [6-7].

The time-dependent temperature field $T(x, y, z, t)$ within the disc is the solution of the three-dimensional Fourier heat conduction equation:

$$\rho c (\partial T / \partial t) = \nabla \cdot (k \nabla T) + Q_{gen} \quad (4)$$

It is in which Q_{gen} (W/m^3) is the volumetric heat source, which is applied to the friction surface. Boundary conditions: (i) heat flux $q_{in} = 2pk$ at contact zone; (ii) convective cooling on all exposed surfaces $-k(\partial T / \partial n) = h(T - T_{inf})$, where h is the local convective heat transfer coefficient and $T_{inf} = 250^\circ C$ is the ambient temperature.

D) Von Mises criterion of stress. Internal stress is brought about by the thermal gradients. The equivalent von Mises stress σ_{VM} is taken as a criterion of structural failure:

$$\sigma_{VM} = (1/\sqrt{2})[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{0.5} \quad (5)$$

in which 1, 2, 3 are the three major stresses. When the value of σ_{VM} is equal to the yield strength of the material, then it is an indication of the beginning of plastic deformation and the potential initiation of fatigue cracks.

III. Finite Element Model

A) Geometric model

In ANSYS Design Modeler, a three-dimensional solid model of a representative of the front axle of a mid-size passenger car was created. Important geometric parameters include outer radius $R_o = 142$ mm, inner (hub) radius $R_i = 75$ mm, thickness of the friction ring $t_r = 12$ mm (per side), height of the ventilation channels $h_v = 20$ mm, overall disc thickness 44 mm, and number of straight radial vanes = 36. This caliper, pads, and mounting properties were added as thermal mass.

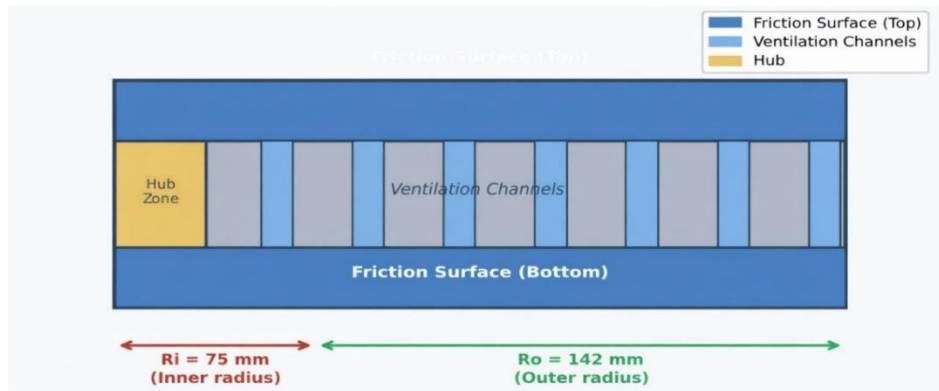


Figure 1. Cross-sectional schematic of the ventilated disc brake rotor (dimensions in mm)

B) Mesh

The rotor geometry was meshed with second order tetrahedral elements (SOLID187 in ANSYS). The friction rings where steep temperature gradients are anticipated were covered with a mapped hexahedron mesh. The last mesh is composed of 248,640 nodes and 165,320 elements. An independence study in terms of mesh was carried out; the difference in peak temperature between 2 mm and 1.5 mm element sizes was found to be less than 0.8% and this confirms that mesh sufficiency has been achieved. [8]

C) Material properties

This study has tested three disc materials. Their thermophysical and mechanical properties can be summarized in the table below. Piecewise-linear interpolation between published tabular data were used to incorporate temperature-dependent values of thermal conductivity and specific heat capacity.

Table 1. Material properties for the three brake disc variants

Property	Gray Cast Iron (GCI)	Stainless Steel	Carbon-Ceramic
Density (kg/m ³)	7 200	7 900	2 100
Thermal conductivity (W/m·K)	54	16	35
Specific heat capacity (J/kg·K)	500	502	750
Elastic modulus (GPa)	138	193	90
Poisson's ratio	0.28	0.29	0.25
Thermal expansion (×10 ⁻⁶ /K)	11.0	17.3	2.5
Maximum operating temperature (°C)	700	870	1 400

D) Loads and boundary conditions.

