ISSN: 3104-4670
e-ISSN: 2789-6919

ELMİ TƏDQİQAT

Beynəlxalq Elmi Jurnal

Scientific Research

International Scientific Journal

ELMİ TƏDQİQAT

Beynəlxalq Elmi Jurnal

Cild: 6 Sayı: 3

SCIENTIFIC RESEARCH

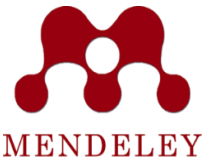
International Scientific Journal

Volume: 6 Issue: 3

2026

Beynəlxalq indekslər / International Indices

ISSN: 3104-4670
e-ISSN: 2789-6919
DOI: 10.36719



© Jurnalda çap olunan materiallardan istifadə edərkən istinad mütləqdir.
© It is necessary to use reference while using the journal materials.
© tedqiqat.1707@aem.az
© info@aem.az
© aem.az

Təsisçi

Tədqiqatçı Mübariz HÜSEYİNOV, Azərbaycan Elm Mərkəzi / Azərbaycan
https://orcid.org/0000-0002-5274-0356
tedqiqat1868@gmail.com

Baş redaktor

Assoc. Prof. Dr. Sevinc SADIQOVA, Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti / Azərbaycan
https://orcid.org/0000-0001-8720-3262
sevincsadigova@gmail.com

Redaktorlar

Assoc. Prof. Dr. Nigar HƏSƏNOVA, AMEA Nəsimi adına Dilçilik İnstitutu / Azərbaycan
https://orcid.org/0009-0008-4751-0848
nigar.qasanova.80@mail.ru

Assoc. Prof. Dr. Gülsənəm NOROVA, Nəvai Dövlət Pedaqogika İnstitutu / Özbəkistan
https://orcid.org/0009-0009-4802-3627
gulsanam1981ndpi@umail.uz

PhD İvan PAVLİİ, Dallas Beynəlxalq Universiteti / ABŞ
https://orcid.org/0000-0001-7634-9602
ivan_pavlii@diu.edu

Redaktor köməkçiləri

Assoc. Prof. Dr. Zabitə TEYMURLU, Bakı Mühəndislik Universiteti / Azərbaycan
https://orcid.org/0000-0002-9625-5029
zteymurlu@bbeu.edu.az

Assoc. Prof. Dr. Sevinc HƏMZƏYEVA, Sumqayıt Dövlət Universiteti / Azərbaycan
https://orcid.org/0000-0003-1264-2767
sevinc.hamzayeva@sdu.edu.az

Doktorant Muxlisaxon BEQMATOVA, Fərqanə Dövlət Texniki Universiteti / Özbəkistan
https://orcid.org/0009-0006-7825-7916
muxlisa_begmatova@mail.ru

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

Dillər üzrə redaktorlar

Prof. Dr. Elçin İBRAHİMOV, Qarabağ Universiteti / Azərbaycan
Prof. Dr. Nigar VƏLİYEVA, Azərbaycan Dillər Universiteti / Azərbaycan

Elmi sahələr üzrə redaktorlar

Prof. Dr. Hacı HƏSƏNOV, AMEA A.A.Bakıxanov adına Tarix və Etnologiya İnstitutu / Azərbaycan
Prof. Dr. Şəhla SƏMƏDOVA, Bakı Dövlət Universiteti / Azərbaycan
Prof. Dr. Yaqut HACIYEVA, Azərbaycan Tibb Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. İlkin ƏLİMURADOV, Azərbaycan İlahiyyat İnstitutu / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Könül HƏSƏNOVA, Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Mahir HACIYEV, ARKTN Heyvandarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutu / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Səyyarə SADIXOVA, Naxçıvan Dövlət Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Sarvan HÜSEYNOV, Qərbi Kaspi Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Xalidə HƏSƏNOVA, Sumqayıt Dövlət Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Allahverdi ŞƏRİFOV, Azərbaycan Texniki Universiteti / Azərbaycan

REDAKSİYA HEYƏTİ

HUMANİTAR VƏ İCTİMAİ ELMLƏR

Prof. Dr. Nərgiz AXUNDOVA, AMEA A.A.Bakıxanov adına Tarix və Etnologiya İnstitutu / Azərbaycan
Prof. Dr. Cavid QASIMOV, Van Yüzüncü İl Universiteti / Türkiyə
Prof. Dr. Yerden KAJIBEK, Qazax dili Akademiyası / Qazaxıstan
Prof. Dr. İrina KREYDİÇ, Ukrayna Milli Texniki Universitetinin İqor Sikorski adına Kiyev Politexnik İnstitutu / Ukrayna
Prof. Dr. Qəzənfər KAZIMOV, AMEA Nəsimi adına Dilçilik İnstitutu / Azərbaycan
Prof. Dr. Coanna MARŞALEK-KAVA, Nikolay Kopernik Universiteti / Polşa
Prof. Dr. Natalya MİŞİNA, Odessa Hüquq Akademiyası / Ukrayna
Prof. Dr. Yelena ŞİŞKİNA, Həştərxan Dövlət Memarlıq-İnşaat Mühəndisliyi Universiteti / Rusiya
Prof. Dr. Leyla İMAMƏLİYEVA, Bakı Slavyan Universiteti / Azərbaycan
Prof. Dr. Sədaqət HƏSƏNOVA, Naxçıvan Dövlət Universiteti / Azərbaycan
Prof. Dr. İya ZUMBULADZE, Kutaisi Dövlət Universiteti / Gürcüstan
Prof. Dr. Təranə HACIYEVA, Bakı Mühəndislik Universiteti / Azərbaycan
Prof. Dr. Cavadxan QASIMOV, Naxçıvan Dövlət Universiteti / Azərbaycan
Prof. Dr. Şikar QASIMOV, Bakı Mühəndislik Universiteti / Azərbaycan
Prof. Dr. İzzət RÜSTƏMOV, Bakı Dövlət Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Urfan HƏSƏNOV, Gəncə Dövlət Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Əliş AĞAMİRZƏYEV, Bakı Dövlət Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Elnurə ƏZİZOVA, Azərbaycan İlahiyyat İnstitutu / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Elmar XƏLİLOV, Sumqayıt Dövlət Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Səbinə TARVERDİYEVA, Bakı Slavyan Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Kulaş MAMİROVA, Qazaxıstan Milli Qadın Pedaqoji Universiteti / Qazaxıstan
Assoc. Prof. Dr. Həbib MİRZƏYEV, Azərbaycan Texniki Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Andrey RAGULİN, Rusiya Federasiyasının DİN Moskva Universiteti / Rusiya
Assoc. Prof. Dr. Leyla ƏLİYEVA, Qarabağ Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Gülnoz SATTOROVA, ÖEA Özbək Dili, Ədəbiyyatı və Folkloru İnstitutu / Özbəkistan
Assoc. Prof. Dr. Sevda AXUNDOVA, Bakı Slavyan Universiteti / Azərbaycan
PhD Tomas SMEDLEY, Cenevrə Kolleci, Pensilvaniya / ABŞ
PhD Qəmər İSAYEVA, Azərbaycan Dövlət Bədən Tərbiyəsi və İdman Akademiyası / Azərbaycan
PhD İlahə ŞIXƏLİYEVA, Bakı Dövlət Universiteti / Azərbaycan

TƏBİƏT ELMLƏRİ

Prof. Dr. Rafiq ÇOBANOV, Azərbaycan Tibb Universiteti / Azərbaycan
Prof. Dr. Onur URAL, Selcuk Universiteti / Türkiyə
Prof. Dr. Nikolay BRİKO, İ.M.Seçenov adına Birinci Moskva Dövlət Tibb Universiteti / Rusiya
Prof. Dr. Mehmet ÜNLÜ, Mərmərə Universiteti / Türkiyə
Prof. Dr. David MENABDE, Kutaisi Dövlət Universiteti / Gürcüstan
Prof. Ali AZQANİ, Tayler Texas Universiteti / ABŞ
Assoc. Prof. Dr. Arif HÜSEYNOV, Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Elnarə MEHBALIYEVA, Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Sadıq QARAYEV, ARETN Botanika İnstitutu / Azərbaycan
Dr. Xanzoda YULDAŞEVA, Tibb İşçilərinin Peşə Kvalifikasiyasının İnkişafı Mərkəzi / Özbəkistan

RİYAZİYYAT VƏ MEXANİKA ELMLƏRİ

Prof. Dr. Eldar VƏLİYEV, Milli Texniki Universitet / Ukrayna
Prof. Dr. Maarif CƏFƏROV, Bakı Dövlət Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Qalib ŞƏRİFOV, Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Rövşən HÜMBƏTƏLİYEV, Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Allahverdi CƏFƏROV, Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Lalə QOCAYEVA, Gəncə Dövlət Universiteti / Azərbaycan

TEXNİKA ELMLƏRİ

Prof. Dr. Valeriy LİSENKO, Ümumrusiya Meteoroloji Xidmət Elmi-Tədqiqat İnstitutu / Rusiya
Assoc. Prof. Dr. Rafiq İBRAHİMOV, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti / Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Elov BOTİR, Ə.Nəvai adına Daşkənd Dövlət Özbək Dili və Ədəbiyyatı Universiteti / Özbəkistan
PhD Rafiq AĞAMALIYEV, Milli Aerokosmik Agentliyi, Təbii Ehtiyatların Kosmik Tədqiqi İnstitutu / Azərbaycan

Founder

Researcher Mubariz HUSEYINOV, Azerbaijan Science Center / Azerbaijan
https://orcid.org/0000-0002-5274-0356
tedqiqat1868@gmail.com

Editor-in-Chief

Assoc. Prof. Dr. Sevinj SADIGOVA, Azerbaijan State Pedagogical University / Azerbaijan
https://orcid.org/0000-0001-8720-3262
sevincsadigova@gmail.com

Editors

Assoc. Prof. Dr. Nigar HASANOVA, Institute of Linguistics named after Nasimi of ANAS / Azerbaijan
https://orcid.org/0009-0008-4751-0848
nigar.qasanova.80@mail.ru

Assoc. Prof. Dr. Gulsanam NOROVA, Navai State Pedagogical Institute / Uzbekistan
https://orcid.org/0009-0009-4802-3627
gulsanam1981ndpi@umail.uz

PhD Ivan PAVLII, Dallas International University / USA
https://orcid.org/0000-0001-7634-9602
ivan_pavlii@diu.edu

Assistant editors

Assoc. Prof. Dr. Zabita TEYMURLU, Baku Engineering University / Azerbaijan
https://orcid.org/0000-0002-9625-5029
zteymurlu@bbeu.edu.az

Assoc. Prof. Dr. Sevinj HAMZAYEVA, Sumgait State University / Azerbaijan
https://orcid.org/0000-0003-1264-2767
sevinc.hamzayeva@sdu.edu.az

PhD student Mukhlisaxon BEGMATOVA, Fergana State Technical University / Uzbekistan
https://orcid.org/0000-0003-4405-4943
muxlisa_begmatova@mail.ru

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

Language editors

Prof. Dr. Elchin IBRAHIMOV, Karabakh University / Azerbaijan
Prof. Dr. Nigar VALIYEVA, Azerbaijan University of Languages / Azerbaijan

Editors in scientific fields

Prof. Dr. Haji HASANOV, ANAS Institute of History and Ethnology named after A.A.Bakikhanov / Azerbaijan
Prof. Dr. Shahla SAMADOVA, Baku State University / Azerbaijan
Prof. Dr. Yaqut HAJIYEVA, Azerbaijan Medical University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Ilkin ALIMURADOV, Azerbaijan Institute of Theology / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Konul HASANOVA, Azerbaijan State Pedagogical University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Mahir HAJIYEV, Animal Husbandry Scientific Research Institute / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Sayyara SADIKHOVA, Nakhchivan State University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Sarvan HUSEYNOV, West Caspian University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Khalida HASANOVA, Sumgait State University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Allahverdi SHARIFOV, Azerbaijan Technical University / Azerbaijan

EDITORIAL BOARD

HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES

Prof. Dr. Nargiz AKHUNDOVA, ANAS Institute of History and Ethnology named after A.A.Bakikhanov / Azerbaijan
Prof. Dr. Javid GASIMOV, Van Yuzuncu Yil University / Turkey
Prof. Dr. Erden KAJIBEK, Kazakh Language Academy / Kazakhstan
Prof. Dr. Irina KREYDICH, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» / Ukraine
Prof. Dr. Gazanfar KAZIMOV, ANAS Institute of Linguistics named after Nasimi / Azerbaijan
Prof. Dr. Joanna MARSZALEK-KAWA, Nicolaus Copernicus University / Poland
Prof. Dr. Natalya MISHINA, Odessa Law Academy / Ukraine
Prof. Dr. Yelena SHISHKINA, Astrakhan State University of Architecture and Construction Engineering / Russia
Prof. Dr. Leyla IMAMALIYEVA, Baku Slavic University / Azerbaijan
Prof. Dr. Sadagat HASANOVA, Nakhchivan State University / Azerbaijan
Prof. Dr. Iya ZUMBULADZE, Kutaisi State University / Georgia
Prof. Dr. Tarana HAJIYEVA, Baku Engineering University / Azerbaijan
Prof. Dr. Javadkhan GASIMOV, Nakhchivan State University / Azerbaijan
Prof. Dr. Shikar GASIMOV, Baku Engineering University / Azerbaijan
Prof. Dr. Izzet RUSTAMOV, Baku State University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Urfan HASANOV, Ganja State University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Alish AGAMIRZEYEV, Baku State University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Elnura AZIZOVA, Azerbaijan Institute of Theology / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Elmar KHALILOV, Sumgait State University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Sabina TARVERDIYEVA, Baku Slavic University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Kulash MAMIROVA, Kazakhstan National Woman Pedogogical Institute / Kazakhstan
Assoc. Prof. Dr. Habib MIRZAYEV, Azerbaijan Technical University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Andrey RAGULIN, Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation / Russia
Assoc. Prof. Dr. Leyla ALIYEVA, Karabakh University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Gulnoz SATTOROVA, Institute of Uzbek Language, Literature and Folklore of the UAS / Uzbekistan
Assoc. Prof. Dr. Sevda AKHUNDOVA, Baku Slavic University / Azerbaijan
PhD Thomas SMEDLEY, Geneva College in Beaver Falls, Pennsylvania / USA
PhD Gamar ISAYEVA, Azerbaijan State Academy of Physical Education and Sports/ Azerbaijan
PhD Ilaha SHIKHALIYEVA, Baku State University / Azerbaijan

NATURAL SCIENCES

Prof. Dr. Rafig CHOBANOV, Azerbaijan Medical University / Azerbaijan
Prof. Dr. Onur URAL, Seljuk University / Turkey
Prof. Dr. Nikolay BRICO, First Moscow State Medical University named after I.M.Sechenov / Russia
Prof. Dr. Mehmet UNLU, Marmara University / Turkey
Prof. Dr. David MENABDE, Kutaisi State University / Georgia
Prof. Ali AZGANY, University of Texas at Tyler / USA
Assoc. Prof. Dr. Arif HUSEYNOV, Azerbaijan State Agrarian University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Elnara MEHBALIYEVA, Azerbaijan State Pedagogical University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Sadig GARAYEV, Institute of Botany of MSERA / Azerbaijan
Dr. Khanzoda YULDASHEVA, Center for Professional Development of Medical Workers / Uzbekistan

MATHEMATICS AND MECHANICS SCIENCES

Prof. Dr. Eldar VALIYEV, National Technical University / Ukraine
Prof. Dr. Maarif JAFAROV, Baku State University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Galib SHARİFOV, Azerbaijan State Pedagogical University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Rovshan HUMBATALIYEV, Azerbaijan State Maritime Academy / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Allahverdi JAFAROV, Azerbaijan State Pedagogical University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Lala GOJAYEVA, Ganja State University / Azerbaijan

TECHNICAL SCIENCES

Prof. Dr. Valery LISENKO, All-Russian Metrological Service Research Institute / Russia
Assoc. Prof. Dr. Rafig IBRAHIMOV, Azerbaijan State Oil and Industry University / Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Elov BOTIR, Tashkent State University of Uzbek Language and Literature named after A.Navai / Uzbekistan
PhD Rafig AGHAMALIYEV, National Aerospace Agency, Natural Resources

HUMANİTAR VƏ İCTİMAİ ELMLƏR
HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/9-13

Həcər Hüseynova
Milli Müdafiə Universiteti
filologiya elmləri doktoru
https://orcid.org/0000-0002-3223-427X
hacerhuseynova@mail.ru

Azərbaycan dilində hərbi terminlərin yaranması və inkişafı

Xülasə

Araşdırmada dilimizdə hərbizmlərin yaranmasının əsas mənbələri, üsulları, inkişaf dövrləri haqqında fikirlər öz əksini tapmışdır. Göstərilmişdir ki, hərbi sahəyə aid olan leksik vahidlər-terminlər mənsub olduğu dilin ümumi leksik sisteminin ayrılmaz parçasıdır və müxtəlif dövrlərdə baş vermiş ictimai-siyasi hadisələrin, müharibələrin nəticəsində zənginləşmişdir. Təqdim edilmiş məqalədə həm türk mənşəli, həm də alınma ərəb, fars mənşəli, daha sonrakı dövrlərdə rus və Avropa dillərindən keçmiş terminlərdən bəhs edilmişdir.

Eyni zamanda terminlərin yaranması, formalaşması prosesində dilin öz daxili resursları, derivatoloji elementləri, daxili üsullar, standartlaşdırma və s. məsələlər diqqətdə saxlanmışdır. Nəticədə, dilimizin hərbi terminlərinin milli və beynəlxalq təsirlər nəticəsində inkişaf etdiyi qənaətinə gəlinmişdir.

***Açar sözlər**: hərbizmlər, leksika, termin, terminyaratma, alınma, milli, sistem*

Hajar Huseynova
Azerbaijan National Defense University
Doctor of Philological Sciences
https://orcid.org/0000-0002-3223-427X
hacerhuseynova@mail.ru

The Emergence and Development of Military Terms in the Azerbaijani Language

Abstract

The study reflects ideas about the main sources, methods, and periods of development of military terms in our language. It is shown that lexical units-terms related to the military field are an integral part of the general lexical system of the language to which they belong and have been enriched as a result of socio-political events and wars that occurred in different periods. The presented article discusses terms of both Turkic origin and borrowed Arabic and Persian origin that passed from Russian and European languages in later periods.

At the same time, in the process of the emergence and formation of terms, the internal resources of the language, derivational elements, internal methods, standardization, etc. issues were taken into account. As a result, it was concluded that the military terms of our language developed as a result of national and international influences.

***Keywords:** military terms, lexicon, term, term creation, borrowing, national, system*

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Giriş

Çağdaş dövrdə iqtisadi, elmi, mədəni inkişaf, güclü informasiya mübadiləsi Azərbaycanda baş verən dəyişiliklər, sosial fərqliliklər, beynəlxalq münasibətlərin inkişafı dilimizin inkişafına da güclü təsir etmiş, lüğət tərkibini zənginləşdirmişdir.

Beynəlxalq aləmə inteqrasiya, dövlətlərarası münasibətlərin inkişafı, Avropa dövlətləri ilə qarşılıqlı əlaqələrin yaranması, genişlənməsi və sürətlə inkişafı dilimizin lüğət tərkibinə əcnəbi sözlərin daxil olunmasına səbəb olur. Bu linqvistik prosesdə daxili imkanlarla bərabər, digər dillərdən alınmalar nəticəsində də dilin leksik sistemində zənginləşmə gedir (Axundov, 1980; Dəmirçizadə, 1972).

Alınma sözlər sırasında terminlər mühüm bir hissəni təşkil edir. Çünki terminlər müxtəlif sahələrə məxsus olan spesifik sözlərdir. Terminlərin mühüm bir hissəsini isə hərbi terminlər təşkil edir. Hərbi terminlər də söz olduğuna görə bir sıra maraqlı linqvistik və hətta ekstralinqvistik cəhətlərinə görə diqqəti cəlb edir. Elmi-nəzəri ədəbiyyatlarda köhnəlmiş və arxaikləşmiş sözlər tədqiq edilərkən ictimai-siyasi leksika, məişət leksikası və s. sahələrlə bərabər, arxaikləşmiş hərbi leksik vahidlərə də rast gəlinir. Bu sözlər də tədqiqata cəlb edilir. Buna əsasən demək olar ki, bütün türk xalqlarının, eləcə də Azərbaycan dilində ən qədim dövrlərdən başlayaraq hərbi terminlər mövcud olmuş, müasir dövrümüzə qədər bir qismi arxaikləşərək dildən çıxmış, yeniləri dilə daxil olmuşdur (Ercilasun, 2004).

Tədqiqat

Azərbaycan dili tarix boyu yeni yaranmış sözlərlə zənginləşmişdir. Belə sözlərə hərbizmləri də nümunə göstərmək olar. Dilin və xalqın tarixinin müəyyənləşməsində, xalqın qədim məşğuliyyətinin, adət-ənənələrinin tədqiqində hərbi terminologiyanın tədqiqinin böyük əhəmiyyəti vardır. Çünki hərbi leksika mənsub olduğu xalqın tarixi, döyüş sənəti, mədəni-mənəvi inkişafı ilə sıx bağlı olan bir sahədir (Clauson, 1972; Golden, 1992). Türk dillərindən biri kimi, Azərbaycan dili də lap qədim zamanlardan öz hərbi-leksik potensialını qorumuş və zənginləşdirmişdir. Hərbi terminlərin yaranması və formalaşmasını təxmini olaraq mərhələlər üzrə təsnif etmək mümkündür:

1. Qədim türk dövrü. Bu dövrə aid hərbi terminlər nisbətən sadə quruluşlu, ilkin hərbi terminlərdir. Məsələn; ordu, qala, sipər, kaman, ox, yay və s.

2. İslamdan sonrakı dövr. Bu dövrdə ərəb, fars mənşəli hərbi terminlər dilin leksik sisteminə daxil olmuşdur. Nümunə olaraq cəbhə, müharibə, qüvvə və s. sözləri göstərmək olar.

3. Sovet dövrü. Bu dövrdə digər söz qruplarında olduğu kimi, dilə daxil olan hərbi sözlər kəmiyyət etibarilə çoxalmışdır. Məsələn; tank, general, komandir, snaryad, pulemyot və s.

4. Müstəqillik dövrü. Bu mərhələdə milli hərbi leksika yeni bir inkişaf mərhələsinə qədəm qoymuşdur. Türk dilləri ilə əlaqələrin güclənməsi terinoloji leksikaya türkmənşəli sözlərin daxil olmasını gücləndirmişdir. Eyni zamanda Avropa mənşəli alınmalar da dilə daxil olmaqda davam etmişdir. Bu isə dünyada hərbi sistemdə yeni silah növlərinin yaradılmasının və dövlətlərarası mübadilənin nəticəsi kimi dəyərləndirilir. Müstəqillik dövründə dilimizdə "Quru qoşunları, dəniz piyadaları, hava hücumundan müdafiə, sərhəd xidməti, helikopter, dəmir qübbə, Bayraqdar və s." kimi terminlərin işlənməsi intensivləşmişdir.

Hərbi terminləri mənbə baxımından da təsnif etmək məqsədəuyğundur. Dilimizdə hərbizmlər, əsasən, üç mənbədən qaynaqlanır, onları mənşəcə üç qrupa bölmək olar:

1. Türk mənşəli hərbi terminlər;
2. Ərəb-fars mənşəli hərbizmlər;
3. Rus-Avropa mənşəli hərbizmlər.

Bu cəhətdən hansı mərhələdə mənşəcə hansı hərbi terminlərin dilimizə daxil olması haqda bu terminləri dövrlər üzrə təsnif edərkən bəhs etmişdik.

Hərbi terminlərin maraqlı cəhətlərindən biri də onların semantik xüsusiyyətləridir (Baskakov, 1960; Drevnetyurkskii slovar', 1969). Təxmini olaraq hərbizmləri semantik cəhətdən aşağıdakı kimi təsnif edə bilərik:

-İnsanlara aid peşə, ixtisas bildirən sözlər; topçu, tankçı, snayper, pulemyotçu, təyyarəçi və s.

-Silah adları; top, avtomat, pulemyot, dron, pua və s.

-Əməliyyat və hərbi hərəkətlər; hücum, geri çəkilmə, müdafiə, pusqu və s.

-Strukturlar; alay, diviziya, batalyon, korpus, ordu, qvardiya və s.

Azərbaycan dilçiliyində hərbi terminlərin tədqiqi ilə AMEA-nın Dilçilik İnstitutunda, H.Əliyev adına Ali Hərbi Məktəbdə, MMU-da və digər elmi müəssisələrdə tədqiqatlar aparılmışdır.

S.Məmmədovanın "Azərbaycan dilində hərbi terminlərin struktur-semantik xüsusiyyətləri" adlı tədqiqatında "hərbi terminlərin milli dilə uyğunlaşdırılması onların işləkliyini və anlaşıqlı olmasını təmin edir" (Məmmədova, 2016) ifadəsi əks olunmuşdur.

Qırx dörd günlük Vətən Müharibəsində qazandığı Böyük zəfərdən sonra hərbi leksik sistemdə yenilənmələr, normallaşmalar müşahidə edilməkdədir. "Əməliyyat zonası, döyüş hazırlığı, komanda-qərargah təlimi" və s. neçə-neçə söz və ifadələr rəsmi sənədlərdə və kommunikasiyada, mediada yer almışdır. Bu dövrdə artıq terminlərdə də milliləşmə müşahidə edilməkdədir. Bəzi terminlərin Azərbaycan dilində qarşılığı, alternativi təklif edilir.

İ.Qasımov "Azərbaycan dilində hərbi leksika" adlı doktorluq dissertasiyasında (2003) Azərbaycan dilinin hərbi terminlərini sistemli şəkildə, geniş linqvistik tədqiqata cəlb etmişdir. Bu tədqiqat işi Azərbaycanda ordu quruculuğunun tərkib hissəsi kimi olduqca əhəmiyyətlidir. Tədqiqat işində hərbi terminlərin sistemləşdirilməsi, milli dildə ifadəsinin prinsipləri göstərilmiş, Azərbaycan hərbi terminologiyasının milli ruhun daşıyıcısı olmasından, texniki dəqiqliyinin təmin edilməsindən bəhs edilmişdir. Müəllif rus və digər əcnəbi terminlərin əvəzinə milli və aydın ifadələrin işlədilməsini vacib hesab edir. İ.Qasımov öz tədqiqatında müasir ordu leksikasının formalaşmasını həm linqvistik, həm də ekstralinqvistik ehtiyaclar baxımından vacib məsələ kimi dəyərləndirmişdir.

Azərbaycan dilində hərbi terminologiyanın formalaşması zəngin tarixi təcrübəyə əsaslanır. Bu terminlər dilin funksional üslub sistemində xüsusi yer tutur. Müstəqillik illərində dilin orijinallığının qorunması və milli hərbi leksikanın bərpası istiqamətində mühüm addımlar atılır. Hərbi terminlər təkcə texniki ifadə vasitələri deyil, həm də milli-mənəvi yaddaşın daşıyıcılarıdır.

Azərbaycan dilində hərbi terminologiyanın formalaşması qədim tarixi təcrübəyə söykənir. Hərbi terminlər dilin funksional üslub sistemində əhəmiyyətli yer tutur. Müstəqillik dövründə dilin orijinallığının qorunması və milli leksikanın bərpa edilməsi istiqamətində mühüm işlər görülür. Hərbi terminlər yalnız texniki ifadə vasitələri deyil, həm də milli-mənəvi dəyərlərin daşıyıcılarıdır.

Folklor nümunələri xalqın minillik tarixinin, dünyagörüşünün, həyat tərzinin güzgüsüdür. Folklor nümunələrində hərbi terminlərin geniş işlənməsi bu xalqın döyüş ruhunu, azadlıq istəyini, müdafiə qüdrətini, mərdlik ənənələrini əks etdirir. Bəzi nümunələrə baxaq.

1) Epik növün janrlarında: dastanlarda, nağıllarda və s. qılınc, qalxan, ox, yay, nizə, xəncər və s. kimi silah adları; alp, igid, bahadır, sərkərdə, cəngavər və s. kimi döyüşçü obrazları; döyüş, meydan, savaş, hücum və s. hərbi vəziyyətlə bağlı terminlər intensiv şəkildə işlənmişdir. Məsələn, nağıllarda "zirehli geyinmiş", "yeddi qat qalxan", "qılıncını çəkdi, meydanda düşmənə çatdı" və s. nümunələr çox işlənir. Epik janrlardan nağıl və rəvayətlərdə: şahlar, pəhləvanlar, ordular, düşmənlə mübarizə səhnələri ilə müşayiət olunur; döyüş səhnələri qəhrəmanların sınaqdan keçməsi üçün əsas məkandır.

Bu janrların hər birində hərbi leksikanın spesifik istifadəsi müşahidə olunur.

2) Lirik növün janrlarında: Qılınc çəkdim çıxmadı; yay aldım, ox olmadı... – xalqın çarəsizliyinin ifadəsində; Ox atdım yara dəydi, -kimi nümunələrdə, eyni zamanda, gözəllərin tərifindən bəzi silah növləri təşbeh kimi işlədilmişdir: kipriklər oxa, qaşlar kamana bənzədilir.

Son dövrlərdə funksional dilçiliyin inkişafı ilə bağlı olaraq hərbi terminlərin də funksional cəhətlərinə diqqət yetirmək lazım gəlir. Funksionallıq baxımından hərbi terminlər: qəhrəmanlıq ideyasının gücləndirilməsi; azadlıq və ədalət uğrunda mübarizənin ifadəsi; milli yaddaşda tarixi döyüşlərin yaşadılması; simvolik və metaforik obrazların yaradılması məqsədilə işlədilir.

Folklor nümunələrində hərbizmlər yalnız döyüş və silah anlayışları ilə məhdudlaşmır, eyni zamanda xalqın qəhrəmanlıq ruhunun, azadlıq ideallarının, düşmənə qarşı mübarizəsinin ifadə vasitəsidir. Hərbi terminlər həm tarixi gerçəkliyi əks etdirir, həm də bədii-estetik dəyər daşıyır (Reformatski, 1961).

Atalar sözlərində, zərbi-məsəllərdə hərbi məzmunlu ifadələr təcrübə, hikmət məzmunu ifadə edir. Məsələn; *Qılıncla alınan torpaq qələmlə qorunar; Düşməni qılıncla yox, ağıl ilə məğlub et* və s.

Ağız ədəbiyyatında hərbi terminlər xalqın qəhrəmanlıq tarixinin daşıyıcısı, milli kimlik-identiklik və döyüş ənənələrinin qorunub saxlandığı yaddaşdır (Kaşğari, 1985; Tekin, 1968). Həmin leksik təbəqə obrazların xarakterini dərinləşdirir, işləndiyi ədəbi janrın estetik dəyərini artırır, xalqın şüuraltı qəhrəmanlıq modelini formalaşdırır.

Dilimizdə hərbi terminlərin sistemli şəkildə formalaşması diqqət mərkəzində olması XIX əsrdən başlayaraq müşahidə edilmişdir. Bu dövrdə Azərbaycanda hərbi idarəetmədə rus dilindən istifadə edildiyi üçün bu terminoloji sistemdə rusdilli hərbizmlər kəmiyyətcə çoxalmış, batalyon, polk, rota, general, leytenant, kapitan və s. sözlər dilin leksik sisteminə daxil olmuşdur. Bu terminlər bəzən fonetik cəhətdən dilimizin fonetik sisteminə uyğunlaşdırılmış və dildə sabitləşmişdir. Milli mətbuat və maarifçilik hərəkatı terminoloji şüurun formalaşmasına təsir etmişdir (Axundov, 1980).

Azərbaycanda Xalq Cümhuriyyəti dövrü (1918-1920) hərbi terminlərin formalaşmasında mühüm mərhələdir. Bu dövrdə Milli Ordunun yaranması ilə terminoloji sistem milliləşdirilməyə başlanmışdır. Bu dövrdə "Müdafiə Nazirliyi, Baş Qərargah, Hərbi nazir, əsgər, zabit" və s. kimi terminlər sənədlərdə işlənməyə başlanmışdır.

ADR dövründə termin yaradıcılığında iki istiqamət müşahidə edilir:

-Milli köklərə əsaslanan terminləşmə;

-Mövcud beynəlxalq terminlərin uyğunlaşdırılması.

Eyni zamanda, milli hərbi terminologiyanın əsası məhz bu dövrdə qoyulmuşdur.

Hərbi terminologiyanın inkişafında sovet dövrü də mühüm mərhələni təşkil edir. Bu dövr 1920-1991-ci illəri əhatə edir.

Bu dövrdə hərbi terminologiya tam şəkildə sovet-rus hərbi sistemi ilə inteqrasiya olunmuşdur. Terminlərin çox hissəsi rus dili vasitəsilə qəbul edilmişdir: diviziya, briqada, mayor, podpolkovnik, artilleriya, tank, desant və s.

Bu mərhələdə terminlərin normativləşdirilməsi mərkəzləşdirilmiş şəkildə həyata keçirilirdi. Azərbaycan dilində hərbi terminlərin əksəriyyəti rusca formaya yaxın fonetik variantda işlənirdi.

Sovet dövründə həm də hərbi terminlərin tədqiqinə diqqət yetirilmişdi. Lüğətlər hazırlanmış, elmi tədqiqatlar genişlənmişdir. Nəticədə hərbi terminologiya sistemləşmişdir.

1991-ci ildən sonra Müstəqillik dövründə Azərbaycan Respublikasının Silahlı Qüvvələrinin yaradılması yeni terminoloji mərhələnin başlanğıcı olmuşdur.

Bu mərhələdə: -bəzi terminlər milliləşdirilmiş; -bəzi rus mənşəli terminlər saxlanılmış; -NATO standartlarına uyğun yeni terminlər qəbul edilmişdir.

Məsələn: qərargah, komando, snayper, pilotsuz uçuş aparatı, xüsusi təyinatlı qüvvələr və s. "Pilotsuz uçuş aparatı" termini sintaktik model əsasında yaradılmış termin nümunəsidir.

Bu mərhələdə terminologiyanın inkişafına təsir edən əsas amillər aşağıdakılar olmuşdur:

1. Beynəlxalq hərbi əməkdaşlıq;
2. Müdafiə sənayesinin inkişafı;
3. Yeni texnologiyaların tətbiqi.

Nəticə

Aparılan araşdırma göstərir ki, Azərbaycan dilində hərbi terminologiya uzun tarixi inkişaf yolu keçmiş və müxtəlif mənbələr hesabına formalaşmış, zənginləşmişdir. Hərbi terminlər sistemi həm qədim türk dil qatına əsaslanmış, həm də müxtəlif dövrlərdə ərəb, fars, rus və ingilis dillərindən alınmalarla zənginləşmişdir. Bununla yanaşı, dilin daxili imkanları hesabına yeni terminlərin yaradılması prosesi də mühüm rol oynamışdır.

Müasir dövrdə hərbi sahənin, hərbi sənayenin inkişafı, beynəlxalq əməkdaşlıqlar Azərbaycan dilində hərbi terminologiyanın daha da təkmilləşdirilməsini və standartlaşdırılmasını aktuallaşdırır. Milli terminoloji sistemin qorunması ilə yanaşı, beynəlxalq terminlərin məqsədyönlü şəkildə mənimsənilməsi əhəmiyyət daşıyır. Beləliklə, Azərbaycanda hərbi terminologiya dinamik inkişaf edən, zənginləşən bir sistem kimi xarakterizə olunur.

Ədəbiyyat

1. Axundov, A. (1980). *Azərbaycan dili və terminologiya*. Elm.
2. Baskakov, N.A. (1960). *Türk dili tarixi*. Elm.
3. Clauson, G. (1972). *An Etymological Dictionary of Pre-Thirteenth-Century Turkish*. Clarendon Press.
4. Dəmirçizadə, Ə. (1972). *Terminologiya və dilin inkişafı*. Maarif.
5. *Drevnetyurkskii slovar'*. (1969). Nauka.
6. Ercilasun, A.B. (2004). *Türk dillerinde tarihî leksika*. Türk Dil Kurumu Yayınları.
7. Golden, P.B. (1992). *An Introduction to the History of the Turkic Peoples*. Otto Harrassowitz.
8. Kaşğari, M. (1985). Divanü lüğat-it-türk. Türk Tarih Kurumu Yayınları.
9. Qasımov, İ. (2003). *Azərbaycan dilində hərbi leksika*. Doktorluq dissertasiyası.
10. Məmmədova, S. (2016). *Azərbaycan dilində hərbi terminlərin struktur-semantik xüsusiyyətləri*. Elm.
11. Reformatski, V. (1961). *Terminology Theory and Linguistic Principles*. Nauka.
12. Tekin, T. (1968). *Orhon Inscriptions and Turkish Military Lexicon*. Indiana University Publications.

Daxil oldu: 02.12.2025
Qəbul edildi: 11.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/14-18

Aysel Qəribova
Bakı Dövlət Universiteti
tarix üzrə fəlsəfə doktoru
https://orcid.org/0009-0005-6640-1004
ayxan.aysel611@gmail.com

Səfəvi dövlətinin Mərkəzi Asiya xanlıqları ilə münasibətləri V.V.Bartoldun tədqiqatlarında (XVI–XVII əsrlər)

Xülasə

Məqalədə görkəmli rus şərqşünası Vasili Vladimiroviç Bartoldun XVI–XVII əsrlərdə Səfəvi dövlətinin Mərkəzi Asiya xanlıqları ilə münasibətlərinə dair tədqiqatları təhlil edilir. Araşdırmada V.V.Bartoldun əsərləri əsasında Səfəvi–Şeybani qarşıdurmasının mahiyyəti, Xorasanın geosiyasi və tarixi-coğrafi əhəmiyyəti, Xivə xanlığı ilə diplomatik münasibətlər və beynəlxalq ticarət yollarının rolu kompleks şəkildə qiymətləndirilmişdir. Müəllif göstərir ki, V.V.Bartold Səfəvi–Mərkəzi Asiya münasibətlərini yalnız məzhəb ziddiyyətləri çərçivəsində deyil, siyasi hakimiyyət uğrunda mübarizə, strateji ərazilərə nəzarət və iqtisadi maraqlar kontekstində izah etmişdir. Xüsusilə Xorasan bölgəsi Səfəvilər və özbək xanlıqları arasında "təmas zonası" kimi təqdim olunur və bu regionun hərbi-strateji, iqtisadi və mədəni əhəmiyyəti vurğulanır. Məqalədə 1628–1629-cu illər Xorasan hadisələri və özbək xanı Əbülqazinin Səfəvi sarayına göndərilməsi məsələsi V.V.Bartoldun şərhləri əsasında təhlil edilir, girovluq institutunun diplomatik alət kimi rolu göstərilir. Eyni zamanda, Səfəvi dövlətinin Avrasiya ticarət sistemində tranzit mövqeyi, Mərkəzi Asiya, Hindistan və Rusiya istiqamətində karvan yollarına nəzarət məsələsi araşdırılır. Nəticə etibarilə, V.V.Bartoldun metodoloji yanaşmasının – tarixi-coğrafi metod, mənbələrin tənqidi təhlili və regional baxış – Səfəvi–Mərkəzi Asiya münasibətlərinin öyrənilməsində mühüm elmi əhəmiyyətə malik olduğu müəyyən edilir.

Açar sözlər: *Səfəvi dövləti, Mərkəzi Asiya, Xorasan, V.V.Bartold, diplomatik münasibətlər, beynəlxalq ticarət*

Aysel Garibova
Baku State University
PhD in History
https://orcid.org/0009-0005-6640-1004
ayxan.aysel611@gmail.com

Safavid Relations with the Central Asian Khanates in the Studies of V.V. Bartold (16th–17th centuries)

Abstract

This article examines the studies of Vasili Vladimirovich Bartold concerning the relations between the Safavid state and the Central Asian khanates in the sixteenth and seventeenth centuries. Drawing upon Bartold's works, the research analyzes the nature of the Safavid-Shaybanid confrontation, the geopolitical and historical-geographical significance of Khorasan, diplomatic relations with the Khanate of Khiva, and the role of international trade routes. The study demonstrates that Bartold interpreted Safavid-Central Asian relations not merely within the framework of sectarian conflict, but in the broader context of political rivalry, control over strategic territories, and economic interests. Khorasan is presented as a key "contact zone" between the Safavids and the Uzbek rulers, distinguished by its military-strategic, economic, and cultural importance.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Particular attention is devoted to the events of 1628–1629 in Khorasan and the transfer of Abulghazi to the Safavid court, highlighting the function of hostage practices as an instrument of diplomacy. The article also explores the Safavid state's transit position within the Eurasian trade network and its control over caravan routes linking Central Asia with India and Russia. In conclusion, Bartold's methodological approach – characterized by historical-geographical analysis, critical use of sources, and a regional perspective – remains of significant scholarly value for the study of Safavid-Central Asian relations.

Keywords: *Safavid state, Central Asia, Khorasan, V.V. Bartold, diplomatic relations, international trade*

Giriş

Səfəvi dövlətinin tarixi həm Azərbaycan tarixşünaslığında, həm də dünya şərqşünaslıq elmində geniş şəkildə araşdırılmışdır. Bu istiqamətdə mühüm xidmətləri olan tədqiqatçılar sırasında Vasili Vladimiroviç Bartold (1869-1930) xüsusi yer tutur. O, şərqşünas, türkoloq alim, tarixçi olaraq rus şərqşünaslıq məktəbinin banilərindən biri hesab edilir. V.V.Bartoldun Yaxın və Orta Şərq xalqlarının tarixi, coğrafiyası, mədəniyyəti, ədəbiyyatı və dininə aid 400-dən çox əsəri vardır. Onun əsərlərində Mərkəzi Asiya və Azərbaycan tarixinin qarşılıqlı əlaqələri, xüsusilə XVI–XVII əsrlərdə Səfəvi–Özbək münasibətləri, Xorasan məsələsi və beynəlxalq ticarət yollarının rolu ətraflı şəkildə təhlil edilmişdir. Bu məsələlərin sistemli şəkildə araşdırılmasında xüsusi rol oynayan Bartold öz əsərlərində Səfəvi–Şeybani qarşıdurması, Xorasan bölgəsinin geosiyasi əhəmiyyəti, Xarəzm (Xivə) xanlığı ilə münasibətlər, Mərkəzi Asiyanın yerli xan sülalələri ilə diplomatik münasibətləri və digər məsələlər kompleks şəkildə təhlil edilmişdir. V.V.Bartold mövzunu yalnız hadisələrin təsviri ilə məhdudlaş-dırmamış, siyasi, iqtisadi və coğrafi amillərin qarşılıqlı təsirini göstərməyə çalışmışdır.

Tədqiqat

Bartoldun əsərlərinin təhlili. Bartoldun "Xəzər sahili vilayətlərin müsəlman dünyası tarixində rolu" və "Şeybanilər" adlı əsərlərində Səfəvi dövləti ilə Mərkəzi Asiya xanlıqları – xüsusilə Buxara və Xivə arasında siyasi münasibətlərə toxunulmuşdur. Müəllif göstərirdi ki, Səfəvi–Şeybani qarşıdurması təkcə məzhəb ziddiyyətləri ilə deyil, həm də Xorasan kimi strateji əhəmiyyətli bölgəyə nəzarət uğrunda mübarizə ilə bağlı idi. Xorasan həm hərbi-strateji, həm də iqtisadi baxımdan Səfəvilər və Mərkəzi Asiya arasında körpü rolunu oynayır, bu bölgəni "təmas zonası" kimi də qiymətləndirirdi. Xorasanın Orta Asiya ilə Səfəvilər arasında strateji körpü olması, iri şəhər mədəniyyətinə və iqtisadi potensiala malik olması, həmçinin, böyük karvan yollarının qovşağında yerləşməsi bu bölgənin əhəmiyyətini daha da artırırdı (Qəribova, 2025, s. 220–221). Belə ki, Mərv, Herat, Məşhəd və Nişapur kimi şəhərlər yalnız hərbi istehkam deyil, həm də elm, sənətkarlıq və ticarət mərkəzləri idi. Bu şəhərlərə nəzarət regionda hegemonluq demək idi.

Bartoldun "İranın tarixi-coğrafi icmalı" əsərində Səfəvi dövlətinin tərkibində olan Xorasan vilayətinin – Mərv, Herat, Məşhəd, Nişapur kimi mühüm şəhərlərin – tarixi-coğrafi təsviri verilmişdir. Müəllif bu şəhərlərin siyasi sərhədlərini, əhalisini, iqtisadi potensialını və xüsusilə beynəlxalq ticarət marşrutları üzərində yerləşməsini vurğulayırdı. Onun təhlilinə görə, Xorasan yalnız sərhəd bölgəsi deyil, həm də Mərkəzi Asiya ilə Səfəvi dövləti arasında iqtisadi və mədəni təmas məkanı idi. Müəllif Xorasanın sərhədlərini, əsas yaşayış məntəqələrini və yollarını göstərərək belə nəticəyə gəlir ki, bu bölgə Səfəvi dövlətinin Mərkəzi Asiya siyasətinin açar nöqtəsi olmuşdur. Onun təhlilində diqqət çəkən cəhət budur ki, siyasi hadisələr coğrafi mühitdən ayrılıqda təqdim edilmir. Mərv və Heratın müdafiə qabiliyyəti, səhralıq zonaların hərbi yürüşlərə təsiri, su mənbələrinin və karvan yollarının hərbi-strateji rolu kimi amillər hadisələrin izahında mühüm yer tutur. Bu baxımdan Bartoldun yanaşması klassik siyasi tarixçilikdən fərqli olaraq daha çox tarixi-coğrafi məktəbin xüsusiyyətlərini əks etdirir.

Bartoldun tədqiqatlarında, əsasən də "Türkmən xalqının tarixi oçerki" əsərində xüsusi diqqət çəkən məsələlərdən biri 1628–1629-cu illər Xorasan hadisələri ilə bağlıdır. O, Şah I Abbasın (1587-1629) ölümündən sonra bölgədə yaranmış qeyri-sabitliyi, siyasi qarışıqlığı, Xivə xanı İsfəndiyar xan və qardaşı Əbülqazi xanın yürüşlərini və Səfəvilərin onlara qarşı diplomatik addımlarını, eləcə də

hərbi fəaliyyətini təhlil etmişdir. Bartoldun təsvirinə görə, İsfəndiyar xan Xorasan qiyamının məsuliyyətini qardaşı Əbülqazinin üzərinə ataraq onu girov kimi Səfəvi sarayına göndərmişdi (Bartold, 1964, s. 51). Bu hadisə zahirdə itaət aktı kimi təqdim olunsa da, əslində, Xarəzm daxilində hakimiyyət uğrunda mübarizənin nəticəsi idi. İsfəndiyar xan bununla həm öz hakimiyyətini möhkəmləndirmiş, həm də Səfəvi sarayı ilə münasibətləri yumşaltmağa çalışmışdı.

Əbülqazinin Səfəvi sarayına göndərilməsi və onun 1629–1639-cu illərdə Səfəvi ərazisində saxlanılması iki dövlət arasında münasibətlərin sabitləşməsinə xidmət etmişdir. Bartold qeyd edir ki, Səfəvi hökmdarı onu ehtiramla qəbul etmiş, İsfahanda yaşamasına icazə vermiş və maddi təminat ayırmışdı (Bartold, 1964, s. 56). Bu fakt Səfəvi diplomatiyasının praqmatik və hadisələrin realist olaraq qəbul edilməsi xarakterini göstərir. Səfəvi sarayı Xivə ilə münasibətləri daha da gərginləşdirməmək üçün girovluq institutundan siyasi alət kimi istifadə etmişdir. Burada diqqətəlayiq məqam ondan ibarətdir ki, Bartold hadisəni yalnız itaət aktı kimi deyil, həm də Xarəzm daxilində hakimiyyət mübarizəsinin nəticəsi kimi qiymətləndirir. Bu, onun siyasi proseslərə çoxşaxəli yanaşmasının göstəricisidir.

Bartoldun yanaşmasına görə, XVI–XVII əsrlərdə Səfəvi–Mərkəzi Asiya münasibətləri yalnız hərbi-siyasi müstəvidə məhdudlaşmırdı. Bu dövrdə Buxara, Xivə və Bəlxdən çıxan karvan yolları Səfəvi ərazisindən keçərək Hindistana, Qazax çöllərinə, Noqay ordasına, Sibirə və Qaşqara qədər uzanırdı. Eyni zamanda, İran ipəyi və digər mallar Mərkəzi Asiya bazarlarına daşınırdı. Bartoldun qeyd etdiyi kimi, Səfəvi dövləti ilə ticarət əlaqələri qurmağa çalışan yalnız Avropa tacirləri deyildi; rus tacirləri də Hindistana çıxış əldə etmək məqsədilə Mərkəzi Asiya və Səfəvi üzərindən keçən yolları ələ almağa çalışırdılar. Bu isə Səfəvi dövlətini Avrasiya ticarət sistemində mühüm tranzit gücə çevirirdi. Belə ki, Səfəvilərin mərkəzi mövqeyi Şərq ilə Qərb, eləcə də Şimal ilə Cənub istiqamətlərini birləşdirən əsas ticarət yollarına nəzarət etmək imkanına malik idi. Xüsusilə Orta Asiya, Qafqaz, Anadolu və Hindistan istiqamətində hərəkət edən karvan yollarının kəsişmə nöqtəsində yerləşməsi Səfəviləri beynəlxalq ticarət şəbəkəsinin mühüm qovşaqlarından birinə çevirmişdi (Islamova, 2025, s. 736). V.V.Bartold yazırdı ki, Avropa tacirlərindən başqa rus tacirləri də Hindistana çıxış əldə etmək üçün Mərkəzi Asiya və Səfəvi üzərindən keçən marşrutlardan istifadə etməyə çalışırdılar (Bartold, 1963, s. 56). V.V.Bartoldun tədqiqatları göstərir ki, Səfəvi–Mərkəzi Asiya münasibətləri üç əsas istiqamətdə inkişaf etmişdir:

1. Siyasi-hərbi mübarizə – xüsusilə Xorasan uğrunda rəqabət;
2. Diplomatik münasibətlər və girovluq praktikası – münaqişələrin tənzimlənməsi vasitəsi kimi;
3. Ticarət və beynəlxalq kommunikasiya şəbəkələri – Səfəvilərin Mərkəzi Asiya ilə iqtisadi inteqrasiyası.

Vasily Vladimirovich Bartold tərəfindən ticarətlə bağlı irəli sürülən bu fikirlər XVI–XVII əsrlərdə Avrasiya məkanında formalaşan yeni ticarət-geosiyasi reallıqlar kontekstində qiymətləndirilməlidir. Müəllifin qeyd etdiyi kimi, Avropalı tacirlərlə yanaşı rus tacirlərinin də Hindistana çıxış əldə etmək üçün Mərkəzi Asiya və Səfəvi dövləti ərazisindən keçən marşrutlara maraq göstərməsi bir neçə mühüm amillə bağlı idi.