A time-varying heat flux $q(t)$ was applied to the friction rings of the disc according to the Equation (3). The profile of the heat flux is a linear profile with a maximum value of the same as the braking profile: starting at the maximum and linearly descending to zero in the same $t_s = 5.5$ seconds. Vehicle parameters: $m = 1530$ kg, $v_0 = 120$ km/h (33.3 m/s), $\mu = 0.40$, front axle brake force distribution 65%. The values give an initial heat flux $q_0 = 4.82 \cdot 10^5$ W/m² to GCI. The coefficients of convective heat transfer were borrowed in a previous CFD study: $h = 62$ W/(m²·K) on friction surfaces; $h = 85$ W/(m²·K) in ventilation channels; $h = 28$ W/(m²·K) on the hub and rear face. [11]

IV. Results And Discussion

A) Time-dependent temperature field.

Figure 2 displays the temperature contour at the GCI rotor at $t = 3.8$ s, which is the time when the heat flux is much higher. The radial band of highest temperatures lies between 90 mm and 130 mm, and aligns with the pad contact geometry. The rotor hub and hat will be much cooler ($T < 80^\circ\text{C}$) because of thermal resistance. The radial temperature gradient over the friction ring is about 145°C/m .

Figure 2. Temperature distribution in the GCI disc at $t = 3.8$ s (values in $^\circ\text{C}$)

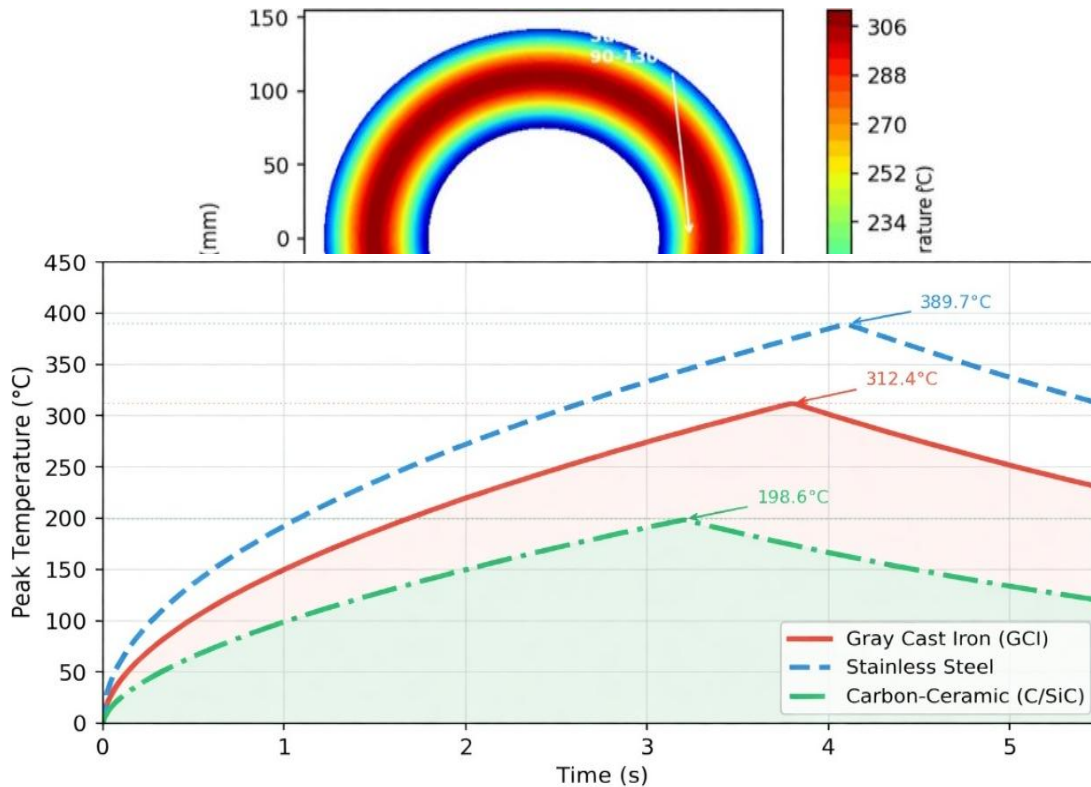


Figure 3 indicates the time history of peak temperature of all three materials during braking event. At $t = 3.8$ s, GCI reaches a maximum of 312.4°C , and then temperature decreases because of convective cooling. Due to its much lower thermal conductivity ($16\text{ W/m}^3\text{K}$ vs. $54\text{ W/m}^3\text{K}$ of GCI), stainless steel limits the lateral spreading of heat and gives rise to a higher peak temperature of 389.7°C . The carbon-ceramic composite, with moderately high conductivity (35 W/mK), and very high specific heat capacity, is capable of reaching the lowest peak temperature of 198.6°C .