Əvvəla, bu təşəbbüs dünya ticarət sistemində baş verən struktur dəyişikliklərinin nəticəsi idi. XV əsrin sonlarından etibarən dəniz yollarının – xüsusilə Ümid burnu vasitəsilə Hind okeanına çıxışın – açılması Avropa dövlətlərinin Hindistan ticarətində fəallığını artırmışdı. Lakin quru yolları, xüsusilə ipək və ədviyyat ticarəti baxımından, öz əhəmiyyətini hələ də qoruyurdu. Rusiya üçün isə isti dənizlərə birbaşa çıxışın olmaması alternativ marşrutların axtarışını zəruri edirdi. Bu baxımdan Volqa–Xəzər hövzəsi və Mərkəzi Asiya istiqaməti mühüm tranzit xətti kimi nəzərdən keçirilirdi.

İkincisi, rus tacirlərinin Mərkəzi Asiya və Səfəvi ərazisi üzərindən Hindistana çıxmaq istəyi Moskva dövlətinin iqtisadi və siyasi ekspansiya strategiyası ilə bağlı idi. Bu marşrut Rusiyaya həm Şərq bazarlarına birbaşa çıxış, həm də Orta Asiya xanlıqları və İranla iqtisadi əlaqələrin gücləndirilməsi imkanı verirdi. Beləliklə, ticarət yalnız iqtisadi deyil, həm də diplomatik və geosiyasi alət funksiyası daşıyırdı.

Üçüncüsü, Səfəvi dövlətinin coğrafi mövqeyi burada həlledici rol oynayırdı. İran yaylası Mərkəzi Asiya ilə Hindistan arasında körpü rolunu oynayır, Xəzər dənizi vasitəsilə Volqa hövzəsinə bağlanırdı. Bu isə Səfəvi dövlətini Avrasiya quru ticarət şəbəkəsində strateji tranzit mərkəzinə

çevirirdi. Rus tacirlərinin bu marşrutdan istifadə etmək istəyi dolayısı ilə Səfəvi dövlətinin beynəlxalq ticarət sistemində oynadığı mühüm rolu təsdiqləyir.

Nəhayət, Bartoldun bu qeydi Şimal–Cənub istiqamətli ticarət əlaqələrinin erkən formalarının mövcudluğunu göstərir. Bu marşrutlar sonrakı dövrlərdə formalaşacaq Rusiya–İran–Hindistan iqtisadi əlaqələrinin ilkin tarixi əsaslarını təşkil etmişdir. V.V.Bartoldun fikri təkcə rus tacirlərinin təşəbbüsünü deyil, bütövlükdə XVI–XVII əsrlərdə Avrasiya məkanında ticarət yolları uğrunda rəqabətin və Səfəvi dövlətinin bu prosesdəki tranzit-strateji rolunun əhəmiyyətini əks etdirir.

Belə bir geostrateji mövqe Səfəvilərin iqtisadi potensialını artırmaqla yanaşı, dövlətin fiskal siyasəti baxımından da əhəmiyyətli rol oynayırdı. Ticarət yollarına nəzarət gömrük rüsumlarının toplanması, karvan təhlükəsizliyinin təmin olunması və bazar münasibətlərinin tənzimlənməsi baxımından siyasi hakimiyyətə mühüm üstünlüklər verirdi. Beləliklə, şəhərin İran yaylasının mərkəzində yerləşməsi onu beynəlxalq ticarətin əsas düyün nöqtəsinə çevirmişdir.

V.V.Bartoldun tədqiqatlarının əhəmiyyəti. Şərqşünas alim Vasili Vladimiroviç Bartoldun Səfəvi–Mərkəzi Asiya münasibətlərinə dair araşdırmaları yalnız faktoloji zənginliyi ilə deyil, həm də tətbiq etdiyi metodoloji yanaşma ilə seçilir. Onun tədqiqatlarının elmi əhəmiyyəti bir neçə əsas istiqamətdə özünü göstərir. Əvvəla, V.V.Bartold siyasi hadisələri coğrafi mühitdən ayrı təsəvvür etmirdi. O, tarixi prosesləri konkret məkan daxilində araşdıraraq siyasi qarşıdurmaların, yürüşlərin və diplomatik münasibətlərin formalaşmasında coğrafi amillərin rolunu xüsusi vurğulayırdı. Xorasanın sərhəd bölgəsi kimi strateji mövqeyi, karvan yollarının istiqaməti, şəhərlərin iqtisadi potensialı və təbii-coğrafi şərait Bartold üçün sadəcə fon deyil, hadisələrin mahiyyətini müəyyən edən əsas faktorlardan idi. Bu baxımdan onun yanaşması tarixi-coğrafi metodun uğurlu tətbiqi kimi qiymətləndirilə bilər. İkincisi, Bartold mənbələrə tənqidi münasibəti ilə fərqlənirdi. O, fars, türk və ərəb mənbələrini müqayisəli şəkildə təhlil edir, məlumatlar arasındakı ziddiyyətləri üzə çıxarır və hadisələrin rəsmi təsviri ilə siyasi reallıq arasındakı fərqi göstərməyə çalışırdı. Xüsusilə Xorasan hadisələri və Əbülqazinin Səfəvi sarayına göndərilməsi məsələsində o, mənbələrin təqdim etdiyi "itaət aktı" izahını daha geniş siyasi kontekstdə şərh etmişdir. Bu yanaşma hadisələrin təkcə ideoloji deyil, real hakimiyyət mübarizəsi çərçivəsində dəyərləndirilməsinə imkan verir. Üçüncüsü, Bartold regional yanaşmanı üstün tutaraq Səfəvi dövlətini yalnız İran tarixi çərçivəsində deyil, bütövlükdə Avrasiya məkanında baş verən proseslərin tərkib hissəsi kimi nəzərdən keçirirdi. O, Səfəvi–Şeybani qarşıdurmasını Orta Asiya, Rusiya, Hindistan və Osmanlı istiqamətlərində baş verən siyasi və iqtisadi dəyişikliklərlə əlaqələndirirdi. Bu isə Səfəvi dövlətinin beynəlxalq münasibətlər sistemində tutduğu yeri daha obyektiv qiymətləndirməyə imkan verirdi. Nəhayət, Bartold məzhəb faktorunu hadisələrin yeganə izah vasitəsi kimi qəbul etmirdi. Şiə–sünni qarşıdurmasının mövcudluğunu inkar etmədən, o, siyasi və iqtisadi maraqların, xüsusilə Xorasan və ticarət yollarına nəzarət məsələsinin daha həlledici rol oynadığını göstərirdi. Bu yanaşma tarixşünaslıqda uzun müddət üstünlük təşkil etmiş konfessional izah modelinin nisbiləşdirilməsi baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır. Bütün bunları nəzərə alaraq, onu qeyd edək ki, Bartoldun metodoloji yanaşması Səfəvi–Mərkəzi Asiya münasibətlərinin tədqiqini klassik siyasi tarix çərçivəsindən çıxararaq onu struktur, sistem və regional qarşılıqlı təsir modeli daxilində təhlil etməyə imkan vermişdir. Bu xüsusiyyətlər onun araşdırmalarını bu gün də aktual və nəzəri baxımdan dəyərli edir.

Nəticə

Vasilii Vladimiroviç Bartoldun tədqiqatları göstərir ki, XVI–XVII əsrlərdə Səfəvi dövləti ilə Mərkəzi Asiya xanlıqları arasında münasibətlər təsadüfi və epizodik xarakter daşımamış, müəyyən geosiyasi və iqtisadi qanunauyğunluqlar çərçivəsində formalaşmışdır. Bu münasibətlərin əsasını ilk növbədə Xorasan uğrunda gedən geosiyasi rəqabət təşkil edirdi. Xorasan həm sərhəd bölgəsi, həm də mühüm hərbi-strateji və iqtisadi mərkəz kimi Səfəvi–Özbək qarşıdurmasının əsas obyektinə çevrilmişdi. Bununla yanaşı, diplomatik manevrlər və girovluq praktikası iki tərəf arasında münasibətlərin tənzimlənməsində mühüm vasitə rolunu oynayırdı. Xivə və digər Mərkəzi Asiya hakimlərinin şah sarayına girov göndərməsi təkcə formal itaət jesti deyil, həm də qarşılıqlı güc balansının qorunmasına xidmət edən siyasi alət idi. Bartold bu cür hadisələri geniş siyasi kontekstdə

şərh edərək onların arxasında dayanan real hakimiyyət və maraq faktorlarını ön plana çəkmişdir. Eyni zamanda, beynəlxalq ticarət və tranzit yollarına nəzarət məsələsi Səfəvi–Mərkəzi Asiya münasibətlərinin iqtisadi əsasını təşkil edirdi. İran ərazisindən keçən karvan yolları Orta Asiya, Hindistan, Rusiya və Qafqaz istiqamətlərini birləşdirir, bu isə Səfəvi dövlətini Avrasiya ticarət sistemində mühüm aktora çevirirdi. Beləliklə, Bartold bu münasibətləri yalnız regional sərhəd qarşıdurması kimi deyil, Avrasiya məkanında formalaşan geniş güc balansının tərkib hissəsi kimi qiymətləndirmişdir. Onun araşdırmaları Səfəvi dövlətinin Mərkəzi Asiya ilə əlaqələrinin siyasi, iqtisadi və coğrafi aspektlərini kompleks şəkildə dəyərləndirməyə imkan verir və bu baxımdan müasir tarixşünaslıq üçün də aktual elmi əhəmiyyətini qoruyub saxlayır.

Ədəbiyyat

1. Ağayev, R.Ə. (2004). *Azərbaycan və Mərkəzi Asiya dövlətlərinin qarşılıqlı münasibətləri (XV-XVI əsrlər).* Kür.
2. *Azərbaycan tarixi (ən qədim zamanlardan XXI əsrin ilk onilliklərinə qədər).* (2014). M.Q.Abdullayevin elmi redaktəsi ilə. Bakı Universiteti nəşriyyatı.
3. *Azərbaycan tarixi*. (1999). 7 cilddə, III cild, Elm.
4. *Azərbaycan tarixi. Uzaq keçmişdən 1870-ci ilə qədər.* (1996). Azərbaycan.
5. Bartol'd, V.V. (1903). *Istoriko-geograficheskij obzor Irana*. Tipografiya V.Kirshbauma.
6. Bartol'd, V.V. (1925). *Mesto Prikaspijskih oblastej v istorii musul'manskogo mira*. Tipografiya V.Kirshbauma.
7. Bartol'd, V.V. (1963). *Ocherk istorii turkmenskogo naroda: Sochineniya*. t.II, ch.1. Nauka.
8. Bartol'd, V.V. (1964). *Shejbanidy: Sochineniya*. t. 2, ch. 2. Nauka.
9. Bartold, V.V. (1999). *Müsəlman dünyası tarixində Xəzəryanı bölgələrin yeri*. Elm.
10. İslamova, Z. (2025). The Waqf System in Safavid Isfahan: Religious Authority, Urban Development, and Socio-Economic Transformation. *Architecture Image Studies, 6*(4), 734–748. https://doi.org/10.62754/ais.v6i4.677
11. Ivanov, M.S. (1952). *Ocherk istorii Irana*. Politicheskaya Literatura.
12. Karryev, A., Moshkova, V.G., Nasonov, A.N., Yakubovskij, A.YU. (1954). *Ocherki iz istorii turkmenskogo naroda i Turkmenistana v VIII-XIX vv*. Nauka.
13. *Kniga Orudzh-beka Bajata don-Zhuana Persidskogo*. (1988). Perevod s anglijskogo, vvedenie i komentarii d.i.n. Oktaya Ehfendieva, k.i.n. Akifa Farzalieva. Yazychy.
14. Qəribova, A. (2025). Xarəzm hakimlərinin Səfəvi dövləti ilə münasibətləri və "Xorasan qiyamı" (1629-1630). *"Gəncədən başlayan dövlətçilik sələnaməsi" mövzusunda respublika elmi konfransın materialları*. Elm.
15. *Puteshestvenniki ob Azerbajdzhane*. (1961). t.1, Sostavil Z.I.Yampol'skij, AN Azerb. SSR.
16. Rahmani, A.A. (1960). *"Tarih-i alam araj-i AbbasI" kak istochnik po istorii Azerbajdzhana*. AN Azerb. SSR.

Daxil oldu: 07.12.2025
Qəbul edildi: 10.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/19-31

Gunel Mammadova
Azerbaijan State Pedagogical University
https://orcid.org/0000-0002-6248-9265
gunelmemmedova2806@gmail.com

The Current State of Preparing Future Primary School Teachers for Research Activities and Ways of its Improvement

Abstract

The development of education creates an essential foundation for improving the welfare of the global population as well as enhancing individual quality of life. Education enables people to acquire modern technologies more rapidly, secure a respectable position in the labour market, actively participate in lifelong learning, maintain a healthy lifestyle, and demonstrate a responsible attitude toward the environment. The role of education in society is not limited to transforming students' knowledge and skills into economic capital; it also functions as an important social institution that contributes to the comprehensive development of individuals and overall social progress. Preparing future primary school teachers for teaching and research activities involves the formation of research skills as well as the development of motivational-value, informational-content, and practical activity components. The content of this preparation includes the acquisition of the knowledge, skills, and competencies necessary for future teachers to conduct effective scientific and pedagogical activities in primary schools. The main purpose of this process is to familiarize future teachers with new scientific achievements in the subjects they teach, create a healthy, engaging, and motivating learning environment, effectively apply diverse methods and modern teaching technologies, and ultimately ensure the provision of quality education. Studying the opportunities and methods for developing the professional competencies of future primary school teachers, as well as determining the pedagogical model of this process, remains one of the current problems of pedagogical theory and practice. The relevance of the research is determined by the need to identify a pedagogical model and implementation mechanisms that ensure the development of professional competencies among future primary school teachers.

Keywords: *prospective primary school teachers, pedagogical higher education, teacher professional competence, research skills, teacher education*

Günel Məmmədova
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
https://orcid.org/0000-0002-6248-9265
gunelmemmedova2806@gmail.com

Gələcək ibtidai sinif müəllimlərinin tədqiqat fəaliyyətinə hazırlığının müasir vəziyyəti və onun təkmilləşdirilməsi yolları

Xülasə

Təhsilin inkişafı qlobal əhalinin rifahının yüksəldilməsi, həmçinin, fərdi həyat keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması üçün mühüm zəmin yaradır. Təhsil insanlara müasir texnologiyaları daha tez mənimsəməyə, əmək bazarında layiqli mövqe tutmağa, ömürboyu təhsil prosesində fəal iştirak etməyə, sağlam həyat tərzi sürməyə və ətraf mühitə məsuliyyətli münasibət göstərməyə imkan verir. Cəmiyyətdə təhsilin rolu yalnız şagirdlərin bilik və bacarıqlarının iqtisadi amilə çevrilməsi ilə məhdudlaşmır; o, eyni zamanda şəxsiyyətin hərtərəfli inkişafına və sosial tərəqqiyə xidmət edən mühüm sosial institutdur.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Gələcək ibtidai sinif müəllimlərinin tədris və tədqiqat fəaliyyətinə hazırlanması onların tədqiqatçılıq bacarıqlarının formalaşdırılmasını, motivasiya-dəyər, informasiya-məzmun və praktik fəaliyyət komponentlərinin inkişafını nəzərdə tutur. Bu hazırlığın məzmunu gələcək müəllimlərin ibtidai məktəblərdə səmərəli elmi-pedaqoji fəaliyyət göstərə bilmələri üçün zəruri olan bilik, bacarıq və kompetensiyaların mənimsənilməsini əhatə edir. Bu prosesin əsas məqsədi gələcək müəllimləri tədris etdikləri fənlər üzrə yeni elmi nailiyyətlərlə tanış etmək, sağlam, cəlbedici və motivasiyaedici təlim mühiti yaratmaq, müxtəlif metod və müasir təlim texnologiyalarından səmərəli istifadə etmək və nəticə etibarilə keyfiyyətli təhsilin təmin edilməsinə nail olmaqdır. Gələcək ibtidai sinif müəllimlərinin peşəkar kompetensiyalarının inkişaf etdirilməsi imkanlarının və metodlarının öyrənilməsi, eləcə də bu prosesin pedaqoji modelinin müəyyənləşdirilməsi pedaqoji nəzəriyyə və təcrübə üçün aktual problemlərdən biri olaraq qalmaqdadır. Tədqiqatın aktuallığı gələcək ibtidai sinif müəllimlərində peşəkar kompetensiyaların inkişafını təmin edən pedaqoji modelin və onun tətbiq mexanizmlərinin müəyyənləşdirilməsi ilə şərtlənir.

Açar sözlər: *gələcək ibtidai sinif müəllimləri, ali pedaqoji təhsil, peşəkar kompetensiya, tədqiqatçılıq bacarıqları, müəllim hazırlığı*

Introduction

The normative documents regulating the content of higher pedagogical education emphasize the importance of such concepts as research-oriented teacher, competent teacher, professional teacher, creative teacher, and the formation of a creative activity style in future teachers. This is because the formation of a personality that "is aware of his or her responsibility, respects the principles of democracy, national traditions, and human rights and freedoms, adopts the ideas of Azerbaijanism, and demonstrates independent and creative thinking" (Republic of Azerbaijan…, 2013) is directly related to the preparation of a professional, competent, and creative primary school teacher distinguished by academic skills, professional expertise, teaching experience, and research competence. For this reason, the transformation of higher pedagogical institutions into education-research-innovation centers have been envisaged to prepare a new generation of competitive pedagogical personnel (Republic of Azerbaijan…, 2013). The Primary School Teacher Education Programme, approved in 2020, provides that future primary school teachers acquire 14 pedagogical skills (Ibrahimov, 2010).

The competencies that should be developed in future primary school teachers during the teaching of pedagogical disciplines can be summarized as follows:

1. the ability to organize the teaching process in diverse socio-cultural contexts;
2. the ability to design, implement, evaluate, and improve the pedagogical process;
3. the ability to master the technology of curriculum development and use it to shape the content of the pedagogical process;
4. the ability to analyze the content of experimental curricula and textbooks, modify the proposed material, and select and adapt additional materials in accordance with contemporary educational requirements.

As the social expectations placed on teachers have changed, different models of the teacher have emerged. A modern teacher is characterized by the ability to equip students with new skills, support the realization of their potential, create intrinsic motivation for learning, and assist them in achieving success. Such a teacher studies students' learning needs and selects appropriate content and methods, adopts innovative approaches to the organization of the pedagogical process, integrates teaching technologies, and intensifies learning by actively engaging students. In addition, the modern teacher is committed to continuous professional development and is capable of creating an engaging and interactive learning environment through the use of online resources and digital platforms. The modern teacher model prioritizes student-centered learning and lifelong professional growth. Within this framework, particular importance is attached to the development of research skills among future teachers. Their ability to think independently and creatively, conduct independent investigations, and apply research findings in the teaching process is considered essential. Why is research competence

regarded as one of the seven key abilities of future primary school teachers? A primary school teacher must possess research skills for several reasons. First, teachers need to follow recent developments and emerging trends in primary education and remain informed about advances in the pedagogy of primary education. This enables them to update their scientific and methodological knowledge and apply new methods and strategies in their professional practice. Research competence also helps teachers identify the changing learning needs of their students, design appropriate strategies, and adopt the best practices in teaching. Second, engaging in research allows primary school teachers to continuously develop their knowledge and professional skills. Third, research competence supports teachers in selecting effective teaching methods, reflecting on new approaches, and making evidence-based decisions in the teaching process. Fourth, teachers who conduct research improve their teaching practices by studying advanced educational experiences, which ultimately contributes to higher levels of student learning outcomes. Fifth, research conducted by primary school teachers enables them to better understand students' individual learning needs as well as their strengths and weaknesses, thereby facilitating differentiated instruction. Sixth, unlike traditional training courses, teacher research is self-directed, which significantly contributes to the development of professional competence. Seventh, teachers who share the results of their research enrich pedagogical theory with practical ideas. Eighth, teaching practices based on personal research help identify effective teaching strategies and innovative instructional technologies and support the development of engaging forms of assessment. Finally, when primary school teachers engage in research, they model a culture of lifelong learning both for themselves and for their students. By demonstrating how to ask questions, seek answers, and critically analyzes information, teachers inspire students to become independent and creative thinkers.

Research

The development of research competence among future primary school teachers should be implemented within the educational process of higher pedagogical institutions. Practice shows that although future teachers acquire knowledge in social and philosophical disciplines, pedagogical and psychological subjects, specialized courses, and their teaching methodologies within a 210-credit programme, and develop professional skills, they are often not sufficiently prepared for scientific research activities.

The research revealed that not only students but also the majority of primary school teachers who participated in the interviews were not adequately prepared for creative research activities. Their theoretical, practical, and methodological preparation does not fully meet the requirements expected of a modern research-oriented teacher. University instructors who participated in the interviews attributed this situation mainly to the low level of motivation among future primary school teachers.

Naturally, both objective and subjective factors contribute to the insufficient development of research skills among students as well as practicing primary school teachers, and to the difficulties they experience when applying theoretical knowledge in the pedagogical process. Research competence should begin to be developed in students from the early years of primary education and should continue to be strengthened in the subsequent stages of schooling. Unfortunately, the initial understanding of research skills that pupils acquire in primary school is not sufficiently developed in later grades. In upper grades, students spend a significant portion of their time memorizing test materials during private tutoring sessions. As a result, they have little time to conduct independent research, analyze and compare results, or engage in creative thinking. Consequently, many future teachers entering the first year of higher pedagogical education lack research skills.

In order to study the level of preparation of students majoring in Primary School Teaching for educational and research activities, the methods of comparative historical analysis, analysis and synthesis, modelling, and the study and generalization of pedagogical experience were employed. Through the application of these methods, we sought to examine both the theoretical and practical aspects of preparing future primary school teachers for educational and research activities. Since future primary school teachers are engaged not only in scientific research but also in pedagogical practice, they are required to integrate these two forms of activity. Systematic and continuous research ensures the effective organization of pedagogical activity, while productive pedagogical practice

contributes to the development of research competence. Therefore, a close interrelationship exists between these two types of activity.

In accordance with the objectives of the diagnostic stage of the experiment, diagnostic interviews, surveys, and analyses were conducted to determine the level of research skills among students majoring in Primary School Teaching at Azerbaijan State Pedagogical University, Baku Slavic University, and Baku Girls University. A total of 270 students participated in the survey: 220 students from Azerbaijan State Pedagogical University (200 studying in Azerbaijani and 20 studying in English), 26 students from Baku Slavic University, and 24 students from Baku Girls University.

While systematic observations were conducted with students studying Primary School Teaching at Azerbaijan State Pedagogical University, interviews were carried out with students at the other higher education institutions, and they were asked to respond to survey questions. In order to ensure accurate diagnosis, both group and individual questionnaires were administered. In addition, students were given various test tasks, creative assignments, and control tasks. The results of students' academic, practical, and creative activities were analyzed comprehensively. The tasks presented to future primary school teachers in both the experimental and control groups were identical in content and scope. In order to determine the level of research competence among students, the following criteria were considered appropriate.

Criteria for Assessing Research Skills

Table 1.3.1
Criteria for Assessing Research Skills

Criterion	Very High	High	Satisfactory	Unsatisfactory
Orientation (motivation for activity)	The activity is based on socially significant motives, and the development of students' research skills relies on conscious orientation.	The activity is based on strong motivation and recognition of the importance of developing students' research skills.	The activity is based on contradictory motives, and awareness of the formation of research skills is unstable.	No attention is paid to the development of research skills among students.
Completeness	Fully masters the content of research skills and can provide precise explanations of each of them.	Is knowledgeable about research skills but demonstrates some inaccuracies when explaining them.	Has general knowledge of the skills but requires additional clarification when explaining their essence.	Experiences difficulty in identifying key research skills and cannot explain their essence.
Accuracy	Correctly applies research skills.	Easily eliminates shortcomings encountered during the research process.	Applies necessary skills but has difficulty correcting errors.	Does not apply research skills correctly.
Awareness (conscious scientific activity)	Explains the structural components of the skills, provides examples, and applies them consciously.	Explains the content of the skills but characterizes their structural components inaccurately.	Experiences difficulty explaining structural components and content and providing examples.	Cannot explain the structural components using examples.
Effectiveness	Effectively applies research skills in pedagogical practice and demonstrates excellent pedagogical and psychological knowledge.	Skillfully uses them in practice and applies psychological, pedagogical, and subject knowledge.	Applies them correctly in some cases but makes mistakes when using psychological and pedagogical knowledge.	Skills are applied incorrectly and serious errors occur.
Rationality	Applies skills in a rational manner.	Generally, uses skills rationally.	Applies them with certain corrections.	Skills are not used rationally.
Connection with other skills	Applies research skills in combination with other pedagogical skills in an integrated manner.	Uses them together with other selected skills.	Applies them together with other pedagogical skills in some cases.	Applies them without connection to other skills.
Time efficiency	Activities are performed on time and professionally, and the result fully corresponds to the objective.	The result corresponds to the objective and is achieved efficiently.	The result partially corresponds to the objective but is not sufficiently efficient.	The activity is unsuccessful.
Readiness for creative research activity	Masters the fundamentals of creativity theory, demonstrates a creative and research-oriented approach, and constantly engages in inquiry.	Knows the fundamentals of creativity theory but does not always use methods rationally.	Has limited knowledge of creativity theory and sometimes fails to demonstrate a creative approach.	Does not know the fundamentals of creativity theory and does not demonstrate a creative approach.

Orientation (the motive and direction of activity), completeness, accuracy, awareness (conscious scientific activity), effectiveness, rationality, connection with other skills, time efficiency, and readiness for creative research activity were adopted as the criteria for assessing research competence. Four levels were identified: 1) very high; 2) high; 3) medium; and 4) low. In addition to these criteria, the evaluation was also conducted according to the degree of students' independence during the research process, which was reflected in the following three levels:

1. the research was carried out under the direct supervision of the scientific advisor;
2. the research was conducted on the basis of a hypothesis proposed jointly with the scientific advisor;
3. the formulation of the problem, the identification of the hypothesis, and the generalization of the results were carried out independently by the student.

One of the issues to which particular attention was paid in determining these levels was the student's ability to apply the knowledge and skills acquired in pedagogy to other fields of science.

This is because integration (both interdisciplinary and intra-disciplinary) plays an important role in the development of students' research skills.

There are a number of notable studies devoted to the levels of development of research competence among both practicing and prospective teachers by scholars such as V. I. Andreyev, E. Y. Girfanov and P. N. Osipov, T. M. Talmanova, L. Sh. Abdulova, A. A. Verbitsky and N. A. Bakshayeva, and A. A. Gubaydullin, among others (Abdullova, 2009; Andreev, 1998; Girfanova & Osipov, 2006; Gubaidullin, 2011; Talmanova, 2003; Verbitskii & Bakshaeva, 2000). These studies emphasize that the main indicator for assessing the development of research competence among future teachers should be based on written academic work in pedagogical disciplines (such as student research papers, abstracts, summaries prepared for seminar topics, and similar assignments).

In order to evaluate research-oriented written assignments in pedagogy (independent work), the following criteria were adopted:

1. the number and volume of completed assignments;
2. the number of assignments completed with high quality (free from plagiarism and characterized by meaningful, coherent, and systematic content);
3. the ability to generalize the problem investigated in the written work.

The three criteria identified above were correlated with four evaluation levels: very high, high, satisfactory, and unsatisfactory. Depending on the content of the material and the didactic objectives, various types of questionnaires, diagnostic tests, and assessment and control tasks were used. During the implementation of such tasks, a group of students demonstrated high intellectual activity, creativity, purposeful and systematic work, the ability to solve problem-based tasks, and the completion of creative assignments. These qualities play a significant role in students' self-realization and personal development. For example, students were asked to respond to questions such as:

- What is the role of humanities, pedagogical-psychological, and specialized disciplines in the development of research competence?
- What pedagogical research skills should future primary school teachers acquire? What can be said about the nature of these skills?
- How do you understand a teacher's readiness for educational and research activities?
- What characteristics define a research-oriented teacher? What role can research competence play in teaching practice?
- Prepare a scientific research project on a selected topic in pedagogy (including the research problem, object, subject, purpose, hypothesis, research methods, and significance).
- Evaluate your level of readiness to use research skills in the pedagogical process on a four-point scale.

However, among another group of students, the same level of intellectual engagement and analytical thinking was not observed during the completion of assignments. These students reproduced the information learned in lectures and seminars almost verbatim, as if copying lecture

notes. The presented material repeated the same structure, sequence, and scope as found in textbooks or lecture materials.

For example, they responded to questions such as:

- List the methods of pedagogical research and briefly explain their content.
- Explain the principles of pedagogical research.
- Describe the structure of scientific research.
- What is a pedagogical experiment? What types of pedagogical experiments do you know?
- Characterise the essence of pedagogical observation.
- What types of student scientific research are you familiar with?
- Which forms and methods of instruction contribute to the development of research competence among students?

A different set of tasks was assigned to the third group of students:

1. Identify the theoretical and empirical research methods, including observation, interview, comparative historical analysis, analysis, synthesis, modelling, pedagogical experiment, survey, testing, rating, the study and generalisation of teaching practice, diagnostic assessment of test and control assignments, the analysis of school documentation, and the study of students' creative work.
2. Present the stages of formulating and solving problem-based tasks in the required sequence: verification of the correctness of the solution to the problem; formulation of the problem and creation of a problem situation; implementation of the necessary principle; use of known means to solve the problem; use of new means to solve the problem.
3. Characterise the stages of transition from elementary skills and competencies to more complex skills and competencies, and indicate which skills and competencies correspond to the first and second stages.

Stage 1

- Explanation of the meaning of the acquired skill;
- Familiarisation with the content and structure of the skill being formed;
- Organisation of practical activities necessary for acquiring the required skill;
- Application of the acquired skills in new and changing conditions.

Stage 2

- Familiarisation with the activity model (explanation and demonstration);
- Acquisition of initial skills for applying the rules;
- Improvement and development of the acquired skills;
- Application of skills and competencies in various creative and practical activities.

The implementation of such tasks activates the learning process and accelerates the acquisition of the necessary knowledge, skills, and abilities. At the same time, the level of skill development among students is assessed, learning becomes more individualized, and a student-centered learning process is organized. However, it should also be noted that it is quite difficult to accurately and comprehensively assess students' intellectual development, thinking style, logical reasoning, creativity, and intellectual capacity within this process. The fourth group of questions and tasks involved preparing answers according to the methodology adopted for computer-based instruction. For example:

1. Explain the characteristics of the stages of the teacher's creative process and the role of business games in preparing teachers for creative teaching activity.
2. Arrange the stages of the teacher's creative process in the correct sequence: development of a plan; analysis and evaluation of creative outcomes; identification of a plan aimed at solving a pedagogical task (problem); implementation of the pedagogical plan in human activity and communication.
3. Indicate the correct sequence for conducting business games in the learning process: determining the objectives of the business game; analysis and summarising the outcomes of the business game; updating knowledge in pedagogy, psychology, and subject teaching methodology; familiarisation with the rights and responsibilities of participants; understanding the course of the

game; distribution of roles among participants; participants performing their roles according to the implementation plan.

The fifth group of questions, tests, control tasks, and assessment assignments was aimed at evaluating students' knowledge, skills, abilities, and readiness for educational and research activities. For example:

- Justify the necessity of research competence in the teaching and research activities of primary school teachers.
- Determine the level of your research competence.
- Evaluate your level of scientific preparedness.
- Identify the forms and methods of teaching that play an important role in developing research skills among future primary school teachers (evaluate them using a four-point scale).
- Assess your readiness for educational and research activity (indicate the level of development of the motivational-value, informational-content, and practice-oriented components of your readiness for research activity).

Finally, practical tasks were assigned in order to determine the level of development of pedagogical research skills among future primary school teachers. For example:

- Design and solve a pedagogical problem-based task;
- Develop a programme for observing a specific pedagogical phenomenon in accordance with the stages of the observation method;
- Prepare a programme and plan for studying pedagogical practice;
- Conduct and evaluate the analysis of two or three lessons in primary classes of the base schools of Azerbaijan State Pedagogical University in order to examine different teaching methods and approaches;
- Write a creative research paper on a topic related to teaching and education.

In order to determine the dynamics of readiness for educational and research activity and to examine the problem comparatively, a survey was conducted among primary school teachers in Baku with different levels of professional experience. A total of 43 primary school teachers participated in the survey. The questions and tasks were designed to evaluate teachers' teaching and research activities and to assess the forms of instruction (lectures, seminars, laboratory classes, debates, graduation projects, course papers, independent work, educational excursions, pedagogical practice, etc.) and teaching methods (teacher explanation, interview, illustration, demonstration, assignments, instructional discussions, business games, independent work, research-oriented tasks, video methods, and others) that contribute to the development of research competence. To determine the level of preparedness of future primary school teachers for instructional and research activities and to assess the formation of their research skills, a questionnaire survey was conducted.

At the initial stage of the experiment, both prospective primary school teachers and practicing primary school teachers were asked to respond to the following questions:

1. In response to the question, "Do you consider the development of research skills in prospective primary school teachers to be an essential component of preparation for creative teaching activity?", 74% of prospective primary school teachers and 82% of practicing teachers stated that research skills constitute a necessary component of successful pedagogical activity.

2. In response to the question, "Which research skills have you acquired during your education?", teachers with different levels of professional experience identified several research skills, including analyzing scientific literature, generalizing and systematising information, conducting surveys, studying and summarising pedagogical experience, observing, formulating hypotheses, and conducting experiments. However, 16% of the teachers participating in the survey admitted that they experienced difficulty answering this question and were unable to clearly identify research skills. Instead, they emphasised the teacher's ability to design the classroom environment. The responses to this question revealed that teachers were not sufficiently informed about pedagogical research skills and their content.

In order to identify the reasons for this, recently published pedagogy textbooks and teaching manuals were analyzed.

Unlike the Pedagogy textbooks published in the 1960s-1990s by authors such as M. A. Muradkhanov, B. A. Ahmadov, N. M. Kazimov, A. Sh. Hashimov, Y. R. Talibov, A. A. Agayev, I. N. Isayev, and A. I. Eminov, the books entitled Pedagogy published in different years by A. Kh. Pashayev and F. A. Rustamov (Pashayev, 2017, p. 462), L. N. Gasimova and R. M. Mahmudova (Gasimova, 2003, p. 536), M. A. Ismikhanov (Ismikhanov, 2011, p. 236), and F. N. Ibrahimov (Ibrahimov, 2010, p. 544) place special emphasis on research ability as an important component of a teacher's pedagogical competencies.

Similarly, psychology textbooks authored by A. A. Alizadeh, M. A. Hamzayev, S. I. Seyidov, R. I. Aliyev, A. U. Mammadov, and N. Z. Chalabiyev emphasize the importance of research ability among the psychological competencies required of teachers. However, none of these educational resources provide a clear list or detailed description of teachers' research skills.

During the research process, students were asked to evaluate the significance of the following research skills, which play an important role in preparing future primary school teachers for creative professional activity. They were requested to assess each skill by placing a "+" sign in the appropriate column according to its importance (5 – very important; 4 – important; 3 – desirable; 2 – not important).

The research skills included:

1. Ability to work with primary sources;
2. Ability to obtain and summarise information;
3. Ability to critically analyse and evaluate obtained information;
4. Ability to systematise and classify phenomena;
5. Ability to draw generalisations based on collected materials;
6. Ability to interpret data and information;
7. Ability to present and summarise material in the form of reports or articles;
8. Ability to formulate and solve pedagogical problems;
9. Ability to identify and solve problems;
10. Ability to understand and justify ways of solving problems;
11. Ability to observe, collect information, and analyse it;
12. Ability to formulate and test hypotheses;
13. Ability to conduct experiments and generalise results;
14. Ability to use pedagogical research methods;
15. Ability to exercise self-control and self-correction;
16. Ability to express opinions regarding research results;
17. Ability to study and generalise teachers' professional experience;
18. Ability to plan and organise research activities;
19. Ability to apply research results in practice;
20. Ability to conduct collaborative research;
21. Ability to deliver presentations.

The analysis of the significance level of research skills that prospective primary school teachers should acquire during their first to fourth years of study demonstrates that this dynamic increases progressively from year to year. Although first-year students do not fully understand the importance of research skills for their future teaching activities, in subsequent years they gradually recognize the necessity for teachers to possess such competencies.

Students in the final year of study develop a broader understanding of the instructional and research activities of primary school teachers and place particular importance on research skills among the teacher's professional competencies, evaluating them highly (İsmixanov & Bəxtiyarov, 2011; Paşayev & Rüstəmov, 2017; Qasımova & Mahmudova, 2003). The analysis led to the conclusion that the views of final-year students majoring in primary education regarding teachers' research skills are very close to the perspectives of practicing primary school teachers and, in some cases, even coincide with them.

Practicing teachers were asked the question: "How do your research skills influence your pedagogical activity?" The responses obtained indicated that research skills have an unequivocally positive impact on the teaching activities of primary school teachers. The answers particularly emphasized that teachers who possess research skills:

1. feel more confident in their professional competence;
2. actively participate in various training programmes and professional development courses;
3. apply teaching methods in a comprehensive and integrated manner during the instructional process;
4. continuously improve their methodological repertoire;
5. effectively plan and implement the teaching process;
6. are able to select and study relevant scientific and pedagogical literature; and
7. engage in continuous self-education.

Final-year students of the primary education programme and practicing teachers analyzed the main characteristics of research skills, the essence of pedagogical research methods, and the relationship between teachers' research skills and other professional competencies such as organizational, communicative, cognitive-scientific, perceptive, and suggestive abilities. The analysis of responses revealed a considerable difference between the knowledge content of prospective primary school teachers (final-year students) and practicing teachers regarding the significance, classification, and interrelation of research skills with other competencies. Teachers with at least 5 - 10 years of professional experience provided more comprehensive and practice-oriented responses. Only the responses of seven graduates of the master's programme "Methodology and Methods of Teaching in Primary School" and four graduates of the programme "History and Theory of Pedagogy", who were already working as primary school teachers, coincided with those of practicing teachers, which we consider natural. The inclusion of the course "Methods and Methodology of Scientific Research" in master's programmes (30 hours in total: 15 hours of lectures and 15 hours of seminars), as well as the requirement for each master's student in the final year to complete 20 hours of research practice and 20 hours of scientific-pedagogical practice, contributes to the development of research skills alongside other professional competencies.

The study revealed that in higher pedagogical institutions, the formation of scientific research skills among future primary school teachers and their preparation for instructional-research activities is not sufficiently developed. As a result, teachers who begin their professional careers often attempt to fill these gaps during the first five years of their professional practice. All these findings indicate that there are significant shortcomings in preparing future primary school teachers for research activities. Superficial answers given by prospective primary school teachers to questions such as "What is a teacher's research activity?" and "How do you understand the implementation of research skills within the pedagogical process?", their inability to systematically and sequentially list the components of research skills, and their difficulty in providing examples related to the problem confirm this conclusion.

In our view, the deficiencies in the preparation of prospective primary school teachers for scientific research and instructional-research activities can be eliminated through purposeful and systematic self-education. The development of primary school teachers as both professional educators and researchers largely depends on the level of their readiness for self-directed learning.

A total of 68% of prospective primary school teachers understand the importance of continuously improving their research skills. Furthermore, 78% of final-year students participating in the survey (majoring in primary education) claimed that during their higher pedagogical education they had acquired the necessary knowledge and skills to independently study scientific, pedagogical, and methodological literature.

Among the teachers who participated in the survey, 63% reported that they systematically improve their professional competence in order to develop themselves as teacher-researchers. To enhance their professional skills, they employ various forms of self-education, including:

1. studying and analysing scientific, pedagogical-psychological, and methodological literature;

2. participating in training programmes, professional development courses, scientific seminars, and conferences;
3. participating in forums of primary school teachers;
4. applying innovative teaching technologies and active learning methods in the instructional process;
5. conducting independent scientific research and publishing articles about their professional experience in journals such as Curriculum and Preschool and Primary Education.

During the survey, the majority of practicing teachers and prospective primary school teachers stated that at the bachelor's level of higher pedagogical education they had not sufficiently mastered independent work and research skills, and they evaluated this situation as follows.

Table 1.3.2
Results of the Questionnaire Survey on Readiness for Instructional-Research Activities

Participants	Excellent (%)	Good (%)	Satisfactory (%)	Unsatisfactory (%)	No Response (%)
Prospective primary school teachers	11	17	32	38	2
Practicing teachers	5	13	21	57	4

The results of the survey demonstrated that prospective primary school teachers do not have a clear understanding of the goals, objectives, content, and technological aspects of preparation for instructional-research activities. For the majority of respondents, only superficial perceptions of teachers' research skills have been formed. They experience difficulties in explaining the essence of research competence and in applying its various components within the teaching process.

In addition, prospective teachers are insufficiently prepared for independent work aimed at improving their scientific-pedagogical competence and enhancing their research skills. This situation highlights the necessity of introducing substantial changes to the content and technologies of pedagogical disciplines in order to more effectively prepare future primary school teachers for research activity. During the experimental stage of the study, questionnaire surveys, interviews, and assessment tasks conducted in a carefully structured and logically sequenced manner contributed to identifying the theoretical and methodological foundations of the research.

Table 1.3.3
Questionnaire Items, Tests, and Assessment Tasks Related to Readiness for Instructional-Research Activities

Questionnaire questions	Test and assessment tasks
What is the role of research skills in the formation of the teacher-researcher's personality?	Analyze the essence of teaching and upbringing as well as contemporary pedagogical and psychological concepts and theories.
Explain the essence of the learning-through-research approach by examining the history of pedagogical thought in Azerbaijan.	Identify theoretical and empirical research methods in separate columns and explain their essence.
What pedagogical and psychological knowledge should a teacher possess?	Interpret the main directions of democratisation and humanisation of the pedagogical process and the characteristics of a teacher's creative pedagogical activity.
Explain the essence of the relationship between teachers' research skills and other pedagogical competencies.	Characterise the main features of the teacher-researcher's activity.
Describe the stages of development of scientific-pedagogical research.	Explain the components of teachers' research skills.

In the research activity of prospective primary school teachers, their personal qualities play a significant role. The study revealed that there is an intrinsic relationship between the structural components of prospective primary school teachers' readiness for research activity and the methods of pedagogical research.

Table 1.3.4

Relationship Between the Structural Components of Prospective Primary School Teachers' Readiness for Research Activity and Pedagogical Research Methods

Criteria of prospective primary school teachers' readiness for research activity	Pedagogical research methods
Motivational-value component	Observation, interviews, questionnaires, tests, written assignments, assessment tasks, and diagnostics of teachers' motivation
Content component	Study of normative and legal documents; analysis of curricula, syllabi, and educational programmes; textbook analysis; diagnostics of the acquisition of the content of research skills
Practice-oriented component	Tests, modelling, business (role-playing) games, analysis of creative outputs, and diagnostics of readiness for research activity

At the final formative stage of the study, four levels of prospective primary school teachers' research competence were identified: (1) very high, (2) high, (3) medium, and (4) low. In accordance with these levels, a survey was conducted among 206 prospective primary school teachers participating in the experiment (103 in the control group and 103 in the experimental group). The results confirmed the validity of the methodology proposed in this research.

During the surveys, it was observed that although some students and practicing teachers possessed a certain understanding of the nature of research skills, their relationship with other teaching competencies, and their role in teachers' professional activities, the majority provided superficial answers to questions such as "What is the significance of research skills for primary school teachers?" and "What are the criteria of the motivational-value component for teachers?" Respondents were unable to clearly explain the relationship between teachers' research skills and other instructional competencies, particularly the connection between a teacher's creative activity and the level of development of research skills. They also experienced difficulties in identifying the main characteristics and structural components of the teacher-researcher's activity.

The study also revealed significant shortcomings in the development of the information-content component of prospective primary school teachers' readiness for instructional and research activities. Responses to questions such as "What methodological knowledge should primary school teachers possess?", "How do you evaluate the potential of pedagogical-psychological, humanitarian, and elective courses in developing research skills among prospective primary school teachers?", and "Explain the content of pedagogical research skills" were found to be largely superficial. In the contemporary period, there are still deficiencies in preparing future primary school teachers for research activity and in developing their scientific research skills within higher pedagogical institutions. Prospective teachers encounter difficulties in designing and solving pedagogical tasks, characterizing the stages of development of scientific-pedagogical research, developing research projects, formulating hypotheses, conducting experiments, carrying out independent research, and analyzing the results obtained. One of the reasons for this situation is that, compared to other competencies such as organizational, cognitive-scientific, and communicative skills, insufficient attention is paid to the development of research skills during lectures, seminars, practical classes, extracurricular activities, and pedagogical practice.

Conclusion

At the same time, several additional issues should be noted:

- There is no unified system ensuring the development of research skills among prospective primary school teachers. Within the modern education system, resources and institutional support for developing research competencies among both prospective and practicing teachers remain limited. Although the use of interactive teaching methods could significantly contribute to the formation of research skills, their application in higher pedagogical institutions is still not widespread.

Some prospective primary school teachers do not fully recognise the importance of possessing research competencies for a teacher-researcher. The integration of research methods and innovative approaches into the instructional process remains insufficiently developed. As a result, prospective teachers often experience difficulty understanding the role of research in generating and applying new knowledge.

- Initial research skills are not sufficiently cultivated in general education schools, which negatively affects the subsequent development of these competencies in teacher education programmes.
- Despite the rapid introduction of innovative approaches and pedagogical technologies into professional teacher training, the preparation of prospective primary school teachers for scientific research activity often continues to rely on traditional methods that are not sufficiently effective.
- In line with the increasing demands for improving the efficiency of the educational process, many teachers do not actively engage in self-education, do not generalise their teaching experience, and show limited interest in evaluating their own professional activities. Teachers' motivation to develop their research competencies is relatively weak. A lack of awareness of the importance of research or insufficient time allocated to such activities further limits teachers' engagement in research.
- Higher pedagogical institutions often lack the necessary conditions for fully implementing the motivational-value, information-content, and practice-oriented components of readiness for instructional-research activity among prospective primary school teachers. For example, the elimination of course papers, graduation projects, practical training modules, and the absence of national student scientific conferences significantly reduces opportunities for developing research competencies.

In conclusion, the insufficient development of research skills among modern teachers is associated with several factors, including the structure of the education system, limited resources, and teachers' motivation. Addressing these issues requires the provision of greater institutional support and resources aimed at fostering teachers' research competencies.

References

1. Abdullova, L.Sh. (2009). *Formirovanie issledovatel'skoi kompetentnosti studentov kolledzha na osnove sinergeticheskogo podkhoda*. Avtoref. dis. kand. ped. nauk.
2. Andreev, V.I. (1998). *Pedagogika tvorcheskogo samorazvitiya. Innovatsionnyi kurs (Kn. 2)*. Izd-vo KGU.
3. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Sərəncamı. (2013). *Azərbaycan Respublikasında təhsilin inkişafı üzrə Dövlət Strategiyası (24 oktyabr 2013-cü il tarixli sərəncam)*. https://president.az/az/articles/view/9779
4. *Bakalavriat səviyyəsinin (əsas (baza) ali təhsilinin) 050107 – İbtidai sinif müəllimliyi ixtisası üzrə təhsil proqramı*. (2020). Azərbaycan Respublikasının Təhsil Nazirliyi, 20 fevral 2020-ci il tarixli qərar.
5. Girfanova, E.Yu. & Osipov, P.N. (2006). *Stimulirovanie issledovatel'skoi deyatel'nosti studentov*. Shkola.
6. Gubaidullin, A.A. (2011). *Formirovanie issledovatel'skoi kompetentnosti studentov v usloviyakh proektnogo obucheniya*. Avtoref. dis. … kand. ped. nauk.

7. İbrahimov, F. (2010). *Ümumi pedaqogikadan mühazirələr*. Mütərcim.
8. İsmixanov, M. & Bəxtiyarov, R. (2011). *Ali məktəb pedaqogikası*. ADPU.
9. Paşayev, Ə. & Rüstəmov, F. (2017). *Pedaqogika*. Elm və Təhsil.
10. Qasımova, L.M. & Mahmudova, R.M. (2003). *Pedaqogika*. Çaşıoğlu.
11. Talmanova, T.M. (2003). *Formirovanie issledovatel'skoi kompetentsii uchitelya nachal'nykh klassov v sisteme nepreryvnogo obrazovaniya*. Avtoref. dis. … kand. ped. nauk.
12. Verbitskii, A.A. & Bakshaeva, N.A. (2000). *Razvitie motivatsii studentov v kontekstnom obuchenii*. Issledovatel'skii tsentr problem kachestva podgotovki spetsialistov.

Received: 04.12.2025
Approved: 13.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/32-36

Əli Qasımov
Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu
https://orcid.org/0009-0003-9826-3553
aliisa666@yahoo.com

İngilis dilində peşə frazeologiyasının üslubi imkanları

Xülasə

Məqalədə ingilis dilində peşə frazeologiyasının üslubi imkanları tədqiq olunur. Peşə frazeologiyası müəyyən peşə sahələrinə xas olan sabit ifadələri və deyimləri əhatə edir. Məqalədə bu frazeoloji vahidlərin leksik, semantik və stilistik xüsusiyyətləri, həmçinin, onların professional danışıq və yazı dilində ifadə gücü təhlil edilir. Tədqiqat göstərir ki, peşə frazeologiyası üslub zənginliyini artırmaqla yanaşı, professional kommunikasiya zamanı dəqiqlik, emosional rəng və mədəni kontekstə uyğunluğu təmin edir.

Peşə frazeologiyası xüsusi peşə sahələrində məsələn, tibb, hüquq, biznes, təhsil, mühəndislik və texnologiya və s. sahələrdə istifadə olunan sabit ifadələr və deyimlərdir. Belə frazeoloji vahidlər təkcə mənalı ifadələr deyil, həm də üslub xüsusiyyətləri ilə danışıq və yazı dilində ifadə zənginliyi yaradır. Peşə frazeologiyası müxtəlif məqsədlərə xidmət edir: ixtisaslaşdırılmış mətndə dəqiqlik təmin edir, kommunikativ səmərəliliyi artırır və peşəkar ünsiyyətin mədəni kontekstini əks etdirir. Buna görə də, ingilis dilində peşə frazeologiyasının üslubi imkanlarının araşdırılması aktualdır və dil öyrənənlər, tərcüməçilər, müəllimlər və dil tədqiqatçıları üçün əhəmiyyət kəsb edir.