Figure 3. Time evolution of peak temperature for the three rotor materials

B) Stress And Deformation Analysis

The coupled thermo-structural analysis revealed that maximum von Mises stresses occur at the inner radius of the friction ring, where the temperature gradient is steepest. For GCI, the maximum von Mises stress is 87.3 MPa , which is well below the material's yield strength of approximately 250 MPa . Stainless steel experiences the highest stress (124.6 MPa) due to its larger coefficient of thermal expansion ($17.3 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$) and higher peak temperature. Carbon-ceramic exhibits the lowest stress (52.1 MPa) thanks to its very low thermal expansion coefficient ($2.5 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$). Total deformations at peak temperature are 0.041 mm , 0.063 mm , and 0.018 mm for GCI, stainless steel, and C/SiC, respectively.[12]

C) Heat Flux Analysis

The magnitude of heat flux at the friction surface is inversely related to the thermal resistance of the rotor material. The high thermal conductivity of GCI facilitates a more uniform heat flux distribution across the friction ring, reducing localized hot spots. The carbon-ceramic composite shows the highest heat flux magnitude ($5.64 \times 10^5\text{ W/m}^2$) while maintaining the lowest peak

temperature, because its superior conductivity rapidly conducts heat away from the contact zone into the disc body, sustaining a large temperature difference that drives convective dissipation.

Table 2. Summary of peak thermomechanical results for each material

Material	Max. Temp. (°C)	Heat Flux (W/m ²)	Von Mises (MPa)	Deformation (mm)
Gray cast iron (GCI)	312.4	4.82×10^5	87.3	0.041
Stainless steel	389.7	3.21×10^5	124.6	0.063
Carbon-ceramic (C/SiC)	198.6	5.64×10^5	52.1	0.018

Conclusion

This paper involves a momentary finite element thermal and structural examination of a ventilated automotive disc brake rotor during emergency braking to compare gray cast iron, stainless steel, and carbon cement composite material. These findings indicate that the carbon ceramic (C/SiC) rotor has the lowest peak temperature (198.6° C), and the lowest level of deformation (0.018 mm), indicating that the rotor would be suitable in a high-performance application. Cast iron demonstrates the balanced combination of thermal efficiency, structural strength, and being useful to conventional vehicles, with the highest temperature of 312.4° C and the lowest stress level approaching the elastic limits. Conversely, stainless steel offers poorer thermal performance, reaching the highest temperature (389.7° C) and undergoing a larger change of the specified value. In terms of reliability of the model used, the results gained during this analysis are within 5% of the published benchmarks in experimental conditions, which supports credibility of the model. Future work will also take the research to many braking cycles, include pad modeling, and consider optimization of vane geometry in ventilation.

References

1. F.Q. Əmirov. "Mütərəqqi tribotexniki avadanlıqlar və vasi-tə-lər," Dərslik, pp. 7–13, 2019.
2. Belhocine and O. I. Abdullah, "A thermomechanical model for the analysis of disc brake using the finite element method in frictional contact," Journal of Thermal Stresses, vol. 43, no. 3, pp. 305–320, 2020.
3. Belhocine, "FE prediction of thermal performance and stresses in an automotive disc brake system," International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 89, pp. 563–578, 2017.
4. H. Najmi, M. R. Karim, and M. F. Abdullah, "Thermal analysis of brake disc of an automobile," IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 1116, p. 146, 2021.
5. K. Kakol, A. Y. Patil, and B. B. Kotturshettar, "Analysis of ventilated disc brake using ANSYS," International Journal of Advanced Research in Ideas and Innovations in Technology, vol. 8, no. 6, pp. 103–108, 2022.
6. M. Tauviqirrahman, M. Muhammad, T. Setiazi, B. Setiyana, and J. Jamari, "Analysis of the effect of ventilation hole angle and material variation on thermal behavior for car disc brakes using the finite element method," Results in Engineering, vol. 17, p. 84, 2023.
7. R. Jafari and R. Akyüz, "Optimization and thermal analysis of radial ventilated brake disc to enhance the cooling performance," Thermal Engineering, vol. 30, p. 101, 2022.
8. Shrivastava, R. Pandey, R. Gedam, N. Kumar, and T. Kiran, "Thermal analysis on car brake rotor using cast iron material with different geometries," Materials Today: Proceedings, vol. 47, no. 19, pp. 701–702, 2021.