***Açar sözlər**: peşə frazeologiyası, ingilis dili, üslub xüsusiyyətləri, peşə leksikası, frazeoloji vahidlər, kommunikativ funksiya, leksik semantika*

Ali Gasimov
Nakhchivan Teachers' Institute
https://orcid.org/0009-0003-9826-3553
aliisa666@yahoo.com

Stylistic Potential of Professional Phraseology in English

Abstract

This article investigates the stylistic potential of professional phraseology in English. Professional phraseology encompasses fixed expressions and idioms specific to particular occupational fields. The study analyzes the lexical, semantic, and stylistic features of these phraseological units, as well as their expressive power in professional spoken and written communication. The research demonstrates that professional phraseology not only enhances stylistic richness but also ensures precision, emotional coloring, and alignment with cultural context in professional communication.

Professional phraseology is a set of fixed expressions and idioms used in specific professional fields, such as medicine, law, business, education, engineering and technology, etc. Such phraseological units are not only meaningful expressions, but also create a richness of expression in spoken and written language with their stylistic features. Professional phraseology serves various purposes: it provides accuracy in specialized text, increases communicative efficiency, and reflects the cultural context of professional communication. Professional phraseology serves various purposes: it provides precision in specialized text, increases communicative efficiency, and reflects the cultural context of professional communication. Therefore, the study of the stylistic possibilities of professional phraseology in English is relevant and important for language learners, translators, teachers, and language researchers.

***Keywords:** professional phraseology, English language, stylistic features, occupational vocabulary, phraseological units, communicative function, lexical semantics*

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Giriş

Frazeologiya dilin ən zəngin və dinamik sahələrindən biridir və müəyyən bir dilin ifadə imkanlarını göstərir. O, dilin zəngin və ifadəli bir hissəsini təşkil edir və ünsiyyətə dərinlik və yaradıcılıq qatır (Dehqonova, 2025, s. 121). Peşə frazeologiyası isə xüsusi peşə sahələrində, məsələn, tibb, hüquq, biznes, təhsil, mühəndislik və texnologiya və s. sahələrində istifadə olunan sabit ifadələr və deyimlərdir. Belə frazeoloji vahidlər təkcə mənalı ifadələr deyil, həm də üslub xüsusiyyətləri ilə danışıq və yazı dilində ifadə zənginliyi yaradır. Peşə frazeologiyası müxtəlif məqsədlərə xidmət edir: ixtisaslaşdırılmış mətndə dəqiqlik təmin edir, kommunikativ səmərəliliyi artırır və peşəkar ünsiyyətin mədəni kontekstini əks etdirir. Buna görə də, ingilis dilində peşə frazeologiyasının üslub imkanlarının araşdırılması aktualdır və dil öyrənənlər, tərcüməçilər, müəllimlər və dil tədqiqatçıları üçün əhəmiyyət kəsb edir.

Aktuallıq. Müasir dünyada peşəkar ünsiyyətin dəqiqliyi və effektivliyi dilin üslub xüsusiyyətləri ilə birbaşa bağlıdır. Peşə frazeologiyasının öyrənilməsi yalnız leksik və terminoloji aspektdə deyil, həm də stilistik və kommunikativ aspektdə vacibdir. Peşə frazeologiyasının aşağıdakı xüsusiyyətləri vardır:

1. *Peşəkar mətnlərin və sənədlərin üslubunu zənginləşdirir.* Məsələn, hüquqi sənədlərdə, tibbi hesabatlarda və texniki göstərişlərdə istifadə olunan frazeoloji vahidlər məlumatın dəqiqliyini və aydınlığını artırır.
2. *Mədəni və terminoloji uyğunluğu təmin edir:* Peşə sahələrinə xas ifadələr peşəkarların müəyyən konseptləri və praktik təcrübələri başa düşməsini asanlaşdırır.
3. *Tədris və dil öyrənmədə effektiv vasitədir.* Peşə frazeologiyası ingilis dilini öyrənən tələbələr üçün real işgüzar dil nümunələrini təqdim edir və onların üslub bacarıqlarını inkişaf etdirir.

Bu səbəbdən, ingilis dilində peşə frazeologiyasının üslub imkanlarını araşdırmaq aktuallığını qoruyan bir mövzudur.

Material və metod. Tədqiqatın materialı ingilis dilindəki müxtəlif peşə sahələrinə aid frazeoloji vahidlərdir. Bunlar sözlü və yazılı mənbələrdən toplanmışdır. Metod olaraq frazeoloji vahidlərin mənaları və funksiyalarının araşdırılmasında *funksional-semantik təhlil,* frazeologiyaların üslub təsiri, emosional və kommunikativ rolunun aydınlaşdırılmasında üslubiyyat üsulları, frazeoloji vahidlərin fərqli peşə sahələrindəki istifadə fərqlərinin müəyyənləşdirilməsində *müqayisəli üsul* tətbiq edilmişdir. Analiz nəticəsində frazeoloji vahidlərin üslub xüsusiyyətləri, kommunikativ funksiyası və peşəkar kontekstdə istifadəsi müəyyən edilmişdir.

Tədqiqat

Hər bir dilin leksik tərkibində frazeoloji vahidlərə rast gəlinir. Frazeologiya dildə sabit söz birləşmələrini və onların semantik və üslubi funksiyalarını öyrənir (Rustamova, 2022, s. 1127). Frazemlər məzmun planına görə leksik vahidlərə, ifadə planına görə isə sintaktik vahidlərə (söz birləşməsi, cümlələr) yaxındır. Lakin frazeoloji vahidlər söz, fraza və ya cümlə ilə tam ekvivalent deyildir. Frazeoloji vahidlər dili zənginləşdirir və bədii-üslubi təsvirin təsirli vasitəsi kimi xidmət edir (Pirniyazova, 2021, s. 62). Məcazi və çoxsaylı qrammatik ifadələr ixtisaslaşmış nitqdə yaranmışdır. Ədəbi dildə insan fəaliyyətinin bütün növlərinin öz leksikası mövcuddur. Sözsüz ki, nitqdə həyatın tükənməz zənginliyi, qarşılıqlı asılılığı, bütün düşüncə və hisslərin tam ifadəsi mümkün deyil. Bədii dil isə, həmişə ifadə ediməsi zəruri olan ideyanı əvəz edə biləcək xüsusi ifadələrin işlənməsini tələb edir. Bu baxımdan, sözlərin geniş məna çalarlarına ehtiyac yaranır. İdiomlar insan fəaliyyətinin bütün sahələrinin nümayəndələri tərəfindən yaradılmış aydın, canlı və ifadəli nitq vahidləridir və onların nitqdə istifadəsi məmnunluq yaradır. Frazeologiya diskursda frazeoloji vahidlərin semantik, praqmatik və üslubi xüsusiyyətlərinə görə alimlərin diqqətini cəlb etmişdir (Rosemarie, 1998, s.125). Dilçilik elmində peşə frazeologiyası ilə bağlı bir sıra araşdırmalar aparılmış, terminoloji frazeologizmlər, terminoloji söz birləşmələri, peşəkar metafor məsələləri işıqlandırılmışdır (Kapanadze, 1968; Çepasova, 2003; Zubkova, 2011). Mütəxəssislər peşəkar xarakterli frazeoloji vahidləri söz sərhədlərini aşan və idiomatik xüsusiyyətə malik sabit birləşmələr kimi dəyərləndirmiş, və peşəkar təcrübə çərçivəsində əldə edilmiş bilikləri tipik peşə fəaliyyət vəziyyətlərində obyektivləşdirən dil faktları hesab etmişlər. Onlarda qavrama baxımından mürəkkəb olan peşə

fəaliyyəti obyektləri və hadisələri əks olunur ki, bunları tək sözlə ifadə etmək mümkün deyil (Şestak, 2008, s. 10). Çağdaş ingilis dilinin frazeologiyasında müxtəlif peşələrə aid nümunələr diqqəti çəkir. Müxtəlif ixtisas sahibləri nitqlərində öz sahələrinə məcazi birləşmələrdən yetərincə istifadə edirlər. Nəticədə, bu ifadələrin bəziləri daha geniş mənaya malik olmuş və oxşar vəziyyətlərdə və ya digər yerlərdə, tez-tez yumoristik şəkildə istifadə edilmişdir. Tədricən bu ifadələr ədəbi dilə daxil olmuş, onu daha da formalaşdıraraq zənginləşdirmişdir. Frazeoloji vahidlər xüsusi ifadəlilik və emosional çalar daşıyır və buna görə də mətnlərdə mühüm üslubi vasitələr kimi fəaliyyət göstərir (Kozlova və Tsareva, 2020, s.716). Frazemlər nəinki dilin, hətta hər hansı bir peşə və sənətin özünəməxsusluğunu ortaya qoyur. Bu mənada, baker (çörəkçi), cobbler (dərzi), cook (aşpaz), driver (sürücü), fisher (balıqçı), hunter (ovçu), nurse (tibb bacısı), tailor (tikici), shepherd (çoban) anlayışları ilə bağlı frazeoloji vahidlər yaranmışdır. "Peşə ilə əlaqəli frazeoloji vahidlər leksik-semantik, qrammatik və emosional ifadəlilik xüsusiyyətlərinə malikdir. Onlar peşənin özünəməxsus xüsusiyyətlərini əks etdirir və obrazlılıq yaradır. Peşə ilə bağlı frazeoloji vahidlər bədii əsərlərin təsirini artırır, milli mənəviyyatın formalaşmasına xas xüsusiyyətləri ifadə edir. Söz sənətkarları frazeoloji vahidlərdən geniş istifadə edərək əsərlərinin ifadəliliyini və obrazlılığını artırır" (Akramxodjayeva, 2024, s.135). Dəniz mövzulu romanları ilə tanınan Polşa əsilli məşhur ingilis yazıcısı Joseph Conradın "Lord Jim" adlı məşhur romanında gənc dənizçi Jimin gənc dənizçinin yanlış qərar verdikdən sonra vicdan və şərəf uğrunda mübarizəsini əks etdirən psixoloji və dramatik səhnələr verilmişdir. Əsərdən alınmış *Pull devil, pull baker* ifadəsinin işləndiyi mətnə nəzər salaq: "*The wrestling match could be clearly seen from the boats; ... It went on like this: 'pull devil, pull baker,' the poor girl was crying out all the time, and Bob would sometimes shout to warn the boat to keep at a safe distance from the ship"* (Joseph Conrad, "Lord Jim"). İngilis dilində *pull devil, pull baker* XVII yüzillikdən məlum olsa da, müasir dövrdə də işlənən qədim bir deyimdir. Bu ifadənin mənası iki tərəfin bir-biri ilə inadla çəkişməsi, heç birinin geri çəkilməməsi vəziyyətini təsvir edir. Burada *devil* (şeytan) və *baker* (çörəkçi) bir ipi dartışırmış kimi təsəvvür olunur. Məqsəd odur ki, hər iki tərəf güclü şəkildə öz mövqeyini saxlamağa çalışır.

İngilis dilində çörəkçiliklə bağlı bir sıra frazemlər işlənir. Çörəkçiliklə bağlı ingilis dilində *tarixi atalar sözləri və deyimlər* çox vaxt orta əsrlərdən gələn sosial-məişət ənənələri ilə bağlıdır. Məsələn, ingilis dilində 13 ədəd mənasındakı *baker's dozen* ifadəsi maraqlı frazemlərdəndir. Orta əsrlərdə İngiltərədə çörəkçilər çörəyi çəkisinə görə satırdılar. Əgər çörək bir az da yüngül çıxsa, alıcıların narazılığı və ya hətta dövlətin cəzası ilə üzləşirdilər. Buna görə də çörəkçilər təhlükəsizlik üçün" 12 çörəyə birini də əlavə edirdilər. Beləcə, *baker's dozen* sabit ifadə kimi dilə keçmişdir. Çörəkçiliklə bağlı *Never trust the baker's scales* (Çörəkçinin tərəzisinə inanma) ifadəsi də qədim bir ingilis atalar sözüdür. Yəni kiminsə vədinə, hesabına tam güvənmə. Bu ifadə çox vaxt aldatma ehtimalı olan işlərdə ehtiyatlı olmaq lazım olduğunu bildirir. Orta əsrlərdə bəzi çörəkçilər alıcıları aldatmaq üçün tərəzidə çörəyi olduğundan ağır göstərirdilər. Ona görə belə bir deyim yaranmışdır. Bu da insanların ümumən "kiməsə gözü bağlı inanma" mənasında işlətdikləri ifadə məsələ çevrilib. Məsələn, *He says he will finish the work tomorrow, but never trust the baker's scales* (O deyir ki, işi sabah bitirəcək, amma çörəkçinin tərəzisinə inanma (yəni, sözünə tam güvənmə). *As the baker's hand is, so is the bread* (Çörəyin keyfiyyəti çörəkçinin sənətindən asılıdır; Çörəkçinin əli necədirsə, çörək də elədir). *As the baker's hand is, so is the bread* qədim bir ingilis məsəlidir. Yəni işin keyfiyyəti ustadan, sənətkardan, işi görən adamdan asılıdır; Usta yaxşıdırsa, məhsul da yaxşı olar, əks halda, zəif olar. Azərbaycan dilindəki aşağıdakı deyimlərə uyğun gəlir: "Usta yaxşı olsa, iş də yaxşı olar", "Necə bişirsən, elə yeyərsən", "Hər iş ustasından bilinər." *The baker's wife always eats the worst bread* köhnə ingilis atalar sözüdür. Mənası belədir: "Çörəkçinin arvadı həmişə ən pis çörəyi yeyər". Yəni usta ən yaxşı məhsulunu başqalarına (müştərilərə) saxlayır, özü isə qalıqlarla kifayətlənir və ya insanlar çox vaxt öz peşələrinin faydasından başqaları qədər yararlana bilmirlər. Azərbaycan dilində aşağıdakı fikirlərə uyğun gəlir: "Dərzinin cini cırıq olar", "Dərzi özünə paltar tikməz", "Pinəçi ayaqqabısız gəzər", "Misgər mis qabdan yeməz".

God sends the baker meat, but the Devil sends him cooks çox qədim deyimdir. Mənası belədir: Bəzən bir işi Allah asanlaşdırır, amma insanlar özləri çətinləşdirirlər. Azərbaycan dilində oxşar məna daşıyan məsəllər aşağıdakılardır: "Yaxşı atı pis yəhər korlayar", "Yaxşı neməti pis adam korlayar",

"Allah verər, qul tanımaz." *To blow hot and cold like a baker's oven* ifadəsi dəyişkən, sabit olmayan insanları təsvir etmək üçün işlədilir. *He keeps changing his mind, blows hot and cold like a baker's oven.* (O, daim fikrini dəyişir, çörəkçi sobası kimi gah isti, gah soyuq" *Baker's blessing: May your oven never cool* çörəkçilər arasında işlənən qədim bir alqışdır: "Ocağın heç vaxt sönməsin." Yəni işin-gücün daimi olsun. Bu tip ifadələrin çoxu *orta əsr İngiltərəsinin gündəlik həyatından* qalıb və həm peşə frazeologiyasına, həm də məişət dilinə çevrilib.

Frazeologiya dilçilik şöbəsi olaraq vahid bir sistem kimi qəbul edilə bilər; onun vahidləri müxtəlif dillərdə əsaslı şəkildə fərqləndiyi üçün onu dil və mədəniyyətin unikal qarşılıqlı təsir kimi xarakterizə etmək olar. Frazeoloji vahidlər milli dilin mürəkkəb strukturunun daha geniş sisteminin bir hissəsi olaraq müxtəlif səviyyələrdə müəyyən əlaqə növlərinə malikdir (Anderson & Pelteret, 2012, s. 33; Gläser, 1998).

İngilis mədəniyyətinin təhlilində idiomatik vahidlərin müxtəlif paradiqmaları üzə çıxır. Bu vahidlər aydın, omonim, sinonim və antonim strukturlar kimi xarakterizə olunur. Üslub meyarları nəzərə alınaraq idiom vahidlərinin xüsusiyyətləri fərqləndirmək lazımdır. Belə vahidlər öz tərkibində üslubi rəngarənglik baxımından əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənən müxtəlif qatların müəyyən edilməsinə imkan verir. Alimlər idiomatik vahidlərin sintaqmatik əlaqələrini müəyyən leksik vahidlər dairəsi ilə uyğunlaşma imkanları ilə izah edərək bəzi frazemlərin məhdud uyğunlaşma xüsusiyyətinə malik olduğunu göstərirlər. Məsələn, "into the eyes of the public" idiomu yalnız "to come" və "to be" felləri ilə birləşə bilər, amma "to become" və "to take" felləri ilə birləşdirilə bilməz (Wright, 2002, s.124).

Bir sıra idiom vahidləri isə təkdir, onlar qapalı uyğunlaşma xüsusiyyətinə malikdir və yalnız müəyyən bir sözlə istifadə oluna bilər. Lakin idiom vahidləri arasında müxtəlif sintaqmatik əlaqələrə malik çoxsaylı komponentlər mövcuddur (Baghana və b., 2018; Conrad, 2011). Qeyd etmək lazımdır ki, əksər idiom vahidləri bir mümkün söz mənası ilə xarakterizə olunur; onların semantik quruluşu kifayət qədər monolitik və parçalanmazdır. Məsələn, "*from the first look*" (görən kimi, bir baxışda, ilk baxışdan), "to daydream" (xəyallara dalmaq, öz-özünə xəyal qurmaq, gerçəkdən uzaqlaşıb təsəvvür etmək). Lakin bəzi idiom vahidlərinin bir neçə mənası vardır, məsələn, *to play fool* (axmaq kimi davranmaq, saf görünmək, rol üçün axmaq görünmək). Bu, çox vaxt axmaq, saf və ya düşüncəsiz kimi davranmaq, bəzən planlı şəkildə başqalarını aldatmaq və ya özünü kiçiltmək mənalarında işlənir. Məsələn, *He played the fool to avoid getting into trouble* (O, axmaq rolunu oynadı ki, problemə düşməsin**)**.

Nəticə

Tədqiqat göstərir ki, ingilis dilində peşə frazeologiyası üslub baxımından zəngin bir resursdur. Əsas nəticələr aşağıdakılardır:

- Peşə frazeologiyası mətnin konkretliyini və dəqiqliyini artıraraq üslub zənginliyi və dəqiqlik yaradır.
- Müxtəlif peşələrə aid frazeoloji vahidlər mətndə üslubi rəng əmələ gətirərək emosional və kommunikativ rolu ilə oxucunun və ya dinləyicinin diqqətini cəlb edir.
- Peşə frazeologiyası professional danışıq və yazı üslubunda informasiya verilməsini asanlaşdırır və peşəkar ünsiyyətdə səmərəliliyə səbəb olur.
- Peşə frazeologiyası tədris və tərcümə sahəsində də əhəmiyyətlidir. Belə ki, frazeoloji vahidlər dil öyrənənlər üçün real peşəkar nümunələr təqdim edir, tərcümə və terminoloji tədqiqatları zənginləşdirir.

Beləliklə, ingilis dilində peşə frazeologiyasının üslub imkanları həm peşəkar, həm də akademik kommunikasiya sahələrində əhəmiyyətə malikdir.

Ədəbiyyat

1. Akramxodjayeva, D. (2024). Research of Phraseological Units Related to Profession in Translations. *European Journal of Higher Education and Academic Advancement, 1*(2), 132–136.
2. Anderson, S., & Pelteret, C. (2012). *Work on Your Idioms: Master the 300 Most Common Idioms*. HarperCollins UK. ISBN 9780007464678
3. Baghana, J., Prokhorova, O. N., Voloshina, T. G., Blazhevich, Y. S., & Kuksova, E. L. (2018). Interaction of Languages as the Main Factor of Linguistic Interference. *International Journal of Engineering and Technology, 7*(4.28), 1580–1583. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.28.28497.
4. Chepasova, A.M. (2003). *Predmetnye frazeologizmy russkogo yazyka*. Nauka.
5. Conrad, J. (2011). *Lord Jim*. Cambridge University Press. https://share.google/NMDiNVba5VZTPKj6D
6. Dehqonova, D. (2025). The importance of phraseology in the language. *Central European Journal of Social Research*, *45*(3), 121–125. https://doi.org/10.51699/cejsr.v45i3.643
7. Gläser, R. (1998). The stylistic potential of phraseological units in the light of genre analysis. In A. P. Cowie (Ed.), *Phraseology: Theory, analysis, and applications* (pp. 125–143). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780198294252.003.0006
8. Kapanadze, L.A. (1968). *Funktsionirovanie terminov nauki i tekhniki s obshcheliteraturnom yazyke XX veka*. Nauka.
9. Kozlova, L. N., & Tsareva, G. V. (2020). Phraseological units as means of creating colloquiality in the literary text. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*, *92*, 714–720. https://doi.org/10.15405/epsbs.2020.04.02.84
10. Pirniyazova, A. (2021). Stylistic functions and ways of using phraseological units in literature. *Turkic Studies Journal*, *3*(2), 61–69. https://tsj.enu.kz/index.php/new/article/view/110
11. Rustamova, M. (2022). Phraseology as an object of linguistic and cultural studies. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, *10*(6), 1127–1130. https://www.ijraset.com/research-paper/phraseology-as-an-object-of-linguistic-and-cultural-studies
12. Wright, J. (2002). *Idioms Organiser: Organised by Metaphor, Topic and Key Word*. Heinle, a part of the Thomson Corporation.
13. Zubkova, O. S. (2011). *Lingvosemiotika professional'noi metafory*. Avtoref. dis. … dokt. filol. nauk.

Daxil oldu: 01.12.2025
Qəbul edildi: 02.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/37-41

Əzim Axundov
Heydər Əliyev adına Hərbi İnstitut
https://orcid.org/0009-0007-7007-4805
akhundov9598@gmail.com

Müasir pedaqoji yanaşmaların ali təhsildə təlim keyfiyyətinə təsiri

Xülasə

Müasir dövrdə ali təhsil sistemində baş verən sürətli sosial, texnoloji və iqtisadi dəyişikliklər tədris prosesinin məzmununa və təşkilinə yeni tələblər irəli sürür. Bu baxımdan müasir pedaqoji yanaşmaların ali təhsildə təlim keyfiyyətinə təsiri xüsusi aktuallıq kəsb edir. Bu araşdırmada tələbəyönümlü təlim, kompetensiyaəsaslı yanaşma, problem əsaslı təlim, layihə metodu, interaktiv və rəqəmsal texnologiyalara əsaslanan pedaqoji modellərin ali təhsil müəssisələrində tətbiqi məsələləri təhlil olunur.

Tədqiqatda müasir pedaqoji yanaşmaların tələbələrin tənqidi düşünmə, yaradıcılıq, müstəqil qərarvermə və əmək bazarına uyğun peşə bacarıqlarının formalaşmasına müsbət təsiri əsaslandırılır. Eyni zamanda, müəllimin rolu bilik ötürücüsündən təlim prosesinin təşkilatçısı və yönləndiricisinə çevrilməsi, qiymətləndirmə mərhələsində formativ yanaşmaların əhəmiyyəti və tədris keyfiyyətinin artırılmasında əks-əlaqənin rolu vurğulanır.

Müasir pedaqoji yanaşmaların ali təhsildə sistemli və məqsədyönlü tətbiqi təlim keyfiyyətinin yüksəldilməsinə, təhsilin nəticəyönümlü qurulmasına və rəqabətqabiliyyətli mütəxəssislərin hazırlanmasına mühüm töhfə verir.

Açar sözlər: *ali təhsil, müasir pedaqoji yanaşmalar, təlim keyfiyyəti, tələbəyönümlü təlim, kompetensiyaəsaslı yanaşma, interaktiv metodlar, rəqəmsal təhsil, qiymətləndirmə*

Azim Akhundov
Military Institute named after Heydar Aliyev
https://orcid.org/0009-0007-7007-4805
akhundov9598@gmail.com

The Impact of Modern Pedagogical Approaches on the Quality of Teaching in Higher Education

Abstract

In the modern era, rapid social, technological, and economic changes occurring within higher education systems impose new requirements on the content and organization of the teaching-learning process. In this context, the impact of modern pedagogical approaches on the quality of teaching in higher education is of particular relevance. This study analyzes the application of student-centered learning, competency-based approaches, problem-based learning, the project method, and pedagogical models grounded in interactive and digital technologies within higher education institutions.

The research substantiates the positive influence of modern pedagogical approaches on the development of students' critical thinking, creativity, independent decision-making, and professional skills aligned with labor market demands. At the same time, it emphasizes the transformation of the teacher's role from a transmitter of knowledge to an organizer and facilitator of the learning process, as well as the significance of formative assessment approaches and feedback in enhancing teaching quality.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

The systematic and purposeful implementation of modern pedagogical approaches in higher education contributes significantly to improving the quality of teaching, structuring education in an outcome-oriented manner, and preparing competitive specialists.

Keywords*: higher education, modern pedagogical approaches, teaching quality, student-centered learning, competency-based approach, interactive methods, digital education, assessment*

Giriş

Qloballaşma prosesləri, sürətli texnoloji inkişaf və biliklərə əsaslanan iqtisadiyyatın formalaşması ali təhsil sistemində köklü dəyişiklikləri zəruri edir. Müasir dövrdə ali təhsil müəssisələri yalnız nəzəri biliklərin ötürüldüyü məkan kimi deyil, eyni zamanda, tənqidi düşünmə qabiliyyətinə, problem həll etmə bacarıqlarına, ömürboyu öyrənmə vərdişlərinə və dəyişən əmək bazarı tələblərinə uyğunlaşma potensialına malik şəxsiyyətlərin formalaşdırıldığı mühüm institutlar kimi çıxış edir. Bu dəyişən tələblər ali təhsildə təlim prosesinin keyfiyyətinə olan diqqəti daha da artırır (Abasova, 2025).

Ənənəvi, müəllimyönümlü təlim modelləri əsasən tələbələrin passiv bilik qəbulu üzərində qurulduğundan, müasir cəmiyyətin və peşə mühitinin tələblərini tam şəkildə ödəyə bilmir. Bu səbəbdən ali təhsildə müasir pedaqoji yanaşmaların tətbiqi zərurətə çevrilmişdir. Tələbəyönümlü təlim, kompetensiyaəsaslı yanaşma, problem əsaslı təlim, layihə metodu, eləcə də interaktiv və rəqəmsal texnologiyalara əsaslanan tədris modelləri təlim prosesinin strukturunu və məzmununu əsaslı şəkildə yenidən formalaşdırır.

Müasir pedaqoji yanaşmalar təlim prosesində tələbələrin fəal iştirakını, əməkdaşlığını, müstəqil düşünməsini və biliklərin praktik tətbiqini ön plana çəkir. Bu yanaşmalar tələbələrdə yaradıcılıq, analitik düşünmə, özünüidarəetmə və peşə bacarıqlarının inkişafına şərait yaradır. Eyni zamanda, müəllimin rolu bilik mənbəyi funksiyasından çıxaraq təlim prosesinin təşkilatçısı, istiqamətləndiricisi və fasilitatoru funksiyasına doğru transformasiya olunur (Biggs və Tang, 2011; Biggs və Tang, 2015). Ali təhsildə təlim keyfiyyətinin yüksəldilməsində qiymətləndirmə mexanizmlərinin də rolu xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Müasir pedaqoji yanaşmalar çərçivəsində formativ qiymətləndirmə, davamlı əks-əlaqə və nəticəyönümlü qiymətləndirmə üsullarının tətbiqi tədris prosesinin səmərəliliyini artırır, tələbələrin öyrənmə motivasiyasını gücləndirir və fərdi inkişaf imkanlarını genişləndirir.

Bu baxımdan müasir pedaqoji yanaşmaların ali təhsildə təlim keyfiyyətinə təsirinin araşdırılması həm nəzəri, həm də praktik baxımdan aktualdır. Bu mövzunun öyrənilməsi tədris prosesinin təkmilləşdirilməsi, təhsil nəticələrinin optimallaşdırılması və müasir əmək bazarının tələblərinə cavab verən rəqabətqabiliyyətli mütəxəssislərin hazırlanması baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Tədqiqat

Ali təhsil sistemi cəmiyyətin sosial, iqtisadi və mədəni inkişafında mühüm rol oynayan əsas institutlardan biri kimi çıxış edir. Müasir dövrdə bu sistem yalnız biliklərin ötürülməsini deyil, eyni zamanda, tələbələrin intellektual potensialının, peşə bacarıqlarının və şəxsiyyət kimi formalaşmasının təmin edilməsini qarşıya məqsəd qoyur. Bu məqsədlərə nail olmaq isə təlim prosesinin məzmunu, təşkil formaları və pedaqoji yanaşmaların xarakteri ilə birbaşa əlaqəlidir. Təhsil sahəsində baş verən qlobal dəyişikliklər ali təhsildə tətbiq olunan pedaqoji yanaşmaların yenidən nəzərdən keçirilməsini və müasir tələblərə uyğunlaşdırılmasını zəruri edir.

Ənənəvi pedaqoji modellər uzun müddət ali təhsildə əsas təlim forması kimi istifadə olunmuşdur (Biggs, 1996; Biggs, 2003). Bu modellərdə müəllim mərkəzli yanaşma üstünlük təşkil edir, təlim prosesi əsasən mühazirələr üzərində qurulur və tələbələr daha çox passiv dinləyici mövqeyində çıxış edirlər. Belə yanaşmalar müəyyən dövrlərdə effektiv nəticələr versə də, müasir informasiya cəmiyyətinin tələbləri baxımından məhdud imkanlara malikdir. İnformasiyanın sürətlə artması, biliklərin tez köhnəlməsi və əmək bazarının dəyişən tələbləri təlim prosesində yeni yanaşmaların tətbiqini zəruri hala gətirir (Bloom, 1956).

Müasir pedaqoji yanaşmalar ali təhsildə təlimin keyfiyyətinin artırılmasına yönəlmiş kompleks bir sistem kimi formalaşır. Bu yanaşmalar təlim prosesində tələbənin fəallığını, müstəqil öyrənmə bacarığını və məsuliyyət hissini ön plana çəkir. Tələbəyönümlü təlim, problem əsaslı təlim, layihə metodu, kompetensiyaəsaslı yanaşma və interaktiv tədris üsulları bu çərçivədə geniş istifadə olunan

metod və modellər sırasındadır. Bu yanaşmaların tətbiqi təlim prosesinin strukturunda, məzmununda və iştirakçıların rollarında dəyişikliklərə səbəb olur.

Müasir pedaqoji yanaşmaların tətbiqi ilə ali təhsildə müəllimin rolu da transformasiyaya uğrayır. Müəllim artıq yalnız bilik ötürən şəxs deyil, eyni zamanda, təlim prosesinin təşkilatçısı, istiqamətləndiricisi və öyrənmə mühitinin yaradıcısı funksiyasını yerinə yetirir. Bu prosesdə tələbələrlə qarşılıqlı əlaqə, dialoq və əməkdaşlıq əsas yer tutur. Təlim mühiti açıq müzakirələrə, fikir mübadiləsinə və refleksiyaya şərait yaradan şəkildə təşkil olunur.

Təlim keyfiyyətinə təsir edən mühüm amillərdən biri də tədris prosesində istifadə olunan metod və vasitələrin müxtəlifliyidir. İnteraktiv metodlar tələbələrin dərs prosesində fəal iştirakını təmin edir, onların analitik və tənqidi düşünmə bacarıqlarını inkişaf etdirir. Rəqəmsal texnologiyaların tədrisə inteqrasiyası isə təlim prosesini daha çevik və əlçatan edir. Elektron resurslar, onlayn platformalar və rəqəmsal təlim materialları tələbələrin fərdi öyrənmə tempinə uyğun imkanlar yaradır və öyrənmə prosesinin davamlılığını təmin edir (Fink, 2013; Freeman və b., 2014).

Ali təhsildə müasir pedaqoji yanaşmaların təsiri qiymətləndirmə sistemində də özünü göstərir. Ənənəvi summativ qiymətləndirmə üsulları ilə yanaşı, formativ qiymətləndirmə, davamlı əks-əlaqə və özünüqiymətləndirmə mexanizmləri tətbiq olunur. Bu yanaşmalar təlim prosesində tələbələrin inkişaf dinamikasını izləməyə, çətinlikləri vaxtında müəyyənləşdirməyə və tədris prosesini uyğun şəkildə tənzimləməyə imkan verir. Qiymətləndirmə artıq yalnız nəticəni deyil, öyrənmə prosesinin özünü də əhatə edən bir mexanizm kimi çıxış edir.

Müasir pedaqoji yanaşmalar ali təhsildə təlim keyfiyyətinin müxtəlif aspektlərinə təsir göstərir. Bu təsir həm tədris prosesinin təşkilində, həm də təhsil nəticələrinin xarakterində öz əksini tapır. Tələbələrin bilikləri praktik situasiyalarda tətbiq etmə bacarığı, əməkdaşlıq və ünsiyyət vərdişləri, müstəqil qərarvermə və məsuliyyət hissi bu yanaşmaların tətbiqi ilə daha sistemli şəkildə formalaşır. Eyni zamanda, ali təhsil müəssisələrinin tədris proqramları və kurikulumları da müasir pedaqoji tələblərə uyğun şəkildə yenilənir.

Ümumilikdə, müasir pedaqoji yanaşmalar ali təhsildə təlim prosesinin məzmun və formasına yeni baxış bucağı gətirir. Bu yanaşmaların tətbiqi tədris mühitinin dinamikləşməsinə, tələbələrin öyrənmə prosesində daha fəal iştirakına və təlim keyfiyyətinin müxtəlif göstəricilər üzrə təkmilləşdirilməsinə şərait yaradır. Ali təhsildə pedaqoji yanaşmaların inkişafı və tətbiqi təlim prosesinin davamlı şəkildə yenilənməsini və müasir tələblərə uyğunlaşdırılmasını təmin edən əsas amillərdən biri kimi çıxış edir.

Ali təhsildə təlim keyfiyyəti anlayışı çoxşaxəli və kompleks xarakter daşıyır. Bu anlayış yalnız tədris olunan biliklərin həcmi ilə deyil, eyni zamanda, təlim prosesinin təşkili, istifadə olunan pedaqoji yanaşmalar, müəllim–tələbə münasibətləri, qiymətləndirmə mexanizmləri və əldə olunan təhsil nəticələri ilə sıx bağlıdır. Müasir pedaqoji yanaşmalar bu komponentlərin hər birinə təsir göstərərək ali təhsildə təlim prosesinin yenidən qurulmasına zəmin yaradır.

Müasir pedaqoji yanaşmaların əsas xüsusiyyətlərindən biri təlim prosesində tələbənin fəal mövqeyinin təmin edilməsidir. Ənənəvi təlim modellərində tələbə əsasən passiv dinləyici rolunda çıxış etdiyi halda, müasir yanaşmalar tələbəni biliklərin yaradılması və mənimsənilməsi prosesinin aktiv iştirakçısına çevirir. Bu çərçivədə tələbəyönümlü təlim modeli xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu modeldə tələbələrin fərdi xüsusiyyətləri, maraqları, öyrənmə tərzləri və ehtiyacları nəzərə alınır, təlim prosesi onların intellektual və şəxsi inkişafına yönəldilir.

Kompetensiyaəsaslı yanaşma ali təhsildə təlim keyfiyyətinin artırılmasında mühüm rol oynayan yanaşmalardan biri hesab olunur. Bu yanaşma tədris prosesində yalnız nəzəri biliklərin verilməsini deyil, eyni zamanda praktik bacarıqların, peşə vərdişlərinin və sosial kompetensiyaların formalaşdırılmasını nəzərdə tutur. Təlim nəticələri əvvəlcədən müəyyən edilmiş kompetensiyalar əsasında planlaşdırılır və tədris proqramları bu nəticələrə uyğun şəkildə strukturlaşdırılır. Bu yanaşma ali təhsildə təlimin məzmununun əmək bazarının tələbləri ilə daha sıx əlaqələndirilməsinə şərait yaradır. Problem əsaslı təlim və layihə metodu müasir pedaqoji yanaşmalar çərçivəsində geniş tətbiq olunan metodlardandır. Problem əsaslı təlim real və ya simulyasiya olunmuş problemlərin həlli üzərində qurulur və tələbələrin analitik, tənqidi və yaradıcı düşünmə bacarıqlarının inkişafına yönəlir. Layihə metodu isə tələbələrin uzunmüddətli tapşırıqlar üzərində işləməsini, araşdırma aparmasını, məlumat-

ları təhlil etməsini və nəticələri təqdim etməsini nəzərdə tutur. Bu metodlar təlim prosesində nəzəri biliklərlə praktiki fəaliyyət arasında əlaqənin qurulmasına imkan yaradır (Huba və Freed, 2000).

Müasir pedaqoji yanaşmalar ali təhsildə müəllimin rolunda da dəyişikliklərə səbəb olur. Müəllim artıq yalnız bilik mənbəyi funksiyasını yerinə yetirmir, eyni zamanda, təlim prosesinin planlaşdırıcısı, öyrənmə mühitinin təşkilatçısı və tələbələrin fəaliyyətini istiqamətləndirən şəxs kimi çıxış edir. Müəllim–tələbə münasibətləri daha çox əməkdaşlıq və qarşılıqlı hörmət prinsipləri əsasında qurulur. Bu münasibətlər təlim prosesinin psixoloji mühitinə müsbət təsir göstərir və öyrənmənin səmərəliliyini artırır.

Rəqəmsal texnologiyaların tədris prosesinə inteqrasiyası müasir pedaqoji yanaşmaların mühüm tərkib hissəsidir. Elektron təhsil platformaları, onlayn resurslar, virtual siniflər və interaktiv tədris materialları ali təhsildə təlim prosesinin çevikliyini və əlçatanlığını artırır. Bu vasitələr tələbələrə fərdi öyrənmə tempinə uyğun şəkildə biliklər əldə etməyə, əlavə mənbələrdən istifadə etməyə və müstəqil öyrənmə bacarıqlarını inkişaf etdirməyə imkan verir.

Təlim keyfiyyətinə təsir edən əsas amillərdən biri də qiymətləndirmə sistemidir. Müasir pedaqoji yanaşmalar çərçivəsində qiymətləndirmə yalnız yekun nəticələrin ölçülməsi ilə məhdudlaşmır. Formativ qiymətləndirmə, davamlı əks-əlaqə, özünüqiymətləndirmə və qarşılıqlı qiymətləndirmə üsulları təlim prosesinin ayrılmaz hissəsinə çevrilir. Bu yanaşmalar tələbələrin öyrənmə prosesindəki irəliləyişini izləməyə, çətinlikləri müəyyənləşdirməyə və tədris strategiyalarını uyğunlaşdırmağa imkan yaradır (Kərimova, 2019; Hüseynova, 2021). Ali təhsildə müasir pedaqoji yanaşmaların tətbiqi təlim keyfiyyətinin müxtəlif aspektlərinə təsir göstərir (Ramsden, 2003; Prince, 2004).

Bu təsir tədris proqramlarının məzmununda, təlim metodlarının seçimində, müəllim və tələbələrin fəaliyyətində, eləcə də təhsil nəticələrinin xarakterində özünü büruzə verir. Təlim prosesinin daha çevik, interaktiv və nəticəyönümlü şəkildə təşkili ali təhsildə keyfiyyət anlayışına yeni məzmun qazandırır.

Nəticə

Müasir pedaqoji yanaşmalar ali təhsildə təlim prosesinin məzmununu, strukturunu və təşkilini əsaslı şəkildə yenidən formalaşdırır. Tələbəyönümlü təlim, kompetensiyaəsaslı yanaşma, problem və layihə əsaslı metodlar, interaktiv və rəqəmsal tədris vasitələrinin tətbiqi təlim prosesinin daha çevik, interaktiv və nəticəyönümlü olmasına şərait yaradır. Bu yanaşmalar tələbələrin fəal iştirakını təmin edir, onların öyrənmə məsuliyyətini artırır və tədris mühitini həm intellektual, həm də sosial inkişaf üçün əlverişli edir.

Təlim keyfiyyətinə təsir edən digər mühüm amil qiymətləndirmə sistemidir. Müasir pedaqoji yanaşmalar çərçivəsində formativ qiymətləndirmə, davamlı əks-əlaqə, özünüqiymətləndirmə və qarşılıqlı qiymətləndirmə üsulları geniş tətbiq olunur. Bu yanaşmalar tələbələrin inkişafını izləməyə, tədris prosesində yaranan boşluqları müəyyənləşdirməyə və tələbələrə fərdi dəstək göstərməyə imkan verir. Qiymətləndirmə yalnız yekun nəticələrin ölçülməsi məqsədini daşımır, həm də öyrənmə prosesini təkmilləşdirən bir vasitə kimi çıxış edir.

Eyni zamanda, müasir pedaqoji yanaşmalar ali təhsil müəssisələrinin tədris proqramlarının, kurikulumların və təlim resurslarının yenilənməsinə də təsir göstərir. Tədris proqramları tələbələrin bacarıq və kompetensiyalarının inkişafına yönəldildikdə, təhsil nəticələri həm keyfiyyət, həm də tətbiq baxımından daha əhatəli olur. Müasir pedaqoji yanaşmalar tələbələrin öyrənmə prosesini sistemli və məqsədyönümlü təşkil etməyə imkan verir və təhsilin nəticəyönümlü qurulmasına zəmin yaradır.

Ümumilikdə, müasir pedaqoji yanaşmalar ali təhsildə təlim keyfiyyətinin artırılmasında, tələbələrin fəal öyrənmə bacarıqlarının inkişafında və müstəqil, yaradıcı və peşəkar şəxsiyyətlərin formalaşmasında mühüm vasitə kimi çıxış edir. Bu yanaşmalar ali təhsilin ümumi səmərəliliyini artırır, təlim prosesini daha adaptiv və tələbələr üçün əlçatan edir və ali təhsil müəssisələrinin məqsəd və missiyalarına uyğun, rəqabətqabiliyyətli mütəxəssislərin hazırlanmasına dəstək verir.

Ədəbiyyat

1. Abasova, S.H. (2025). The Innovative Techniques in Higher Education Process in Azerbaijan. *Alfred Nobel University Journal of Pedagogy and Psychology*.
2. Biggs, J. (1996). Enhancing Teaching through Constructive Alignment. *Higher Education, 32*(3), 347–364.
3. Biggs, J. (2003). Aligning Teaching and Assessment to Curriculum Goals. *Teaching in Higher Education, 8*(3), 347–356.
4. Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University*. Open University Press.
5. Biggs, J., & Tang, C. (2015). *Constructive Alignment in Curriculum Design*. In D. M. McInerney & S. Van Etten (Eds.), Theory and Practice of Curriculum.
6. Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*. Longmans.
7. Fink, L. D. (2013). *Creating Significant Learning Experiences: An Integrated Approach to Designing College Courses*. Jossey-Bass.
8. Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(23), 8410–8415.
9. Huba, M. E., & Freed, J. E. (2000). *Learner-Centered Assessment on College Campuses: Shifting the Focus from Teaching to Learning*. Allyn & Bacon.
10. Hüseynova, N. (2021). *Təhsildə keyfiyyətin təmin olunmasının pedaqoji əsasları*. Azərbaycan məktəbi.
11. Kərimova, L. (2019). Müasir ali pedaqoji təhsildə məzmun və keyfiyyət məsələlərinə baxış. *Beynəlxalq elmi konfrans materialları*.
12. Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education, 93*(3), 223–231.
13. Ramsden, P. (2003*). Learning to Teach in Higher Education*. Routledge.

Daxil oldu: 07.12.2025
Qəbul edildi: 09.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/42-48

Tugba Orengul Uzunca
Kütahya Dumlupınar University
Master's student
https://orcid.org/0009-0003-2958-7060
tuzunca43@gmail.com

The Importance of the Green Economy in the 21st Century and Social Awareness in Combating the Climate Crisis

Abstract

Climate changes have led to a rise in global temperatures, significantly affecting human life. Throughout the billions of years of Earth's history, various climate changes have occurred over time. These changes are not only due to natural causes but are also, in many cases, linked to human activities. The human species, with a history of approximately 300,000 years, has become the dominant species and has continued its struggle for survival over ecological systems. This struggle reached its peak with the Industrial Revolution, during which the impacts of human activities accelerated. The current era has been termed the Anthropocene by scientists studying ecosystems and is characterized as a geological epoch.

As a result of human activities in nature, while attempting to meet their needs from the environment they inhabit, humans have also created threats to their own existence. This threat, which began in the hunter-gatherer period, led to the extinction of many species and problems such as uncontrolled hunting. Over time, with the increase in settlement and agricultural activities, the population grew, and the rising demand for resources caused greater harm to the natural balance. The lifestyles of societies, their cultures, social relations, demands for resources, methods of resource use, and the value they assign to the environment have ultimately moved ecological problems beyond the field of natural sciences into the realm of social sciences, making it an interdisciplinary issue.

Keywords: *climate change, global warming, green economy, climate crisis, social awareness, ecological balance*

Tuğba Örengül Uzunca
Kütahya Dumlupınar Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0003-2958-7060
tuzunca43@gmail.com

XXI əsrdə yaşıl iqtisadiyyatın əhəmiyyəti və iqlim böhranı ilə mübarizədə sosial şüurun rolu

Xülasə

İqlimdə baş verən dəyişikliklər dünya üzrə temperaturun artmasına səbəb olaraq insan həyatına ciddi şəkildə təsir edir. Milyardlarla illik tarixə malik olan planetdə zamanla müxtəlif iqlim dəyişiklikləri baş vermişdir. Bu dəyişikliklər təkcə təbii səbəblərlə deyil, eyni zamanda bir çox hallarda insan fəaliyyəti ilə də bağlıdır. Təxminən 300 min illik tarixə malik insan növü dominant növə çevrilərək ekoloji sistemlər üzərində yaşamaq uğrunda mübarizəsini davam etdirmişdir. Bu mübarizə sənaye inqilabı ilə birlikdə zirvəyə çatmış və insan fəaliyyətlərinin yaratdığı dəyişikliklər sürətlənmişdir. Ekosistem üzərində çalışan alimlər tərəfindən hazırkı dövr "Antroposen" adlandırılaraq geoloji bir dövr kimi xarakterizə edilmişdir.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

İnsanlıq təbiətdə həyata keçirdiyi fəaliyyətlər nəticəsində yaşadığı mühitdən ehtiyaclarını qarşılamaq istəyərkən, öz həyat fəaliyyəti üçün təhlükələr də yaratmışdır. Ovçu-yığıcı dövrdə başlayan bu təhlükə bir çox növün məhv olmasına və nəzarətsiz ovlanma kimi problemlərə səbəb olmuşdur. Zamanla məskunlaşma və kənd təsərrüfatı fəaliyyətlərinin artması ilə əhali çoxalmış, resurslara olan tələbatın artması isə təbii tarazlığa daha çox zərər vurmuşdur. Cəmiyyətlərin həyat tərzi, mədəniyyətləri, qarşılıqlı münasibətləri, resurslara olan tələbləri, bu resurslardan istifadə üsulları və ətraf mühitə verdikləri dəyər nəticə etibarilə ekoloji problemləri təbiət elmləri sahəsindən çıxararaq sosial elmlər sahəsinə də daxil etmiş və onu fənlərarası bir mövqeyə gətirmişdir.

***Açar sözlər**: iqlim dəyişikliyi, qlobal istiləşmə, yaşıl iqtisadiyyat, iqlim böhranı, sosial şüur, ekoloji tarazlıq*

Introduction

The climate crisis is one of the greatest global challenges of our time. The rapid increase in greenhouse gas emissions into the atmosphere has led to rising global temperatures, more frequent extreme weather events, and the disruption of natural ecosystems. This situation is not only an environmental issue but also a crisis that threatens humanity in economic and social dimensions.

However, combating this crisis is not only the responsibility of governments or international organizations but also a shared responsibility of individuals and societies. Social awareness enables individuals to understand environmental problems and take action to solve them. The level of social awareness plays a critical role in addressing the climate crisis. This study aims to raise awareness within society and encourage concrete actions. It emphasizes the importance of individual and collective change for a sustainable future.

Research

The increase in global surface temperatures and the resulting climate changes have critically affected human life. Although similar climatic changes have occurred throughout the billions of years of the planet's history, it is noteworthy that today's changes are largely driven by human activities rather than natural phenomena. Millions – even trillions, if even the simplest life forms are included – of species have existed on Earth since the beginning of life, and more than 99% of them have become extinct at different periods.

With a history of approximately 300,000 years, the human species has increased its capacity for survival over time, becoming a dominant species. While it has remained passive under certain conditions, it has also reached a position powerful enough to exert pressure on all ecological systems. This influential role peaked with the Industrial Revolution. Scientists focusing on the changes caused by human activities and their impacts on ecosystems have defined the current period as the "Anthropocene," characterizing it as a geological epoch (Crutzen, 2002; Crutzen & Stoermer, 2000). In this context, scientific studies suggest that due to human-induced (anthropogenic) effects, we are facing a threat of extinction referred to as the Sixth Mass Extinction, which has led to the extinction or endangerment of many species (Barnosky et al., 2011; WWF, 2018). The ecological environment, transformed and still being transformed by human influence, poses threats not only to other species but also to the survival of humanity itself (Kolbert, 2020). Despite humanity strengthening its position as the dominant species on the planet and, especially since the 16th century, adopting a mechanistic view of nature that places humans at the center – viewing nature as a tool under human control to meet all needs without restraint (Gül, 2013; Sulak, 2018; Yaylı, 2006) – these examples demonstrate that nature can pose threats to all economic, social, and societal structures of human life, as well as to human existence itself. Human interventions in ecological systems, whether conscious or unconscious, have led to disruptions in natural balance in various ways. In seeking to meet its needs from the environment, humanity has created imbalances in ecological systems, ultimately generating threats to its own survival. The earliest interventions date back to the hunter-gatherer period, involving activities such as the destruction of plant species and uncontrolled hunting. The Enlightenment – also known as the Age of Reason – with its strong belief in reason and science as the primary guides, led to scientific, cultural, and economic transformations. In this context,

industrialization (Sulak, 2018; Yaylı, 2006; Zariç, 2017) became one of the most significant turning points in human history. The lifestyles of societies, their cultures, relationships, demands for resources, methods of resource use, and the value attributed to the environment have ultimately positioned environmental issues within an interdisciplinary framework. Even in ancient times, philosophers emphasized conflicts arising from resource scarcity, particularly in the context of political relations between states and societies. From the Industrial Revolution to the present, environmental degradation has become far more severe and has shifted from local to global-scale problems. The use of fossil fuels during industrialization gave rise to energy-dependent societies. With rapid population growth and urbanization, energy demand increased significantly, and as energy production and consumption expanded, this demand continued to grow. The rise of liberalism during the Enlightenment, along with capitalism shaped by individualism and freedom, accelerated the search for raw materials, colonization, and the expansion of market economies (Gencer, 2013, p. 245; Özmaden, 2019, pp. 54–55). This process progressed in direct proportion to increasing environmental pressures (Ponting, 2012). The 20th century marked the peak of these destructive processes. Environmental damage caused by nuclear weapons testing (D'Alisa et al., 2020; Prăvălie, 2014); the Green Revolution, which rapidly increased food production through the use of chemical fertilizers and pesticides since the 1940s and its negative impacts on soil fertility, biodiversity, and groundwater (Kumar, 2017); the depletion of the ozone layer due to chlorofluorocarbon (CFC) gases used in refrigeration and other products (American Chemical Society, 2017); and global climate changes caused by greenhouse gas emissions are among the most evident examples of human-induced environmental degradation. Human activities have increased the emission of these gases, thereby raising their concentration and accumulation in the atmosphere (Cubasch et al., 2007, p. 100; Ponting, 2012). In 1988, NASA scientist James Hansen emphasized that rising temperatures were not natural but were caused by increasing concentrations of greenhouse gases in the atmosphere due to human activities (Renner, 2015). Despite humanity's increasing dominance and the long-standing mechanistic understanding of nature, which views it as a controllable resource, the examples discussed clearly demonstrate that nature can pose serious threats to human existence and all related economic and social systems. Particularly in the 20th century, environmental destruction reached its peak. The mechanistic understanding of nature that developed during the Enlightenment – led by thinkers such as Bacon, Descartes, and Newton – began to be questioned alongside critiques of modernity. This perspective has continued to be critically examined, especially since the 1960s, through the rise of ecological thought and ongoing scientific research.

Climate Justice. The climate crisis also brings forward issues of justice in an intergenerational sense, that is, in relation to the rights of those not yet born. In this context, ensuring climate justice requires acknowledging that the decisions, actions, consumption patterns, and lifestyles of people living today carry responsibilities toward future generations, given their negative impacts on the planet. One of the most significant steps taken to address the climate crisis was the establishment of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) at the Rio Earth Summit in 1992, held under the auspices of the United Nations Environment Programme (UNEP) with the participation of both state and non-state actors. The UNFCCC was opened for signature at the United Nations Conference on Environment and Development held in Rio in 1992. The Convention recognizes that changes in the climate system and their adverse effects are a common concern of humanity, emphasizing the role of human activities and aiming to prevent the accumulation of greenhouse gases in the atmosphere (UNFCCC, 1992, pp. 1–2). As stated in Article 2, the ultimate objective of the Convention is to stabilize greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system. Such a level should be achieved within a timeframe sufficient to allow ecosystems to adapt naturally to climate change and to ensure that economic development proceeds sustainably.

United Nations Framework Convention on Climate Change. In response to the impacts of human-induced global warming on the climate, as identified by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), established jointly by UNEP and the World Meteorological Organization (WMO) in 1988, the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) was opened for

signature at the United Nations Conference on Environment and Development (Rio Earth Summit) held between 3-14 June 1992. The Convention currently has 197 parties, including Türkiye. Its objective is to stabilize greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that prevents dangerous human-induced interference with the climate system, based on the principle of equity and common but differentiated responsibilities. It also aims to encourage cooperation in research and technology and to protect greenhouse gas sinks, achieving these goals within a timeframe that allows ecosystems to adapt naturally and supports sustainable economic development.

Vienna Convention and the Montreal Protocol. The Vienna Convention and the Montreal Protocol became the first universally ratified agreements in United Nations history, with approval from 197 parties, including 196 states and the European Union. Due to their wide adoption and implementation, they are considered outstanding examples of international cooperation. The objectives of the Vienna Convention were to promote cooperation through research, information exchange, and systematic observation regarding the effects of human activities on the ozone layer, and to adopt legal or administrative measures against activities likely to harm it. However, the Convention did not impose binding obligations to reduce ozone-depleting substances. Therefore, in line with its provisions, countries later adopted the Montreal Protocol.

Kyoto Protocol. The Kyoto Protocol is the only international framework aimed at combating global warming and climate change under the UNFCCC. Countries that signed the protocol committed to reducing emissions of carbon dioxide and five other greenhouse gases or, if unable to do so, increasing their emission allowances through carbon trading. The Protocol requires countries to reduce their emissions to 1990 levels. Although signed in 1997, it entered into force in 2005, as it required ratification by countries responsible for at least 55% of global emissions – a threshold only reached with Russia's participation after eight years.

Paris Agreement. The Paris Agreement, which establishes the framework for the post-2020 climate regime, was adopted at the 21st Conference of the Parties (COP21) to the UNFCCC in Paris in 2015. For the first time, all countries committed to reducing greenhouse gas emissions on a global scale. The Agreement entered into force on 4 November 2016 after at least 55 parties representing 55% of global emissions ratified it. It aims to limit the global temperature increase caused by human-induced greenhouse gas emissions to well below 2°C above pre-industrial levels, while emphasizing efforts to limit the increase to 1.5°C. It also reaffirms the principle of "common but differentiated responsibilities and respective capabilities."

The Impact of Climate Change on Society. The climate crisis is one of the most complex and multidimensional challenges of the 21st century. Since the Industrial Revolution, increased greenhouse gas emissions have raised global average temperatures by approximately 1.2°C. However, this increase has gone far beyond temperature measurements – it has disrupted food security, depleted water resources, intensified natural disasters, and fundamentally shaken societal structures. Greenhouse gas emissions occur at every stage of food production and consumption due to energy use. Climate change has predominantly negative effects on agricultural production processes. While impacts vary by region, staple crops such as wheat, rice, and maize are adversely affected, especially in tropical and temperate regions. Urban areas, with high population density and economic activity, are among the most vulnerable to climate change, while rural areas – where agriculture is the primary livelihood and where approximately 70% of the poor in developing countries reside – are also heavily impacted. Studies show that extreme weather events often lead to increases in food and agricultural prices (Porter et al., 2014). Crop shortages, rising prices, and reduced access to food contribute to food insecurity, affecting availability, access, consumption, and price stability (IPCC, 2014a; Porter et al., 2014). Climate change's impact on food security is evident and may also pose threats to national security. For instance, severe droughts in Syria between 2006 and 2010 have been linked to food shortages that contributed to the 2011 protests and subsequent conflict (De Châtel, 2014; Gleick, 2014; Kelley, 2014). Agriculture being a primary source of income in rural areas, climate-related impacts – especially extreme weather events – act as push factors for rural-to-urban migration (Dasgupta et al., 2014; IPCC, 2014a, p. 48). Climate change also affects economic sectors differently. It alters supply and demand for goods and services, influenced by both

physical changes and socioeconomic factors such as population, income, and lifestyle. For example, rising temperatures may reduce demand for heating but increase demand for cooling. Tourism is among the most affected sectors. While higher-altitude or polar regions may benefit, other regions face economic losses due to reduced snowfall. Countries like the Maldives face severe risks from sea-level rise. Ecosystems such as rainforests and coral reefs are also under threat due to climate change and human activities (Acar, 2020; Arent, 2014). The insurance sector, particularly property insurance, is also at high risk due to the increasing frequency and severity of climate-related disasters, which may lead to financial instability or even bankruptcy (Alper & Anbar, 2008). Finally, climate change has serious impacts on human health. Rising temperatures, changing precipitation patterns, and increased extreme weather events such as floods, droughts, and wildfires can lead to long-term health issues and even mortality. Vulnerable populations, especially the poor, are disproportionately affected due to limited access to resources, infrastructure, and resilience mechanisms (Olsson et al., 2014; IPCC, 2014a, p. 51).

Educational Outcomes. Research on climate change education focuses on how education currently is and how it should be. In this context, various themes have been identified through analyses of different studies. In one study, 49 works from the EBSCOhost database and, in another, a systematic review of studies conducted between 1993-2014 revealed that education should be interdisciplinary, personally meaningful, active, engaging, participatory, creative, and emotion-oriented (Monroe et al., 2019; Rousell et al., 2020). In two studies conducted to identify gaps in the research questions of articles published in the journal Environmental Education Research, key points were determined (Reid, 2019a, 2019b). Another study examined references to extreme weather events, identified gaps in developing countries, and explored the ethical dimensions of these gaps, focusing on the impacts of climate change (Trenberth et al., 2015). In an analysis of 92 peer-reviewed studies on climate change communication and education, which examined content, visualization, framing, and audience segmentation, it was concluded that barriers to public participation in climate change communication and education should be addressed at different levels (Wibeck, 2014). Another common theme identified across studies is experimental research. Another area of climate change research focuses on curricula. A three-stage study involving bibliometric analysis, online surveys, and case studies was conducted in universities across 45 countries to examine the inclusion of climate change in academic programs. The findings emphasized the necessity of integrating climate change into university curricula (Filho et al., 2021). Another study discussing why climate change should be included as a disciplinary subject in school curricula drew on evidence from curriculum theory, cognitive psychology, and philosophy of science (Eilam, 2022). Another aspect of climate change education concerns the characteristics of textbooks. Studies analyzing earth and environmental science textbooks found that their conceptual scope and presentation of scientific concepts may reinforce students' misconceptions and increase their confidence in these misunderstandings. It was concluded that textbooks are not designed with students' common misconceptions in mind (Choi et al., 2010). Although numerous studies on climate change have been conducted from the work of John Tyndall in the 19th century to the present, there remains a significant gap in the international literature regarding the teaching of climate change (Beasy et al., 2023). A similar situation is observed in the limited number of studies conducted in Türkiye.

Cultural Outcomes. The first workshop on climate change and cultural heritage was held in 2007 in Ravello, Italy, organized by the European University Cultural Heritage Center (Lefevre & Sabbioni, 2010). In 2008, the World Monuments Fund (WMF) organized a panel at the George Wright Society Conference with experts in green building, nature conservation, and historic preservation to discuss the threats posed by climate change to natural and cultural assets (Erdoğan, 2022). The increasing number of international studies has raised awareness about the impact of climate change on cultural heritage, leading conservation experts to conduct more research in this field. After 2015, cultural heritage began to be included in climate change policies (Lefevre & Sabbioni, 2018). In this context, steps have been taken to prevent climate change, protect cultural heritage as documentary evidence, and reduce the impacts of climate change on such heritage. However, these efforts have not yet reached a sufficient level, and more comprehensive solutions are

still needed. Cultural heritage consists of both tangible and intangible elements created by past societies, which have survived to the present and become the shared heritage of humanity. These are valuable assets that provide information about the historical, cultural, architectural characteristics, and ways of life of societies, serving as a bridge between the past and the future.

Migration. Global climate change has evolved from being merely an environmental issue into a global crisis, particularly emphasized by climate policy advocates. As former UN Secretary-General Ban Ki-moon once stated, "climate change does not carry a passport and recognizes no national borders." These changes have become triggers of multi-layered crises with economic, social, and political impacts. Especially in fragile regions such as Africa, the Middle East, and South Asia, water scarcity, drought, and natural disasters not only cause ecological destruction but also lead to social unrest, armed conflicts, and mass forced displacement. Migration, urbanization, securitization, militarization, and international aid policies emerge both as outcomes of these processes and as factors that reproduce them. In this context, this observation report aims to examine, through a multidisciplinary approach, the conflicts, migration dynamics, economic losses, and international diplomatic responses caused directly and indirectly by climate change. Climate-induced forced displacement is addressed within the framework of "environmental migration." Castells' theory of the "network society" and Bauman's concept of "liquid modernity" provide important insights into understanding new forms of migration. Migration is not only a movement of people but also a crisis in which issues of identity, belonging, and security are reshaped. Giddens' concept of the "modern risk society" is also crucial in explaining how environmental threats create insecurity for individuals and communities. These theoretical foundations demonstrate that the relationship between migration and climate change has not only physical but also social and political dimensions.

Conclusion

This study reveals the multidimensional and interconnected nature of education, cultural heritage preservation, and migration dynamics in combating climate change. The findings indicate that the climate crisis is not merely an environmental issue but a global phenomenon with significant social, economic, and political consequences (IPCC, 2023).

Therefore, the necessity of addressing solution processes through an interdisciplinary approach becomes evident. Findings related to education demonstrate that climate change education should be more participatory, interdisciplinary, and practice-oriented. Education plays a critical role in raising environmental awareness among individuals (Monroe et al., 2019; Rousell & Cutter-Mackenzie-Knowles, 2020).

However, the inadequacy of current curricula and instructional materials may lead to conceptual misunderstandings among students (Choi et al., 2010). This situation necessitates the restructuring of educational policies. From the perspective of cultural heritage, climate change poses serious threats to both tangible and intangible cultural assets. Although awareness in this field has increased in recent years, it is evident that protection policies remain insufficient and require more comprehensive strategies (Fatorić & Seekamp, 2017).

Migration emerges as one of the most critical consequences of climate change. Forced displacement driven by environmental factors profoundly affects social structures and international relations. In this context, climate-induced migration is not merely a physical movement but also a process of social and political transformation (Black et al., 2011).

In conclusion, combating the climate crisis requires a holistic approach that integrates education, cultural heritage preservation, and migration policies. Increasing societal awareness, developing sustainable policies, and strengthening international cooperation constitute the fundamental pillars of this process (IPCC, 2023)

References

1. Başoğlu, A. (2014). *An econometric analysis and model attempt on the economic effects of global climate change*. Doctoral dissertation, Karadeniz Technical University, Institute of Social Sciences, Department of Economics.
2. Black, R., Adger, W. N., Arnell, N. W., Dercon, S., Geddes, A., & Thomas, D. (2011). Migration as adaptation. *Nature, 478*(7370), 447–449.
3. Choi, S., Niyogi, D., Shepardson, D. P., & Charusombat, U. (2010). Do earth and environmental science textbooks promote middle and high school students' conceptual development about climate change? *Bulletin of the American Meteorological Society, 91*(7), 889–898.
4. Demirel, M. D., & Umar, N. (n.d.). The vulnerability of cultural heritage to climate change. *Resilience Journal, 7*(7).
5. Fatorić, S., & Seekamp, E. (2017). Are cultural heritage and resources threatened by climate change? A systematic literature review. *Climatic Change, 142*(1–2), 227–254.
6. IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
7. Ministry of Energy and Natural Resources of the Republic of Türkiye. (2025, July 17). *International steps taken in combating the climate crisis: Climate change and international negotiations*. http://enerji.gov.tr
8. Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change of the Republic of Türkiye. (2025, July 17). *European Green Deal*. https://csb.gov.tr
9. Ministry of Foreign Affairs of the Republic of Türkiye – Directorate for EU Affairs. (2025, July 15). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. https://www.ab.gov.tr
10. Monroe, M. C., Plate, R. R., Oxarart, A., Bowers, A., & Chaves, W. A. (2019). Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research. *Environmental Education Research, 25*(6), 791–812.
11. Public Health General Directorate. (2025, July 16). *Effects of climate change on health*. https://hsgm.saglik.gov.tr
12. PwS. (2025, July 16). *Legal regulations on energy efficiency*. https://www.pws.com.tr
13. Rousell, D., & Cutter-Mackenzie-Knowles, A. (2020). A systematic review of climate change education: Giving children and young people a 'voice' and a 'hand' in redressing climate change. *Children's Geographies, 18*(2), 191–208.
14. Turgut, N. (2009). *Environmental policy and law*. İmaj Publishing.
15. Uyar, S., & Uyar, Ş. (n.d.). *The role of education in combating the climate crisis*. İmaj Publishing.
16. Vural, Ç. (2024, April). *International relations theories and the climate crisis: Discussing the limits of green theories*. Master's thesis, Istanbul Medeniyet University, Institute of Graduate Studies, Department of International Relations.

Received: 05.12.2025
Approved: 12.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/49-53

Nəzrin Zeynalova
Bakı Slavyan Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0000-7911-0373
nazrinzeynalova2002@gmail.com

Azərbaycan dili dərslərində bilik və bacarıqların formalaşmasında interaktiv təlim metodlarının istifadə imkanları

Xülasə

Bu məqalədə Azərbaycan dili dərslərində şagirdlərin bilik və bacarıqlarının formalaşdırılmasında interaktiv təlim metodlarının istifadə imkanları elmi-pedaqoji baxımdan araşdırılmışdır. Müasir təhsil sistemində əsas məqsədlərdən biri şagirdlərin yalnız nəzəri biliklərə yiyələnməsi deyil, həm də bu bilikləri praktik fəaliyyətə tətbiq edə bilməsi, müstəqil düşünmə və kommunikativ bacarıqlarını inkişaf etdirməsidir. Bu baxımdan Azərbaycan dili dərslərində interaktiv təlim metodlarının tətbiqi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Məqalədə interaktiv təlim anlayışı, onun pedaqoji mahiyyəti və əsas xüsusiyyətləri təhlil edilmişdir. Həmçinin, Azərbaycan dili dərslərində istifadə edilən beyin həmləsi, klaster, müzakirə, debat, rol oyunları və qrup işi kimi interaktiv metodların təlim prosesindəki rolu və effektivliyi araşdırılmışdır. Tədqiqat nəticələri göstərir ki, interaktiv metodlar şagirdlərin təlim prosesində fəal iştirakını təmin edir, onların şifahi və yazılı nitq bacarıqlarını inkişaf etdirir, tənqidi və yaradıcı düşünməni formalaşdırır. Eyni zamanda, bu metodlar şagirdlərin əməkdaşlıq mühitində işləmək bacarığını gücləndirir və öyrənməyə marağı artırır. Məqalədə müəllimin interaktiv təlim prosesində təşkilatçı və istiqamətləndirici rolunun əhəmiyyəti də vurğulanmışdır. Nəticə olaraq qeyd olunur ki, Azərbaycan dili dərslərində interaktiv təlim metodlarının sistemli və məqsədyönlü şəkildə tətbiqi tədrisin keyfiyyətinin yüksəldilməsinə və şagirdlərin dil bacarıqlarının daha səmərəli formalaşmasına mühüm töhfə verir.

Açar sözlər: *interaktiv təlim, Azərbaycan dili dərsləri, təlim metodları, kommunikativ bacarıqlar, fəal öyrənmə, pedaqoji texnologiyalar*

Nazrin Zeynalova
Baku Slavic University
Master's student
https://orcid.org/0009-0000-7911-0373
nazrinzeynalova2002@gmail.com

Possibilities of Using Interactive Teaching Methods in the Formation of Knowledge and Skills in Azerbaijani Language Lessons

Abstract

This article examines the possibilities of using interactive teaching methods in the formation of students' knowledge and skills in Azerbaijani language lessons from a scientific and pedagogical perspective. One of the main goals of modern education is not only to provide students with theoretical knowledge but also to develop their ability to apply this knowledge in practice, as well as to improve their independent thinking and communicative skills. In this context, the application of interactive teaching methods in Azerbaijani language classes is of great importance. The article analyzes the concept of interactive learning, its pedagogical essence, and its main characteristics. It also explores the role and effectiveness of interactive methods such as brainstorming, cluster method, discussion, debate, role-playing, and group work in the teaching process.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

The results of the study show that interactive methods ensure students' active participation in the learning process, develop their oral and written communication skills, and promote critical and creative thinking. At the same time, these methods strengthen students' ability to work collaboratively and increase their motivation for learning. The article also emphasizes the importance of the teacher's role as an organizer and facilitator in the interactive learning process. In conclusion, the study highlights that the systematic and purposeful use of interactive teaching methods in Azerbaijani language lessons significantly improves the quality of teaching and contributes to the more effective development of students' language skills.

Keywords: *interactive learning, Azerbaijani language lessons, teaching methods, communicative skills, active learning, pedagogical technologies*

Giriş

Azərbaycan dili şəxsiyyətin inkişafı və formalaşmasında mühüm rol oynayır. Ana dilinə sevgi və onu mənimsəməyin təməli ilk növbədə ailədə qoyulur. Belə ki, uşaqlarda ana dili haqqında ilkin anlayışlar məktəbəqədər dövrdə ailə mühitində formalaşmağa başlayır. Məktəbdə isə bu biliklər daha sistemli şəkildə və elmi əsaslarla tədris olunur. Ümumtəhsil məktəblərində Azərbaycan dili fənninin öyrədilməsi şagirdlərin nitq mədəniyyətinin inkişafına geniş imkan yaradır. Bu fənn vasitəsilə şagirdlər Azərbaycan dilinin səs sistemi, lüğət tərkibi ilə tanış olur və dilin qrammatik qaydalarını mənimsəyirlər. Ana dilini dərindən öyrənmək şagirdlərə yalnız bu fənn üzrə deyil, digər fənlərin mənimsənilməsində də mühüm kömək göstərir. Ölkəmizdə kurikulum tətbiq olunduqdan sonra ibtidai siniflərdə Azərbaycan dili fənni də bu proqramın tələblərinə uyğun şəkildə tədris edilir. Kurikulum sənədinə əsasən Azərbaycan dili fənni üzrə dörd əsas məzmun xətti müəyyən edilmişdir: dinləyib-anlama və danışma, oxu, yazı və dil qaydaları.

Müasir təhsil sistemində əsas məqsədlərdən biri şagirdlərin yalnız nəzəri biliklər əldə etməsi deyil, həm də onların bu bilikləri praktik fəaliyyətə tətbiq etmə bacarıqlarını inkişaf etdirməkdir. Bu baxımdan ümumi təhsil sistemində Azərbaycan dili fənninin tədrisi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Azərbaycan dili yalnız ünsiyyət vasitəsi deyil, eyni zamanda milli-mənəvi dəyərlərin, mədəniyyətin və milli kimliyin daşıyıcısıdır. Bu səbəbdən məktəblərdə Azərbaycan dilinin tədrisi şagirdlərin həm intellektual, həm də mənəvi inkişafında mühüm rol oynayır. İnteraktiv təlim konstruktivizm nəzəriyyəsinə əsaslanır. Bu nəzəriyyəyə görə, şagirdlər bilikləri passiv şəkildə qəbul etmir, onları aktiv fəaliyyət nəticəsində qurur və mənimsəyirlər (Piaget, 1970; Vygotsky, 1978).

Bu modeldə:

- müəllim fasilitator (istiqamətləndirici) rolunu oynayır;
- şagirdlər müstəqil və qrup şəklində fəaliyyət göstərir;
- öyrənmə prosesi qarşılıqlı əlaqə və əməkdaşlıq əsasında qurulur.

Azərbaycan dili dərslərində bu yanaşma xüsusilə effektivdir, çünki dil öyrənilməsi praktik fəaliyyət tələb edir (Qasımov, 2012).

Təhsil sahəsində aparılan islahatlar və kurikulum islahatları nəticəsində təlim prosesində şagird mərkəzli yanaşma əsas istiqamətlərdən birinə çevrilmişdir. Bu yanaşma təlim prosesində şagirdlərin fəallığını artırmağa, onların tədqiqat aparmaq, düşünmək və müstəqil nəticələr çıxarmaq bacarıqlarını inkişaf etdirməyə yönəlmişdir. Bu məqsədlərə nail olmaq üçün interaktiv təlim metodlarından geniş istifadə olunur.

İnteraktiv təlim metodları müəllim və şagird arasında qarşılıqlı fəaliyyətə əsaslanır və şagirdlərin təlim prosesində fəal iştirakını təmin edir. Bu metodlar şagirdlərin tənqidi düşünmə qabiliyyətini, yaradıcılıq potensialını və kommunikativ bacarıqlarını inkişaf etdirməyə imkan yaradır. Azərbaycan dili dərslərində interaktiv metodların tətbiqi şagirdlərin dil bacarıqlarının daha səmərəli şəkildə formalaşmasına şərait yaradır.

Məqalənin məqsədi Azərbaycan dili dərslərində interaktiv təlim metodlarının tətbiq imkanlarını araşdırmaq, onların şagirdlərin bilik və bacarıqlarının formalaşmasına təsirini müəyyənləşdirmək və bu metodların tədris prosesində səmərəliliyini elmi-pedaqoji baxımdan təhlil etməkdir.

Azərbaycan dili tədrisi, şagirdlərin dil biliklərini inkişaf etdirmək və onları sosial həyatın müxtəlif sahələrində daha effektiv ünsiyyət qurmağa hazırlamaq üçün vacib bir sahədir. Bu məqsədlə, ənənəvi tədris metodlarının yanında daha modern və interaktiv yanaşmalara ehtiyac yaranmışdır. İnteraktiv dərs metodları, tələbələrin fəal iştirakı və tədris prosesinə aktiv şəkildə qoşulmalarını təmin edən bir yanaşmadır. Bu metodlar, yalnız müəllimin şagirdlərə məlumat verməsini deyil, həm də şagirdlərin öz fikirlərini ifadə etməsini, suallar verməsini və müzakirələr aparmasını təşviq edir. Beləliklə, tələbələr arasında qarşılıqlı əlaqə yaranır və dilin öyrənilməsi daha maraqlı və effektiv olur (Əliyeva, 2018).

Tədqiqat

Pedaqoji ədəbiyyatda interaktiv təlim metodları şagirdlərin fəal iştirakına əsaslanan təlim strategiyaları kimi xarakterizə olunur. Bu metodlar şagirdlərin bilikləri hazır şəkildə qəbul etməsi deyil, onları müstəqil şəkildə əldə etməsini təmin edir.

Tədqiqatçılar qeyd edirlər ki, fəal və interaktiv təlim metodları şagirdlərin düşünmə prosesini aktivləşdirir və onların öyrənməyə marağını artırır (Vygotsky, 1978; Johnson və Johnson, 1999). Lev Vıqotskinin sosial-konstruktivist nəzəriyyəsinə görə, biliklər sosial qarşılıqlı əlaqə prosesində formalaşır və inkişaf edir. Bu baxımdan qrup işi və müzakirələr təlim prosesində xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

J.Dewey (1938) də qeyd edir ki, öyrənmə yalnız nəzəri məlumatın ötürülməsi ilə məhdudlaşmamalıdır; şagirdlər təcrübə yolu ilə öyrənməli və real problemlərin həllində iştirak etməlidirlər. Bu yanaşma müasir interaktiv təlim metodlarının əsas ideyalarından biridir.

Azərbaycan pedaqoqları da interaktiv təlim metodlarının təhsildə tətbiqinin əhəmiyyətini vurğulamışlar. Onların fikrincə, bu metodlar şagirdlərin müstəqil düşünmə qabiliyyətini inkişaf etdirir və onların öyrənməyə motivasiyasını artırır (Əlizadə, 2010; Hüseynov, 2015).

İnteraktiv metod əsasında təşkil olunan dərslərdə həm müəllim, həm də şagirdlər təlim prosesinin fəal iştirakçıları kimi çıxış edirlər. Belə dərslərdə müəllim əsasən təlim fəaliyyətinin təşkilatçısı və istiqamətləndiricisi rolunu yerinə yetirir. Müəllim tərəfindən məqsədyönlü şəkildə problemli vəziyyətlərin yaradılması, şagirdlərin tədqiqat aparmaq qabiliyyətinin inkişaf etdirilməsi, onların məlumatları müstəqil şəkildə araşdıraraq kəşf etməsi və mənimsəməsi üçün əlverişli şəraitin qurulması fəal təlimin əsas xüsusiyyətləri kimi qiymətləndirilə bilər. Bu barədə Z.Veysova qeyd edir ki, təlim prosesinə tətbiq olunan yeni yanaşmanın mahiyyəti ondan ibarətdir ki, təhsil yalnız şagirdlərin yaddaşını yeni elmi biliklərlə zənginləşdirməklə məhdudlaşmır. Eyni zamanda, onların təfəkküründün davamlı inkişafı əsasında bilikləri müstəqil şəkildə əldə etməsi və mənimsəməsi, vacib bacarıq və vərdişlərə, eləcə də şəxsi keyfiyyət və qabiliyyətlərə yiyələnməsi əsas məqsəd kimi müəyyən edilir. Bu prosesdə şagirdlər müəllimin rəhbərliyi ilə xüsusi seçilmiş və asan qavranılan təlim materiallarını öyrənərkən fakt və hadisələr arasındakı səbəb-nəticə əlaqələrini müəyyənləşdirməyi, qanunauyğunluqları aşkar etməyi, nəticə çıxarmağı və ümumiləşdirmələr aparmağı öyrənirlər (Veysova, 2007).

İnteraktiv təlim zamanı müəllim və şagirdlər arasında qarşılıqlı informasiya mübadiləsi aparılır, problemlər birgə müzakirə edilərək həll olunur, müxtəlif situasiyalar modelləşdirilir və iştirakçılar həm öz fəaliyyətlərini, həm də yoldaşlarının davranışlarını qiymətləndirirlər. Başqa sözlə, bu prosesdə özünüqiymətləndirmə də mühüm yer tutur. Müasir təlim sistemində şagirdlərin qazandıqları bilik, bacarıq və vərdişləri nümayiş etdirməsi üçün əlverişli şərait yaradan interaktiv metodlara daha çox üstünlük verilir. Bunun əsas səbəbi ondan ibarətdir ki, interaktiv metodlar yalnız şagirdlərin şüuruna deyil, həm də onların emosiyalarına, hisslərinə və şəxsi keyfiyyətlərinə təsir göstərərək bütöv şəxsiyyət kimi inkişafını təmin edir. Bu metodların tətbiqi tədris materialının mənimsənilmə səviyyəsini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Eyni zamanda, interaktiv metodlar təlim prosesini daha fəal və dinamik edir, hər bir şagirdin dərsdə aktiv iştirakını stimullaşdırır və dərslərin maraqlı, cəlbedici şəkildə keçməsinə şərait yaradır. Nəticədə, təlim prosesinin səmərəliliyi yüksəlir və şagirdlərin inkişafı daha effektiv şəkildə təmin olunur. Ənənəvi təlim üsullarından fərqli olaraq, interaktiv metodların əsas məqsədi təlim prosesinə cəlb olunan hər bir şagirdin səriştə və bacarıqlarının maksimum dərəcədə inkişaf etdirilməsidir.

Beləliklə, interaktiv təlim metodları müasir pedaqogikanın mühüm istiqamətlərindən biri olmaqla şagirdlərin bilik və bacarıqlarının formalaşmasında mühüm rol oynayır. İnteraktiv təlim metodlarının tətbiqi şagirdlərin akademik və sosial inkişafına müsbət təsir göstərir. Tədqiqatlar göstərir ki, interaktiv metodlar şagirdlərin dərsə marağını artırır və onların təlim prosesində fəal iştirakını təmin edir (Prince, 2004).

Bu metodların tətbiqi nəticəsində şagirdlər aşağıdakı bacarıqlara yiyələnirlər:

- müstəqil düşünmə bacarığı;
- analitik və tənqidi düşünmə;
- kommunikativ bacarıqlar;
- yaradıcı fəaliyyət;
- əməkdaşlıq və komanda ilə işləmək bacarığı.

Beləliklə, interaktiv metodlar şagirdlərin yalnız akademik biliklərini deyil, həm də onların sosial və kommunikativ bacarıqlarını inkişaf etdirir. İnteraktiv təlim prosesində müəllim ənənəvi "məlumat verən" rolundan daha çox təşkilatçı və fasilitator rolunu oynayır. Müəllim şagirdlərin fəaliyyətini istiqamətləndirir və onların müstəqil öyrənməsinə şərait yaradır.

Müəllimin əsas vəzifələri aşağıdakılardır:

- dərsin məqsədlərinə uyğun metodların seçilməsi;
- şagirdlər arasında əməkdaşlıq mühitinin yaradılması;
- müzakirələrin idarə olunması;
- şagirdlərin fəaliyyətinin qiymətləndirilməsi.

Müəllimin pedaqoji ustalığı və metodik hazırlığı interaktiv təlimin uğurlu həyata keçirilməsində mühüm rol oynayır.

Azərbaycan dili dərslərində interaktiv metodların tətbiq istiqamətləri.

1. Dinləmə bacarıqlarının inkişafı: Dinləmə bacarığının inkişafı üçün interaktiv tapşırıqlardan istifadə olunur. Məsələn: - audio mətnlərin dinlənilməsi və müzakirəsi; - "sual-cavab" üsulu ilə məzmunun yoxlanılması; - qrup daxilində fikirlərin bölüşdürülməsi.

2. Danışma bacarıqlarının formalaşdırılması: Danışma bacarığının inkişafında rollu oyunlar, debatlar və təqdimatlar mühüm rol oynayır. Bu metodlar şagirdlərin sərbəst nitq qurmasına və öz fikirlərini əsaslandırmasına şərait yaradır.

3. Oxu bacarıqlarının inkişafı: Oxu prosesində interaktiv metodlar şagirdlərin mətn üzərində işləmə bacarıqlarını artırır: - mətnin hissələrə bölünərək qruplar arasında paylanması; - əsas ideyanın müəyyənləşdirilməsi; - Venn diaqramı vasitəsilə müqayisə aparılması (Harmer, 2007).

4. Yazı bacarıqlarının inkişafı: Yazı bacarığının inkişafı üçün: - esse və hekayə yazma; - qarşılıqlı yoxlama (peer review); - beyin həmləsi və klaster metodlarından istifadə edilir (Brown, 2001).

Azərbaycan dilinin tədrisində müasir metod və üsulların tətbiqi şagirdlərin dili daha səmərəli və asan şəkildə mənimsəməsinə əlverişli imkan yaradır. Təlim prosesində bu cür metodlardan istifadə şagirdlərin Azərbaycan dilini öyrənməyə marağını artırır, eyni zamanda, onların öz bilik və bacarıqlarına olan inamını gücləndirir. Müəllimlər isə şagirdlərin dil bacarıqlarını inkişaf etdirmək üçün onları müxtəlif fəaliyyətlərə cəlb etməli və dərs prosesində aktiv iştiraklarını təmin etməlidirlər. Bununla yanaşı, müəllimlər təlim zamanı şagirdlərin özlərini sərbəst və rahat hiss etdikləri, öyrənməyə həvəsləndirən və yaradıcı düşüncəni stimullaşdıran mühit formalaşdırmalıdırlar. Bu cür mühit şagirdlərin dil bacarıqlarının inkişafına və onların təlim prosesinə daha fəal qoşulmasına müsbət təsir göstərir.

Nəticə

Azərbaycan dili dərslərində interaktiv təlim metodlarının tətbiqi müasir təhsil tələblərinə uyğun olaraq şagirdlərin bilik və bacarıqlarının formalaşmasında mühüm rol oynayır. Bu metodlar şagirdlərin fəallığını artırır, onların kommunikativ və tənqidi düşünmə bacarıqlarını inkişaf etdirir və təlim prosesini daha səmərəli edir.

Azərbaycan dilinin tədris prosesinin effektivliyi əsasən müəllimin dərsi düzgün planlaşdırmasından və dərsin formasını məntiqi əsaslarla seçmək bacarığından asılıdır. Mövzu ilə bağlı metodoloji

ədəbiyyatın təhlili göstərir ki, reseptiv danışıq fəaliyyəti informasiyanın qavranılması və sonrakı mərhələdə işlənib hazırlanması prosesini əhatə edir. Bu fəaliyyət əsasən oxu və dinləyib-anlama kimi dil bacarıqlarını özündə birləşdirir. Azərbaycan dilində həm şifahi, həm də yazılı mətnlərin düzgün dərk edilməsi, qavranılması və fəal şəkildə təhlil olunması məqsədyönlü oxu bacarığının və vahid kommunikativ vərdişlərin formalaşması ilə mümkün olur.

Müasir dövrdə auditoriyada Azərbaycan dilinin tədrisi qarşısında duran əsas vəzifələrdən biri təlim prosesində interaktivliyin təmin edilməsidir. İnteraktivlik yalnız müəllim və şagird, eləcə də şagirdlər arasında qarşılıqlı münasibətlərin qurulması ilə məhdudlaşmır. Bu anlayış eyni zamanda dil aspektlərinin və danışıq bacarıqlarının şagirdlər tərəfindən qarşılıqlı əlaqə şəraitində mənimsənilməsini də əhatə edir. Bu baxımdan Azərbaycan dilinin işlək normativ cümlə modellərinin, danışıq dilinə xas xüsusiyyətlərin şagirdlər tərəfindən mənimsənilməsinə və onların ədəbi danışıq dili normalarına uyğun şəkildə inkişaf etdirilməsinə xüsusi diqqət yetirilməsi vacib hesab olunur.

Araşdırmamız göstərir ki, interaktiv metodlardan sistemli və məqsədyönlü şəkildə istifadə edildikdə Azərbaycan dili dərslərinin keyfiyyəti yüksəlir, şagirdlərin dilə marağı artır və onların praktik dil bacarıqları daha effektiv şəkildə formalaşır. Bu baxımdan ümumi təhsil məktəblərində Azərbaycan dili fənninin tədrisində interaktiv təlim metodlarının tətbiqinin genişləndirilməsi və müəllimlərin bu sahədə metodik hazırlığının gücləndirilməsi məqsədəuyğun hesab olunur.

Ədəbiyyat

1. Brown, H.D. (2001). *Teaching by Principles*. Longman.
2. Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. Macmillan.
3. Əliyeva, M. (2018). *Müasir təhsil metodları və onların tətbiqi*. Elm və Təhsil.
4. Əlizadə, Ə. (2010). *Müasir pedaqogikanın əsasları*. Elm.
5. Harmer, J. (2007). *How to Teach English*. Longman.
6. Hüseynov, F. (2015). *Təlim texnologiyaları və pedaqoji innovasiyalar*. Elm.
7. Johnson, D. & Johnson, R. (1999). *Learning Together and Alone*. Allyn & Bacon.
8. Qasımov, F. (2012). *Azərbaycan dili tədrisinin metodikası*. Müəllim.
9. Piaget, J. (1970). *Genetic Epistemology*. Columbia University Press.
10. Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? *Journal of Engineering Education*, *93*(3), 223–231.
11. Veysova, Z. (2007). *Fəal interaktiv təlim. Müəllimlər üçün vəsait*. Elm və Təhsil.
12. Vygotsky, L. (1978). *Mind in Society*. Harvard University Press.

Daxil oldu: 03.12.2025
Qəbul edildi: 13.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/54-59

Mətin Tağızadə
Bakı Dövlət Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0003-5839-1809
metintaghizade@gmail.com

Azərbaycanın aqrar sektorunda kiçik və orta sahibkarlığın hüquqi təminatı və dövlət dəstəyi: mövcud vəziyyət, təhlil və inkişaf istiqamətləri

Xülasə

Azərbaycanın aqrar sektoru ölkə iqtisadiyyatının strateji sahələrindən biridir və kiçik və orta sahibkarlığın (KOS) inkişafında mühüm rol oynayır. Kənd təsərrüfatında KOS-ların fəaliyyəti məşğulluğun artırılması, regionların inkişafı və kənd təsərrüfatı məhsullarının istehsalının genişləndirilməsi baxımından vacibdir. Bu məqalədə Azərbaycanın aqrar sektorunda KOS-ların hüquqi təminatının mövcud vəziyyəti və təhlili aparılmışdır. Tədqiqat çərçivəsində qanunvericilik aktları, dövlət dəstəyi mexanizmləri və rəqəmsal transformasiya proqramları araşdırılmışdır.

Nəticələr göstərir ki, Azərbaycanın qanunvericilik bazası KOS-ların fəaliyyətini müəyyən qədər təmin etsə də, bəzi sahələrdə təkmilləşdirməyə ehtiyac var. Xüsusilə, hüquqi prosedurların sadələşdirilməsi, dövlət dəstəyi mexanizmlərinin genişləndirilməsi və rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi KOS-ların inkişafını sürətləndirə bilər. Rəqəmsal transformasiya KOS-ların idarə edilməsini asanlaşdırır, kredit və subsidiya müraciətlərini sürətləndirir və şəffaflığı təmin edir. Məqalədə dövlət dəstəyinin hüquqi təminatının təkmilləşdirilməsi istiqamətləri də göstərilmişdir. Tədqiqat nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, hüquqi bazanın gücləndirilməsi, rəqəmsal imkanların tətbiqi və dövlət dəstəyinin səmərəli təşkili aqrar KOS-ların inkişafına əhəmiyyətli töhfə verə bilər. Bu, Azərbaycanın kənd təsərrüfatı sektorunun davamlı və dayanıqlı inkişafını təmin etmək üçün vacibdir.

Açar sözlər: *aqrar sektor, kiçik və orta sahibkarlıq, hüquqi təminat, dövlət dəstəyi, rəqəmsal transformasiya*

Metin Taghizadeh
Baku State University
Master's student
https://orcid.org/0009-0003-5839-1809
metintaghizade@gmail.com

Legal Support and State Support of Small and Medium Enterprises in the Agricultural Sector of Azerbaijan: Current Situation, Analysis and Development Directions

Abstract

The agrarian sector of Azerbaijan is one of the strategic sectors of the country's economy and plays an important role in the development of small and medium-sized enterprises (SMEs). The activities of SMEs in agriculture are important in terms of increasing employment, developing regions and expanding the production of agricultural products. This article analyzes the current state and legal framework of SMEs in the agrarian sector of Azerbaijan. The study examines legislative acts, state support mechanisms and digital transformation programs. The results show that although the legislative framework of Azerbaijan provides for the activities of SMEs to a certain extent, there is a need for improvement in some areas.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

In particular, simplifying legal procedures, expanding state support mechanisms and introducing digital technologies can accelerate the development of SMEs. Digital transformation facilitates the management of SMEs, speeds up loan and subsidy applications and ensures transparency. The article also indicates directions for improving the legal framework of state support. The study found that strengthening the legal framework, introducing digital capabilities and effectively organizing state support can make a significant contribution to the development of agricultural SMEs. This is important to ensure the sustainable and sustainable development of the agricultural sector of Azerbaijan.

Keywords: *agrarian sector, small and medium-sized enterprises, legal certainty, state support, digital transformation*

Giriş

Aqrar sektor Azərbaycanın iqtisadiyyatında strateji əhəmiyyətə malikdir və ölkənin ərzaq təhlükəsizliyinin təmin olunmasında əsas rol oynayır. Kənd təsərrüfatı məhsullarının istehsalı yalnız yerli bazarın təmin edilməsi üçün deyil, həm də ixrac potensialının artırılması və regionların sosial-iqtisadi inkişafının təmin olunması baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Azərbaycan Respublikasında KOS aqrar sahənin aparıcı qüvvəsi hesab olunur və kənd təsərrüfatının inkişafında həlledici rol oynayır. KOS-ların fəaliyyəti məşğulluğun artırılması, kənd yerlərində gəlirlərin yüksəldilməsi və kənd təsərrüfatı məhsullarının keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması üçün vacibdir.

Aqrar KOS-ların inkişafı iqtisadiyyatın diversifikasiyası və regionların davamlı inkişafı baxımından da önəmlidir. Hüquqi təminat, KOS-ların uğurlu fəaliyyətinin əsas şərtlərindən biridir. Bu təminat torpaq istifadəsi, dövlət subsidiyaları, vergi güzəştləri, kredit resurslarına çıxış və hüquqi prosedurların sadələşdirilməsi kimi mexanizmləri əhatə edir. Rəqəmsal transformasiya isə KOS-ların idarəetmə prosesini asanlaşdırır, dövlət dəstəyi proqramlarına çıxışı sürətləndirir və fəaliyyətin şəffaflığını artırır.

Azərbaycan qanunvericiliyi KOS-ların hüquqlarını qorumaq, fəaliyyətlərini stimullaşdırmaq və dövlət dəstəyi mexanizmlərini təmin etmək məqsədilə formalaşdırılmışdır. Bununla belə, mövcud qanunvericilik və mexanizmlər beynəlxalq təcrübə ilə müqayisədə bəzi sahələrdə təkmilləşdirməyə ehtiyac duyur. Beynəlxalq təcrübə göstərir ki, aqrar KOS-ların inkişafı üçün qanunvericiliyin sadələşdirilməsi, rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi və dövlət dəstəyi mexanizmlərinin gücləndirilməsi zəruridir.

Bu məqalədə Azərbaycan Respublikasında aqrar sahədə KOS-ların hüquqi təminatının mövcud vəziyyəti təhlil edilmiş, rəqəmsal transformasiyanın KOS-ların inkişafına təsiri araşdırılmış və dövlət dəstəyinin hüquqi təminatının təkmilləşdirilməsi istiqamətləri müəyyən edilmişdir. Tədqiqatın məqsədi KOS-ların fəaliyyətinin səmərəliliyini artırmaq, hüquqi və institusional bazanı gücləndirmək və kənd təsərrüfatı sektorunun dayanıqlı inkişafına töhfə verməkdir.

Tədqiqat

KOS hər bir ölkənin iqtisadi inkişafında mühüm rol oynayır və Azərbaycan üçün xüsusi strateji əhəmiyyət kəsb edir. KOS-lar sosial-iqtisadi sabitlik, iş yerlərinin yaradılması və yerli innovasiyaların tətbiqi üçün əsas amillərdir. Aqrar sektor isə milli iqtisadiyyatın əsas sütunu olmaqla, əhalinin məşğulluğunun artırılmasında, ərzaq təhlükəsizliyinin təmin edilməsində, kənd yerlərində sosial rifahın yaxşılaşdırılmasında mühüm rol oynayır. 2024-cü ilin statistik məlumatlarına əsasən, kənd təsərrüfatı sektoru ÜDM-nin 5,7%-ni, neft isə ÜDM-nin 8,3%-ni təşkil edib.

Cədvəl 1.
2024-cü il üzrə aqrar sektorun əsas makroiqtisadi göstəriciləri

Göstərici	Dəyər
Ümumi daxili məhsul (ÜDM)	126 337,0 mln manat
Qeyri-neft ÜDM	85 712,4 mln manat
Aqrar sektor üzrə əlavə dəyər	7 147,1 mln manat
Aqrar sektor üzrə istehsal həcmi	12 995,2 mln manat
Aqrar sahənin ÜDM-də payı	5,66 %
Aqrar sahənin qeyri-neft ÜDM-də payı	8,34 %
Aqrar istehsal / əlavə dəyər nisbəti	1,82

Mənbə: İqtisadiyyat Nazirliyi, 2024-cü il üzrə əsas iqtisadi göstəriciləri əsasında, müəllif tərəfindən hazırlanıb

Cədvəldən göründüyü kimi, aqrar sektorun qeyri-neft sektorundakı payı 8,3% təkil edib ki, bu da iqtisadiyyatın şaxələndirilməsində mühüm rol oynasa da, istehsalın ümumi strukturunda hələ də məhdud çəkiyə malikdir.

2024-cü ilin rəqəmləri kənd təsərrüfatı istehsalının ümumilikdə müsbət istiqamətdə inkişaf etdiyini göstərir. Belə ki, ARDSK statistik məlumatlarına görə, 2024-cü ildə kənd təsərrüfatı məhsullarının ümumi dəyəri cari qiymətlərlə 12 995,2 milyon manat təşkil edib. Bunun 6832,9 milyon manatı heyvandarlıqdan, eləcə də 6162,3 milyon manatı isə bitkiçilikdən əldə edilib. Əvvəlki illə müqayisədə ümumi artım tempinin 1,5% olması sektorda sabit artımın davam etdiyini göstərir.

Azərbaycanın kənd təsərrüfatında KOS son illərdə sürətlə inkişaf edir. Statistik göstəricilər göstərir ki, KOS-lar kənd təsərrüfatı istehsalının təxminən 65%-ni təmin edir və məhsul çeşidliyi baxımından çox geniş imkanlara malikdir (Əliyev, 2022; Bayramov, 2018). Xüsusilə tərəvəzçilik, meyvəçilik, heyvandarlıq və quşçuluq sahələrində fəaliyyət göstərir. 2024-cü ildə Kənd Təsərrüfatı Sığortası Fondu tərəfindən 6 milyon 423 min manat vəsait ödənilməsi ilə kənd təsərrüfatında risk və itkilərdən sığortalanan dövlət mexanizminin rolu da artıb. Digər tərəfdən, istehsalın böyük hissəsi KOS tərəfindən həyata keçirilir - kənd təsərrüfatı məhsulunun 99%-dən çoxu bu müəssisələr tərəfindən istehsal olunur. Bu onu göstərir ki, KOS-lar ölkənin kənd təsərrüfatı iqtisadiyyatının əsas hərəkətverici qüvvəsidir.

Araşdırmanın nəticələri göstərir ki, 2024-cü ildə kənd təsərrüfatı sektorunda KOS ilk növbədə heyvandarlıq, taxılçılıq və quşçuluq sahələrində ixtisaslaşıblar. Bununla belə, buğda istehsalı təxminən 30% azalıb ki, bu da iqlim dəyişikliyi və suvarma infrastrukturu ilə bağlı problemlərə aid edilə bilər. Digər tərəfdən, quş əti və ət istehsalı artıb, bununla yanaşı quş əti istehsalı 82,3 min tona, yumurta istehsalı isə 1148,7 milyon ədədə çatmışdır.

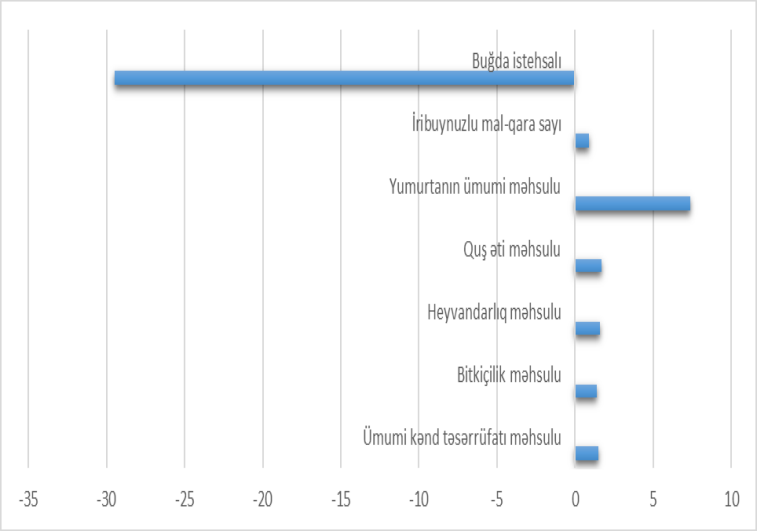
KOS-lar kənd təsərrüfatı iqtisadiyyatında mühüm rol oynayır və ölkənin kənd təsərrüfatı məhsulunun təxminən 80%-ni təşkil edir. Bu onu göstərir ki, KOS-lar kənd təsərrüfatı iqtisadiyyatında istehsal və işçi qüvvəsinin əsas mənbəyidir. Bununla belə, maliyyəyə məhdud çıxış, texnoloji innovasiyaların zəif inteqrasiyası və aşağı bazar əlaqəsi onların inkişafına mane olmaqda davam edir.