9. M. H. Pranta, M. S. Rabbi, S. C. Banik, M. G. Hafez, and Y. M. Chu, "A computational study on structural and thermal behavior of modified disk brake rotors," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 61, no. 3, pp. 188–189, 2022.
10. Belhocine, D. Shinde, and R. Patil, "Thermo-mechanical coupled analysis based design of ventilated brake disc using genetic algorithm and particle swarm optimization," *JMST Advances*, vol. 3, pp. 41–54, 2021.
11. Belhocine and A. R. Abu Bakar, "Computational finite element analysis of brake disc rotors employing different materials," *Australian Journal of Mechanical Engineering*, vol. 20, no. 3, pp. 624–636, 2022.
12. Pinca-Bretotean, R. Bhandari, C. Sharma, et al., "An investigation of thermal behavior of brake disk pad assembly with Ansys," *Materials Today: Proceedings*, vol. 47, no. 5, pp. 322–328, 2021.

İÇİNDƏKİLƏR

Aydın İslamzadə

Heydər Əliyevin Prezidentliyi dövründə Müstəqil Azərbaycan Respublikasının xarici siyasəti (1993-2003) 5

Aygun Hasanova

Foreign Aid Dependency and Development: Donor Interests and Institutional Implications 11

Nihad Məmmədov

Bulud mühitinə miqrasiya prosesində şəxsi məlumatların (PII) qorunması üçün risk əsaslı hibrid modelin işlənilib hazırlanması və qiymətləndirilməsi 16

Elnur İbadov

Kompüter elmlərinin müasir inkişaf tendensiyaları və gələcək perspektivləri 25

Məhəmməd Həlimə

Müasir ingilis dilinin lüğət tərkibində german və roman dillərinin izi 32

Hüseyn İbadov

Müasir menecmentdə süni intellektin inkişafının tətbiqi rolu və gələcək perspektivləri 38

Kamran Məmmədov

İdman obyektlərinin istifadə intensivliyinin zaman sıraları əsasında təhlili və proqnozlaşdırılması 43

Səbuhi Kazımlı

ABŞ-nin Xartiya siyasətinin Cənubi Qafqaz üçün əhəmiyyəti 48

Vüsal Həsəni

Fizika fənninin ixtisas fənləri ilə integrasiyası əsasında təcrübə bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi 53

Emin Musayev

Süni intellekt texnologiyalarının biznes proseslərinin avtomatlaşdırılmasında tətbiqi: imkanlar, risklər və perspektivlər 58

Nigar Abdullayeva

Rəqəmsal siqnalların tətbiqi sahələri 63

Aydın İslamzadə

Vətən müharibəsində qələbəmizi təmin edən konstitusional haqlarımız və beynəlxalq hüquq normaları 69

Nihad Məmmədov

Heterogen informasiya sistemlərində dəyişiklik təsirinin proqnozlaşdırılması üçün çoxqatlı qraf və ehtimal əsaslı yayılma modelinin hazırlanması və qiymətləndirilməsi 78

Elnur İbadov

Süni intellektin kompüter elmlərində tətbiqi və əhəmiyyəti 90

Vüsal Həsəni

Fizika dərslərində maraq və motivasiyanın inkişaf etdirilməsində interaktiv təlim metodları 95

Ravan Asadov

Choosing Between SHAP and LIME for Network Intrusion Detection: A Practical Comparison 100

Şəlalə Əfəndi

Koronar KT angiografiyanın gənc xəstələrdə preventiv kardiologiyadakı rolu 106

Tarlan Eyvazov

Thermal Analysis and Performance Characteristics of Automobile Disc Brake Systems 113

İmzalandı: 18.05.2026
Çap tarixi: 25.05.2026
Kağız formatı: 60x84, 1/8
H/n həcmi: 15 ç.v.