Cədvəl 2.
Azərbacanda kənd təsərrüfatının əsas göstəriciləri

Göstərici	Ölçü vahidi	2023	2024	Dəyişmə (%)
Ümumi kənd təsərrüfatı məhsulu	mln. manat	12 799,3	12 995,2	+1,5
Bitkiçilik məhsulları	mln. manat	6 075,0	6 162,3	+1,4
Heyvandarlıq məhsulları	mln. manat	6 724,3	6 832,9	+1,6
Quş əti istehsalı	min ton	80,9	82,3	+1,7
Yumurtanın ümumi istehsalı	milyon ədəd	1 069,6	1 148,7	+7,4
İribuynuzlu mal-qara sayı	min baş	2 437,0	2 459,7	+0,9
Buğda istehsalı	min ton	520,0	366,7	–29,5

Mənbə: https://www.stat.gov.az/source/agriculture/, məlumatları əsasında müəllif tərəfindən tərtib edilib

Qrafik 1.
2024-cü il üzrə aqrar sektoru üzrə məhsul artım dinamikası (%-lə)



Mənbə: https://www.stat.gov.az/source/agriculture/, məlumatları əsasında müəllif tərəfindən tərtib edilib

Məlumatlardan göründüyü kimi, kənd təsərrüfatı sektoru 2024-cü ildə sabit artımı qoruyub saxlasa da, məhsuldarlığın azalması ümumi artıma mənfi təsir göstərib. Bununla belə, heyvandarlıq və quşçuluq istehsalında müşahidə olunan artım bu sahələrdə KOS-ların artan imkanlarından xəbər verir. Dövlət dəstəyi proqramları, o cümlədən subsidiyalar, güzəştli kreditlər və texniki yardımlar sayəsində KOS-lar öz məhsuldarlığını və bazar payını tədricən artırırlar. Bununla belə, KOS-ların qarşılaşdığı bir sıra əsas problemlər hələ də mövcuddur. Bunlara torpaq sahələrinin qeyri-bərabər paylanması, maliyyə resurslarının məhdudluğu, qanunvericilikdəki mürəkkəblik və rəqəmsal texnologiyaların zəif tətbiqi daxildir.

Azərbaycan qanunvericiliyi KOS-ların fəaliyyətini tənzimləyir və onların hüquqlarını qoruyur. "Kiçik və orta sahibkarlıq haqqında" Qanun (2017) KOS-ların qeydiyyatı, fəaliyyət sahəsi və vergi öhdəliklərini müəyyən edir. "Kənd təsərrüfatı sahəsində dövlət dəstəyi haqqında" Qanun (2018) isə subsidiya, güzəştli kredit və texniki yardım imkanlarını təmin edir (Abbasov, 2020; Məmmədov, 2022). Bu qanunvericilik mexanizmləri KOS-ların maliyyə, torpaq və vergi məsələlərində hüquqi təminatını gücləndirir.

Dövlət dəstəyinin hüquqi təminatı KOS-ların inkişafını stimullaşdırır. Azərbaycanda KOS-lar üçün vergi güzəştləri, subsidiyalar və güzəştli kredit proqramları mövcuddur. Həmçinin, aqrar innovasiya proqramları KOS-lara müasir texnologiyaları tətbiq etməyə imkan yaradır. Bu mexanizmlər qanunvericilikdə açıq şəkildə müəyyən edildiyi üçün sahibkarlar fəaliyyətlərini qanuni çərçivədə həyata keçirə bilirlər (Əliyev, 2022; Aksoy və Yavuz, 2019; FAO, 2017; İbrahimov, 2020). Rəqəmsal transformasiya KOS-ların fəaliyyətinə mühüm töhfə verir. Elektron platformalar vasitəsilə sahibkarlar dövlət dəstəyi üçün onlayn müraciət edə, elektron qeydiyyatdan keçə, rəqəmsal bazarlara qoşula və məhsullarını satmaq imkanına malik olurlar. Bu yanaşma şəffaflığı artırır, bürokratik maneələri azaldır və maliyyə resurslarına çıxışı sürətləndirir.

Müasir beynəlxalq təcrübə göstərir ki (OECD, 2020; Pretty, 2018; World Bank, 2021), aqrar sahədə KOS-ların inkişafı üçün qanunvericilik bazası ilə yanaşı, dövlət dəstəyi və rəqəmsal transformasiya mexanizmlərinin uyğunlaşdırılması vacibdir. Məsələn, Avropa ölkələrində KOS-lara subsidiyalar və vergi güzəştləri təqdim olunur, ABŞ-da isə aqrar kredit proqramları və xüsusi qanunvericilik aktları KOS-ların inkişafına dəstək verir (Gulati və Fan, 2019; Bachev, 2018). Bu təcrübələr Azərbaycanda da tətbiq oluna bilər və KOS-ların inkişafını sürətləndirə bilər.

Azərbaycanın aqrar sektorunda KOS-ların inkişafı üçün təklif olunan əsas istiqamətlər:

- hüquqi baza sadələşdirilməli və mövcud qanunvericilik təkmilləşdirilməlidir;
- dövlət dəstəyi proqramları genişləndirilməli, kredit və subsidiya mexanizmləri KOS-ların ehtiyaclarına uyğunlaşdırılmalıdır;
- rəqəmsal transformasiya vasitəsilə KOS-ların fəaliyyətinə şəffaflıq və sürət gətirilməlidir;
- KOS-lar üçün təlim və innovasiya proqramları hazırlanmalı, texniki biliklər artırılmalıdır;
- KOS-ların bazar imkanlarına çıxışı artırılmalı, yerli və beynəlxalq bazarlara qoşulması təmin edilməlidir.

Bütün bu tədbirlər qanunvericilik və dövlət dəstəyi mexanizmlərinin birgə işləməsi nəticəsində KOS-ların aqrar sahədə rolunu artırır və Azərbaycanın iqtisadi inkişafına mühüm töhfə verir. Tədqiqat göstərir ki, hüquqi təminatın gücləndirilməsi və rəqəmsal transformasiyanın tətbiqi KOS-ların fəaliyyətini daha effektiv və davamlı edir.

Nəticə

Azərbaycanın aqrar sektorunda kiçik və orta sahibkarlığın inkişafı üçün mövcud hüquqi təminat əsaslıdır, lakin bəzi sahələrdə təkmilləşdirməyə ehtiyac vardır. Dövlət dəstəyinin gücləndirilməsi, qanunvericilikdə sadələşdirmələr və rəqəmsal transformasiyanın tətbiqi KOS-ların davamlı inkişafını təmin edə bilər.

Rəqəmsal transformasiya KOS-ların fəaliyyətini şəffaflaşdırır və maliyyə resurslarına çıxışı sürətləndirir. Eyni zamanda, beynəlxalq təcrübənin tətbiqi və hüquqi mexanizmlərin optimallaşdırılması KOS-ların kənd təsərrüfatında rolunu artırır və iqtisadiyyatın strateji sahələrinin inkişafına töhfə verir.

Ədəbiyyat

1. Abbasov, V. (2020). *Aqrar sahənin hüquqi tənzimlənməsi və sahibkarlıq*. Hüquq Nəşriyyatı.
2. Aksoy, S., & Yavuz, F. (2019). Agricultural policies and rural development in Turkey. *Journal of Agricultural Sciences, 25*(3), 345–356. https://doi.org/10.15832/ankutbd.456789
3. Azərbaycan Dövlət Statistika Komitəsi. (2025). *2024-cü il məlumatları*. https://www.stat.gov.az/source/agriculture/
4. Azərbaycan Respublikası İqtisadiyyat Nazirliyi. (2025). *2024-cü il üzrə əsas iqtisadi göstəricilər*.
5. Bachev, H. (2018). Sustainability of Bulgarian farming enterprises. *Journal of Agricultural Science and Technology, 20*(4), 639–653.
6. Bayramov, V. (2018). Agricultural reforms and food security in Azerbaijan. *Economic and Social Development Journal, 27*(1), 112–119.
7. Əliyev, T. (2022). *Azərbaycan aqrar sektorunda hüquqi islahatların təhlili*. Bakı Dövlət Universiteti Nəşriyyatı.

8. FAO. (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org
9. Gulati, A., & Fan, S. (2019). *Agriculture and food security in developing countries*. International Food Policy Research Institute.
10. İbrahimov, A. (2020). Azərbaycanda aqrar sektorun inkişaf istiqamətləri. *Aqrar Elm Jurnalı, 2*(3), 55–62.
11. Məmmədov, E. (2022). Azərbaycanda aqrar siyasət və kənd təsərrüfatının inkişafı. *Aqrar Elmlər, 10*(1), 14–26.
12. OECD. (2020). *Agricultural policy monitoring and evaluation 2020*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/928181a8-en
13. Pretty, J. (2018). Intensification for redesigned and sustainable agricultural systems. *Science, 362*(6417), 1–6. https://doi.org/10.1126/science.aav0294
14. World Bank. (2021). *Enabling the business of agriculture 2021*. World Bank Publications. https://www.worldbank.org

Daxil oldu: 18.11.2025
Qəbul edildi: 04.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/60-64

Leyla Əhədova
Bakı Slavyan Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0003-3449-7190
ahadova2003@bk.ru

Azərbaycan məktəbində rus dilinin tədrisinin xüsusiyyətləri

Xülasə

Bu məqalə müxtəlif dil və mədəni elementlərin təhsil sistemində formalaşmasının və tələbələrin digər ölkələrin, ilk növbədə, Rusiyanın mədəniyyətləri haqqında biliklərini artırmağa yönəlib. Bu yanaşma rus dili dərslərini yuxarıda qeyd olunan materiallarla zənginləşdirir və tələbələrə yalnız rus dilinin tarixini və mədəniyyətini, həmçinin, təhsil sistemində hansı üsullardan istifadəni öyrədir. Bu sahədəki yeni məlumatlar Azərbaycan Təhsil Nazirliyi tərəfindən 2025-ci ildə təsdiq edilmiş ən son tədris planının tələblərinə zidd deyil. Bu tədris planında göstərilən müddəalar Respublikanın ali təhsil müəssisələrində rus dilinin öyrənilməsinin mövcud vəziyyətini əks etdirir. Bundan əlavə, dərs planlarına (mühazirələr və seminarlar) müxtəlif dil və mədəni elementlərin daxil edilməsi ünsiyyətin əsaslarını, daha dəqiq desək, kommunikativ səriştənin inkişafını rus dilinin xarici dil kimi tədrisi prosesinə fəal şəkildə inteqrasiya etməyi hədəfləyir.

Bu məqalədə Bakı şəhərində yerləşən 175 nömrəli tam orta məktəbdə aparılan pedaqoji və linqvistik tədqiqatın eksperimental hissəsi təqdim olunur. Eksperimentin əsas məqsədi ondan ibarətdir ki, şagirdlər arasında ünsiyyət bacarıqlarının və onların xarici dil kimi rus dilini öyrənmələrinə və səriştəsinə təsirini müəyyən etməkdir. Nəticələr göstərdi ki, bir çox şagird cümlə qurmaqda, lüğətdən istifadə etməkdə və fikirlərini şifahi şəkildə ifadə etməkdə çətinlik çəkir.

Açar sözlər: *rus dili xarici dil kimi, ünsiyyətcil səriştə, linqvistik və regionşünaslıq, rus mədəniyyəti, xarici tələbələrə tədris*

Leyla Ahadova
Baku Slavic University
Master's student
https://orcid.org/0009-0003-3449-7190
ahadova2003@bk.ru

Features of Teaching the Russian Language in Azerbaijani Schools

Abstract

This article is aimed at the formation of various linguistic and cultural elements in the education system and increasing students' knowledge of the cultures of other countries, primarily Russia. This approach enriches Russian language lessons with the above-mentioned materials and teaches students not only the history and culture of the Russian language, but also what methods are used in the education system. New information in this area does not contradict the requirements of the latest curriculum approved by the Ministry of Education of Azerbaijan in 2025. The provisions of this curriculum reflect the current state of Russian language learning in higher education institutions of the Republic. In addition, the inclusion of various linguistic and cultural elements in lesson plans (lectures and seminars) aims to actively integrate the basics of communication, or more precisely, the development of communicative competence, into the process of teaching Russian as a foreign language.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

This article presents the experimental part of the pedagogical and linguistic research conducted at secondary school No. 175 in Baku. The main goal of the experiment is to determine the impact of communication skills among students on their learning and proficiency in Russian as a foreign language. The results showed that many students have difficulty constructing sentences, using vocabulary, and expressing their thoughts orally.

Keywords: *Russian as a foreign language, communicative competence, linguistics and regional studies, Russian culture, teaching foreign students*

Giriş

Hazırkı mərhələdə Azərbaycanda ictimai həyatın müxtəlif bölmələrində, onları əhatə edən mühüm sosial və institusional dəyişikliklər həyata keçirilir. Bu dəyişikliklər, həmçinin, Respublikanın təhsil sisteminə də ciddi şəkildə təsir göstərir. Təhsil sahəsi dövlət və siyasi sənədlərdə xüsusi diqqət mərkəzində saxlanılır. Dövlət dili ilə yanaşı, rus dilinin öyrənilməsinə və tədrisinə də böyük əhəmiyyət verilir. Həm müxtəlif akademik sahələrin nümayəndələri, həm də Azərbaycan vətəndaşları rus dilinin postsovet ölkələrinin geniş ərazisində millətlərarası ünsiyyət vasitəsi olduğunu qeyd-şərtsiz qəbul edirlər. 21-ci əsrdə respublikanın təhsil sisteminin islahatı məqsədyönlü şəkildə onun daxili strukturlarının hərtərəfli inkişafına və demokratikləşdirilməsinə yönəlmişdir.

Bu məqalə müqayisəli tipoloji metoda əsaslanır ki, bu da bizə Azərbaycan tələbələrinə rus dilinin tədrisinə dair müəyyən metodoloji yanaşmaları linqvistik və regionşünaslığın ətraflı təhlili ilə müqayisə etməyə imkan verir (Azimov və Shchukin, 2019).

Yuxarıda göstərilənləri nəzərə alsaq, görünür, ən azı üç vacib hal xüsusi diqqətə layiqdir. Birincisi, hətta paytaxtda belə milli (Azərbaycan) universitet bölmələrinin sayı rus bölmələrinin sayından xeyli çoxdur. Bu, yalnız Azərbaycanın kiçik bölgələri ilə məhdudlaşmır. Milli dil siyasətində bu fenomenin müəyyən müntəzəmliyinə baxmayaraq, bu, rus dilinin tədris metodlarına müəyyən təsir göstərir (Bagramova, 2015). Görünür, ana dili Azərbaycan dilində danışanlar üçün qeyri-ana dilində müəyyən miqdarda bilik, bacarıq və vərdişlərə yiyələnmə prosesi xüsusilə vacibdir. Lakin humanitar universitetlərin bir sıra filologiya şöbələrində bu proses çətinliklə irəliləyir; bir qayda olaraq, rus dilinin dominant dil olduğu dil mühitinin olmaması nadir hallarda maneə olur. İkincisi, bu tələbin Azərbaycandakı müasir təhsil kompleksləri kontekstində tətbiqi mövcud tədris metodlarının genişmiqyaslı təkmilləşdirilməsini və həm təhsil məzmununun seçilməsi, həm də onun təqdimatı metodları üçün yeni yanaşmaların hazırlanmasını nəzərdə tutur (Baryshnikov, 2013).

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyev və Birinci vitse-prezident Mehriban Əliyeva dəfələrlə müxtəlif forumlarda, konfranslarda və görüşlərdə rus dilini dəstəkləmək üçün çıxış ediblər. Üçüncüsü, təəssüf ki, Azərbaycanda tələbələrə rus filologiyasının tədrisinə ayrılan saatların sayı durmadan azalmaqdadır.

21-ci əsrin üçüncü onilliyinin əvvəllərində bu, xüsusilə nəzərə çarpan hala gəlmişdir. Lakin Azərbaycan universitetlərində bu fənn üzrə tədris yükünün bölüşdürülməsi ilə bağlı bu əlverişsiz fakta baxmayaraq, rus dilinin tədrisində metodoloji yanaşmaların müxtəlifliyi müşahidə olunur. Bu, respublikanın ali təhsil müəssisələrində tətbiq olunan dilçilik və regionşünaslıq elementlərinin istifadəsinə, eləcə də təhsilə kommunikativ yanaşmanın əsasını təşkil edən russşünaslığa da aiddir (Baryshnikova, 2020).

Bu elementləri nəzərə almamaq xarici tələbələr arasında rus dili biliklərinin səviyyəsini açıq şəkildə azaldır. Buna görə də, onların aktiv tətbiqinə ehtiyac danılmazdır. Bu məqalənin məqsədi onların Azərbaycan universitetlərində rus dilinin xarici dil kimi dərslərində istifadəsini qısaca nümayiş etdirməkdir (Bashin, 2018).

Universitetlərdə pedaqoji prosesin bu prinsiplərinin sinifdə müxtəlif linqvistik və mədəni elementlərin tətbiqinə zidd olmadığını, əksinə, onu asanlaşdırdığını təsəvvür etmək asandır. Buna görə də, bizim üçün maraqlı olan sahədə alimlər tərəfindən hazırlanmış prinsiplərin ümumi sayından yalnız müəyyən bir fənnin xüsusiyyətləri, eləcə də xarici dil tədrisinin şərtləri və məqsədləri ilə əlaqəli olanları vurğulamaq lazımdır (Bezrukova, 2016).

Azərbaycanlı tələbələr üçün rus dili kursunun gələcək ixtisaslaşmaları üçün bir fənn kimi linqvokultural yönümlü olması aşağıdakı linqvodidaktik xüsusiyyətlərə riayət etməyi tələb edir:

1. Dərsin hər mərhələsində rus dilinin tədrisinin məqsədlərinin dəqiqləşdirilməsi.
2. Rus dilinin leksik və qrammatik hadisələrini izah etməyə elmi yanaşma.
3. Azərbaycan dilində məktəbi bitirmiş tələbə qruplarında linqvistik və regionşünaslıq materiallarının vizual və aydın təqdimatı.
4. Universitet müəllimləri tərəfindən təqdim edilən məlumatların müəyyən bir yeniliyi (məktəb səviyyəsi ilə müqayisədə) ki, bu da tələbələrin rus dili dərslərinə marağını aktiv şəkildə qorumağa imkan verir.
5. Əsasən tarix, ədəbiyyat, dil, fəlsəfə və psixologiya (daha dəqiq desək, psixolinqvistika) kimi fənlər toplusunun qarşılıqlı əlaqəsi və qarşılıqlı asılılığı.
6. Tələbələrin zehni fəaliyyətinə əsaslanmaq, onların intellektual qabiliyyət səviyyələrini tanınmış IQ şkalası istifadə edərək müəyyən etmək (Belozertsev, 2017).

Tədqiqat

Tədqiqatımızın mövzusu ən vacib pedaqoji tədqiqatlardan biridir və eksperimental hissəsi Bakıdakı 175 nömrəli orta məktəbdə aparılmışdır. Əsas məqsəd ünsiyyət bacarıqlarının şagird inkişafına nə dərəcədə təsir etdiyini müəyyən etmək üçün təcrübə aparmaq idi. Tədqiqat dil sahələrinin hədəfli öyrənilməsini əhatə edirdi və şagirdlərin ünsiyyət bacarıqları şəxslərarası münasibətlər ideyasını əks etdirirdi. Bu hərtərəfli tədqiqat müşahidə və qarşılıqlı əlaqə kimi müxtəlif pedaqoji elementləri, eləcə də söhbət və qrup işi kimi prinsipləri birləşdirir. Əsas tədqiqatda həm təhsil, həm də eksperimental metodlardan istifadə edilmişdir. İlkin eksperimental müşahidə iki mərhələdə aparılmışdır: əvvəlcə diaqnostik, sonra isə praktiki. Əsas məqsədlərdən biri orta məktəb şagirdlərini bu metodlarla tanış etmək və tədricən onları eksperimental işə cəlb etmək idi. Məktəbdə əsas tədris dili Azərbaycan dilidir, ona görə də əksər şagirdlər üçün rus dili xarici dildir (Mammadova, 2013).

Eksperimentin birinci mərhələsi diaqnostik mərhələni əhatə edirki, onun məqsədi şagirdlərin rus dilini nə dərəcədə yaxşı bildiyini müəyyən etmək idi. Bunun üçün onlara müxtəlif növ tapşırıqlar verildi. Digər üsullar arasında onlar qısa mətnlər oxuyur, sualları cavablandırır, qısa mətnlər yazırdılar və sadə dialoqlar aparırdılar. Təcrübədə yuxarı sinif şagirdləri iştirak etmişdir, ümumillikdə isə onların sayı 55 nəfər idi.

Təcrübələr göstərdi ki, bir çox şagird rus dilində cümlələr qurmaqda çətinlik çəkir. Həmçinin, onların hamısı mövcud lüğət ehtiyatlarından düzgün istifadə edə bilmir. Bəzi şagirdlər də fikirlərini şifahi nitqdə səlis ifadə etməkdə çətinlik çəkirlər (European Commission, 2017) (Cədvəl 1.).

Cədvəl 1.

Diaqnostik mərhələdə tələbələrin rus dili bilik səviyyəsinin əsas göstəriciləri

Bacarıq növü	Yüksək səviyyə (%)	Orta səviyyə (%)	Aşağı səviyyə (%)
Mətnin oxunması və anlaşılması	25	45	30
Suallara cavab vermə	20	40	40
Sadə dialoqun qurulması	18	42	40
Qısa mətnin tərtib edilməsi	15	40	45
Şifahi nitq bacarıqları	17	38	45

Tələbələrin intellektual fəaliyyətinə əsaslanmaq prinsipi müxtəlif növ təlim fəaliyyətlərində və onlara birbaşa həvalə edilən tapşırıqlarda təcəssüm olunur. Rusiya haqqında bütün dil və xarici dil məlumatlarının tədris planlarına və ya tədris vəsaitlərinə daxil edilə bilməyəcəyini nəzərə alaraq, müəllimlər əvvəlcədən Rusiya həyatı haqqında mətnlərin siyahısını hazırlamalı və şagirdləri bu

mətnləri yalnız dərslər zamanı deyil, həm də əlavə dərsdənkənar oxu kimi açıq müzakirə etməyə dəvət etməlidirlər (Gadzhi, 2017).

Bu cür mətnləri oxuyarkən şagirdlər tarix, ədəbiyyat və ehtimal ki, rəsm və digər incəsənət növləri ilə bağlı lüğətlə qarşılaşacaqları üçün müəllimlərin köməyi ilə dil və mədəniyyətşünaslıqdan leksik vahidlərin tezaurusunu yaratmalıdırlar. Fənlərarası tarixi və ədəbi əlaqələri həyata keçirmək və müəllim tərəfindən seçilmiş mətnlərdən bu tip məlumatları əldə etmək üçün şagirdlər müxtəlif oxu növlərini mənimsəyirlər. Təlimin ilkin mərhələsində bəzi rus metodistlərinin "hazırlanmış" (Yu.E. Proxorov), digərlərinin "analitik" (V.P.Furmanova) adlandırdığı oxu növündən istifadə olunur. Mahiyyət ondadır ki, belə oxu prosesində şagirdlər:

A) sürətli və düzgün oxu texnikasını inkişaf etdirməlidirlər;

B) müəllimdən izahatlar almaqla və ya anlaşılmaz (tələffüz etmək çətin) sözlər və ya ifadələr üçün lüğətdən istifadə etməklə oxuduqlarını daha yaxşı başa düşməyi öyrənmək (Gasanova, 2012).

Təcrübənin ikinci mərhələsində tədris prosesində çoxsaylı incəsənət elementlərindən, məsələn, tarixi, mədəniyyəti və adət-ənənələri təqdim etmək üçün dilçilik və regionşünaslıqdan istifadə edilmişdir.

Tədris planında görkəmli rus şəxsiyyətləri və milli bayramlar haqqında mətnlərdən bir neçə təkrarlanan mövzu var. Müzakirələr zamanı hamar keçidi təmin etmək üçün mətn materiallarından istifadə edilmişdir; lakin dərs mərhələlərində sual-cavab formatında bir qədər daha mürəkkəb tapşırıqlar var. Çoxsaylı kommunikativ tapşırıqlar tarixin mədəniyyətə, nəzəriyyənin isə qarşılıqlı əlaqəyə keçdiyi sahələri müəyyən etməklə şagirdlərin inkişafına töhfə verir (Cədvəl 2) (Rogov, 2021).

Cədvəl 2.

Təcrübənin ikinci mərhələsində dilçilik və regional elementlərin istifadəsi

Tədris fəaliyyətinin növü	**Mövzu və tədris materialı**	**İstifadə olunan metod**	**Gözlənilən nəticə**
Mətnlərin oxunması və müzakirəsi	Rusiyanın görkəmli şəxsiyyətləri haqqında mətnlər	Oxu və müzakirə metodu	Söz ehtiyatının genişlənməsi və mətnin anlaşılması bacarıqlarının inkişafı
Milli bayramların öyrənilməsi	Rusiyanın milli bayramları və ənənələri haqqında məlumat	Linqvoölkəşünaslıq yanaşması	Şagirdlərin mədəni biliklərinin formalaşması
Sual-cavab formasında tapşırıqlar	Mətnlər üzrə suallar və qrammatik məşğələlər	Sual-cavab metodu	Analitik düşüncə və nitq bacarıqlarının inkişafı
Situasiyaların modelləşdirilməsi	Kommunikativ situasiyalar (tanışlıq, bayramlar və s.)	Rol oyunları və situativ tapşırıqlar	Kommunikativ kompetensiyanın inkişafı
Qrup müzakirələri	Tarix, mədəniyyət və ənənələrlə bağlı mövzular	İnteraktiv təlim metodları	Ünsiyyət və əməkdaşlıq bacarıqlarının inkişafı

Cədvəldə göstərildiyi kimi, linqvistik metodların daha dəqiq tətbiqindən sonra təcrübədə şagirdlərin rus dilində bilik və bacarıqlarında kəskin artım müşahidə edilmişdir. Xüsusilə, ünsiyyət fəaliyyətində və dərslərə maraqda əhəmiyyətli dərəcədə irəliləyiş qeyd edilmişdir. Şagirdlər mətnləri oxuyub müzakirə etdikdə yeni sözlər öyrənir və oxuduqlarını daha yaxşı başa düşürlər. Bundan əlavə, sual-cavab şəklində tərtib edilmiş tapşırıqlar şagirdlərin analitik düşünmə qabiliyyətlərinin inkişafına

kömək edir; bu kimi tapşırıqlar şagirdlərin şifahi (oxuma) nitq bacarıqlarının inkişafına da müsbət təsir göstərir. Bu zaman dilçilik və ölkəşünaslıqdan istifadə edərək Rusiya bayramları və adət-ənənələri haqqında məlumat əldə etmək şagirdlərə rus mədəniyyəti haqqında məlumat əldə etməyə və öyrəndikləri dilin mədəniyyəti ilə tanış olmağa kömək edir.

Nəticə

Tədqiqatda qeyd edildiyi kimi, rus dilinin xarici dil kimi tədrisində regional dilçiliyin istifadəsi şagirdlərin şəxsiyyətlərarası ünsiyyət bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi üçün təsirli bir vasitə olduğunu sübut etdi.

Bakıdakı 175 nömrəli orta məktəbdə aparılan bu təcrübənin nəticələri göstərdi ki, Rusiya tarixi, mədəniyyəti və adət-ənənələri ilə bağlı materialların daxil edilməsi şagirdlərin rus dilini öyrənməyə marağını artırdı. Nəticə etibarilə, dilçilik və mədəniyyətşünaslıq sahələrindən materialların, eləcə də kommunikativ tədris metodlarının istifadəsi rus dilinin xarici dil kimi tədrisinin effektivliyinin artırılmasında mühüm komponentdir. Bu kontekstdə, Azərbaycan təhsil müəssisələrində rus dilinin tədris planlarına və tədris təcrübələrinə dilçilik və mədəniyyətşünaslıq komponentlərinin inteqrasiyasını gücləndirmək tövsiyə olunur.

Ədəbiyyat

1. Azimov, Eh.G., & Shchukin, A.N. (2019). *Novyi slovar' metodicheskikh terminov*. Nauka.
2. Bagramova, N.V. (2015). *Lingvodidakticheskie osnovy obucheniya vtoromu inostrannomu yazyku*. Rossiiskii gosudarstvennyi pedagogicheskii universitet im. A. I. Gertsena.
3. Baryshnikov, N.V. (2013*). Metodika obucheniya vtoromu inostrannomu yazyku v shkole*. Prosveshchenie.
4. Baryshnikova, E.N. (2020). Osobennosti ispol'zovaniya khudozhestvennogo teksta v prepodavanii russkogo yazyka inostrannym studentam-psikhologam. *V Teoriya i praktika prepodavaniya RKI: dostizheniya, problemy i perspektivy razvitiya: materialy mezhdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferentsii (15–21 aprelya 2020 g.)*.
5. Bashin, M.D. (2018). *Ehffektivnost' nauchnykh issledovanii*. Nauka.
6. Bezrukova, V.S. (2016). V poiskakh perspektivy. *Pedagogika, 9*, 68–72.
7. Belozertsev, V.I. (2017). *Tekhnicheskoe tvorchestvo: metodologicheskie problemy*. Ul'yanovskii Gosudarstvennyi Universitet.
8. Mammadova, J.I. (2013). Language policy in Azerbaijan toward sustainable change. *Khazar Journal of Humanities and Social Sciences, 16*(2), 68–74. https://doi.org/10.5782/2223-2621.2013.16.2.68
9. European Commission. (2017). *Final report: High level group on multilingualism*. European Communities.
10. Gadzhi, R.M. (2017). *Yazykovye i kul'turnye tsennosti ehtnicheskikh grupp v Azerbaidzhanskoi Respublike*. Language and Intercultural Communication. http://journal.puet.edu.ua
11. Gasanova, I.Eh. (2012). *Lingvokul'turologicheskie ehlementy v metodike prepodavaniya russkogo yazyka v Azerbaidzhanskoi auditoria*. Avtoref. dis. … kand. ped. nauk.
12. Rogov, E.I. (2021). *Psikhologiya obshcheniya*. Psikhologiya.

Daxil oldu: 27.11.2025
Qəbul edildi: 04.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/65-72

Hasan Ahmadov
Azerbaijan State University of Economics
Master's student
https://orcid.org/0009-0000-7586-9606
hasan.ahmedov.145@gmail.com
Chingiz Salehli
Azerbaijan State Oil and Industry University
Master's student
https://orcid.org/0009-0009-0145-0920
salehlichingiz@gmail.com

Analysis of the Dynamics and Structural Characteristics of Innovative Activity in the Business Sector of the Republic of Azerbaijan

Abstract

Transitioning to a knowledge-based economy is highly important for developing countries in the modern world. This study investigates the dynamics and structural features of innovative activity within the business sector of the Republic of Azerbaijan. Domestic policymakers are actively accelerating initiatives to broaden the national industrial base, systematically seeking to reduce historical reliance on fossil fuel revenues. The promotion of innovative capacities within the private business sector has been redefined as a central and indispensable strategic goal. In this paper, we conduct a comprehensive empirical analysis of the current state of business innovation, utilizing recent statistical data and institutional reports. Our research examines the sectoral distribution of innovative activities, highlighting the existing disparities between traditional industries and emerging technological fields. The existing normative-legal framework and institutional support mechanisms are evaluated to identify structural barriers hindering the widespread adoption of innovative practices by local enterprises. The findings indicate that while there is a positive trajectory in overarching innovation metrics, significant challenges remain regarding research and development (R&D) investments, commercialization of technologies, and financial risk management. Targeted recommendations are proposed aimed at refining state innovation policies and creating a more robust ecosystem to stimulate sustainable economic growth and enhance the global competitiveness of Azerbaijani businesses.

Keywords: *innovation policy, business sector, Republic of Azerbaijan, economic diversification, structural analysis, R&D investment, innovation ecosystem*

Həsən Əhmədov
Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0000-7586-9606
hasan.ahmedov.145@gmail.com
Çingiz Salehli
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0009-0145-0920
salehlichingiz@gmail.com

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Azərbaycan Respublikasının biznes sektorunda innovasiya fəallığının dinamikasının və struktur xüsusiyyətlərinin təhlili

Xülasə

Müasir qlobal iqtisadiyyatda biliyə əsaslanan iqtisadi modelə keçid inkişaf etməkdə olan ölkələr üçün mühüm zərurətə çevrilmişdir. Bu tədqiqat Azərbaycan Respublikasının biznes sektorunda innovasiya fəallığının dinamikasını və struktur xüsusiyyətlərini araşdırır. Ölkənin milli iqtisadiyyatı şaxələndirməyə və enerji sektorundan ənənəvi asılılığı azaltmağa fəal şəkildə çalışdığı bir vaxtda, özəl müəssisələrdə innovasiyaların təşviqi əsas strateji məqsəd kimi ön plana çıxır. Məqalədə son statistik məlumatlardan və institusional hesabatlardan istifadə edilərək biznes innovasiyalarının mövcud vəziyyətinin hərtərəfli empirik təhlili aparılır. Tədqiqat çərçivəsində ənənəvi sənaye sahələri ilə yeni yaranan texnoloji sahələr arasındakı mövcud fərqlər vurğulanaraq, innovativ fəaliyyətlərin sahələrarası bölgüsü nəzərdən keçirilir. Yerli müəssisələr tərəfindən innovativ təcrübələrin geniş tətbiqinə mane olan struktur maneələri müəyyən etmək məqsədilə mövcud normativ-hüquqi baza və institusional dəstək mexanizmləri qiymətləndirilir. Əldə olunan nəticələr göstərir ki, ümumi innovasiya göstəricilərində müsbət dinamika müşahidə edilsə də, elmi-tədqiqat və təcrübə-konstruktor işlərinə (ETTKİ) investisiyalar, texnologiyaların kommersiyalaşdırılması və maliyyə risklərinin idarə edilməsi ilə bağlı ciddi problemlər qalmaqdadır. Davamlı iqtisadi artımı stimullaşdırmaq və Azərbaycan biznesinin qlobal rəqabət qabiliyyətini artırmaq üçün dövlətin innovasiya siyasətinin təkmilləşdirilməsinə və daha güclü ekosistemin yaradılmasına yönəlmiş məqsədyönlü tövsiyələr irəli sürülür.

Açar sözlər: *innovasiya siyasəti, biznes sektoru, Azərbaycan Respublikası, iqtisadi şaxələndirmə, struktur təhlili, ETTKİ investisiyaları, innovasiya ekosistemi*

Introduction

Within modern interconnected markets, technological advancement acts as the fundamental catalyst driving continuous commercial expansion, corporate rivalry, and the structural elevation of output efficiency (Solow, 1956; Romer, 1990). For developing and transitioning economies, fostering a robust innovation ecosystem is a critical requirement to integrate into high-value global supply chains. The Republic of Azerbaijan, historically characterized by a resource-driven economic model heavily reliant on the oil and gas sector, is currently navigating a pivotal transitional phase. Recognizing the volatility of global energy markets, the national strategic agenda has increasingly prioritized the diversification of the economy and the development of a highly competitive non-oil sector (World Bank, 2022). Stimulating innovative activity within the domestic business sector has emerged as a cornerstone of the state's long-term economic policy, as explicitly reflected in overarching strategic documents such as "Azerbaijan 2030: National Priorities for Socio-Economic Development" (Government of Azerbaijan, 2021).

Despite the active formation of a normative-legal framework over the past decade, the practical implementation of innovation within Azerbaijani enterprises presents a complex landscape. According to the Global Innovation Index, while Azerbaijan demonstrates progress in institutional frameworks and human capital, the organic innovative capacity and proactive engagement of the private sector-particularly in terms of business sophistication and knowledge absorption-require further structural enhancement (WIPO, 2023). The structural features of the domestic market inherently influence the dynamics of technological adoption and research and development (R&D) investments among local enterprises. To formulate effective policy interventions, there is an acute need for a comprehensive analysis of the actual innovative behavior of businesses based on official statistical observations (State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan, 2024).

The present study aims to bridge the existing gap by conducting a detailed empirical analysis of the dynamics and structural characteristics of innovative activity in the business sector of the Republic of Azerbaijan. Through a systematic examination of recent statistical data, this research seeks to

identify the prevailing trends over recent years, highlight the structural imbalances between different sectors of the economy, and delineate the primary constraints limiting the innovative potential of the domestic business environment. Ultimately, the findings of this investigation are intended to provide a data-driven foundation for optimizing state support mechanisms and fostering a more dynamic, knowledge-based economy.

Research

To achieve the primary objectives of this research, a comprehensive quantitative and institutional analysis of the macroeconomic data concerning innovative activities within the Republic of Azerbaijan was conducted. The evidence-based framework for this analysis relies on figures and datasets provided by the national statistical authorities of Azerbaijan. The longitudinal study covers an eight-year interval, specifically from 2015 through 2023, ensuring a comprehensive view of recent economic shifts. This timeframe allows for the observation of long-term trends and the assessment of the business sector's resilience to external macroeconomic fluctuations (State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan, 2024).

To ensure the validity of the findings and facilitate international comparability, the domestic statistical data is cross-referenced with secondary analytical materials provided by prominent international financial institutions. Specifically, the analysis integrates evaluations from the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) regarding small and medium-sized enterprise (SME) policies, as well as institutional reports from the European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) on the transitional dynamics of the national economy (OECD, 2020; EBRD, 2022). The methodological framework relies on assessing key innovation input indicators-predominantly Gross Domestic Expenditure on Research and Development (GERD) and the volume of private sector investments in technological upgrades-alongside qualitative assessments of the regulatory environment.

Before examining the statistical dynamics of innovative activity, it is imperative to analyze the institutional and normative-legal environment in which Azerbaijani enterprises operate. The structural transformation of the national economy requires a regulatory framework that not only permits but actively incentivizes technological risk-taking. Over the past decade, the Republic of Azerbaijan has initiated substantial legislative reforms aimed at fostering a knowledge-based economy. The establishment of specialized institutional bodies, such as the Innovation and Digital Development Agency under the Ministry of Digital Development and Transport, signifies a targeted state policy to centralize and streamline innovation support mechanisms.

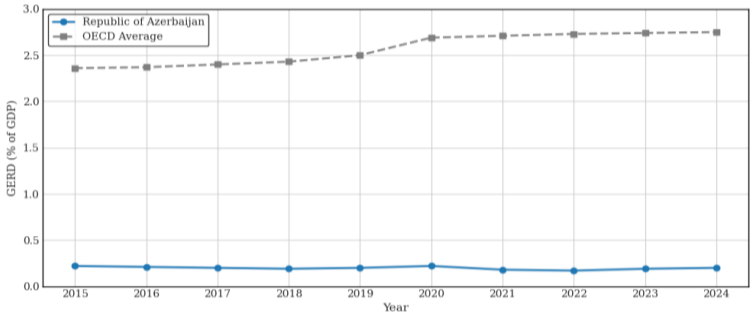
However, an analysis of the current institutional landscape reveals a persistent dichotomy between the established legal framework and its practical execution at the enterprise level. While state-sponsored technology parks and industrial zones offer significant tax exemptions and customs privileges, the permeation of these benefits into the broader SME sector remains limited. The regulatory environment is still characterized by a high degree of centralization, where the state acts primarily as the dominant financier rather than a facilitator of private venture capital (EBRD, 2022). Furthermore, the intellectual property (IP) protection mechanisms, although legally aligned with international standards established by the World Intellectual Property Organization, require stronger enforcement practices to build confidence among private investors and foreign technology transfer partners (WIPO, 2023).

The institutional foundation, while developing, currently structures the innovative behavior of local businesses around state procurement and administrative support rather than organic, market-driven technological competition. This institutional context serves as a critical prerequisite for understanding the statistical disparities and macroeconomic investment trends that currently shape the domestic economic landscape.

Building upon this institutional foundation, a detailed examination of macroeconomic indicators reveals the actual scale and trajectory of innovative activity within the business sector. The primary metric for assessing national innovative capacity, Gross Domestic Expenditure on Research and Development (GERD), demonstrates a persistent trend that requires critical evaluation. According to the State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan, the GERD as a percentage of Gross

Domestic Product (GDP) has historically fluctuated within a narrow margin, remaining significantly below the targeted benchmarks observed in advanced economies and the OECD average (State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan, 2024). As illustrated in **Figure 1**, the historical trajectory of GERD in Azerbaijan reveals a persistent stagnation, contrasting sharply with the upward trends observed in technologically advanced nations. While the absolute volume of funding directed towards scientific research and technological innovation has shown a gradual nominal increase over the observation period, its relative share in the rapidly expanding national GDP indicates a structural lag.

Figure 1.
Gross Domestic Expenditure on R&D (GERD) as a percentage of GDP in Azerbaijan vs. OECD Average (2015-2024).



Source: Compiled by the authors based on data from the State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan (2024).

This disparity highlights a fundamental characteristic of the current economic model: the overarching economic growth, historically driven by the energy sector, outpaces the organic integration of R&D investments by private enterprises. Furthermore, an analysis of the funding sources for innovative activities exposes a profound reliance on state budget allocations. The private business sector's share in total R&D expenditure remains disproportionately small (World Bank, 2022). **Table 1** details the structural breakdown of these funding sources, clearly demonstrating the overwhelming dominance of state budget allocations over private corporate investments throughout the observed period. This heavy reliance on public funding suggests that domestic enterprises, particularly small and medium-sized entities (SMEs), treat technological upgrades as peripheral rather than core strategic investments. Often, the innovative activity within the private sector is confined to the acquisition of readily available foreign machinery and software-classified as embodied technological change-rather than the creation of proprietary intellectual property or the commercialization of domestic scientific research.

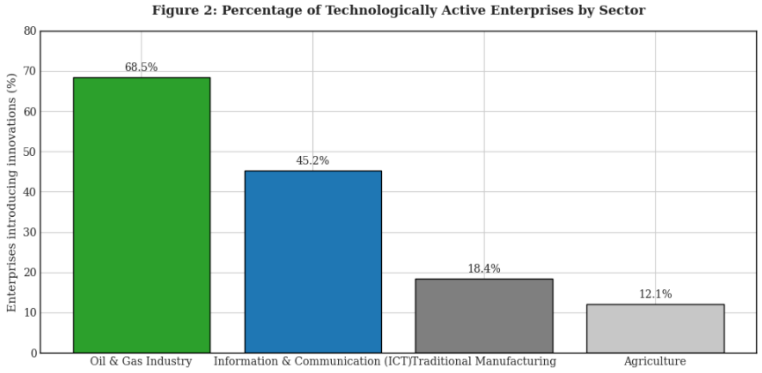
Table 1.
Structural Breakdown of R&D Funding Sources in Azerbaijan (%)

Year	State Budget (%)	Private Enterprise Funds (%)	Foreign / Other Sources (%)
2020	75,1	19,5	5,4
2021	71,8	22,1	6,1
2022	69,4	24,5	6,1
2023	70,2	23,8	6

Source: Compiled by the authors based on official statistical observations.

The statistical data further indicates that the proportion of technologically active enterprises-defined as businesses that have introduced at least one product, process, or organizational innovation within a given timeframe, remains concentrated among large corporate entities (EBRD, 2022). These larger firms possess the necessary capital reserves to absorb the inherent financial risks associated with long-term innovation. Conversely, the broader segment of the domestic business environment exhibits high risk aversion. The cyclical nature of these investment patterns, especially when subjected to external macroeconomic shocks, underscores the vulnerability of the national innovation ecosystem. During periods of global economic instability or supply chain disruptions, private enterprises tend to aggressively optimize costs, frequently reducing R&D budgets to preserve short-term liquidity. The macro-level dynamic is characterized by episodic spikes in technology acquisition rather than a sustained, cumulative process of knowledge generation and technological accumulation. Beyond the aggregate macroeconomic indicators, a granular structural analysis reveals a pronounced dichotomy between the hydrocarbon and non-oil sectors of the domestic economy. Driven by substantial inflows of foreign capital and collaborative ventures with multinational corporations, the energy sector of Azerbaijan maintains a position close to the international technological avant-garde. This segment consistently utilizes advanced methodologies for both resource extraction and refinery operations. However, empirical observations indicate that the technological spillover effects from this highly capitalized enclave into the broader domestic economy remain severely restricted (World Bank, 2023). The profound sectoral imbalances within the domestic economy are visually encapsulated in Figure 2, which highlights the stark disparity in technological adoption rates between the hydrocarbon industry and traditional non-oil segments.

Figure 2.
Percentage of Technologically Active Enterprises by Economic Sector.



Source: Compiled by the authors based on World Bank Enterprise Surveys data.

In contrast, the non-oil sectors-encompassing agriculture, conventional manufacturing, and traditional services-exhibit a structurally lower capacity for endogenous innovation. While the information and communication technology (ICT) segment has demonstrated accelerated growth and a higher propensity for digital integration in recent years, traditional manufacturing continues to rely heavily on depreciated technological assets, thereby limiting its competitive integration into high value-added global supply chains.

A critical constraint impeding the widespread diffusion of innovative practices within the non-oil sector is the configuration of the domestic financial market. The analysis indicates that access to adequate risk capital constitutes a primary barrier for technologically active enterprises. The local banking sector remains traditionally risk-averse, predominantly favoring collateralized lending models characterized by elevated interest rates and stringent credit requirements (IMF, 2024). This conventional approach to corporate financing is fundamentally incompatible with the intangible, long-term, and high-risk nature of research and development projects. Consequently, the absence of a mature venture capital ecosystem, coupled with limited alternative financing instruments such as

angel investing or specialized innovation grants for early-stage startups, creates a profound capital deficit for the commercialization of new ideas (EBRD, 2023). SMEs, which traditionally serve as the primary drivers of disruptive innovation in advanced economies, are therefore structurally disincentivized from pursuing capital-intensive technological upgrades.

Furthermore, these financial limitations are compounded by human capital dynamics and a structurally weak linkage between academia and industry. The commercialization of domestic scientific research is historically hindered by a systemic disconnect between the output of higher education institutions and the actual technological demands of the private sector. Enterprises frequently report a persistent shortage of specialized technical skills and engineering expertise required either to operate advanced imported technologies or to engage in independent product development (Asian Development Bank, 2023). The resulting innovative ecosystem is thus characterized by isolated pockets of technological advancement – often directly subsidized by the state-rather than a continuous, synergetic process of knowledge creation and commercial application. Overcoming these multifaceted structural constraints requires a paradigm shift from fragmented administrative support mechanisms towards a holistic, market-oriented policy framework that simultaneously addresses capital accessibility, sectoral imbalances, and targeted human resource development.

To thoroughly contextualize the structural challenges identified within the Azerbaijani business sector, a comparative analysis with regional peers – specifically Türkiye and Kazakhstan-provides vital empirical insights. Both nations offer highly relevant benchmarking models: Kazakhstan shares a similar macroeconomic baseline characterized by historical hydrocarbon dependence, while Türkiye presents a successful example of rapid technological catching-up through deep institutional integration of the private sector.

Current approaches to technological advancement heavily rely on the 'Triple Helix' framework. This concept argues that intellectual-driven markets thrive when university researchers, corporate entities, and state authorities maintain continuously overlapping collaborative networks (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). The Turkish innovation ecosystem provides a robust illustration of this model in practice. Over the past two decades, Türkiye has strategically shifted away from direct state subsidization of corporate R&D towards the facilitation of an integrated institutional environment, primarily through the expansion of Technology Development Zones (TDZs), commonly known as Teknoparks (OECD, 2021). A distinct contrast is observed when comparing Azerbaijani technology parks, which frequently operate as geographically isolated zones with tax preferences, to the Turkish Teknopark model. In Türkiye, these entities are structurally and legally integrated into the fabric of major technical universities, ensuring a direct link between science and industry. This spatial and institutional proximity enforces compulsory collaboration: private enterprises receive significant corporate tax and income tax exemptions only if their commercial R&D projects are conducted in direct partnership with academic researchers. Consequently, this policy has effectively decentralized the innovation process, compelling the Turkish private sector to assume the role of the primary driver and financier of technological development, thereby drastically reducing the systemic reliance on the state budget.

Conversely, the experience of Kazakhstan illustrates the specific challenges of fostering business innovation within a resource-abundant, transition economy. Similar to Azerbaijan, the Kazakhstani government has historically acted as the dominant investor in large-scale modernization projects. However, recognizing the limitations of state-led innovation, recent strategic initiatives have focused on cultivating a localized venture capital market and digital startup ecosystem, epitomized by the creation of the Astana Hub (World Bank, 2021). Kazakhstan's approach highlights a critical lesson for resource-dependent nations: establishing physical infrastructure is insufficient without simultaneously liberalizing risk capital markets. Research on transition economies demonstrates that the "entrepreneurial propensity" of an innovation system-the ability of SMEs to absorb risks and commercialize new technologies-remains stagnant unless regulatory frameworks explicitly protect and incentivize early-stage angel investing and venture capital funds (Radosevic & Yoruk, 2013).

By synthesizing these regional experiences, several critical implications for the Republic of Azerbaijan emerge. First, the Turkish model underscores that fiscal incentives (such as tax holidays) must be strictly conditional upon demonstrable, synergistic collaboration between local businesses and higher education institutions, rather than being granted simply for operating within a designated geographic zone. Second, the Kazakhstani trajectory reinforces the necessity of pivoting state resources away from direct enterprise funding and towards the capitalization of independent venture funds that can professionally manage the high-risk profiles of technological startups. Integrating these comparative insights suggests that overcoming the structural barriers within the Azerbaijani non-oil sector requires an evolutionary transition: the state must evolve from being the primary architect and funder of innovation to becoming the facilitator of a decentralized, competitive, and market-driven "Triple Helix" ecosystem.

Conclusion

The comprehensive analysis of the dynamics and structural features of innovative activity within the business sector of the Republic of Azerbaijan reveals a transitional economic ecosystem characterized by significant achievements in institutional design, yet persistent challenges in practical execution. The empirical findings demonstrate that while the state has successfully established a foundational normative-legal framework and centralized support mechanisms, the organic capacity of private enterprises to internalize and commercialize innovation remains structurally constrained. The persistent stagnation of Gross Domestic Expenditure on R&D relative to GDP growth, coupled with a disproportionate reliance on public funding, indicates a profound risk aversion among domestic enterprises. Furthermore, the structural dichotomy between the highly capitalized, technologically advanced hydrocarbon sector and the lagging non-oil segments underscores the fragmented nature of the national innovation landscape.

To overcome these structural barriers and catalyze a transition towards a dynamic, knowledge-based economy, a fundamental paradigm shift in state innovation policy is required. As foundational economic theories suggest, long-term national competitiveness cannot rely solely on factor endowments or isolated corporate enclaves, but demands a deeply integrated national system of innovation (Lundvall, 1992; Porter, 1990). Therefore, strategic policy interventions must prioritize the cultivation of a robust alternative financing ecosystem. The development of specialized venture capital markets, angel investor networks, and risk-sharing credit guarantee schemes is essential to alleviate the acute capital deficit faced by technologically active enterprises in the non-oil sector.

Additionally, enhancing the synergistic linkages between academic research institutions and the private sector is critical to mitigate the existing human capital mismatch and accelerate the commercialization of domestic intellectual property. By pivoting from direct administrative subsidization towards the facilitation of a competitive, market-driven environment, the Republic of Azerbaijan can effectively diversify its economic base, enhance the global competitiveness of its business sector, and secure long-term macroeconomic resilience in the post-oil era.

References

1. Asian Development Bank (ADB). (2023). *Asian Development Outlook (ADO) April 2023*. ADB. https://www.adb.org/publications/asian-development-outlook-april-2023
2. Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, *29*(2), 109–123. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4
3. European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). (2022). *Azerbaijan Country Strategy 2019-2024*. EBRD. https://www.ebrd.com/strategies-and-policies/where-we-work/azerbaijan.html
4. European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). (2023). *Transition Report 2023-24: Transitions Big and Small*. EBRD.

5. Government of Azerbaijan. (2021). *Azerbaijan 2030: National Priorities for Socio-Economic Development*. Decree of the President of the Republic of Azerbaijan, February 2, 2021.
6. International Monetary Fund (IMF). (2024). *Republic of Azerbaijan: 2024 Article IV Consultation*. IMF Staff Country Reports. https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2024/02/07/Republic-of-Azerbaijan-2023-Article-IV-Consultation-Press-Release-and-Staff-Report-544481
7. Lundvall, B.-A. (Ed.). (1992). *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter Publishers.
8. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2020). *SME Policy Index: Eastern Partner Countries 2020: Assessing the Implementation of the Small Business Act for Europe*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/8b45614b-en
9. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2021). *OECD Economic Surveys: Turkey 2021*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/2cd01249-en
10. Porter, M. E. (1990). The Competitive Advantage of Nations. *Harvard Business Review*, *68*(2), 73–93.
11. Radosevic, S., & Yoruk, E. (2013). Entrepreneurial propensity of innovation systems: Theory, methodology and evidence. *Research Policy*, *42*(5), 1015–1038. https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.01.011
12. Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, *98*(5), 71–102. https://doi.org/10.1086/261725
13. Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, *70*(1), 65–94. https://doi.org/10.2307/1884513
14. State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. (2024). *Science and Innovation indicators*. Official Statistical Database. https://www.stat.gov.az/source/science/?lang=en
15. World Bank. (2021). *Kazakhstan - Country Economic Memorandum: Navigating the Crisis*. DC: World Bank.
16. World Bank. (2022). *Azerbaijan - Country Economic Memorandum: Toward a New Growth Model*. DC: World Bank. http://hdl.handle.net/10986/38319
17. World Bank. (2023). *Azerbaijan: Systematic Country Diagnostic Update*. DC: World Bank.
18. World Intellectual Property Organization (WIPO). (2023). *Global Innovation Index 2023: Innovation in the face of uncertainty*. WIPO. https://doi.org/10.34667/tind.48220

Received: 01.12.2025
Approved: 03.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/73-76

Vüsal Səfərli
SV Consulting Group MMC
https://orcid.org/0009-0008-6603-3581
v.seferli978@gmail.com

Vergi yükünün sahibkarlıq fəaliyyətinə təsiri: Azərbaycan təcrübəsi

Xülasə

Bu məqalədə vergi yükünün sahibkarlıq fəaliyyətinə təsiri Azərbaycan təcrübəsi əsasında təhlil olunur. Tədqiqatda vergi yükünün iqtisadi mahiyyəti, onun sahibkarlıq subyektlərinin maliyyə vəziyyətinə, investisiya imkanlarına və biznes fəallığına təsir mexanizmləri araşdırılır. Azərbaycanda həyata keçirilən vergi islahatları, vergi dərəcələrinin optimallaşdırılması və elektron vergi xidmətlərinin tətbiqinin sahibkarlıq mühitinə təsiri qiymətləndirilir. Araşdırmanın nəticələri göstərir ki, vergi yükünün balanslaşdırılmış səviyyədə saxlanılması sahibkarlıq fəaliyyətinin stimullaşdırılmasına, qeyri-rəsmi iqtisadiyyatın azalmasına və davamlı iqtisadi artımın təmin edilməsinə mühüm töhfə verir. Eyni zamanda, diferensial vergi yanaşmalarının tətbiqi sahələr üzrə biznes risklərinin azaldılmasına imkan yaradır. Vergi siyasətinin şəffaflığı və proqnozlaşdırıla bilməsi sahibkarların uzunmüddətli planlaşdırma imkanlarını genişləndirir.

Açar sözlər: *vergi yükü, sahibkarlıq fəaliyyəti, vergi siyasəti, vergi islahatları, biznes mühiti*

Vusal Safarli
SV Consulting Group MMC
https://orcid.org/0009-0008-6603-3581
v.seferli978@gmail.com

The Impact of Tax Burden on Entrepreneurial Activity: The Case of Azerbaijan

Abstract

This article analyzes the impact of the tax burden on entrepreneurial activity based on the experience of Azerbaijan. The study examines the economic essence of the tax burden and its mechanisms of influence on the financial condition, investment capacity, and business activity of entrepreneurial entities. The impact of tax reforms implemented in Azerbaijan, optimization of tax rates, and the introduction of electronic tax services on the business environment is assessed. The findings indicate that maintaining a balanced level of tax burden significantly contributes to stimulating entrepreneurial activity, reducing the size of the informal economy, and ensuring sustainable economic growth. At the same time, the application of differentiated tax approaches helps to reduce business risks across various sectors. Transparency and predictability of tax policy expand entrepreneurs' opportunities for long-term planning.

Keywords*: tax burden, entrepreneurial activity, tax policy, tax reforms, business environment*

Giriş

Müasir dövrdə dövlətlərin sosial-iqtisadi inkişaf strategiyalarında vergi siyasəti mühüm rol oynayır və bu siyasətin əsas elementlərindən biri vergi yükünün səviyyəsidir. Vergi yükü dövlət büdcəsinin formalaşmasında əsas maliyyə mənbəyi olmaqla yanaşı, sahibkarlıq fəaliyyətinin təşkili, genişləndirilməsi və davamlılığına birbaşa təsir göstərən vacib iqtisadi amildir. Qlobal iqtisadi inteqrasiya, rəqabətin güclənməsi və rəqəmsal iqtisadiyyatın sürətli inkişafı şəraitində vergi yükünün optimal səviyyədə müəyyən edilməsi dövlətlər üçün strateji əhəmiyyət kəsb edir (Əliyev, 2020).

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Sahibkarlıq fəaliyyəti iqtisadi artımın, məşğulluğun təmin edilməsinin və innovasiyaların əsas hərəkətverici qüvvəsi hesab olunur. Bu baxımdan vergi yükünün yüksək olması sahibkarların maliyyə imkanlarını məhdudlaşdıraraq investisiya fəallığını azalda, biznes risklərini artıra və qeyri-rəsmi iqtisadi fəaliyyətin genişlənməsinə səbəb ola bilər. Əksinə, balanslaşdırılmış və ədalətli vergi yükü sahibkarlıq subyektlərinin iqtisadi motivasiyasını gücləndirir, biznes mühitinin cəlbediciliyini artırır və uzunmüddətli iqtisadi sabitliyin formalaşmasına şərait yaradır (Əliyev və Həsənov, 2018).

Azərbaycan Respublikasında son illərdə həyata keçirilən institusional və struktur islahatları çərçivəsində vergi siyasətinin təkmilləşdirilməsi, vergi inzibatçılığının sadələşdirilməsi və elektron vergi xidmətlərinin genişləndirilməsi sahibkarlıq mühitinin yaxşılaşdırılmasına yönəldilmişdir. Kiçik və orta sahibkarlığın inkişafı, qeyri-neft sektorunun stimullaşdırılması və kölgə iqtisadiyyatının azaldılması bu islahatların əsas prioritetləri sırasında yer alır. Bununla belə, mövcud vergi yükünün səviyyəsi və onun müxtəlif sahibkarlıq sahələrinə təsiri hələ də elmi və praktiki baxımdan aktuallığını qoruyur.

Tədqiqat

Bu tədqiqatın əsas məqsədi vergi yükünün sahibkarlıq fəaliyyətinə təsirini Azərbaycan təcrübəsi əsasında kompleks şəkildə təhlil etmək, mövcud problemləri müəyyənləşdirmək və vergi siyasətinin daha da təkmilləşdirilməsi istiqamətində elmi əsaslandırılmış nəticə və təkliflər irəli sürməkdir. Aparılan araşdırma həm nəzəri, həm də praktik baxımdan vergi siyasətinin effektivliyinin artırılmasına və sahibkarlıq fəaliyyətinin davamlı inkişafına töhfə verməyi hədəfləyir (Bayramov, 2017; De Mooij və Keen, 2012).

Vergi yükünün sahibkarlıq fəaliyyətinə təsiri müxtəlif aspektlərdə özünü göstərir. Bir tərəfdən, yüksək vergi yükü sahibkarların likvidlik vəziyyətini məhdudlaşdırır, mənfəət səviyyəsini azaldır və biznesin genişlənməsi üçün tələb olunan investisiya resurslarını azaldır. Bu isə xüsusilə kiçik və orta sahibkarlıq subyektləri üçün risk amili hesab olunur. Digər tərəfdən, balanslaşdırılmış və proqnozlaşdırıla bilən vergi sistemi sahibkarların maliyyə planlamasını asanlaşdırır, uzunmüddətli strateji qərarların qəbuluna şərait yaradır və biznes fəaliyyətində sabitliyi təmin edir (Əliyev, 2020). Azərbaycanda vergi yükünün sahibkarlıq fəaliyyətinə təsirini qiymətləndirmək üçün bir sıra göstəricilərdən istifadə edilir. Bunlara vergi dərəcələri, vergi ödəmə prosedurlarının sadəliyi, vergi güzəştləri və stimullaşdırıcı mexanizmlər daxildir. Məsələn, kiçik və orta sahibkarlıq subyektləri üçün tətbiq olunan sadələşdirilmiş vergi rejimi və müəyyən sahələrdə güzəştlər biznesin fəaliyyətinə müsbət təsir göstərmişdir. Eyni zamanda, elektron vergi xidmətlərinin tətbiqi vergi ödəyicilərinin inzibatçılıq yükünü azaldaraq vergi proseslərinin şəffaflığını və sürətini artırmışdır.

Lakin Azərbaycan təcrübəsində hələ də bir sıra problemlər mövcuddur. Vergi yükünün bəzi sahələrdə yüksək olması sahibkarları qeyri-rəsmi iqtisadi fəaliyyətə yönəldə bilər, bu da dövlət büdcəsi üçün potensial itkilər yaradır və rəqabət mühitini poza bilər. Bundan başqa, diferensial yanaşmanın tam tətbiq edilməməsi bəzi sahələrdə biznes risklərinin yüksək qalmasına səbəb olur. Buna görə də, vergi yükünün sahələr üzrə optimal səviyyədə müəyyənləşdirilməsi və vergi inzibatçılığının şəffaf, proqnozlaşdırıla bilən mexanizmlərlə təmin edilməsi zəruridir. Vergi yükünün sahibkarlığa təsirini təhlil edərkən beynəlxalq təcrübədən də istifadə etmək faydalıdır. Dünyada uğurlu vergi siyasətləri sahibkarları stimullaşdıran, investisiyaları cəlb edən və iqtisadi artımı sürətləndirən mexanizmlər üzərində qurulmuşdur. Bu təcrübələrin Azərbaycan şəraitinə uyğun adaptasiyası vergi islahatlarının effektivliyini artırmaq və sahibkarlığın inkişafını təmin etmək üçün vacibdir.

Azərbaycan təcrübəsi göstərir ki, vergi islahatları, elektron xidmətlərin tətbiqi və diferensial vergi yanaşmalarının istifadəsi biznes mühitinin yaxşılaşdırılmasına və iqtisadi artımın sürətlənməsinə şərait yaradır. Gələcəkdə vergi siyasətinin sahələr üzrə daha çevik və dinamik formalaşdırılması sahibkarlığın inkişafına əlavə töhfələr verə bilər. Vergi yükü sahibkarlıq fəaliyyətinə birbaşa və dolayı yolla təsir göstərən əsas iqtisadi amillərdən biridir. Yüksək vergi yükü biznes subyektlərinin maliyyə resurslarını məhdudlaşdırır, xərcləri artırır və mənfəət səviyyəsini azaldır. Bu, öz növbəsində, sahibkarların investisiya imkanlarını məhdudlaşdırır, işçi qüvvəsi və texnoloji yeniliklərə yönəlik xərcləri azaldır və biznesin genişlənmə perspektivlərini zəiflədir. Kiçik və orta sahibkarlıq subyektləri üçün yüksək vergi yükü xüsusilə risk amili hesab olunur, çünki onların

maliyyə dayanıqlığı böyük şirkətlərə nisbətən daha məhduddur. Əksinə, balanslaşdırılmış və ədalətli vergi sistemi sahibkarların fəaliyyətini stimullaşdırır, maliyyə planlaşdırmasını asanlaşdırır və uzunmüddətli strateji qərarların qəbuluna şərait yaradır.

Azərbaycanda vergi yükünün sahibkarlığa təsirini qiymətləndirmək üçün müxtəlif göstəricilərdən istifadə edilir. Vergi dərəcələri, vergi ödəmə prosedurlarının sadəliyi, güzəştlər və stimullaşdırıcı mexanizmlər sahibkarların fəaliyyətinə birbaşa təsir göstərən əsas amillər kimi qəbul edilir. Son illərdə tətbiq olunan sadələşdirilmiş vergi rejimi və müəyyən sahələr üzrə güzəştlər sahibkarlıq subyektlərinin xərclərini azaltmaqla onların fəaliyyətini genişləndirməyə imkan yaratmışdır. Eyni zamanda, elektron vergi xidmətlərinin tətbiqi vergi ödəyicilərinin inzibatçılıq yükünü azaldaraq vergi proseslərinin şəffaf və sürətli həyata keçirilməsinə imkan verir. Bu xidmətlər sahibkarların biznes fəaliyyətini daha səmərəli planlaşdırmasına və vergi öhdəliklərini vaxtında yerinə yetirməsinə şərait yaradır (Məmmədov, 2019; Həsənova, 2020; OECD, 2021).

Bununla yanaşı, mövcud vəziyyət hələ də problemlərdən azad deyil. Vergi yükünün bəzi sahələrdə yüksək olması sahibkarları qeyri-rəsmi iqtisadi fəaliyyətə yönəldə bilər, bu da dövlət büdcəsi üçün itkilərə və rəqabət mühitinin pozulmasına səbəb olur. Diferensial yanaşmanın tam tətbiq edilməməsi bəzi sahələrdə biznes risklərinin yüksək qalmasına gətirib çıxarır. Bu səbəbdən vergi yükünün sahələr üzrə optimal səviyyədə müəyyənləşdirilməsi, inzibatçılığın şəffaf, proqnozlaşdırıla bilən mexanizmlərlə təmin edilməsi zəruridir (Quliyev və Rzayev, 2021; Piketty, 2014; Tan və Li, 2019). Beynəlxalq təcrübə göstərir ki, uğurlu vergi siyasəti sahibkarları stimullaşdıran, investisiyaları cəlb edən və iqtisadi artımı sürətləndirən mexanizmlər üzərində qurulur. Dünyanın inkişaf etmiş ölkələrində vergi yükünün balanslaşdırılması, sadələşdirilmiş vergi prosedurları və stimullaşdırıcı vergi güzəştləri sahibkarlığın inkişafı üçün əsas vasitələr kimi tətbiq edilir. Bu təcrübələrin Azərbaycan şəraitinə uyğun adaptasiyası vergi sisteminin effektivliyini artırmaq və sahibkarlıq fəaliyyətinin dayanıqlı inkişafını təmin etmək baxımından əhəmiyyətlidir (Quliyev və Rzayev, 2021). Ümumilikdə, vergi yükünün düzgün tənzimlənməsi sahibkarlıq fəaliyyətinin davamlılığı və inkişafı üçün əsas şərtdir. Vergi islahatları, elektron xidmətlərin tətbiqi və diferensial yanaşmalar sahibkarlıq mühitini yaxşılaşdırmaqla yanaşı, qeyri-rəsmi iqtisadiyyatın azalmasına və investisiya cəlbediciliyinin artmasına şərait yaradır (World Bank, 2020; Safarov və Huseynli, 2019).

Gələcəkdə vergi siyasətinin daha çevik və dinamik formalaşdırılması sahibkarların risklərini minimuma endirərək biznes fəaliyyətinin effektivliyini artıracaqdır.

Nəticə

Araşdırmalar göstərir ki, vergi yükü sahibkarlıq fəaliyyətinə həm müsbət, həm də mənfi təsir göstərə bilən əsas iqtisadi amildir. Yüksək vergi yükü biznes subyektlərinin maliyyə resurslarını məhdudlaşdıraraq mənfəət səviyyəsini azaldır, investisiya imkanlarını məhdudlaşdırır və biznesin genişlənmə perspektivlərini zəiflədir. Bu, xüsusilə kiçik və orta sahibkarlıq subyektləri üçün risk amili hesab olunur, çünki onların maliyyə dayanıqlığı böyük şirkətlərə nisbətən daha məhduddur. Əksinə, balanslaşdırılmış vergi yükü və şəffaf vergi sistemi sahibkarların fəaliyyətini stimullaşdırır, maliyyə və strateji planlaşdırmanı asanlaşdırır, uzunmüddətli investisiya qərarlarının qəbuluna şərait yaradır və qeyri-rəsmi iqtisadi fəaliyyətin azalmasına töhfə verir.

Azərbaycan təcrübəsi göstərir ki, vergi islahatlarının həyata keçirilməsi, vergi dərəcələrinin optimallaşdırılması, diferensial yanaşmaların tətbiqi və elektron vergi xidmətlərinin genişləndirilməsi sahibkarlıq mühitinin inkişafına mühüm töhfə verir. Sadələşdirilmiş vergi rejimi və sahələr üzrə güzəştlər kiçik və orta sahibkarlıq subyektlərinin xərclərini azaldaraq onların fəaliyyətini genişləndirməyə imkan yaradır. Eyni zamanda, elektron vergi xidmətləri vergi ödəyicilərinin inzibatçılıq yükünü azaldaraq vergi proseslərinin şəffaf və sürətli həyata keçirilməsini təmin edir.

Bununla yanaşı, Azərbaycan vergi sistemində hələ də bəzi sahələrdə vergi yükünün yüksək olması və diferensial yanaşmanın tam tətbiq edilməməsi sahibkarlar üçün risk amili olaraq qalır. Bu vəziyyət qeyri-rəsmi iqtisadi fəaliyyətin artmasına, rəqabət mühitinin pozulmasına və dövlət büdcəsi üçün potensial itkilərə səbəb ola bilər. Buna görə də vergi yükünün sahələr üzrə optimal səviyyədə müəyyənləşdirilməsi, şəffaf və proqnozlaşdırıla bilən inzibatçılıq mexanizmlərinin tətbiqi vacibdir. Beynəlxalq təcrübələr də göstərir ki, uğurlu vergi siyasəti sahibkarları stimullaşdıran, investisiyaları

cəlb edən və iqtisadi artımı sürətləndirən mexanizmlər üzərində qurulur. Bu təcrübələrin Azərbaycan şəraitinə uyğun adaptasiyası vergi sisteminin effektivliyini artırmaq, sahibkarlığın dayanıqlı inkişafını təmin etmək və iqtisadi artımın davamlılığını gücləndirmək baxımından əhəmiyyətlidir. Vergi yükünün sahibkarlıq fəaliyyətinə təsirini daha dərindən təhlil etdikdə ortaya çıxır ki, həm dövlət, həm də biznes subyektləri üçün optimal vergi strategiyalarının tətbiqi zəruridir. Dövlət üçün məqsəd vergi gəlirlərini artırmaq olsa da, sahibkarların fəaliyyətinə çox ağır vergi yükü tətbiq etmək iqtisadi fəallığı azaldır və investisiya təşəbbüslərini məhdudlaşdırır. Bu balansın düzgün qurulması sahibkarların biznes risklərini azaltmaq, yeni iş yerləri yaratmaq və innovativ layihələr həyata keçirmək imkanlarını genişləndirir.

Eyni zamanda, vergi inzibatçılığının şəffaf və proqnozlaşdırıla bilən olması sahibkarlar üçün uzunmüddətli planlaşdırmanı asanlaşdırır. Azərbaycanda tətbiq olunan elektron vergi xidmətləri bu baxımdan mühüm rol oynayır, çünki vergi ödəyiciləri bəyannamələri vaxtında və asanlıqla təqdim edə bilir, inzibatçılıq xərcləri azalır və bürokratik maneələr minimuma enir. Diferensial vergi yanaşmaları isə sahələr üzrə risklərin bərabər paylanmasına imkan yaradaraq, sahibkarların fəaliyyətini daha dayanıqlı edir.

Məlumdur ki, sahibkarlıq fəaliyyəti iqtisadi artımın və məşğulluğun əsas hərəkətverici qüvvəsidir. Vergi yükünün optimal səviyyədə saxlanılması yalnız biznes subyektlərinin mənfəətinə təsir göstərmir, həm də iqtisadiyyatın ümumi rəqabət qabiliyyətini artırır. Bu isə uzunmüddətli perspektivdə qeyri-neft sektorunun inkişafını, investisiyaların cəlb olunmasını və innovativ təşəbbüslərin artmasını təmin edir.

Ədəbiyyat

1. Bayramov, R. (2017). Sahibkarlıq fəaliyyətində vergi yükünün iqtisadi rolu. *İqtisadi Araşdırmalar, 2*(4), 102–115.
2. De Mooij, R. və Keen, M. (2012). Fiscal devaluation and corporate taxation. *Journal of Public Economics, 96*(11–12), 930–938.
3. Əliyev, N. (2020). Vergi yükünün qeyri-rəsmi iqtisadi fəaliyyətə təsiri. *Azərbaycan İqtisadi Jurnalı, 7*(1), 88–101.
4. Əliyev, F. və Həsənov, R. (2018). *Azərbaycanın iqtisadi inkişaf strategiyaları və vergi siyasəti*. Təbiət Nəşriyyatı.
5. Əliyev, K. (2020). Vergi siyasətinin sahibkarlığa təsir mexanizmləri. *İqtisadi Araşdırmalar, 5*(2), 33–49.
6. Həsənova, S. (2020). Kiçik və orta sahibkarlığın vergi yükünə təsiri. *Azərbaycan İqtisad Jurnalı, 5*(2), 45–57.
7. IMF. (2021). *Azerbaijan: Fiscal Policy and SME Development*. International Monetary Fund Working Paper.
8. Quliyev, A. və Rzayev, T. (2021). Elektron vergi xidmətlərinin biznes mühitinə təsiri. *Azərbaycan Biznes Araşdırmaları Jurnalı, 3*(1), 15–30.
9. Məmmədov, E. (2019). Vergi islahatlarının sahibkarlığa təsiri: Azərbaycan nümunəsi. *Bakı Dövlət Universiteti, İqtisadiyyat Fakültəsi Elmi Əsərləri*.
10. OECD. (2021). *Tax Policy Reforms 2021: OECD and Selected Partner Economies*. OECD Publishing.
11. Piketty, T. (2014). *Capital in the Twenty-First Century*. Harvard University Press.
12. Səfərov, V. və Hüseynli, T. (2019). Vergi siyasətinin sahibkarlığa təsir mexanizmləri. *İqtisadi Araşdırmalar, 5*(2), 33–49.
13. Tan, W. və Li, J. (2019). The impact of tax burden on small and medium-sized enterprises. *Journal of Economic Studies, 46*(6), 1223–1240.
14. World Bank. (2020). *Doing Business 2020: Comparing Business Regulation in 190 Economies*. DC: World Bank Publication.

Daxil oldu: 02.12.2025
Qəbul edildi: 04.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/77-81

Əli Heydərzadə
Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0003-4716-0175
heyderzadeali45@gmail.com

Azərbaycan regionlarının sosial-iqtisadi inkişafının milli prioritetlərə uyğun tənzimlənməsi: nəzəri əsaslar, beynəlxalq təcrübə və perspektiv istiqamətlər

Xülasə

Azərbaycan regionlarının sosial-iqtisadi inkişafının "Azərbaycan 2030: sosial-iqtisadi inkişafa dair milli prioritetlər" sənədində müəyyən edilmiş beş prioritetlə sinxronlaşdırılması müasir regional siyasətin əsas vəzifəsidir. Regionların inkişafının elmi-nəzəri bazası dayanıqlı inkişaf, klaster yanaşması və ağıllı ixtisaslaşma konsepsiyaları ilə zənginləşmişdir. Milli prioritetlər regionların fəaliyyətini konkret mexanizmlər vasitəsilə yenidən qurur. Avropa İttifaqının Cohesion Policy 2021–2027 proqramı, Çinin Yanqtzı Deltası klaster modeli və Cənubi Koreyanın Korean New Deal proqramı regionların inkişafında uğurlu tətbiq nümunələridir. Azərbaycan üçün təklif olunan "5P" inteqrasiya çərçivəsi və Qarabağ-Şərqi Zəngəzurda "ağıllı rayon" modeli regionlararası bərabərsizliyin azalmasına, investisiya cəlbediciliyinin artmasına və dayanıqlı inkişafın təmin edilməsinə xidmət edəcəkdir.

Açar sözlər: *regional inkişaf, milli prioritetlər, Azərbaycan 2030, klaster yanaşması, ağıllı ixtisaslaşma, Qarabağ reinteqrasiyası, beynəlxalq təcrübə*

Ali Heydarzadeh
Azerbaijan State University of Economics
Master's student
https://orcid.org/0009-0003-4716-0175
heyderzadeali45@gmail.com

Regulation of the Socio-economic Development of Azerbaijani Regions in Accordance with National Priorities: Theoretical Foundations, International Experience and Prospective Directions

Abstract

Synchronization of the socio-economic development of Azerbaijani regions with the five priorities defined in the document "Azerbaijan 2030: National priorities for socio-economic development" is the main task of modern regional policy. The scientific and theoretical basis of regional development has been enriched with the concepts of sustainable development, cluster approach and smart specialization. National priorities are restructuring the functioning of regions through specific mechanisms. The European Union's Cohesion Policy 2021–2027 program, China's Yangtze Delta cluster model, and South Korea's Korean New Deal program are examples of successful implementation in regional development. The proposed "5P" integration framework for Azerbaijan and the "smart district" model in Karabakh-Eastern Zangezur will serve to reduce interregional inequality, increase investment attractiveness, and ensure sustainable development.

Keywords: *regional development, national priorities, Azerbaijan 2030, cluster approach, smart specialization, Karabakh reintegration, international experience*

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Giriş

Azərbaycanın regional inkişaf siyasəti son iki onillikdə sosial-iqtisadi siyasətin əsas istiqamətlərindən birinə çevrilmişdir. İqtisadi artımın dayanıqlı xarakter alması, sosial rifahın yüksəldilməsi və regional bərabərsizliyin aradan qaldırılması üçün regionların potensialının tam səfərbər olunması zəruridir. Sənaye və xidmət sahələrinin iri şəhərlərdə cəmləşməsi, qeyri-neft sektorunda istehsal güclərinin regionlar üzrə qeyri-bərabər paylanması, infrastruktur səviyyəsindəki fərqlər və məşğulluq imkanlarındakı disbalans dövlət müdaxiləsini labüd edir.

Azərbaycan Respublikasının Prezidentinin sərəncamları ilə qəbul olunan "Regionların sosial-iqtisadi inkişafı Dövlət Proqramları" makroiqtisadi sabitliyin möhkəmləndirilməsi, yeni müəssisələrin yaradılması, məşğulluğun artırılması, sahibkarlığın inkişafı və kənd infrastrukturunun modernləşdirilməsi istiqamətində əhəmiyyətli nəticələr vermişdir. Qlobal iqtisadi dəyişikliklər, postpandemiya dövrünün çağırışları, qeyri-neft ixracının genişləndirilməsi tələbi və işğaldan azad olunmuş ərazilərin iqtisadi inteqrasiyası regional inkişafın yeni mərhələsini şərtləndirir.

"Azərbaycan 2030" sənədində müəyyən edilmiş beş milli prioritet regionların inkişafını yalnız iqtisadi deyil, sosial, demoqrafik, ekoloji və institusional amillərin kompleks nəzərə alınması ilə idarə etməyi tələb edir. Bölgələrin ixtisaslaşma istiqamətlərinin müəyyənləşdirilməsi, müasir logistika və nəqliyyat dəhlizləri ilə qlobal bazarlara çıxış imkanlarının artırılması, innovasiyalara əsaslanan istehsal və kənd təsərrüfatı klasterlərinin formalaşdırılması prioritet xarakter daşıyır. İşğaldan azad edilmiş Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonlarının yenidən qurulması, əhalinin məskunlaşdırılması və iqtisadi dövriyyəyə qaytarılması vəzifələri mövzunun aktuallığını daha da gücləndirmişdir.

Tədqiqat

1. Regionların sosial-iqtisadi inkişafının elmi-nəzəri əsasları. Regional inkişafın konseptual əsasları XVIII əsrdə Adam Smit (Camagni, 2023) və David Rikardo (Henderson və Davis, 2012) tərəfindən qoyulmuşdur. Sonrakı dövrlərdə Alfred Veber (Church, 2023), İohan fon Tyunen (Fujita və Thisse, 2013), Valter Kristaller (Getis və Getis, 2014), Auqust Leş (Parr, 1973) və Duqlas Nort (Ringrose, 1973) bu nəzəriyyələri zənginləşdirmişlər.

Müasir regional iqtisadiyyatın ən aktual nəzəriyyələri dayanıqlı inkişaf konsepsiyası (Walsh və b., 2022), klaster yanaşması (Porter, 1998; Topoleva və Ishmanova, 2017) və ağıllı ixtisaslaşma konsepsiyasıdır (Popescu, 2017). Bu konsepsiyalar regionların inkişafını statik deyil, dinamik proses kimi qiymətləndirir və innovasiya, rəqabətqabiliyyət və sinerji effektini ön plana çəkir.

Dayanıqlı inkişaf konsepsiyası ekoloji, iqtisadi və sosial amilləri birləşdirir (Lisenko, 2016; Stepanova və Schneider, 2021). Klaster yanaşması coğrafi cəhətdən yaxın yerləşən və qarşılıqlı asılılıq sayəsində sinerji effekti əldə edən müəssisələrin cəmləşməsidir (Topoleva və Ishmanova, 2017). Ağıllı ixtisaslaşma regionların güclü tərəfləri və müqayisəli üstünlükləri əsasında investisiya prioritetlərinin seçilməsini nəzərdə tutur (Popescu, 2017).

2. Milli prioritetlərin regionlara təsir mexanizmləri. "Azərbaycan 2030: sosial-iqtisadi inkişafa dair milli prioritetlər" sənədində müəyyən edilmiş beş prioritet regionların sosial-iqtisadi inkişafına birbaşa və sistemli təsir göstərir, çünki hər bir prioritet regionların fəaliyyətini konkret mexanizmlər vasitəsilə yenidən qurur və istiqamətləndirir.

Dayanıqlı artım iqtisadiyyatı prioriteti regionlarda qeyri-neft sektorunun diversifikasiyasını stimullaşdırır, sənaye zonalarının, aqroparkların, turizm-rekreasiya komplekslərinin yaradılmasını və regionların neft asılılığından kənar iqtisadi baza formalaşdırmasını zəruri edir. Rəqabətəqabiliyyətli insan kapitalı prioriteti regionlarda müasir təhsil-inkişaf mərkəzlərinin, peşə-ixtisas təlimi şəbəkəsinin və regional universitet filiallarının qurulmasını tələb edir ki, bu da əmək bazarının yerli tələbatla uyğunlaşmasını təmin edir. Təmiz ətraf mühit və "yaşıl" artım prioriteti regionların enerji infrastrukturunu bərpa olunan mənbələrə (günəş, külək, bioqaz) keçirməsini, ekoturizm zonalarının salınmasını və yaşıl sənaye klasterlərinin formalaşmasını şərtləndirir. İşğaldan azad olunmuş ərazilərə böyük qayıdış prioriteti Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonlarında "smart region" prinsipi əsasında ağıllı şəhərlərin, rəqəmsal infrastrukturun və dayanıqlı kənd təsərrüfatı sistemlərinin qurulmasını birbaşa hədəfləyir. Müasir innovasiyalar və rəqəmsal transformasiya prioriteti isə

regionlarda İT parkların, innovasiya mərkəzlərinin, startap inkubatorlarının və rəqəmsal klasterlərin yaradılmasını zəruri edir ki, bu da regionların qlobal rəqəmsal iqtisadiyyata inteqrasiyasını sürətləndirir.

Beləliklə, beş prioritet regionların inkişafını təsadüfi və ya sektorlu proses kimi deyil, vahid milli strategiyaya tam tabe olan, bir-birini gücləndirən mexanizmlər sistemi kimi yenidən qurur. Bu sinxronlaşma regionlararası bərabərsizliyin azalmasını, investisiya cəlbediciliyinin artmasını və uzunmüddətli dayanıqlılığın təmin edilməsini mümkün edir.

3. Beynəlxalq təcrübə. Avropa İttifaqının Cohesion Policy 2021–2027 proqramı 392 milyard avro büdcə ilə beş prioritetə əsaslanır və regionlara GDP per capita əsasında vəsait paylayır. Polşanın az inkişaf etmiş regionlarında bu siyasət ÜDM artımını 3,1% yüksəltmişdir.

Çinin 14-cü Beşillik Planı (2021–2025) mərkəzi büdcə transferləri vasitəsilə provinsial klasterləri maliyyələşdirir. Yanqtzı Deltası klasterində 2020–2023-cü illərdə qeyri-neft ixracı 42% artmış, Şanxay–Ciangsu–Çjençjan inteqrasiyası nümunəvi modelə çevrilmişdir.

Cənubi Koreyanın Korean New Deal proqramı 160 trilyon von investisiya ilə 17 regionda rəqəmsal və yaşıl transformasiyanı həyata keçirir. Busan şəhərində rəqəmsal startapların sayı 180% artmış, "smart city" və rəqəmsal klaster modelləri uğurla tətbiq olunmuşdur.

Beynəlxalq təcrübənin əhəmiyyəti bir neçə əsas istiqamətdə özünü göstərir. Birincisi, regionların ixtisaslaşma modellərinin formalaşdırılmasıdır. Avropa İttifaqının "Smart Specialisation Strategy (Ağıllı ixtisaslaşma strategiyası)" (S3) yanaşması 2014-cü ildən bəri 120-dən çox regionda tətbiq olunur və R&D investisiyalarını yerli potensiala (məsələn, Almaniyanın Baden-Württemberg regionunda avtomobil sənayesi) yönəldərək, ixrac artımını 18–22% təmin edir (European Commission, 2024). Bu model Azərbaycanın Qarabağ və Şərqi Zəngəzur regionlarında "yaşıl enerji" və "aqrotexnologiya" ixtisaslaşması üçün adaptasiya oluna bilər. İkincisi, klaster yanaşmasının tətbiqidir. Porterin klaster nəzəriyyəsi (1990) əsasında Çinin Yanqtzı Deltası klasteri 2020–2023-cü illərdə qeyri-neft ixracını 42% artırmışdır (NDRC, 2024), bu da regionlararası əməkdaşlıq, logistika və innovasiya sinerjisini nümayiş etdirir. Üçüncüsü, rəqəmsal transformasiyanın regional inkişafa inteqrasiyasıdır. Cənubi Koreyanın "Korean New Deal" proqramı 2020-ci ildən 17 regionda rəqəmsal startapları 180% (Busan nümunəsi) artırmışdır, bu da "Digital Region" konsepsiyasının effektivliyini sübut edir (MSIT, 2024).

Beynəlxalq təcrübənin empirik təsiri kəmiyyətcə qiymətləndirilə bilər. OECD ölkələrinin 300 regionu üzrə panel data analizi (2015–2023) göstərir ki, beynəlxalq modelləri (S3, klaster, PPP) tətbiq edən regionlarda ÜDM artımı 2,1% yüksəkdir:

$$\ln(GDP_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot INTEXP_{it} + \beta_2 \cdot INV_{it} + \beta_3 \cdot DIG_{it} + \epsilon_{it}$$

Burada $INTEXP_{it}$– beynəlxalq təcrübə indikatoru (0–1, S3 tətbiqi varsa 1). Nəticələr (Fixed Effects) Cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

OECD ölkələrinin 300 regionu üzrə panel data analizi (2015–2023)

Dəyişən	Əmsal	p-dəyər
INTEXP	0.021	0.001***
INV	0.019	0.003**
DIG	0.027	0.002***

Mənbə: Müəllif tərəfindən tərtib edilmişdir.

Beynəlxalq təcrübənin tətbiqi (Cədvəl 1.) 1region ÜDM-ini 2,1% artırır.

$$\ln(GDP_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot INTEXP_{it} + \beta_2 \cdot INV_{it} + \beta_3 \cdot DIG_{it} + \beta_4 \cdot (INTEXP_{it} \times DIG_{it}) + \epsilon_{it}$$

Burada:

- $INTEXP_{it} \times DIG_{it}$ – beynəlxalq təcrübənin rəqəmsallaşma ilə sinerji effektidir.

Cədvəl 2.

Beynəlxalq təcrübə və rəqəmsallaşma üzrə artımın hesablanması

Dəyişən	Əmsal	p-dəyər
INTEXP	0.021	0.001***
DIG	0.027	0.002***
INTEXP × DIG	**0.048**	0.000***

Mənbə: Müəllif tərəfindən tərtib edilmişdir.

Beynəlxalq təcrübənin tətbiqi xüsusilə rəqəmsallaşma ilə sinxronlaşdıqda (Cədvəl 2) region ÜDM-ini 4.8% (β=0.048) artırır.

Beynəlxalq təcrübənin əhəmiyyəti postmünaqişə regionların reinteqrasiyasında xüsusilə böyükdür. Almaniyanın Şərqi regionlarının (keçmiş GDR) reinteqrasiyası 1990–2005-ci illərdə 1,2 trln. avro investisiya ilə ÜDM bərabərliyini 75%-dən 92%-ə çatdırmışdır (Bundesregierung, 2023). Bu təcrübə Qarabağda "smart region" modellərinin (GIS əsaslı planlaşdırma, yaşıl infrastruktur) tətbiqi üçün əsas yaradır. Eyni zamanda, Braziliyanın Amazon regionunda "bioiqtisadiyyat" klasterləri 2015–2023-cü illərdə ixracını 35% artırmışdır (Manaus Sənaye Parkı), bu da Azərbaycanın ekoloji həssas regionları (məsələn, Lənkəran) üçün nümunədir.

Beynəlxalq təcrübənin adaptasiyası zamanı yerli kontekstin nəzərə alınması vacibdir. Dünya Bankının "Place-Based Policies" (2022) hesabatına görə, birbaşa köçürmə uğursuzluqla nəticələnir (məsələn, Afrika regionlarında S3-ün 40% uğursuzluğu), lakin "context-sensitive adaptation" effektivliyi 70%-ə çatdırır. Azərbaycan üçün bu, milli prioritetlərlə (Azərbaycan 2030) sinxronlaşdırma, yerli resurslara (qeyri-neft, turizm) fokuslanma və institusional tutumun gücləndirilməsini tələb edir.

Beynəlxalq təcrübə regionların inkişafında risklərin azaldılmasına da kömək edir. Məsələn, İtaliyanın Mezzogiorno regionunda Cohesion Fondları vasitəsilə infrastruktur investisiyaları 2000–2020-ci illərdə regionlararası ÜDM fərqini 15% azaldıb (Eurostat, 2024). Bu, Azərbaycanın regionlararası disbalansın (Bakı və rayonlar) aradan qaldırılması üçün PPP (public-private partnership) modellərinin tətbiqini əsaslandırır. Həmçinin, Yaponiyanın "Society 5.0" modeli Kyushu regionunda rəqəmsal klasterləri ilə 50 min iş yeri yaratmışdır (METI, 2024), bu da Azərbaycanın Gəncə-Qazax iqtisadi rayonunda İT parklarının inkişafı üçün yol göstərir.

Beynəlxalq təcrübənin əhəmiyyəti institusional öyrənmə (institutional learning) mexanizmləri ilə gücləndirilir. UNDP-nin "Regional Human Development Index" (2023) göstərir ki, beynəlxalq əməkdaşlıq proqramları (məsələn, EU Twinning) regionların idarəetmə keyfiyyətini 20–25% yaxşılaşdırır. Azərbaycan bu baxımdan OECD, Dünya Bankı və ADB ilə əməkdaşlıqdan (məsələn, "Regional Development Program" 2022–2026) istifadə edərək, monitorinq sistemlərini (Rİİ – Regionların İnkişaf İndeksi) beynəlxalq standartlara (SDG indikatorları) uyğunlaşdıra bilər.

Nəticə olaraq, beynəlxalq təcrübə regionların sosial-iqtisadi inkişafında strateji əhəmiyyət kəsb edir: o, nəzəri bazanı zənginləşdirir, praktiki alətləri təqdim edir, riskləri minimuma endirir və qlobal rəqabətə uyğunlaşmanı təmin edir. Azərbaycan üçün bu təcrübənin selektiv adaptasiyası – xüsusilə S3, klaster, rəqəmsal və yaşıl inkişaf modelləri – milli prioritetlərlə sinxronlaşdırıldıqda, regionların dayanıqlı inkişafını əhəmiyyətli dərəcədə sürətləndirə bilər.

4. Azərbaycan üçün təkliflər. Regionların inkişafının milli prioritetlərlə sinxronlaşdırılması "5P" inteqrasiya çərçivəsi ilə aparılmalıdır: Prioritet–Potensial–Proqramlaşdırma–Performans–Partnyorluq. Xüsusilə Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonları üçün "smart region"

konsepsiyasına əsaslanan klaster-ixtisaslaşma modeli, ağıllı şəhərlər, yaşıl enerji zonaları və aqrotexnologiya klasterləri təklif olunur.

Nəticə

Azərbaycan regionlarının sosial-iqtisadi inkişafının milli prioritetlərə uyğun tənzimlənməsi dayanıqlı inkişaf, klaster yanaşması və ağıllı ixtisaslaşma konsepsiyalarının sintezi əsasında mümkün olur. Beynəlxalq təcrübənin selektiv adaptasiyası və "5P" çərçivəsinin tətbiqi regionların dayanıqlı inkişafını sürətləndirəcəkdir.

Ədəbiyyat

1. Camagni, R. (2023). *Adam Smith (1723–1790): Uncovering his legacy for regional science*. Springer.
2. Church, R.L. (2023). *Alfred Weber (1868–1958): The father of industrial location theory*. Springer.
3. European Commission. (2021). *Cohesion Policy 2021–2027*.
4. Eurostat. (2024). *Regional Statistics*.
5. Fujita, M. və Thisse, J. (2013). *The von Thünen model and land rent formation*.
6. Getis, A. və Getis, J. (2014). *Christaller's central place theory*. Routledge.
7. Henderson, J.P. və Davis, J.B. (2012). *The life and economics of David Ricardo*. Springer.
8. Lysenko, A.N. (2016). Upravlenie ustoichivym sotsial'no-ehkonomicheskim razvitiem sel'skikh territorii. *Vestnik Surgutskogo gosudarstvennogo universiteta, 4*(14).
9. MSIT. (2024). *Korean New Deal Progress Report*.
10. NDRC. (2024). *Yangtze River Delta Integration Plan Progress Report*.
11. Parr, J.B. (1973). Structure and size in the urban system of Lösch. *Economic Geography, 49*(3).
12. Popescu, G.V. (2017). Innovation perspectives in local administration. *Management dynamics in the knowledge economy, 5*(2).
13. Porter, M. (1998). Clusters and the New Economics of Competition. *Harvard Business Review*.
14. Ringrose, D.R. (1973). European economic growth: Comments on the North-Thomas theory. *The Economic History Review, 26*(2).
15. Stepanova, T. və Schneider, O. (2021). *The influence of social indicators of economic actors*. Springer.
16. Topoleva, T.N. və Ishmanova, M.S. (2017). Razvitie klastera kak instrument povysheniya konkurentosposobnosti regiona. *Problemy regional'noi ehkonomiki, 1-2*.
17. Walsh, P.P., Banerjee, A. və Murphy, E. (2022). *The UN 2030 agenda for sustainable development*. Springer.

Daxil oldu: 30.11.2025
Qəbul edildi: 09.03.2026

TƏBİƏT ELMLƏRİ
NATURAL SCIENCES

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/82-88

Tahirə Əsgərova
Azərbaycan Tibb Universiteti
biologiya elmləri doktoru
https://orcid.org/0009-0006-5528-0136
tahira.askarova@mail.ru
Həbibə Qədirli
Azərbaycan Tibb Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0008-6309-4389
habibaqadirli@gmail.com

Revmatizm və irsi kollagenozları olan uşaqların bəzi biokimyəvi göstəricilərinin müqayisəsi

Xülasə

Uşaqlarda revmatizm və irsi kollagenozlar, əsasən, birləşdirici toxuma zədələnmələri ilə səciyyələnən mürəkkəb irsi və ikincili xəstəliklərdir. Bu xəstəliklər orqanizmdə metabolik proseslərin pozulmasına səbəb olur. Belə proseslər bir sıra biokimyəvi göstəricilərdə öz əksini tapır. İcmalda bir çox elmi ədəbiyyat mənbələrinin təhlilinə əsaslanaraq, revmatizm və irsi kollagenozlar zamanı kollagen mübadiləsinin mühüm markeri olan oksiprolinin, birləşdirici toxumanın əsas komponenti sayılan qlükozaminqlikanların və iltihab markerlərinin rolu müəyyənləşdirilmişdir. Aparılan təhlillər göstərir ki, bu xəstəliklər zamanı kollagenin parçalanması ilə əlaqədar olaraq qanda oksiprolinin və qlükozaminqlikanların səviyyəsinin artımı müşahidə olunur. Xüsusilə irsi kollagenozlar zamanı bu göstəricilərin dəyişiklikləri daha davamlı olur. Revmatizm zamanı əsasən kəskin faza zülallarının artması baş verdiyi halda, irsi kollagenozlar zamanı birləşdirici toxumanın metabolik pozğunluğu ilə əlaqəli göstəricilərdə dəyişikliklər müşahidə olunur. Lakin aparılan təhlillər göstərir ki, hər iki xəstəlik zamanı oxşar kliniki əlamətlər baş verir. Məhz bu xəstəliklər zamanı biokimyəvi göstəricilərin dəyişikliklərində baş verən fərqlər xəstəliklərin erkən diaqnostikası, proqnozlaşdırılması və müalicə taktikasının daha düzgün seçilməsinə təminat yarada bilər.

Açar sözlər: *birləşdirici toxuma, kollagen, revmatizm, irsi kollagenoz, oksiprolin, qlükozaminqlikan*

Tahira Asgarova
Azerbaijan Medical University
Doctor of Biological Sciences
https://orcid.org/0009-0006-5528-0136
tahira.askarova@mail.ru
Habiba Gadirli
Azerbaijan Medical University
Master's student
https://orcid.org/0009-0008-6309-4389
habibaqadirli@gmail.com

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Comparison of Some Biochemical Indicators in Children with Rheumatism and Hereditary Collagenoses

Abstract

Rheumatism and hereditary collagenoses in children are complex hereditary and secondary diseases characterized mainly by connective tissue damage. These diseases cause disruption of metabolic processes in the body. Such processes are reflected in a number of biochemical indicators. Based on the analysis of many scientific literature sources, the review identifies the role of oxyproline, an important marker of collagen metabolism, glucosamine glycans, which are the main components of connective tissue, and inflammatory markers in rheumatism and hereditary collagenoses. The conducted analyses show that during these diseases, an increase in the level of oxyproline and glucosamine glycans in the blood is observed due to the breakdown of collagen. Especially in hereditary collagenoses, changes in these indicators are more persistent. While rheumatism is characterized by an increase in acute phase proteins, hereditary collagenosis is characterized by changes in indicators associated with metabolic disorders of connective tissue. However, the conducted analyses show that similar clinical symptoms occur in both diseases. It is precisely the differences in changes in biochemical indicators in these diseases that can ensure early diagnosis, prognosis and more accurate selection of treatment tactics.

Keywords: *connective tissue, collagen, rheumatism, hereditary collagenosis, oxyproline, glucosamineglycan*

Giriş

Revmatizm və irsi kollagenozlar uşaqlarda ciddi tibbi problemlər yaradan xəstəliklər qrupuna daxildir. İrsi kollagenozlar genetik xəstəliklərdir və nəsildən-nəslə autosom-ressesiv, autosom-dominant və X xromosomu ilə ilişikli ötürülür. Revmatizm isə ikincili kollagenozlara aid edilir və infeksiya nəticəsində sonradan qazanılan autoimmun xəstəlikdir. Yaranma səbəbləri fərqli olsa da, həm revmatizm, həm də irsi kollagenozların kliniki gedişatı oxşardır. Bu xəstəliklər birləşdirici toxumada yaranan qüsurlarla əlaqəli olaraq inkişaf edir. Birləşdirici toxuma insan orqanizminin ümumi çəkisinin 50%-i təşkil edir. Birləşdirici toxuma hüceyrələrdən və hüceyrədənkənar matrisdən təşkil olunmuşdur. Hüceyrədənkənar matris su, kollagen, proteoqlikanlar, qeyri-kollagen qlikoproteinlər, elastin zülalları kimi maddələrdən təşkil olunmuşdur. Kollagen birləşdirici toxumanın 25-33%-ni təşkil edir. Beləliklə, kollagen birləşdirici toxuma stromasının tərkib hissəsidir və struktur bütövlüyünün qorunmasında mühüm əhəmiyyətə malikdir. Həmçinin, kollagen toxumaların differensasiyasında, homeostaz və morfogenezdə mühüm rol oynayır. Kollagen quruluşuna görə digər zülallardan fərqlənir və onun əsası tropokollagendən ibarətdir. Tropokollagen üç alfa polipeptid zəncirdən ibarətdir. Bu zəncirlər bir-birilə bağlanaraq üçlü spiral quruluş əmələ gətirir. Kollagenin tərkibində 1000-dən çox aminturşuya rast gəlinə bilər. Lakin ən əsas üstünlük təşkil edən aminturşulara qlisin, prolin, hidroksiprolin və hidroksilizin daxildir. Əsas aminturşu ardıcıllığı qlisin-prolin-X və ya qlisin-X-hidroksiprolindir. Burada X hər hansı bir aminturşu ola bilər, lakin hər bir vəziyyətdə qlisin üçüncü mövqedə yerləşir. Qlisin üçüncü mövqedə yerləşməsi, molekulun üçlü spiral quruluşu əmələ gətirməsinə kömək edir. Hazırda 28 növ kollagen müəyyən olunmuşdur, lakin orqanizmdə kollagenin 5 növü daha çox yayılmışdır. İnsan orqanizmində kollagenin 90%-ni I tip təşkil edir, dəridə, damarlarda, vətərlərdə, sümüklərdə və daxili orqanlarda rast gəlinir. II tip kollagen isə qığırdağın əsas komponenti hesab olunur. III tip kollagen retikulyar liflərdə, əzələlərdə və qanyaradıcı orqanların trabekulalarında, IV tip kollagen bazal təbəqədə, V tip kollagen isə plasenta, saç və hüceyrə səthlərində müəyyən edilmişdir (Rosa Neto və b., 2024; Ishikawa, 2025).

Hüceyrədənkənar matrisin digər vacib struktur komponenti proteoqlikanlardır. Birləşdirici toxumanın quru çəkisinin 30%-ni təşkil edir. Qığırdağın mexaniki xüsusiyyətlərinin təmin edilməsində proteoqlikanların xüsusi rolu vardır. Proteoqlikanlar yəni qlikozaminqlikanlar (QAQ)

zülalla birləşmiş karbohidratlardan ibarət şaxələnməyən struktura malikdir. Qlikozaminqlikanların ən vacib növü hialuron turşusudur. Hialuron turşusu sinovial mayenin formalaşmasında mühüm rola malikdir. Həmçinin, gözün şüşəyəbənzər cismində, ilan zəhərində və zəlinin ağız suyunda hialuron turşusuna rast gəlinir. Hialuron turşusunun əsas xüsusiyyəti su ilə birləşib gel əmələ gətirməsidir ki, bu da orqanizmə virusların və bakteriyaların daxil olmasının qarşısını alır. Hialuron turşusu dərinin nəmlənməsini də təmin edir (Əfəndiyev və b., 2019).

Elastin də hüceyrədənkənar matrisin vacib zülalı hesab olunur. Ancaq elastində kollagendən fərqli olaraq hirdoksiprolin və hidroksilizin kimi aminturşulara rast gəlinmir. Elastində rast gəlin əsas aminturşu valindir. Elastinin fermentativ hidrolizi zamanı hidrolizatda 2 fərqli maddə əmələ gəlir. Desmozin və izodesmozin adlanan bu maddələr yalnız elastinə məxsusdur. Elastinin də kollagendə olduğu kimi tropoelastin forması vardır və fibroblastlarda sintez olunur. Digər fibrilyar zülallardan fərqli olaraq, elastin hər iki istiqamətdə (eninə və uzununa) dartıla bilir (Əfəndiyev və b., 2019).

Tədqiqat

Aparılan araşdırmanın əsas məqsədi revmatizm və irsi kollagenozları olan uşaqların biokimyəvi göstəricilərinin müəyyənləşdirilməsi və müqayisə edilməsidir. Çünki bu iki xəstəlik zamanı kliniki əlamətlər oxşarlıq təşkil edir. Lakin kliniki əlamətlər oxşar olsa da, biokimyəvi göstəricilərin dəyişikliklərinə əsasən xəstəlikləri bir-birindən ayırmaq mümkündür. Beləliklə, müxtəlif elmi ədəbiyyat mənbələrindən istifadə edilərək, bu xəstəliklərin patogenezi, kliniki əlamətləri və əsas biokimyəvi göstəriciləri müəyyənləşdirilmişdir.

Ölkəmizdə revmatizmin bir çox formaları uşaqlarda yayılmışdır. Bu formalara kəskin revmatik qızdırma və yuvenil idiopatrik artriti aid etmək olar. Kəskin revmatik qızdırma A qrupu *Streptococcus pyogenes* ilə yoluxma nəticəsində yaranan faringitə qarşı autoimmun reaksiya nəticəsində formalaşır (Sinitskaya və b., 2024). Kəskin revmatik qızdırmanın diaqnozu üçün son zamanlarda Jones meyarlarından istifadə olunur. Jones meyarlarına əsasən xəstəliyin əsas əlamətlərinə oynaq ağrısı və şişkinlik, dəridə səpkilər, ürək qapaqlarında çatışmazlıq, xorea və qızdırma daxildir. Kəskin revmatik qızdırmanın 5-14 yaş arası uşaqlarda yayılma tezliyi daha yüksəkdir. Ancaq bəzi hallarda 2-3 yaşlı uşaqlarda da xəstəliyin ilkin halları müşahidə olunmuşdur. Kəskin revmatik qızdırmanın patogen mexanizmləri müxtəlifdir. CD4 T limfositləri aktivləşir, daha sonra B limfositlər tərəfindən İgG və İgM anticisimləri sintez olunur. Xəstəlikdə iltihabi markerlər və sitokinlər, əsasən də C-reaktiv zülal, interleykin-6 və şiş nekroz faktoru alfa (TNF-□) müşahidə edilir. Xəstələrin qan zərdabında İgG3 səviyyələri, sağlam insanlara nisbətən xeyli yüksəlir. Beləliklə kəskin revmatik qızdırmanın patogenezində İgG3-ün rolu vacibdir. Patogenlər və insan zülalları arasında olan struktur oxşarlığı, insan zülallarına qarşı yönələn anticisimlərin aktivləşməsinə gətirib çıxarır. Xəstələrdə kəskin infeksiyadan 1-5 həftə sonra ən çox rast gəlinən əlamətlərə kardit, dərialtı düyünlər, Sydenham xoreası aiddir. Belə xəstələrin 50-70 %-də əmələ gələn kardit, vəziyyətin daha da ağırlaşmasına səbəb olan geniş zədələnmələrlə özünü göstərir. Ascoff cisimləri adlanan bu zədələnmələr ürək əzələsinin iltihabına gətirib çıxarır. Artıq xəstəlik irəlilədikcə, mitral qapağın disfunksiyasının artması ilə əlaqəli olaraq, sol mədəciyin hipertrofiyası müşahidə olunur. Beləliklə, kəskin revmatik artritdən, revmatik ürək xəstəliyinə keçid baş verir (Lorenz və b., 2024; Nickell və b., 2025).

Dünyada təxminən 40 milyon insanın revmatik ürək xəstəliyini daşıdığı düşünülür. Xroniki revmatik ürək xəstəliyi inkişaf etməkdə olan ölkələrdə, o cümlədən Azərbaycanda mühüm ictimai sağlamlıq problemidir. Avstraliyada aparılan araşdırmaya əsasən, kəskin revmatik artriti olan xəstələrdə rentgendə ürəyin xarakterik genişlənməsi müəyyən olunmuşdur. Digər oxşar araşdırmaya görə, məlum olmuşdur ki, ağır revmatik ürək xəstəliyi olan şəxslərdə ürək qapaqlarının bərpası üçün 50% xəstədə cərrahi yol istifadə olunmuşdur. Kəskin revmatik qızdırmanın digər kliniki əlamətləri əsasən dizlər, dirsəklər, əl və ayaq bilәkləri kimi daha böyük oynaqları əhatə edir. Bu oynaqlarda ağrı dəyişkən xarakterlidir və üç həftədən artıq davam etmir. Dərialtı düyünlər isə bu xəstəliyin daha az rast gəlinən əlamətidir. Belə düyünlər dəri altında ağrısız, hərəkətli və möhkəm hiss olunur. Düyünlərin ölçüləri 0,5-2 sm olur və adətən, ağır karditlə əlaqələndirilir. Əsasən baş dərisinin arxasında, oynaqlarda və fəqərələrdə müşahidə olunur. Eritema marginatum isə xəstələrin 6%-də rast gəlinən qırmızı, qaşınmayan, keçici səpkilərdir. Səpkilərə "halqalı eritema" da deyilir. Belə səpkiləri tünd dərili uşaqlarda aşkar etmək daha çətindir. Səpkilər, əsasən, gövdədə müşahidə olunur və istilik

tətbiqi ilə induksiya edilə bilər. Xəstəlik zamanı xorea, adətən, bazal qanqliyalara təsir edən autoimmun reaksiya ilə bağlıdır. Xorea kəskin revmatik qızdırma diaqnozu qoyulmuş uşaqların 10-30%-də rast gəlinir. Üz və ətrafların qeyri iradi hərəkətləri, nitqin pozulması və əzələ zəifliyi ilə xarakterizə olunur. Həmçinin, bu uşaqlarda psixoloji dəyişikliklər, xüsusilə hiperaktivlik və qıcıqlanma müşahidə olunur. Bu hal oğlanlara nisbətdə qızlarda daha çox rast gəlinir (Carapetis və b., 2016; Lorenz və b., 2024).

Ölkəmizdə revmatizmin digər geniş yayılmış forması Yuvenil ideopatrik artrit (YİA) adlanır. Bu xəstəlik 16 yaşa qədər uşaqlarda rast gəlinən, xroniki birləşdirici toxuma xəstəliklərinin ən çox yayılmış qrupudur. Xəstələrə və onların ailələrinə sağlamlıq, sosial və iqtisadi çətinliklər yaradır. Kliniki əlamətlərin heterogenliyinə görə xəstəliyin diaqnozu çətin qoyulur. Bunun üçün xəstənin fiziki müayinəsi aparılır, ailəsindən ətraflı anamnez toplanılır və diaqnostik testlər aparılır (Romano və b., 2025).

Beynəlxalq Revmatologiya Assosiasiyasının təsnifat meyarlarına əsaslanaraq, xəstələri təsirlənmiş oynaqların sayına, romatoid factor (RF) pozitivliyinə və insan leykosit antigeninə görə yeddi forması müəyyənləşdirilmişdir. Ən çox rast gəlinən formalar oliqoartikulyar artrit, romatoid faktor (RF)-mənfi poliartrit, RF-müsbət poliartrit, psoriatik artrit, sistemli artritdir. Ən geniş yayılmış forma sistemli yuvenil ideopatrik artritdir. Bu xəstəlik ilk dəfə Ser George Frederic tərəfindən müəyyən edilmişdir. Xəstəlik hər iki cinsdə eyni tezlikdə baş verir və adətən, 1-5 yaş arası uşaqlarda rast gəlinir. Kliniki əlamətlərə qızdırma, səpki, artrit, hepatomeqaliya və serozit daxildir. Xəstəlik zamanı uşaqlarda eritrositlərin çökmə sürətinin, C-reaktiv zülalın, trombositlərin və neytrofillərin miqdarında artma müşahidə olunur (Sun və b., 2026; Nigrovic və b., 2018).

Beləliklə, YİA-da xəstəliyin aktivliyini müəyyən etmək üçün istifadə olunan biomarkerlərə C-reaktiv protein (CRP) və eritrositlərin çökmə sürəti (EÇS) daxildir. CRP, makrofaqlar və T-limfositlər tərəfindən İL-6 ifraz edildikdən sonra ekspressiyası artan qaraciyər mənşəli kəskin fazalı zülaldır. Onun səviyyəsi iltihab başladıqdan bir neçə saat sonra artmağa başlayır. Artıq 1-3 gün sonra səviyyəsi maksimuma çatır. Bu zülalın plazmadan yarımxaricolma dövrü 19 saatdır. Buna əsasən də, CRP səviyyəsi kəskin faza reaksiyasını daha dəqiq əks etdirir. Lakin CRP-nin yoluxucu və ya qeyri-infeksion iltihabı fərqləndirmək üçün kifayət qədər spesifik deyil. Buna görə də, xəstələrdə eritrositlərin çökmə sürəti müəyyənləşdirilir. EÇS təyini qanın 1 saat ərzində sakit vəziyyətdə saxlanılması zamanı eritrositlərin çökdüyü məsafənin ölçülməsi ilə aparılır. Xəstəliyin gedişini müəyyənləşdirmək üçün istifadə olunan digər vacib biomarkerlərə S100 zülalları və matris metalloproteinaza 3(MMP-3) daxildir (Ahn, 2020). S100 zülalları kalsium homeostazının, enerji mübadiləsinin, ferment aktivliyinin, hüceyrə böyüməsinin tənzimlənməsində rolu olan iltihab əleyhinə kalsium birləşdirən zülal sinifidir. YİA-da ən çox istifadə olunan zülallara S100A8, S100A9 və S100A12 aiddir. Qan serumunda və sinovial mayedə artan S100A8-S100A9 və S100A12 zülallarının səviyyələrinin artması xəstəliyin aktivliyi ilə əlaqəlidir, xəstəlik fəaliyyətinin monitorinqi zamanı vacib biomarker kimi istifadə oluna bilər. MMP-3 hüceyrədənkənar matrisin parçalanmasında iştirak edən fermentdir. Artrit zamanı bu ferment qığırdaq və sümüklərin deqradasiyasına səbəb olur. Buna əsasən MMP-3 aktivliyinin artması xəstəliyin gedişini müəyyənləşdirmək üçün faydalı biomarker kimi istifadə oluna bilər (Wojdas və b., 2021; Pardeo və b., 2017).

Revmatik xəstəliklərdən başqa birləşdirici toxumanın strukturuna təsir edən genetik mənşəli pozğunluqlar, yəni irsi kollagenozlar da mövcuddur. İrsi birləşdirici toxuma xəstəlikləri DNT səviyyəsində 45-dən çox mutasiyanın yaranması ilə əlaqəlidir. Bu xəstəliklər müxtəlif kliniki əlamətlərlə özünü göstərir. Kollagendə baş verən pozulmalar, adətən, aminturşu zəncirindəki qlisin aminturşusunun daha böyük ölçüdə olan başqa aminturşu ilə əvəzolunması nəticəsində baş verir. Araşdırmalar nəticəsində məlum olmuşdur ki, ölkəmizdə irsi kollagenozların 3 növü daha çox yayılmışdır. Bunlara marfan sindromu, natamam osteogenez və ürəyin mitral qapağının prolapsiyasının ailəvi pozulması daxildir. Marfan sindromu 15-ci xromosomun uzun qolunda yerləşən fibrillin-1(FBN1) genində baş verən heteroziqot mutasiyalar səbəbindən yaranan genetik xəstəlikdir. Həmçinin, xəstəlik fibrillin-2(FBN2) genində baş verən mutasiyalarla bağlı olaraq yarana bilər. Fibrillinlər struktur funksiyasını həyata keçirən yüksək molekullu hüceyrədənkənar matris zülallarındandır. Xəstəliyin kliniki əlamətləri ürək-damar, göz və dayaq-hərəkət sistemini əhatə edir.

Kliniki əlamətlərin ortaya çıxma müddəti fərdlərdə müəyyən səbəblərə görə dəyişə bilər. Müalicə olunmazsa, xəstələrin orta ömrü 40 il hesab olunur. Uşaqlar xəstəlik riskinə görə 3 kateqoriyaya bölünür: çox yüksək risk, yüksək risk və orta risk. Kliniki əlamətlərə əsasən risk qrupları müəyyənləşdirilir. Əsasən aorta genişlənməsinə, mitral qapaq prolapsiyasına, ağciyər arteriyasının genişlənməsinə və sümük deformasiyalarına görə müəyyənləşdirilir (Marelli və b., 2023; Rosa Neto və b., 2024).

Marfan sindromu zamanı ürək-damar sistemində bir çox dəyişikliklər baş verir. Xüsusilə aortanın genişlənməsi, proksimal ağciyər arteriyasının genişlənməsi və aorta qapağının disfunksiyası müşahidə olunur. Xəstəlik zamanı gözdə ən çox yaranan problemlər içərisində miyopiya üstünlük təşkil edir. Tədqiqatlər nəticəsində məlum olmuşdur ki, bəzi xəstələrdə çəpgözlülük və qlaukoma müşahidə olunub. Skelet sistemi ilə bağlı rast gəlinən kliniki əlamətlər müxtəlifdir. Belə xəstələrin üzləri dar, anormal qulaq qığırdaqları, dar damaq və dişlər sıx olur. Ətrafların uzunluğu ilə gövdə ölçüsü arasında nəzərəçarpacaq dərəcədə qeyri-mütənasiblik müşahidə olunur. Xəstələrin 63%-dən çoxunda 10 dərəcəyə qədər skolioz yaranır. Xüsusilə böyümə dövründə skolioz sürətlə inkişaf edir. Həmçinin, belə xəstələrdə əzələ zəifliyi müşahidə olunur. Bəzi xəstələrdə oynaqların, xüsusən də barmaqların hərəkətliliyi azalır. Marfan sindromunun digər kliniki əlamətləri dəridə baş verən dəyişikliklərdir. Xəstələrdə dərinin uzanması, göbək yırtığı, qasıq yırtığı və qarın əzələlərinin diastazı baş verir. Kifayət qədər qida qəbul olunsa da, xəstələrdə əzələ və yağ ehtiyatlarının çatışmamazlığı müşahidə olunur (Marelli və b., 2023).

İrsi kollagenozların digər yayılmış forması şüşə sümük xəstəliyi kimi də adlandırılan natamam osteogenezdir. Hər 15000-20000 doğulan 1 uşaqda rast gəlinən irsi birləşdirici toxuma xəstəliyidir. Xəstəliyin kliniki əlamətləri müxtəlifdir. Belə uşaqlarda gözdə mavi sklera, eşitmə itkisi, diş qüsurları, kövrək sümüklər və ümumilikdə sümük deformasiyaları müşahidə olunur. Natamam osteogenez adətən COL1A1 və COL1A2 genlərindəki mutasiyalarla əlaqəlidir. Xəstəliklə bağlı bu günə qədər 1500-dən çox mutasiya müəyyən edilmişdir (Pandit və b., 2025; Gazzotti və b., 2024). İlk dəfə olaraq 1979-cu ildə Sillence və Danks klinik və genetik xüsusiyyətlərinə əsasən natamam osteogenez xəstəliyinin 4 formasını müəyyənləşdirmişdir. Ancaq bu təsnifat qəbul edilməmişdir. Daha sonra Beynəlxalq Skelet Displaziyaları Cəmiyyəti tərəfindən natamam osteogenezin daha uyğun təsnifatı verilmişdir. Bu təsnifata əsasən I tip forma ən yüngül forma hesab olunur və gözlərdə mavi sklera ilə xarakterizə olunur. Bu tip xəstələrdə normal boy, minimum səviyyədə sınıqlar və sümük deformasiyaları müşahidə olunur. Lakin xəstələrdə müəyyən funksional məhdudiyyətlər yaranır. Belə ki, əsasən uzun borulu sümüklərdə və fəqərələrdə sınıqlar müşahidə olunur. Sınıqlar bel ağrısına və skolioza səbəb olsa da, xəstəlik müalicəyə yaxşı cavab verir. II tip ən ağır forma olub, doğuşdan sonra yaranan çoxsaylı sınıqlar və tənəffüs yollarında baş verən ağırlaşmalar səbəbi ilə körpənin ölümü ilə nəticələnir. III tip ağır fəsadlara səbəb olur, xüsusilə çox kiçik boy, üçbucaq formalı üz, kifoz və skolioz ilə özünü göstərir. IV tip forma isə orta ağırlıqda forma olub, xəstələr əlil arabasından asılı vəziyyətə düşür. Sümük sınıqları natamam osteogenezin ən əsas kliniki əlamətidir. Sınıqlar minimal travma ilə əlaqəli olaraq baş verə bilər. Sınıqlar əsasən uzun borulu sümüklərin diafiz hissəsində baş verir (Gökmen və b., 2024; Yu və b., 2023).

Bu xəstəliklərdən başqa nisbətən daha az rast gəlinən forma mitral qapaq prolapsiyasının ailəvi pozulmasıdır. Bu xəstəlik əhali arasında 2-3% rast gəlinən irsi ürək xəstəliyidir. Xəstəlik kollagen, proteoqlikanlar kimi hüceyrədənkənar matrisin vacib strukturlarının çatışmazlığı ilə yaranır (Delwarde və b., 2023). Mitral qapaq sol qulaqcığı sol mədəcikdən ayırır. O qapaq vərəqələri və qapaqaltı hissələrdən təşkil olunmuşdur. Mitral qapaq hamiləliyin 5-ci və 8-ci həftələri arasında formalaşır. Formalaşma prosesində kollagen və elastinlə zəngin hüceyrədənkənar matris təbəqələri əmələ gəlir. Mitral qapaq vərəqələri üç təbəqədən ibarətdir: atrialis, spongioza və fibroza. Birinci təbəqə kollagen liflərdən və elastindən ibarətdir. İki təbəqə arasında qlikozaminqlikanlarla zəngin olan birləşdirici toxuma təbəqəsi olan spongioza yerləşir. Xüsusilə I və III tip kollagenlər mitral qapaqda üstünlük təşkil edir. Həmçinin, burada V tip kollagenə də rast gəlinir. III tip kollagen □1 zəncirləri 2q24.3-q31 xromosomunda yerləşən tip III-□1 genində kodlaşmışdır. Bu gen 52 ekzondan ibarət olub, uzunluğu 44 kb-dir. Beləliklə, mitral qapaqda kollagen üstünlük təşkil etdiyi üçün, kollagenin strukturunun dəyişikliyi mitral qapaq prolapsiyasının pozulmasına səbəb olur. Fərqli

ailələr üzərində aparılan araşdırmalar nəticəsində bu xəstəliyin irsən keçdiyi müəyyənləşdirilmişdir. Xüsusilə autosom dominant yol üstünlük təşkil edir. Həmçinin, matris metalloproteinaza-3 geninin polimorfizmi ilə əlaqəli olaraq mitral qapaq prolapsiyasının pozulması baş verə bilər. Eyni zamanda fibrillin-1 geninin və COL3A1 geninin polimorfizmi də xəstəliyə səbəb olur. Mitral qapaq prolapsiyasının pozulması bir çox hallarda digər irsi birləşdirici toxuma xəstəlikləri zamanı müşahidə olunur. Xüsusilə Marfan sindromu, natamam osteogenez, Ehlers- Danlos sindromu, Loeys-Dietz sindromu ilə bağlı olaraq yaranır (Chou və b., 2004; Guicciardi və b., 2024).

Aydın olduğu kimi, irsi kollagenozlarda birləşdirici toxumanın vacib komponeneti olan kollagenin metabolizminin öyrənilməsi vacibdir. Kollagenin deqradasiya məhsulları müxtəlif bioloji mayelərdə (qan, sidik, sinovial maye) müəyyənləşdirilir. Kollagenin metabolizmin göstəricilərindən ən mühümü hidroksiprolindir və bu prosesdə marker kimi istifadə oluna bilər. Sərbəst hidroksiprolin məhz kollagen parçalanması prosesinin göstəricisidir. Peptidlə birləşmiş forması isə həm kollagenin parçalanması, həm də sintezi prosesini müəyyənləşdirir. Erlix reagentindən və 550 nm-də kolorimetrik üsuldan istifadə etməklə hidroksiprolini təyin etmək mümkündür. Bu üsul hətta mikroqram ölçülü nümünələrdə belə dəqiqliklə hidroksiprolinin miqdarını təyin etməyə imkan verir. Hüceyrədənkənar matrisin digər bir vacib komponeneti olan qlikozaminqlikanlar biokimyəvi göstərici kimi istifadə oluna bilər. Birləşdici toxuma xəstəlikləri zamanı hüceyrədənkənar matrisin bütövlüyü pozulduğu üçün qlikozaminqlikanların parçalanma və sintez prosesi sürətlənir. Beləliklə, biokimyəvi göstərici kimi istifadə olunması mühüm əhəmiyyət kəsb edir (Tush və b., 2019).

Nəticə

Aparılan araşdırmalardan məlum olur ki, uşaqlarda revmatizm və irsi kollagenozlar zamanı kliniki əlamətlərdə müəyyən bir oxşarlıq vardır. Həm irsi, həm də ikincili kollagenozların diaqnostikasında bir sıra biokimyəvi göstəricilərin miqdarının təyin olunması hər iki xəstəliyi bir-birindən fərqləndirmək üçün təminat yarada bilər.

Ədəbiyyat

1. Ahn, J.G. (2020). Role of Biomarkers in Juvenile Idiopathic Arthritis. *Journal of Rheumatic Diseases, 27*(4), 233–240. http://doi.org/10.4078/jrd.2020.27.4.233
2. Carapetis, J.R., Beaton, A., Cunningham, M. W., Guilherme, L., Karthikeyan, G., Mayosi, B. M., Sable, C. (2016). Acute rheumatic fever and rheumatic heart disease: updates in diagnosis and treatment. *Nature Reviews Disease Primers, 13*(6), 356–368. http://doi.org/10.1038/nrdp.2015.84
3. Chou, H-T., Hung, Y-S., Chen, Y-T., Wu, J-Y., Tsai, F-J. (2004). Association between COL3A1 collagen gene exon 31 polymorphism and risk of floppy mitral valve/mitral valve prolapse. *International Journal of Cardiology*, *95*(2), 299–305. https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2003.05.026
4. Delwarde, C., Capoulade, R., Merot, J., Scouarnec, L.S., Bouatia-Naji, N., Yu, M., Huttin, O., Selton-Suty, C., Sellal, J-M., Piriou, N., Schott, J-J., Dina, C., Tourneau, L.T. (2023). Genetics and pathophysiology of mitral valve prolapse. *Frontiers in Cardiovascular Medicine, 10*. https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1077788
5. Əfəndiyev, A.M., Eyyubova, A.Ə., Qarayev, A.N. (2019). *Patoloji və kliniki biokimya.* Təbib.
6. Gazzotti, S., Sassi, R., Aparisi Gomez, M.P., Moroni, A., Brizola, E., Miceli, M., Bazzocchi, A. (2024). Imaging in osteogenesis imperfecta: Where we are and where we are going. *European Journal of Medical Genetics, 68*. https://doi.org/10.1016/j.ejmg.2024.104926
7. Gökmen, M.Y., Mirioğlu, A., Kundakçı, B., Boğa, İ., Biçer, Ö. S. (2024). A Retrospective Study of the Presentation, Diagnosis, Management, and Outcomes of 27 Patients with Osteogenesis Imperfecta at a Single Center in Türkiye. *Medical Science Monitor*, *30*. https://doi.org/10.12659/MSM.944364
8. Guicciardi, N.A., Bonis, M., Resta, C., Ascione, G., Alfieri, O., Maisano, F., Vergara, P. (2022). Genetic background of mitral valve prolapse. *Reviews in Cardiovascular Medicine, 23*(3), 96. https://doi.org/10.31083/j.rcm2303096

9. Ishikawa, Y. (2025). Collagen Biosynthesis and Its Molecular Ensemble: What Remains Unexplored. Biochemistry. *Biochemistry, 64*(15), 3149–3155. https://doi.org/10.1021/acs.biochem.5c00261
10. Lorenz, N., McGregor, R., Whitcombe, A.L., Sharma, P., Ramiah, C., Middleton, F., Baker, M. G., Martin, W.J., Wilson, N.J., Chung, A.W., Moreland, N.J. (2024). An acute rheumatic fever immune signature comprising inflammatory markers, IgG3, and Streptococcus pyogenes-specific antibodies. *iScience, 27*(8). https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.110558
11. Marelli, S., Micaglio, E., Taurino, J., Salvi, P., Rurali, E., Perrucci, G.L., Dolci, C., Udugampolage, N.S., Caruso, R., Gentilini, D., Trifiro, G., Callus, E., Frigiola, A., Vincentiis C., Pappone, C., Parati, G., Pini, A. (2023). Marfan Syndrome: Enhanced Diagnostic Tools and Follow-up Management Strategies. *Diagnostics*, *13*(13), 2284. https://doi.org/10.3390/diagnostics13132284
12. Nickell, A.L., Erie, T.J., Wold, E.A., Leeuw, A., Roe, S.J. (2025). Acute Rheumatic Fever. *Academic Pathology, 12*(4). https://doi.org/10.1016/j.acpath.2025.100220
13. Nigrovic, P.A., Raychaudhuri, S., Thompson, S. (2018). Review: Genetics and the Classification of Arthritis in Adults and Children. *Arthritis & Rheumatology*, *70*(1), 7–17. https://doi.org/10.1002/art.40350
14. Pandit, D.K., Paudel, S., Yadav, H.S., Shrestha, K., Ghatani, R., Rai, P. (2025). Clinical diagnosis and challenges in management of Osteogenesis Imperfecta in a resource-limited setting- A case report and review of literature. *International Journal of Surgery Case Reports, 137*. https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2025.112077
15. Pardeo, M., Bracaglia, C., De Benedetti, F. (2017). Systemic juvenile idiopathic arthritis: New insights into pathogenesis and cytokine directed therapies. *Best Practice and Research Clinical Rheumatology, 31*(4), 505–516. https://doi.org/10.1016/j.berh.2018.02.002
16. Romano, F., Scipio, F., Baima, G., Franko, F., Aimetti, M., Berta, G.N. (2025). Health-Related Quality of Life in Juvenile Idiopathic Arthritis: A Systematic Review of Phase III Clinical Trials. *Journal of Clinical Medicine, 14*(1), 254. https://doi.org/10.3390/jcm14010254
17. Rosa Neto, N.S., Pereira, I.A., Azevedo, V. F. (2024). Unraveling the genetic collagen connection: clinical and therapeutic insights on genetic connective tissue disorders. *Advances in Rheumatology*, *64*(1), 32. https://doi.org/10.1186/s42358-024-00373-z
18. Sinitskaya, A., Khutornaya, M., Hryachkova, O., Asanov, M., Poddubnyak, A., Ponasenko, A. (2024). İnflammatory Response Genes' Polymorphism Associated with Risk of Rheumatic Heart Disease. *Journal of Personalized Medicine*, *14*(7), 753. https://doi.org/10.3390/jpm14070753
19. Sun, H-L., Kao, Y-H., Yu, H-H., Wang, L-C., Wu, C-Y., Yao, T-C. (2026). Taiwan guideline for the diagnosis and management of juvenile idiopathic arthritis: Consensus statement of the Taiwan Academy of Pediatric Allergy, Asthma and Immunology. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection, 59*(1), 1–11. https://doi.org/10.1016/j.jmii.2025.05.011
20. Tush, E.V., Eliseeva, T.I., Khaletskaya, O.V., Krasilnikova, S.V., Ovsyannikov, D.Y., Potemina, T.E., Ignatov, S.K. (2019). Extracellular Matrix Markers and Methods for Their Study. *Modern Tecnologies in Medicine, 11*(2), 133. http://doi.org/10.17691/stm2019.11.2.20
21. Wojdas, M., Dabkowska, K., Winsz-Szczotka, K. (2021). Alterations of Extracellular Matrix Components in the Course of Juvenile Idiopathic Arthritis. *Metabolites, 11*(3), 132. https://doi.org/10.3390/metabo11030132
22. Yu, H., Li, C., Wu, H., Xia, W., Wang, Y., Zhao, J., Xu, C. (2023). Pathogenic mechanisms of osteogenesis imperfecta, evidence for classification. *Orphanet Journal of Rare Diseases, 18*(1), 234. http://doi.org/10.1186/s13023-023-02849-5

Daxil oldu: 20.11.2025
Qəbul edildi: 01.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/89-93

Aqil Orucov
Azərbaycan Tibb Universiteti
biologiya üzrə fəlsəfə doktoru
https://orcid.org/0000-0002-1826-3816
agilo@rambler.ru
Püstə Zeynalzadə
Azərbaycan Tibb Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0008-3741-7383
pustezeynalzade@gmail.com

Süd vəzisi xərçəngi zaman serum mis, sink səviyyələrinin və Cu/Zn nisbətinin qiymətləndirilməsi

Xülasə

Statistik məlumatlara əsasən çağdaş dövrümüzdə süd vəzisi xərçəngi ən geniş yayılmış ikinci onkoloji xəstəlikdir. Biologiya və tibb elmlərinin sürətlə inkişaf etməsinə və bu sahələrdə əldə edilən mühüm elmi-texnoloji nailiyyətlərə baxmayaraq, süd vəzisi xərçəngi hələ də bəşəriyyəti narahat edən problemdir. Bu səbəbdən bu xəstəlik biotibbi tədqiqatların əsas obyektlərindən biridir. Süd vəzisi xərçəngi müxtəlif səbəblərdən meydana çıxır və mikroelement mübadiləsinin pozulmaları ilə müşahidə olunur. Bir sıra tədqiqat işləri və meta-analizlərin nəticələrinə əsasən, bu xəstələrin qan serumunda mis və sink kimi vacib əhəmiyyət kəsb edən mikroelementlərin konsentrasiyasında dəyişikliklər müəyyən etmişdir. Təqdim edilən tədqiqat işinin əsas məqsədi süd vəzisinin bədxassəli şişləri olan xəstələrin mikroelement statusunun öyrənilməsidir. Bu məqsədlə tədqiqat çərçivəsində xəstələrin qan serumu nümunələrində mis və sink elementlərinin miqdarı induktiv birləşmiş plazma kütlə spektrometriyası (ICP-MS) metodundan istifadə edilərək təyin edilmiş və uyğun olaraq mis və sink nisbəti müəyyən edilərək kontrol qrupun müvafiq göstəriciləri ilə müqayisə edilmişdir. Alınan nəticələr xəstəliyin gedişatında diaqnostik, proqnostik və müalicə prosesinin monitorinqində potensial biomarker kimi istifadə oluna biləcəyini vurğulayır.

Açar sözlər: *süd vəzisi xərçəngi, mis, sink, qan serumu, Cu/Zn nisbəti*

Agil Orujov
Azerbaijan Medical University
PhD in Biology
https://orcid.org/0000-0002-1826-3816
agilo@rambler.ru
Pusta Zeynalzada
Azerbaijan Medical University
Master's student
https://orcid.org/0009-0008-3741-7383
pustezeynalzade@gmail.com

Evaluation of Serum Copper and Zinc Levels and the Cu/Zn Ratio in Breast Cancer

Abstract

Based on statistical data, breast cancer is currently the second most common oncological disease. Despite the rapid development of biology and medical sciences and the significant scientific and technological achievements in these fields, breast cancer remains a major problem that concerns humanity. Therefore, this disease continues to be a primary focus of biomedical research.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Breast cancer arises from various factors and often associated with disturbances in trace element metabolism/ several studies and meta-analyses have reported changes in the concentrations of essential trace elements, such as copper and zinc, in the blood serum of breast cancer patients. The main aim of the present study is to investigate the trace element status of patients with malignant breast tumors. For this purpose, the levels of copper and zinc in blood serum samples were determined using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) and the copper to zinc ratio was calculated and compared with the corresponding values of a control group. The results indicate that these measurements may serve as potential biomarker for diagnostic and prognostic purposes, as well as for monitoring the treatment process.

Keywords: *breast cancer, copper, zinc, blood serum, Cu/Zn ratio*

Giriş

Müasir dövrdə dünyanın sürətlə inkişaf etməyinə baxmayaraq bir çox xəstəliklər hələ də böyük problem olaraq qalmaqdadır. Bu xəstəliklərdən biri də süd vəzisi xərçəngidir. Hər keçən bir dəqiqədə dörd qadına süd vəzisinin bədxassəli şişləri diaqnozu qoyulur və bir qadın bu xəstəlik səbəbindən vəfat edir. Ümumdünya Səhiyyə Təşkilatının verdiyi yeni statistik məlumatlarda 2022-ci ildə 2.3 milyon qadında bu xəstəliyin aşkarlandığı qeyd olunur (World Health Organization, 2025.). ÜST məlumatlarına əsasən, ölkəmizdə də eyni tendensiya müşahidə olunur. Belə ki, ən geniş yayılmış ikinci xərçəng xəstəliyidir və təkcə həmin ildə 2195 (ümumi halların 11.9%-i) yeni süd vəzisi xərçəngi halı qeydə alınmışdır (Internaitonal Agency for Reserch on Cancer, 2024). Xəstəliyin ilk mərhələlərinin simptomsuz irəliləməyi və diaqnozun gecikməsi xəstəliyin ağırlaşmasına, nəticədə ölüm hallarının artmasına səbəb olur. Son dövrlərdə bir çox inkişaf etmiş ölkələr bu problemin həlli istiqamətində epidemioloji, laborator və klinik tədqiqatlar aparmışdır. Lakin bütün bu işlərə baxmayaraq hər il süd vəzisi xərçəngi səbəbindən öz sağlamlığını və həyatını itirmiş şəxslərin sayı durmadan artır (Qu və b., 2023).

Bütün xəstəliklərin, eləcə də süd vəzisi xərçənginin düzgün müalicəsinin aparılması və xəstələrin sağqalma ehtimalının artırılması üçün erkən diaqnostika vacib əhəmiyyət kəsb edir və mütləqdir. Vaxtında qoyulmuş düzgün diaqnozdan sonrakı dövrdə müalicənin istiqamətinin doğru planlaşdırılması və xəstənin vəziyyətinin monitorinqinin aparılması xəstələrin sağqalma göstəricilərini yüksəldə bilər (Ginsburg və b., 2020).

Tədqiqat

Süd vəzisinin bədxassəli şişlərinin inkişafının etiologiyası çoxfaktorlu və kompleks xarakter daşıyır. Mövcud elmi mənbələrə əsasən, qeydə alınan halların təxminən 25-30%-i genetik meyillə əlaqələndirilir. Xüsusilə BRCA1 və BRCA2 genlərində baş vermiş mutasiyalar süd vəzisi xərçənginin inkişaf riskini əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldir. Bununla yanaşı pasiyentlərin əksəriyyətində xəstəliyin yaranması irsi amillərlə yanaşı ekoloji və həyat tərzi amillərinin kompleks əlaqəsi nəticəsində formalaşır (Luo və b., 2022; Obeagu və Obeagu, 2024). Ədəbiyyat məlumatlarına görə, bu amillərin təsiri orqanizmdə mikroelement mübadiləsi tarazlığını pozur. Mikroelementlərin ümumi miqdarı bədən kütləsinin 0.001%-ni təşkil etməsinə baxmayaraq, toxuma tənəffüsü, immun sisteminin normal funksiyasını, hüceyrələrin oksidativ stressdən müdafiəsi, DNT bərpa mexanzimləri, gen ekspressiyasına nəzarət kimi əsas funksiyaların yerinə yetirilməsində iştirak edir (Chitturi və b., 2015; Dwivedi və b., 2024). Müasir onkoloji tədqiqatlarda mikroelementlərin xərçəng patologiyası ilə kompleks əlaqəsi xüsusi elmi maraq doğurur. Son illərdə aparılmış araşdırmalar göstərir ki, bu balansın pozulması hüceyrədaxili metabolik proseslərə, oksidləşdirici-reduksiya reaksiyalarına, ferment sistemlərinin aktivliyinə və immun cavaba birbaşa təsir göstərir. Bu dəyişikliklər isə öz növbəsində şiş proqresi və metastaz mərhələləri ilə sıx əlaqədədir. Buna görə də mikroelementlərin xərçənglə əlaqəsinin sistemli şəkildə öyrənilməsi, onların diaqnostik və proqnostik biomarker kimi potensialının qiymətləndirilməsi, xəstəliyin gedişatının monitorinqində və proqnozun verilməsində rolunun elmi əsaslarla işıqlandırılması aktual və zəruri hesab olunur (Dwivedi və b., 2024; Feng və b., 2020). Bu mikroelementlərdən mis (Cu), enerji mübadiləsində, antioksidant müdafiədə, dəmir homeostazında, siqnal yollarında, epitel və birləşdirici toxumanın möhkəmliyinin

təmin olunmasında, angiogenez və digər proseslərdə əhəmiyyətli rol oynayır (Chillon və b., 2024; Osredkar, 2011). Sink (Zn) 300-dən çox fermentin kofaktorudur. Əsas olaraq nuklein turşularının metabolik yollarında iştirak etməklə hüceyrədə gen ekspressiyasının tənzimində iştirak edir. Eyni zamanda, antioksidant müdafiədə və hüceyrələrin proliferasiyası, diferensiasiyası və hüceyrələrin proqramlaşdırılmış ölümündə əhəmiyyətli rola malikdir (Dwivedi və b., 2024; Forma və b., 2024; Szwiec və b., 2024). Mövcud ədəbiyyat məlumatlarına əsasən, bu istiqamətdə aparılmış tədqiqat işləri süd vəzisi xərçəngi zamanı orqanizmdə mis səviyyəsində yüksəlmənin, sink konsentrasiyasında isə azalmanın olduğunu müəyyən etmişdir (Bengtsson və b., 2023; Ding və b., 2015; Feng və b., 2020; Jouybari və b., 2019). Lakin bu göstəricilər ayrılıqda xəstəliyin gedişatı haqda məlumatlandırıcı olsa da, bu mənbələrdə qeyd edilən ümumi fikrə görə hər iki mikroelementin nisbəti (Cu/Zn) süd vəzisinin bədxassəli neoplazmları zamanı daha etibarlı informasiya verə bilər.

Aparılmış tədqiqat çərçivəsində süd vəzisi xərçəngi xəstələrinin qan serumunda mis (Cu) və sink (Zn) səviyyəsi, eləcə də onların nisbəti (Cu/Zn) müəyyən edilmiş, sağlam şəxslərin eyni göstəriciləri ilə müqayisə edilmişdir. Tədqiqatın məqsədi mikroelement balansının xəstəliklə əlaqəsinin qiymətləndirilməsi olmuşdur.

Yerinə yetirilmiş tədqiqat işində material olaraq Azərbaycan Tibb Universitetinin Onkoloji Klinikasının Laboratoriyasına müraciət etmiş xəstələrin qan serumu nümunələrindən istifadə olunmuşdur. Əsas qrupa orta yaşı 63.8±16 (median 66) olan və süd vəzisi xərçəngi diaqnozu qoyulmuş 34 xəstə, kontrol qrupa isə 12 nəfər sağlam şəxs daxil edilmişdir. Digər yanaşı xəstəlikləri olan şəxslər isə bu tədqiqat çərçivəsində əsas qrupa daxil edilməmişdir. Əsas qrupa daxil olan xəstələrin və kontrol qrupdakı sağlam şəxslərin qan serumu materiallarında mis və sink göstəriciləri biokimyəvi üsullardan istifadə olunaraq təyin edilmişdir. Serumda adları çəkilən mikroelementlərin səviyyəsi İnduktiv Birləşmiş Plazma Kütlə Spektrometriyası (İCP-MS; iCAP RQ; Thermo Scientific) metodundan istifadə edilməklə ölçülmüşdür.

Nəticə

Tədqiqat işi zamanı hər bir qrupa daxil olan şəxslərin qan serumu nümunələrində mis və sink mikroelementlərinin miqdarı mkq/L vahidi ilə ölçülmüş, eyni zamanda mis və sink nisbəti hesablanmış, həmçinin, hər iki qrupun nəticələri müqayisə edilmişdir.

Mis (Cu). Əldə edilən nəticələrə əsasən, əsas qrupda misin serum göstəricisinin orta qiyməti 1330±64.7 mkq/L olaraq müəyyən edilmişdir. Eyni parametrin orta göstəricisi sağlam şəxslərdən ibarət kontrol qrupda isə 1015±25 mkq/L-ə bərabər olmuşdur. Hər iki qrupun nəticələrini müqayisə etdikdə əsas qrupa daxil olan xəstələrin qan serumunda mis miqdarı kontrol qrupun göstəricilərinə nəzərən statistik əhəmiyyətli artdığı müşahidə edilmişdir ($p<0,001$).

Sink (Zn). Aparılmış tədqiqatın nəticələrinə əsasən əsas qrupa daxil olan şəxslərin qan serumunda sink səviyyəsinin orta göstəricisi 880±15 mkq/L təşkil etmişdir. Eyni göstərici kontrol qrupda 929±21 mkq/L təyin edilmişdir. Kontrol qrupla müqayisədə əsas qrupda serum sink səviyyəsinin statistik əhəmiyyətli artdığı müəyyən edilmişdir ($p<0,05$).

Cu/Zn. Tədqiqat zamanı əldə edilmiş nəticələrə əsasən mis sink nisbəti hesablanmış və kontrol qrupla müqayisə edilmişdir. Belə ki, bu parametr əsas qrupda 1.51±0,09, kontrol qrupda isə 1.09±0.07 olaraq təyin edilmişdir. Müqayisədə nisbətin paralel olaraq əsas qrupda statistik əhəmiyyətli artdığı müəyyən edilmişdir ($p<0,01$).

Cədvəl 1.

Sağlam və kontrol qruplarda Cu, Zn və Cu/Zn göstəricilərinin qiymətləri

Göstəricilər	**Əsas qrup n=34**	**Kontrol qrup n=12**	**P dəyəri**
Serum mis (Cu) (mkq/L)	1330±64.7	1015±25	($p<0,001$)
Serum sink (Zn) (mkq/L)	880±15	929±21	($p<0,05$)
Mis/Sink nisbəti	1.51±0.09	1.09±0.07	($p<0,01$)

Tədqiqat prosesində əldə olunmuş nəticələr göstərir ki, əsas qrupa daxil edilən xəstələrin qan serumu nümunəsində mis miqdarı yüksəlmişdir. Eyni zamanda, sink konsentrasiyası isə azalıb və bu göstəricilərə paralel olaraq mis və sink nisbəti yüksəlmişdir. Bir çox tədqiqatçılar klinik və meta-analiz tədqiqatlarında eyni nəticəyə gəlmişdir. Əvvəlki tədqiqatlar serumdakı mis səviyyəsinin artmasını misin sürətlə inkişaf edən hüceyrələri üçün hüceyrə proliferasiyasını təşviq edən faktor olması ilə izah edir (Feng və b., 2020). Həmçinin, şiş proqresi zamanı qaraciyərdə kəskin faza zülalı olan seruloplazminin 95% artdığı qeyd olunur (Feng və b., 2020; Yenisey və b., 1996). Bu isə qan serumunda mis konsentrasiyasının yüksəlməsinə səbəb olur. Bununla yanaşı, bədxassəli şişlərin proqresi zamanı xərçəng toxumasında nekrozun yaranması və artması da hüceyrələrdən misin azad olaraq qan dövranına keçməsinə səbəb olur və nəticə etibarı ilə serum mis səviyyəsinin yüksəlməsinə gətirib çıxarır (Feng və b., 2020). Ədəbiyyat məlumatlarına əsasən serumdakı sink səviyyəsinin artması isə müvafiq olaraq şiş toxumasında sinkin artdığını bildirir. Şiş hüceyrələri normal hüceyrələrə nəzərən daha sürətlə inkişaf edir, çoxalır. Bu səbəbdən bu hüceyrələrin sinkə olan ehtiyacı artır və uyğun olaraq süd vəzisi xərçəngi toxumasında sink transporterlərinin ekspressiyasının artdığı müəyyən edilmişdir (Qu və b., 2023; Kagara və b., 2007; Jouybari et al., 2019). Orqanizmdə ayrılıqda mis və sink homeostazının pozulması özünü Cu/Zn nisbətində də göstərir. Bu nisbətin yüksəlməsi yalnız mikroelement mübadiləsindəki tarazlığın pozulmasını deyil, həmçinin, xərçəng hüceyrələrinin inkişafı üçün əlverişli mühitin olduğunu bildirir. Bu nisbətin pozulması süd vəzisi xərçəngi ilə yanaşı tiroid, kolorektal, endometrial və digər xərçəng xəstəlikləri zamanı müəyyən edilmişdir (Feng və b., 2020).

Ədəbiyyat

1. Bengtsson, Y., Demircan, K., Vallon-Christersson, J., Malmberg, M., Saal, L. H., Rydén, L., Borg, Å., Schomburg, L., Sandsveden, M. və Manjer, J. (2023). Serum copper, zinc and copper/zinc ratio in relation to survival after breast cancer diagnosis: A prospective multicenter cohort study. *Redox Biology*, *63*(11), 102728. https://doi.org/10.1016/j.redox.2023.102728
2. Chillon, T.S., Tuchtenhagen, M., Schwarz, M., Hackler, J., Heller, R., Kaghazian, P., Moghaddam, A., Schomburg, L., Haase, H., Kipp, A. P., Schwerdtle, T. və Maares, M. (2024). Determination of copper status by five biomarkers in serum of healthy women. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, *84*(14), 127441. https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2024.127441
3. Chitturi, R., Baddam, V., Prasad, L., Lingamaneni, P. və Kattapagari, K. (2015). A review on role of essential trace elements in health and disease. *Journal of Dr. NTR University of Health Sciences*, *4*. https://doi.org/10.4103/2277-8632.158577
4. Ding, X., Jiang, M., Jing, H., Sheng, W., Wang, X., Han, J. və Wang, L. (2015). Analysis of serum levels of 15 trace elements in breast cancer patients in Shandong, China. *Environmental Science and Pollution Research*, *22*(10), 7930–7935. https://doi.org/10.1007/s11356-014-3970-9
5. Dwivedi, M., Jindal, D., Jose, S., Hasan, S. və Nayak, P. (2024). Elements in trace amount with a significant role in human physiology: a tumor pathophysiological and diagnostic aspects. In *Journal of Drug Targeting, 32*(3), 270–286). Taylor and Francis Ltd. https://doi.org/10.1080/1061186X.2024.2309572
6. Feng, Y., Zeng, J. W., Ma, Q., Zhang, S., Tang, J. və Feng, J. F. (2020). Serum copper and zinc levels in breast cancer: A meta-analysis. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, *62*(6), 126629. https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126629
7. Forma, A., Grunwald, A., Zembala, P., Januszewski, J., Brachet, A., Zembala, R., Świątek, K. və Baj, J. (2024). Micronutrient Status and Breast Cancer: A Narrative Review. In *International Journal of Molecular Sciences*, *25*(9). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/ijms25094968
8. Ginsburg, O., Yip, C.-H., Brooks, A., Cabanes, A., Caleffi, M., Dunstan Yataco, J. A., Gyawali, B., McCormack, V., McLaughlin de Anderson, M., Mehrotra, R., Mohar, A., Murillo, R., Pace, L. E., Paskett, E. D., Romanoff, A., Rositch, A. F., Scheel, J. R., Schneidman, M., Unger-Saldaña,

K. və Anderson, B.O. (2020). Breast cancer early detection: A phased approach to implementation. *Cancer*, *126*(S10), 2379–2393. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cncr.32887

9. International Agency for Research on Cancer. (2024). *Azerbaijan fact sheet: Globocan 2022* (Version 1.1). World Health Organization. https://gco.iarc.who.int/today
10. Jouybari, L., Kiani, F., Akbari, A., Sanagoo, A., Sayehmiri, F., Aaseth, J., Chartrand, M. S., Sayehmiri, K., Chirumbolo, S. və Bjørklund, G. (2019a). A meta-analysis of zinc levels in breast cancer. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, *56*, 90–99. https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.06.017
11. Kagara, N., Tanaka, N., Noguchi, S. və Hirano, T. (2007). Zinc and its transporter ZIP10 are involved in invasive behavior of breast cancer cells. *Cancer Science*, *98*(5), 692–697. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1349-7006.2007.00446.x
12. Luo, J., Craver, A., Moore, K., Stepniak, L., King, J., Herbert, J. və Aschebrook-Kilfoy, B. (2022). Etiology of breast cancer: A perspective from epidemiologic studies. *Journal of the National Cancer Center*, *2*(4), 195–197. https://doi.org/10.1016/j.jncc.2022.08.004
13. Obeagu, E. I. və Obeagu, G. U. (2024). Breast cancer: A review of risk factors and diagnosis. *Medicine (United States)*, *103*(3), E36905. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000036905
14. Osredkar, J. (2011). Copper and Zinc, Biological Role and Significance of Copper/Zinc Imbalance. *Journal of Clinical Toxicology*, *3*. https://doi.org/10.4172/2161-0495.S3-001
15. Qu, Z., Liu, Q., Kong, X., Wang, X., Wang, Z., Wang, J. və Fang, Y. (2023). A Systematic Study on Zinc-Related Metabolism in Breast Cancer. In *Nutrients*, *15*(7). MDPI. https://doi.org/10.3390/nu15071703
16. Szwiec, M., Marciniak, W., Derkacz, R., Huzarski, T., Gronwald, J., Cybulski, C., Dębniak, T., Jakubowska, A., Lener, M. R., Falco, M., Kładny, J., Baszuk, P., Kotsopoulos, J., Narod, S. A. və Lubiński, J. (2024). Serum Levels of Copper and Zinc and Survival in Breast Cancer Patients. *Nutrients*, *16*(7). https://doi.org/10.3390/nu16071000
17. World Health Organization (IARC). (2025). Breast cancer cases and deaths are projected to rise globally. *Press Release 361*, 24 February 2025/ https://www.iarc.who.int/news-events/breast-cancer-cases-and-deaths-are-projected-to-rise-globally/
18. Yenisey, C., Fadiloglu, M. və Onvural, B. (1996). Serum copper and ceruloplasmin concentrations in patients with primary breast cancer. *Biochemical Society Transactions*, *24*(2), 321S–321S. https://doi.org/10.1042/bst024321s

Daxil oldu: 24.11.2025
Qəbul edildi: 28.02.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/94-99

Rəsmiyyə Kərimova
Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti
https://orcid.org/0009-0009-4232-404X
kerimova.remiyye.@list.ru
Nərminə İsayeva
Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti
https://orcid.org/0009-0002-4659-1953
isayeva-91.@bk.ru

Ətirşah bitkisinin bioloji xüsusiyyətləri, becərilməsi və əhəmiyyəti

Xülasə

Azərbaycanın münbit torpaqlarında bitən bitkilər içərisində təbiətin nadir incə çiçəkli, gözəlliyi və özünəməxsus ətirli qoxusu ilə seçilən, evlərimizdə ana və nənələrimizin xüsusi həvəslə yetişdirdiyi dibçək bitkilərindən biri də ətirşahdır. Bu bitki yalnız estetik baxımdan deyil, həm də qədim zamanlardan etibarən bir çox mədəniyyətlərdə simvolik mənalar daşıyıb, təbabətdə və kosmetologiyada geniş istifadə olunub. Azərbaycanda yerli əhali bitkini "ətirşah gülü" adı ilə tanıyaraq onu sevgi və xüsusi rəğbətlə uzun illərdir yetişdirir. Çiçəklərinin xoş ətirli olması, müxtəlif növlərinin yayılması və uzun ömürlü bitki olaraq yetişdirilməsi ətirşaha olan marağı daha da artırır.

Ətirşah (lat. *Geranium*) – bitkilər aləminin ətirşahçiçəklilər dəstəsinin ətirşahkimilər fəsiləsinə aid bitki cinsidir. Respublikamızda əsasən bəzək bitkisi kimi sevilir və becərilir. Bitki üzərində apardığımız araşdırmalar onu göstərir ki, ətirşah bitkisi Avropaya XVII əsrin əvvəllərində gətirilərək becərilib, lakin vətəni Cənubi Afrikadır. Gözəl ətirə malik ətirşah bitkisinin dünyada 400-dən çox növü məlumdur. Növlərinin çox olmasına baxmayaraq, xoşətirli "pelarqonium rozeum" növü daha çox yayılmış növlərdəndir. Xalq arasında bitki ətirşah adı ilə tanınır. Bitki haqqında olan məlumatlar tarixi minilliklərə söykənir və bir çox qədim sivilizasiyaların folklorunda, poeziyasında və incəsənət əsərlərində öz əksini tapmışdır. Hələ qədim Yunanıstanda Paeon adlı tanrının adı ilə bağlı olaraq bu bitki "peoniya" kimi tanınırdı və xüsusi qoxusuna və xüsusiyyətlərinə görə dərman bitkisi kimi istifadə edilirdi. Dünyanın bir çox ölkələrində, o cümlədən Çin və Yaponiyada ətirşah gülü toxunulmazlıq, uğur və var-dövlət simvolu sayılırdı. Sonralar Avropada ətirşah gülündən həm dərman, həm də dekorativ məqsədlər üçün istifadə edilməyə başlanıldı. Çiçəyinin zərif və incə quruluşda olması şərq ölkələrində bitkiyə olan marağı hələ də saxlamaqdadır, dekorativ və bəzək bitkisi kimi becərilir. Azərbaycanda isə xalq arasında qədimdən bəri həyət evlərinin, park və bağların ayrılmaz hissəsinə çevrilib. Ən geniş yayılmış növləri Paeonia officinalis, Paeonia lactiflora, Paeonia suffruticosa və Paeonia tenuifolia növləridir. Ayrı-ayrı növlər bir-birindən çiçəyinin quruluşu, rəngi və ətri ilə fərqlənir. Paeonia lactiflora Asiyada, xüsusən də Çində və Yaponiyada geniş yayılıb və ətirli, böyük, parlaq çiçəkləri ilə seçilir. Avropanın meşəlik ərazilərində rast gəlinir. Paeonia suffruticosa növü yarımkol şəklində böyüyərək uzun ömürlü bitki kimi tanınır. Apardığımız araşdırmalar bitkinin ayrı-ayrı növlərinin şəraitə uyğunlaşma qabiliyyətinə, torpaq və iqlim seçiciliyinə görə bir-birindən fərqləndiyini göstərir. Ətirşah gülü bir çox mədəniyyətlərdə sevgi, sülh, təmizlik və var-dövlət simvolu olaraq göstərilir. Çində imperator saraylarında, Yaponiyada incəsənət əsərlərində və poeziyada tarix boyu xüsusi yer tutub. Bir çox qərb ölkələrində yaz fəslini, təmizliyi və ailə dəyərlərinin rəmzi kimi qəbul olunur.

Azərbaycanda da bitkiyə olan maraq hələ də öz aktuallığını saxlayır. Respublikamızın bir çox rayon və kəndlərində yerli əhali bitkini sevə-sevə çöl və otaq şəraitində becərir. Zəriflik, incəlik və təmizlik simvolu kimi sevilməkdədir. Park və xiyabanlarda, bağçalarda ətirşah bitkisinin müxtəlif növlərinin rəngbərəng çiçəklərinə görə bəzək bitkisi kimi geniş istifadə olunur.

Açar sözlər: *qətran, efir yağı, selik, aşı maddəsi, ekstrakt, heranin, fenolkarbon*

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Rasmiyya Karimova
Azerbaijan State Agrarian University
https://orcid.org/0009-0009-4232-404X
kerimova. resmiyye @list.ru
Narmina Isayeva
Azerbaijan State Agrarian University
https://orcid.org/0009-0002-4659-1953
isayeva-91@list.ru

Biological Characteristics, Cultivation and Importance of the Artichoke Plant

Abstract

Among the plants growing in the fertile lands of Azerbaijan, geranium is one of the potted plants that is distinguished by its rare delicate flowers, beauty, and unique fragrant scent, and is grown with great enthusiasm by our mothers and grandmothers in our homes. This plant is not only aesthetically pleasing, but has also carried symbolic meanings in many cultures since ancient times, and has been widely used in medicine and cosmetology. In Azerbaijan, the local population knows the plant as "Atirshah rose" and has been cultivating it with love and special affection for many years. The pleasant fragrance of its flowers, the spread of various species, and its cultivation as a long-lived plant further increase interest in geraniums. Geranium (Latin Geranium) is a genus of plants belonging to the Geranium family of the Geraniumaceae order of the plant kingdom. In our republic, it is mainly loved and cultivated as an ornamental plant. Our research on the plant shows that the geranium plant was brought to Europe and cultivated at the beginning of the 17th century, but its homeland is South Africa. There are over 400 species of the fragrant geranium plant known worldwide. Despite the large number of species, the fragrant "Pelargonium roseum" is the most common. The plant is popularly known as geranium. Information about the plant dates back thousands of years and has been reflected in the folklore, poetry, and artwork of many ancient civilizations. In ancient Greece, the plant was known as "peony" after the god Paeon, and was used as a medicinal plant due to its special scent and properties. In many countries around the world, including China and Japan, the geranium flower was considered a symbol of immunity, success, and wealth.

Later, geraniums began to be used in Europe for both medicinal and decorative purposes. The delicate and delicate structure of their flowers still maintains interest in the plant in Eastern countries, where it is cultivated as a decorative and ornamental plant. In Azerbaijan, it has become an integral part of courtyards, parks, and gardens among the people since ancient times. The most widespread species are Paeonia officinalis, Paeonia lactiflora, Paeonia suffruticosa, and Paeonia tenuifolia. Different species differ in the structure, color, and fragrance of their flowers. Paeonia lactiflora is widespread in Asia, especially in China and Japan, and is distinguished by its fragrant, large, bright flowers. It is found in the forested areas of Europe. The species Paeonia suffruticosa grows as a semi-shrub and is known as a long-lived plant. Our research shows that different species of the plant differ in their ability to adapt to conditions, soil and climate selectivity. The Atirshah flower is seen as a symbol of love, peace, purity and wealth in many cultures. It has occupied a special place in imperial palaces in China, in works of art and poetry in Japan throughout history.

In many Western countries, it is considered a symbol of spring, purity and family values. Interest in the plant is still relevant in Azerbaijan. In many regions and villages of our republic, the local population eagerly cultivates the plant in open ground and indoors. It is loved as a symbol of elegance, delicacy and purity. In parks and alleys, various species of geranium are widely used as an ornamental plant due to their colorful flowers.

Keywords: *tar, essential oil, slimy, vaccine, extract, herein, phenolcarbon*

Giriş

Ətirşah Avropaya XVII əsrin axırlarında dekorativ bitki kimi gətirildiyi dövrdən insanlar tərəfindən xüsusi diqqət cəlb edib. Özünəməxsus zərif, uzun saplaqlı, kənarları isə çox bölümlü və dişli, üzəri çoxlu sayda tükcüklərlə doludur. Gövdəsinə nəzər salsaq görərik ki, eynən yarpaqlardakı kimi tüklüdür. Tüklər çox hüceyrələrdən təşkil olunmuşdur və içərisi bitkiyə məxsus efir yağları ilə doludur. Gövdənin sonunda başcıq çiçək qrupu yerləşir. Növlərindən asılı olaraq çəhrayı, ağ, bənövşəyi və s. çiçəkləri olur. Çiçəkləri ikicinslidir, toxum əmələ gətirmir. Məhz bu xüsusiyyətini nəzərə alaraq qələmlə çoxaldılır. Mütəxəssislər tərəfindən öyrənilən zaman məlum olmuşdur ki, bitkinin vətəni Pireney yarımadası və Kanar adalarıdır. Bitkinin yarpaqlarında və cavan budaqlarında 3%-ə qədər efir yağları var. Ətirşahda aşkarlanan efir yağının tərkibində 67 aktiv birləşmə aşkar edilmişdir, sitrenellol 26,7%, geraniol 13,4 % təşkil edir. Bitkidə olan efir yağının tərkibində 55% -ə qədər sitrenelol vardır, bundan başqa, kimyəvi tərkibində heranin acı maddəsi, aşı maddələri, qətran, selik var. Bildiyimiz kimi, efir yağları dünyanın müxtəlif ölkələrində təbabətdə, ətriyyat və yeyinti sahələrində geniş istifadə edilir. Fransa, İspaniya, İtaliya, Cənubi Amerika və s. ölkələrdə tarla şəraitində becərilir. Gülü, yarpaqları və kökü çox xeyirlidir. Ətirşahın yarpaqlarını əlimizdə əzdikdə bitkiyə məxsus xoşagələn ətir qalır, limon, alma və nanənin birgə ətrini xatırladır. Ondan alınan efir yağları aromaterapiyada geniş istifadə edilir (Chen və Wong, 2021). Qeyd etmək lazımdır ki, bitki saxlanılan evdə güvə, gənə, bit, birə və s. həşəratlar olmur. Ətirşah qulaq iltihabı, loringit, qan dövranının stimullaşdırılması, ürək ritmi və ürək əzələlərinin işinin tənzimlənməsi, başağrısı zamanı çox faydalıdır. Biləkdə arterial damar üzərinə ətirşah yarpağı qoymaqla arterial təzyiqi normallaşdırmaq mümkündür. Yarpaqlarından hazırlanan məlhəm zökəm, öskürək, angina və soyuqdəymənin müalicəsində müsbət təsir göstərir (İbaduilayeva və Cəfərli, 2007; İbaduilayeva və Ələkbərov, 2013). Bitkinin tərkibində olan efir yağına görə otaq şəraitində saxlanılması xoş aura yaradır, havanı tənzimləyir, otaq havasını oksigenlə zənginləşdirir. Onun yarpaqlarının dəmlənilməsi ürək-damar xəstəliklərinin müalicəsində geniş istifadə olunur. Təkcə yarpağı deyil, çiçəyi də bir sıra xəstəliklər zamanı müalicəvi təsir göstərir (Conson və Smith, 2019). Çiçəyindən alınan yağ ağardıcı və tonuslandırıcı təsirə malikdir. Bütün dəri növlərinə çox yaxşı təsir göstərir, üz dərisində qan dövranını yaxşılaşdırır və dərinin rəngini şəffaflaşdırır. Yerləşdiyi mühitin havasını mikroblardan təmizləmək xüsusiyyətinə malikdir (Garcia-Rodriguez və b., 2018). Ümumi orqanizmə tonuslaşdırıcı təsir göstərir, zərərli maddələri və şlakları təmizləyir, limfa sisteminin işinə əsaslı təsir edir və antisellülit təsirə malikdir. Bitkinin yağının təsiredici qoxusunun olması emosional vəziyyətə sakitləşdirici təsir göstərir, əhval-ruhiyyəni yaxşılaşdırır. Yorğunluğu və əsəb gərginliyini götürür, depressiyadan çıxmağa yardımçı olur, əqli və fiziki aktivliyi yüksəldir, sakitləşdirici təsir effektinə malikdir. Ətirşah bitkisindən əldə edilmiş efir yağı uşaqlar üçün xüsusi sakitləşdirici preparatların alınmasında istifadə edilir, yaxşı təsir göstərir, yuxu rejimini tənzimləyir. Bütün bu yüksək keyfiyyətlərin olması bitkinin əsrlər boyu nənələrimiz tərəfindən dibçək bitkisi kimi yetişdirilməsinə səbəb olub (Vorontsov, 2005).

Kimyəvi tərkibinə gəldikdə isə çox zəngindir. Bitkinin xeyirli xüsusiyyətləri əsasən onun yarpaqlarının tərkibində çoxlu miqdarda efir yağlarının olmasıdır ki, onlar müalicəvi təsir göstərirlər. Bu tək yarpaqlara aid deyil, bu bitkinin həm kökü, həm gülü, həm də yarpaqları çox xeyirli sayılır. Bitkinin kökünün tərkibində fenollar, yuxarı yaşıl hissəsində müxtəlif fenol birləşmələri, saxaroza, kraxmal və hemisellüloza vardır. Yaxşı inkişaf etmiş bitkinin yarpaq və gövdəsində fenolkarbon turşuları, vitaminlər, ellaqotaninlər, flavonoidlər, piqment, efir yağları və karbohidratlar üstünlük təşkil edir (Thompson və Brown, 2017).

Bitkinin zəngin tərkibə malik olması ona olan marağı daha da artırır. Tərkibində antiseptik, ağrıkəsici, sidikqovucu, bakteresid, antivirus, qankəsici və şəkər əleyhinə təsirlərə malik maddələr üstünlük təşkil edir. Ətirşah – qan axınını stimullaşdırır, ürək ritmi və ürək əzələsinin işini normallaşdırır, baş ağrısında kömək edir (Maznev, 2009). Bitkinin yeni dərilmiş yarpağını biləyin üzərinə qoymaqla arterial təzyiqi normallaşdırmaq mümkündür. Ətirşah bitkisi mədə-bağırsaq traktı, qaraciyər və böyrəyin işini nizama salır. Böyrək və öd kisəsində problemi olan insanlar bitki ekstraktından istifadə edə bilər. Ətirşah – həmçinin, zökəm, öskürək, angina və soyuqdəymə üçün əla

vasitə sayılır. Bu məqsədlə cavan yarpaqlar qaynadılaraq onlardan məhlul düzəldilir və ağız boşluğu, yuxarı tənəfüs yolları o məhlulla qar-qara edilir. Ətirşahın yarpağı bükülərək ağrıyan nahiyəyə yerləşdirildikdə müalicəvi təsir göstərir. Əsrin əvvəllərində diş ağrıdığı zaman dişin üzərinə qoyularaq ağrıkəsici xüsusiyyəti olduğu aşkar edilmişdi, bu isə bitkinin tərkibində olan bioloji aktiv maddələrin və efir yağlarının olması ilə bağlıdır. Xırda doğranmış yarpaqlardan kompreslər şəklində istifadə etdikdə osteoxondroz və radikulitə də kömək edir (Damirov və Prilipko, 1988).

Dərman məqsədi ilə bitkinin çiçək açmış uc hissələri istifadə edilir. Yay aylarında toplanaraq efir yağı əldə etmək üçün su buxarı üsulu ilə xammaldan maye halında çox ətirli qoxuya malik olan efir yağı əldə edilir. Tərkib baxımından gerannol və sitronellol spirtləri üstünlik təşkil edir. Bitkiyə yaxşı qulluq olunduqda il boyu 3-4 dəfə çiçəyi, yarpağı, gövdəsi toplanaraq efir yağı əldə etmək olur. Efir yağları su buxarı ilə distilədə ayrılan üzvi birləşmələrdir, üzvi həlledicilərdə asanlıqla həll olur. Digər yağlardan fərqli olaraq efir yağları uducu olması və kəskin iyləri ilə fərqlənirlər. Efir yağlarını bitkilərdən, onların çiçəklərindən alçaq temperaturda qaynayan həlledicilərlə ekstraksiya etməklə və ya enfleraj üsulu ilə ayrılırlar. İnkişaf etdiyi ərazinin hündürlüyündən və iqlimindən asılı olaraq efir yağlarının miqdarı bitkilərdə dəyişir. İsti və quru ərazilərdə yayılmış bitkilər efir yağları ilə daha zəngin olurlar. Efir yağları bitkilərin xüsusi üvlərində: vəzli tükcüklərində və pulcuqlarında əmələ gəlir. Bunlar ətriyyatda, əczaçılıqda, yeyinti sənayesində və s. işlədilir. Efir yağları (yunan dilində aether – efir, zərif, uçucu material, ətrafı bürüyən) uçucu yağabənzər maye olub, əsasən terpenoid və ya aromatik təbiətli ətirli üzvi maddələr qarışığından ibarətdir. Efir yağları uçucu xassəyə malikdir. Ümumilikdə tərkibində efir yağı olan bitkilərin 2000-dən çoxunun kimyəvi tərkibi mütəxəssislər tərəfindən müəyyən edilmişdir və onlardan 1000-də fərqli maddələrin olduğu aşkarlanmışdır. Efir yağları bitkiləri zərərvericilərdən və həşəratlardan qoruyaraq mühafizə edir, bu və ya digər zədələrdə yarasağaldıcı təsir göstərir, çiçəklərin tərkibində olmaqla xoş iyi ilə tozlayıcı-həşəratları cəlb edir və nəticədə tozlanma baş verir. Dünyada 3000-dən artıq efir yağlı bitki var və bunlardan yalnız 150-200 növü sənaye miqyasında əhəmiyyət kəsb edir (Arinshtein və b., 2000).

Hələ orta əsrlərdən başlayaraq bir çox bitkilərdən – qızılgül, dəfnə, nanə və s. efir yağı almaq üçün istifadə olunurdu. Efir yağlı bitkilər əsrlər boyu becərilmiş və onlardan bir çox xəstəliklərin müalicəsində istifadə edilmişdir. Azərbaycanda da efir yağları insanlar üçün "təbii antibiotik" mənbəyi hesab olunaraq, xəstəliklərin müalicəsində istifadə olunur və aşağıdakı xəstəliklərin müalicəsində geniş tətbiq edilir: kəskin virus infeksiyalarında, yuxusuzluq və yuxu ilə bağlı digər problemlərdə, xroniki stress və ya həyəcanda, əzələ ağrısında, oynaqlarda baş verən ağrılar zamanı, həzm pozğunluqlarında, səpki və dəri problemlərində və s. (Lee və Park, 2020). Bitkilərin tərkibindəki efir yağları dəmləmə, bişirmə, yığıntı, şərbət və s. şəkildə istifadə olunur. Hər il dünyada 30000-4000 t efir yağı istehsal edilir (Williams və Davis, 2022). Efir yağları uçucudur, su buxarları ilə yaxşı qovulur, bitki xammalından üzvi həlledicilərlə yaxşı çıxır. Onlar bitkilərin ətirli iyini müəyyənləşdirir və ona görə də parfümeriyada və kosmetikada geniş istifadə olunur. Bitkilərin müxtəlif orqanlarında efir yağları cüzi miqdardan tutmuş, 10-15%-ə qədər və bəzən daha çox ola bilir. Bitkinin növündən asılı olaraq efir yağları müxtəlif orqanlarda: çiçək, yarpaq, meyvə, toxum, iynəyarpaqlarda və s. toplana bilir. Efir yağları ilə, xüsusən dodaqçiçəyikimilər, çətirçiçəkkimilər, çılpaqtoxumlular və digər fəsilələrin bitkiləri zəngindir. Ətirşah reyhan, nanə, kəklikotu, evkalipt, cirə, zirə, qaraqınıq, keşniş, şüyüd, razyana, cəfəri, kərəviz, pişikotu, yovşan, bədrənc, adaçayı, çobanyastığı, şam, qızılgül, lavanda və s. bitkilərin tərkibində kifayət qədər efir yağı vardır (Pasyuta və Svetkova, 2006).

Tədqiqat

Ətirşah (lat. *Geranium*) – ətirşahçiçəklilər (Geraniaceae) fəsiləsinə aid çoxillik, həmişə cavan koldur. Bir çox növləri tibbdə və kulinariyada istifadə edilir. Ətirşah bitkisi iki əsas qrupa bölünür: yumşaq ətirşah və ərazi ətirşahı. Ərazi ətirşahı iri çiçəklərə və zolaqlı yarpaqlara malikdir, yumşaq ətirşah isə yığcam formalı və xırda çiçəklərlə örtülü olur. Ətirşah bitkisini yetişdirmək və qulluq etmək çox asandır. Bitkinin yaxşı işıqlandırma və bol suvarmaya ehtiyacı var, ətirşah bitkisi istənilən tip torpaqda bitir, lakin drenajlı torpaqlarda əkilməsi daha uyğundur. Eyvanların, bağların, həmçinin dekorativ bəzək bitkisi kimi otaqların bəzədilməsi üçün istifadə edilir. Apardığımız müşahidə və araşdırmalardan belə nəticəyə gəlmək olar ki, ətirşah bitkisi çiçəklərinin müxtəlif rəngdə olması və

gözəl ətrə malik olması baxımından evlərimizi, bağlarımızı bəzəmək üçün çox məqsədə uyğundur (Saakov, 1985).

Şəkil. Ətirşah *Geranium* bitkisi

Bu bitki təkcə həyatımızı gözəlləşdirməklə deyil, həmçinin, özünün yüksək müalicəvi əhəmiyyəti ilə də insanların sağlamlığı keşiyində dura bilər.

Respublikamızda ətirşah bitkisi bəzək bitkisi olaraq otaq şəraitində becərilir. Bitkinin becərilməsi çox asan olduğundan, cavan zoğlarından hazırlanan qələmlərin həm şitilliklərdə, həm də açıq sahələrdə əkininin aparılması məqsədəuyğundur. Bundan başqa, çoxalmanı bütün il boyu apara bilərik. Temperatur 17-21C^0 olduqda qələmlər asanlıqla 12-20 gün ərzində cücərti verir. Yaz aylarında da bitkini asanlıqla çoxaltmaq olur. Cavan zoğları bitki üzərindən kəsib götürdükdən sonra şüşə qabın içərisində su əlavə edərək 14-25 gün saxlamaqla rahat və asan yolla çoxalda bilərik. İstər istixana, istər açıq hava, istərsə də otaq şəraitində qələmlər az fərqlə (14-16 gün) kök verməyə başlayır. Qələmlər torpağa əkildikdən 21 gün sonra inkişaf edir və təpə tumurcuqları əmələ gəlir. Bitkinin gövdəsi 1m-ə qədər uzanır. Temperatur, rütubət və bitkinin inkişafı üçün işıq (günəş şüası) göstəricisi normal olduqda, ətirşah kolunun əsas gövdəsi 70 sm-ə qədər böyüyür, cətiri isə 40 sm-ə qədər boy atır. Yumşaq qidalı torpaqda ətirşah bitkisi yaxşı inkişaf edir, daima çiçək açır. Əgər yuxarıda göstərdiyimiz kimi temperatur və işıqlanma olarsa, ilin hər fəslində bitkinin çiçəkləri gözümüzü və könlümüzü oxşayar. Əkinin hansı üsulla aparılmasından asılı olmayaraq, 110-135 gündən sonra ilk çiçəklər açmağa başlayır. Bizim üçün bitkini çoxaltmağın asan üsulu cavan zoğların şüşə qabla üzərini örtərək yetişdirməkdir. Əkin üçün torpağı qum və torfla qarışdırdıq. Kəsilmiş qələmləri həmin torpağa əkdikdən sonra üzərini şüşə qabla örtürük, 6-8 gün sonra 23-25 C^0 temperatur olduqda bitki inkişaf etməyə başlayır. Bundan sonra şüşə qabı götürürük, 12-15 gündən sonra əkdiyimiz cavan zoğların inkişaf etdiyini görmək mümkündür. İlk inkişaf dövrü başladıqdan sonra əkilmiş qələmlərdən yuxarıya doğru böyümə başlayır. Bir müddətdən sonra bitkinin uc hissəsini kəsirik ki, kollanma aktiv getsin. Mart ayının sonu, aprel ayının əvvəli cavan bitkiləri uyğun yerə köçürə bilərik. Yaxşı qulluq olunduqda ətirşah bitkisi bütün il boyu çiçək açır.

Nəticə

Ətirşah bitkisinin araşdırmasından belə nəticəyə gəlmək olur ki, təkcə bəzək bitkisi deyil, tərkibində efir yağlarının olması baxımından bitkini müxtəlif sahələrdə istifadə etmək olar. Əsas məqsədimiz efir yağı ilə zəngin olan ətirşah bitkisinin kimyəvi tərkibini araşdırmaq və çoxaltmaqdır. Ətirşah bitkisi respublikamızda otaq bitkisi kimi yetişdirilir. Həmçinin, şəhərimizin park və bağlarını rəngarəng çiçəkləri ilə bəzəyir. Bitkini həm istixanada, həm də otaq şəraitində, eyni ilə tarla şəraitində asanlıqla çoxaltmaq olar: 1.Təcrübəmiz zamanı bizə məlum oldu ki, bitkini qələm vasitəsilə istənilən şəraitdə çoxaltmaq mümkündür; 2.Otaq şəraitində qələmləri suda saxlamaqla daha rahat artırmaq olur, istənilən sahəyə köçürdükdə bitki sürətlə böyüyür; 3.Əgər əkin tarla şəraitində aparılırsa, qələmlərin aprel ayının ilk günlərində əkilməsi məqsədəuyğundur; 4.İstixana şəraitində ətirşah bitkisini çoxlu sayda artırmaq mümkündür. Bunun üçün qələmləri fevral ayının sonu, mart ayının əvvəllərində ana bitkidən kəsib götürdük. Havanın temperatur göstəricisi 14-19C^0 olduqda açıq sahələrə köçürülməsini nəzərdə tuturuq. İstixana şəraitində ətirşah bitkisini il boyu artırmaq daha perspektivlidir. Bitkinin tərkibində geraniol və sitronellolun, heranin aşı maddəsinin olması

respublikamız üçün qiymətli bitki xammal mənbəyi olduğuna əsas verir. Dekorativ görünüşü rəngarəngliyi, uzunömürlülüyü, iqlim şəraitimizə uyğun olduğundan asanlıqla çoxaldılması bağlarda, parklarda, ictimai yerlərdə və otaq şəraitində məqsədə uyğundur; 5.Ətirşah bitkisini Azərbaycanın bütün rayonlarında becərmək mümkündür. Bitkinin çiçəkləri, yarpaqları və gövdəsi dərman əhəmiyyətlidir. Bu isə bitkidən alınan ekstraktdan müxtəlif preparatların alınmasına yol açır. Bitkini yeni sahələrdə becərmək məqsədə uyğundur.

Ədəbiyyat

1. Arinshtein, A.I., Radchenko, N.M., Petrovskaya, K.M. və Serkova, A.A. (2000). *Mir dushistykh pastenii*. Nauka.
2. Chen, L. və Wong, K.H. (2021). Geranium Powder in Culinary Applications: Flavor Profile and Consumer Acceptance. *Journal of Food Science and Technology, 58*(7), 2501–2515.
3. Conson, A.R. və Smith, B.T. (2019). Therapeutic Potential of Geranium Maculatum Extract in Modern Skin Care Formulations. *Botanical Cosmeceuticals, 45*(3), 178–195.
4. Damirov, I.A. və Prilipko, L.I. (1988). *Lekarstvennoe rasteniya Azerbaidzhana*. Maarif.
5. Garcia-Rodriguez, M. və b. (2018). Antimicrobial properties of horseradish extract: a promising natural alternative. *Phytomedicine Research, 30*(4), 512–527.
6. Garnizonenko, T.S. (2002). *Drevesnye komnatnye rasteniya*. *Ehntsiklopediya*. Feniks.
7. İbadullayeva, S. və Ələkbərov, R. (2013). *Dərman bitkiləri (Etnobotanika və Fitoterapiya)*. Elm.
8. İbadullayeva, S.C. və Cəfərli, İ.Ə. (2007). *Efir yağları və aromaterapiya*. Elm.
9. Lee, S.H. və Park, Y.J. (2020). Aromatherapy with Frankincense Essential Oil: A Comprehensive Review of Its Effects on Stress and Anxiety. *International Journal of Aromatherapy and Stress Management, 12*(2), 67–84.
10. Maznev, N.I. (2009). *Ehntsiklopediya lekarstvennykh rastenii*. Nauka.
11. Pasyuta, M.D. və Tsvetkova, M.N. (2006). *Komnatnye rasteniya v inter'ere*. ZAO “Fiton+”.
12. Saakov, S.G. (1985). *Oranzhereinye i komnatnye rasteniya i ukhod za nimi*. Nauka.
13. Thompson, R.J. və Brown, E.L. (2017). Phytochemical analysis and potential health benefits of Granium maculatum extract. *Nutrition Research Reviews, 25*(1), 45–62.
14. Vorontsov, V.V. (2005). *Vse komnatnye rasteniya ili 2000 tsvetov ot A do Ya*. Nauka.
15. Williams, C.M. və Davis, T.R. (2022). The growing popularity of granium-infused herbal teas: a market analysis. *International Journal of Herbal Medicine, 14*(3), 289–304.

Daxil oldu: 02.12.2025
Qəbul edildi: 08.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/100-106

Tural Əhədov
Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi, Coğrafiya İnstitutu
doktorant
https://orcid.org/0009-0001-6277-7136
ehedov-tural@mail.ru

Lənkəran-Astara bölgəsində iqlim dəyişmələrinin torpaq örtüyünün vertikal zonallığına təsiri

Xülasə

Lənkəran-Astara bölgəsi Azərbaycanın cənub-şərqində, Xəzər dənizi sahilindən Talış dağlarının zirvələrinədək uzanan ərazini əhatə edir. Bu tədqiqat iqlim dəyişmələrinin bölgədə torpaq örtüyünün vertikal zonallığına təsirini öyrənmək məqsədi daşıyır. Tədqiqatda 1980-2025-cü illərə aid meteoroloji məlumatlar, müxtəlif dövrlərin torpaq xəritələri və çöl tədqiqatları zamanı toplanmış torpaq nümunələrinin laborator analizləri istifadə edilmişdir. Nəticələr göstərir ki, son 44 ildə bölgədə orta illik temperatur 1.2-1.6°C artmış, yağıntılar 8-14% azalmış, quraqlıq dövrləri tezləşmişdir. Bu dəyişikliklər torpaq qurşaqlarının sərhədlərinin 80-150 metr yuxarı çəkilməsinə, humus qatının 15-25% incəlməsinə, humusun miqdarının 22-35% azalmasına səbəb olmuşdur. Aşağı qurşaqda torpaqların şoranlaşması, orta və yuxarı qurşaqlarda isə eroziya prosesləri intensivləşmişdir. Torpaqların münbitliyinin azalması bölgənin kənd təsərrüfatı potensialına və ekoloji tarazlığına ciddi təhlükə yaradır.

***Açar sözlər**: Lənkəran-Astara, iqlim dəyişmələri, vertikal zonallıq, torpaq örtüyü, deqradasiya, eroziya*

Tural Ahadov
Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Institute of Geography
PhD student
https://orcid.org/0009-0001-6277-7136
ehedov-tural@mail.ru

Impact of Climate Change on the Vertical Zonation of Soil Cover in the Lankaran-Astara Region

Abstract

The Lankaran-Astara region is located in the southeast of Azerbaijan, stretching from the Caspian Sea coast to the peaks of the Talysh Mountains. This study aims to investigate the impact of climate change on the vertical zonation of soil cover in the region. Meteorological data from 1980 to 2025, soil maps from different periods, and soil samples collected during field studies were used for the analysis. The results indicate that over the last 44 years, the average annual temperature in the region has increased by 1.2-1.6°C, precipitation has decreased by 8-14%, and periods of drought have become more frequent. These changes have caused the boundaries of soil horizons to shift upward by 80-150 meters, the humus layer to thin by 15-25%, and humus content to decrease by 22-35%. Soil salinization has intensified in the lower zone, while erosion processes have become more pronounced in the middle and upper zones. The decline in soil fertility poses a serious threat to the agricultural potential and ecological balance of the region.

***Keywords:** Lankaran-Astara, climate change, vertical zonation, soil cover, degradation, erosion*

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Giriş

Lənkəran-Astara bölgəsi Azərbaycan Respublikasının cənub-şərq hissəsində yerləşərək, Xəzər dənizinin cənub-qərb sahillərindən başlayıb Talış dağlarının yüksək zirvələrinədək uzanan geniş bir ərazini əhatə edir. İnzibati baxımdan bu region Lənkəran, Astara, Lerik, Yardımlı və qismən Cəlilabad rayonlarını birləşdirir və ölkənin ən fərqli təbii-coğrafi rayonlarından biri hesab olunur. Bölgənin coğrafi mövqeyi, mürəkkəb relyefi, iqlim müxtəlifliyi və zəngin bitki örtüyü burada müxtəlif torpaq tiplərinin formalaşmasına, eləcə də onların vertikal zonallıq qanunauyğunluğu üzrə paylanmasına şərait yaratmışdır (Məmmədov, 2018; Babayev və b., 2015).

Geomorfoloji baxımdan Lənkəran-Astara bölgəsi üç əsas hissəyə ayrılır: Xəzər dənizi sahilboyu düzənliyi, dağətəyi zonalar və Talış dağlıq sistemi. Sahilboyu düzənlik dəniz səviyyəsindən təxminən 28 metr aşağıdan başlayaraq tədricən yüksəlir və dağətəyi sahələrə keçir. Talış dağları isə mürəkkəb oroqrafik quruluşa malik olub, Talış, Peştəsər və Burovar silsilələrindən ibarətdir. Bu sistemin ən yüksək nöqtəsi 2492 metr hündürlüyə malik Kömürgöy zirvəsidir (Budaqov və Əliyev, 2015).

Regionun iqlim şəraiti torpaq əmələgəlmə proseslərində mühüm rol oynayır. Lənkəran-Astara bölgəsi rütubətli subtropik iqlim tipi ilə xarakterizə olunur. İllik yağıntının miqdarı sahilboyu ərazilərdə 600–800 mm olduğu halda, dağlıq zonalarda 1200–1600 mm-ə qədər yüksəlir. Orta illik temperatur isə düzənliklərdə 14–15°C, dağlıq ərazilərdə isə 5–10°C intervalında dəyişir (Hüseynov, 2017; IPCC, 2021).

Bölgədə torpaq örtüyünün vertikal zonallığı aydın şəkildə müşahidə olunur və bu, əsas təbii qanunauyğunluqlardan biri kimi çıxış edir. Aşağı hündürlüklərdə (0–200 m) subtropik sarı torpaqlar, orta qurşaqda (200–600 m) sarı-podzollu və dağ-meşə sarı torpaqları, daha yüksək sahələrdə (600–1600 m) dağ-meşə qonur torpaqları üstünlük təşkil edir. 1600 metrdən yuxarı ərazilərdə isə subalp və alp qurşaqlarına məxsus dağ-çəmən torpaqları yayılmışdır (İsmayılov və Quliyev, 2012; Salayev, 2014).

İqlim dəyişiklikləri torpaq xüsusiyyətlərinə birbaşa təsir göstərir. Temperaturun yüksəlməsi üzvi maddələrin parçalanmasını sürətləndirir, yağıntıların azalması və quraqlıq dövrlərinin uzanması isə torpağın rütubət rejimini pozaraq deqradasiya proseslərini gücləndirir (Lal, 2004).

Tədqiqatın əsas məqsədi son 40 il ərzində Lənkəran-Astara bölgəsində baş verən iqlim dəyişikliklərinin torpaq örtüyünün vertikal zonallığına təsirini kompleks şəkildə təhlil etməkdir. Bu çərçivədə müxtəlif hündürlük qurşaqlarında formalaşmış torpaqların morfoloji, fiziki, kimyəvi və bioloji xüsusiyyətlərindəki dəyişikliklər müəyyənləşdirilir, həmçinin, torpaq qurşaqlarının sərhədlərində baş verən yerdəyişmələr kəmiyyət və keyfiyyət göstəriciləri əsasında qiymətləndirilir. *Material və Metodlar.* Tədqiqatın obyekti Lənkəran-Astara fiziki-coğrafi rayonunda dəniz səviyyəsindən -28 m-dən başlayaraq təxminən 2400 m yüksəkliklərədək yayılan torpaq örtüyü və onun vertikal zonallıq xüsusiyyətləridir. Tədqiqat ərazisi 38°24' şimal enliyi və 48°36' şərq uzunluğu koordinatları daxilində yerləşir. Meteoroloji məlumatlar Azərbaycan Respublikası Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyinin Hidrometeorologiya Xidmətindən əldə edilmiş və Lənkəran, Astara, Lerik və Yardımlı meteoroloji stansiyalarının 1980–2024-cü illəri əhatə edən uzunmüddətli müşahidələrinə əsaslanmışdır. Toplanmış məlumatlara aylıq və illik orta temperatur göstəriciləri, ekstremal temperatur dəyərləri (maksimum və minimum), yağıntının aylıq və illik miqdarı, yağıntılı günlərin sayı, havanın nisbi rütubəti və buxarlanma göstəriciləri daxildir.

Çöl materialları 2023–2025-ci illərdə aparılmış ekspedisiya tədqiqatları nəticəsində əldə edilmişdir. Bu tədqiqatlar zamanı müxtəlif hündürlük intervalını əhatə edən sahələrdən (0–200 m, 200–600 m, 600–1600 m və 1600 m-dən yuxarı) torpaq nümunələri götürülmüş, onların morfoloji xüsusiyyətləri təsvir edilmiş və foto sənədləşmə aparılmışdır.

Çöl tədqiqatları marşrut üsulu əsasında həyata keçirilmişdir. Tədqiqat sahəsində 5 əsas marşrut xətti müəyyən edilmiş və hər 50–100 m yüksəklik fərqində torpaq kəsikləri qoyulmuşdur. Hər bir kəsik üzrə torpağın rəngi, strukturu, horizontların qalınlığı, yeni törəmələr və daxilolmalar kimi morfoloji əlamətlər ətraflı şəkildə təsvir edilmişdir (Zonn, 1985).

Laborator analizlər AMEA Torpaqşünaslıq və Aqrokimya İnstitutunda aparılmışdır. Fiziki göstəricilərdən qranulometrik tərkib (pipet üsulu), həcm çəkisi (silindr üsulu), xüsusi çəki (piknometr

üsulu) və su keçiriciliyi müəyyən edilmişdir. Kimyəvi analizlər çərçivəsində humusun miqdarı (İ.V. Tyurin üsulu), ümumi azot (Keldal üsulu), karbonatlılıq (Şeybler üsulu), udulmuş əsaslar (K.P.F. Gedroyts üsulu), torpağın reaksiyası – pH (potensiometrik üsul), hərəkətli fosfor (B.P.Maçigin üsulu), mübadiləli kalium və mikroelementlərin miqdarı (atom-absorbsion spektrofotometriya üsulu ilə) təyin edilmişdir (Arinuşkina, 1970).

Müqayisəli-coğrafi metoddan istifadə olunaraq müxtəlif dövrlərə aid torpaq xəritələri təhlil edilmiş, torpaq qurşaqlarının sərhədlərində baş verən dəyişikliklər, ayrı-ayrı torpaq tiplərinin sahə dinamikası, həmçinin, eroziya və şoranlaşma proseslərinin inkişafı müəyyənləşdirilmişdir.

Coğrafi informasiya sistemləri (CİS) texnologiyalarından istifadə edilərək ArcGIS 10.5 və QGIS 3.16 proqramlarında rəqəmsal hündürlük modeli (DEM) qurulmuş, mövcud torpaq xəritələri rəqəmsallaşdırılmış və torpaq qurşaqlarının sərhədlərində baş verən dəyişiklikləri əks etdirən tematik xəritələr hazırlanmışdır.

Statistik təhlil mərhələsində məlumatların işlənməsi üçün müxtəlif üsullardan – orta kəmiyyətlərin hesablanması, korrelyasiya və reqressiya analizləri, dispersiya təhlili və xüsusilə iqlim göstəricilərinin dinamikasını qiymətləndirmək üçün trend analizindən istifadə edilmişdir. Hesablamalar Microsoft Excel və SPSS proqram paketləri vasitəsilə aparılmışdır.

Nəticə

Tədqiqat zamanı Lənkəran, Astara, Lerik və Yardımlı meteoroloji stansiyalarının 1980-2025-ci illər üzrə məlumatlarının təhlili göstərdi ki, son 45 ildə bölgədə iqlim parametrlərində əhəmiyyətli dəyişikliklər baş vermişdir (Cədvəl 1).

Cədvəl 1.
Meteoroloji stansiyalar üzrə orta illik temperaturun dəyişməsi (°C)

Meteoroloji stansiya	Hündürlük(m)	1980-2000	2000-2023	2023-2025	Artım (1980-2025)
Lənkəran	-12	14,3	15,3	15,9	+1,6
Astara	-22	14,6	15,5	16,1	+1,5
Lerik	1100	10,0	11,0	11,6	+1,6
Yardımlı	720	11,7	12,5	13,0	+1,3

Aparılmış təhlillər göstərir ki, bütün meteoroloji stansiyalar üzrə orta illik temperaturun yüksəlməsi müşahidə olunur. Temperatur artımının ən yüksək tempi dağlıq ərazilərdə, xüsusilə Lerik stansiyasında qeydə alınmışdır. Bu hal yüksək dağlıq zonalarda iqlim dəyişikliklərinin daha intensiv təzahür etdiyini göstərən beynəlxalq tədqiqatların nəticələri ilə uyğunluq təşkil edir (Beniston, 2003; Theurillat və Guisan, 2001). Temperatur artımının əsas səbəbləri sırasında atmosferdə istixana qazlarının miqdarının artması, yer səthinin albedo göstəricisinin dəyişməsi və atmosfer sirkulyasiyasındakı transformasiyalar xüsusi yer tutur.

Lənkəran-Astara bölgəsində temperatur artımı mövsümi baxımdan qeyri-bərabər paylanmış və xüsusilə yay aylarında daha qabarıq şəkildə özünü göstərmişdir. Belə ki, iyul–avqust aylarında orta temperatur 1,8–2,0°C yüksəlmişdir. Bu dəyişiklik istilik dalğalarının həm tezliyinin, həm də intensivliyinin artmasına səbəb olmuşdur. Son onillikdə maksimum temperaturun 35°C-dən yüksək olduğu günlərin sayı təxminən 2,5 dəfə artmışdır. Qış mövsümündə isə temperatur artımı nisbətən zəif (0,8–1,0°C) olmuş, bu da şaxtalı günlərin sayının azalmasına və vegetasiya dövrünün uzanmasına gətirib çıxarmışdır.

Yağıntı rejiminin təhlili ümumi azalma tendensiyasını ortaya qoyur (Cədvəl 2). Müxtəlif meteoroloji stansiyalar üzrə illik yağıntının miqdarında fərqli dərəcədə azalma qeydə alınmışdır. Belə

ki, Lənkəran stansiyasında yağıntılar 12,4% (127 mm), Astara stansiyasında 13,2% (140 mm), Lerik stansiyasında 10,3% (100 mm), Yardımlı stansiyasında isə 8,1% (72 mm) azalmışdır.

Cədvəl 2.
İllik yağıntıların miqdarının dəyişməsi (mm)

Meteoroloji stansiya	1980-2000	2000-2023	2023-2025	Azalma (mm)	Azalma (%)
Lənkəran	1025	938	898	127	12,4
Astara	1058	962	918	140	13,2
Lerik	968	896	868	100	10,3
Yardımlı	890	838	818	72	8,1

Yağıntıların azalması daha çox aşağı hündürlük qurşağında, xüsusilə Lənkəran və Astara düzənliklərində daha aydın şəkildə müşahidə edilmişdir. Bu hal regionun kənd təsərrüfatı baxımından xüsusi əhəmiyyət daşıyır, çünki burada becərilən subtropik bitkilər (çay və sitrus meyvələri) yüksək rütubət şəraitinə ehtiyac duyur.

Mövsümi bölgü baxımından yağıntıların ən ciddi azalması yay aylarında qeydə alınmışdır (Cədvəl 3).

Cədvəl 3.
Mövsümi yağıntıların dəyişməsi (Lənkəran stansiyası, mm)

Dövr	Qış	Yaz	Yay	Payız	İllik
1980-2000	308	248	162	307	1025
2000-2022	294	214	112	318	938
2022-2025	282	202	98	316	898
1980-2025	-26 (-8%)	-46 (-19%)	-64 (-40%)	+9 (+3%)	-127 (-12,4%)

Bu dövrdə yağıntının miqdarının təxminən 40% azalması yay quraqlığının daha da güclənməsinə səbəb olmuşdur. Payız və qış mövsümlərində isə yağıntının ümumi miqdarında ciddi dəyişikliklər müşahidə olunmasa da, onların düşmə intensivliyində artım qeydə alınmışdır.

Yay mövsümündə yağıntıların kəskin azalması (təxminən 40%) torpaqların nəmlik rejiminə əhəmiyyətli təsir göstərmişdir. Aparılmış müşahidələrə əsasən, vegetasiya dövründə torpağın üst qatında rütubət ehtiyatı orta hesabla 25–30% azalmışdır. Bu hal bitkilərin su çatışmazlığı ilə üzləşməsinə, nəticədə isə məhsuldarlığın aşağı düşməsinə səbəb olur. Digər tərəfdən, intensiv xarakterli yağıntılar sel hadisələrinin yaranmasına, torpağın münbit üst qatının yuyulmasına və yarğan eroziyasının güclənməsinə şərait yaradır.

İqlim dəyişikliklərinin mühüm göstəricilərindən biri də havanın nisbi rütubətinin azalması və buxarlanmanın artmasıdır. Son 45 il ərzində nisbi rütubətin orta hesabla 5–7% azalması, eyni zamanda, buxarlanmanın 10–12% artması müşahidə edilmişdir ki, bu da torpaqda rütubət çatışmazlığını daha da dərinləşdirir.

Cədvəl 4.

Torpaq qurşaqlarının sərhədlərində dəyişmələr (m)

Torpaq qurşağı	1980-2000	2000-2023	2023-2025	Sərhədin yuxarıya doğru yerdəyişməsi
Subtropik sarı torpaqlar (yuxarı sərhəd)	180–200	240–260	280–300	+100
Sarı-podzollu torpaqlar (aşağı sərhəd)	180–200	240–260	280–300	+100
Sarı-podzollu torpaqlar (yuxarı sərhəd)	550–580	600–630	640–670	+90
Dağ-meşə sarı torpaqları (aşağı sərhəd)	550–580	600–630	640–670	+90
Dağ-meşə qonur torpaqları (aşağı sərhəd)	900–950	960–1000	1020–1060	+110
Dağ-çəmən torpaqları (aşağı sərhəd)	1500–1550	1560–1610	1620–1680	+130

Coğrafi İnformasiya Sistemləri (CİS) texnologiyalarının tətbiqi ilə müxtəlif dövrlərə aid torpaq xəritələrinin müqayisəli təhlili aparılmış və nəticədə son 45 il ərzində torpaq qurşaqlarının sərhədlərində əhəmiyyətli dəyişikliklərin baş verdiyi müəyyən edilmişdir (Cədvəl 4).

Aparılmış tədqiqatlar göstərir ki, subtropik sarı torpaqların vertikal yayılma sərhədlərində nəzərəçarpacaq dəyişikliklər baş vermişdir. Bu torpaqların yuxarı sərhədi orta hesabla 100 m yüksəlmiş və hazırda dəniz səviyyəsindən təxminən 280–300 m hündürlüyədək müşahidə olunur. Bu dəyişiklik əsasən temperaturun artması ilə əlaqədar olaraq istiliksevən bitkilərin və onlara uyğun torpaq tiplərinin daha yüksək sahələrə doğru yayılması ilə izah olunur. Nəticədə subtropik sarı torpaqların sahəsində təxminən 12–15% artım qeydə alınmışdır. Bununla yanaşı, aşağı qurşaqda, xüsusilə Xəzər dənizi sahilinə yaxın ərazilərdə şoranlaşma proseslərinin güclənməsi bu torpaqların keyfiyyət göstəricilərinin pisləşməsinə səbəb olmuşdur.

Sarı-podzollu və dağ-meşə sarı torpaqların yayılma arealında da mühüm dəyişikliklər müşahidə edilir. Bu torpaq tipinin aşağı sərhədi təxminən 100 m, yuxarı sərhədi isə 90 m yüksəlmişdir. Beləliklə, onların ümumi sahəsində 8–10% azalma qeydə alınmışdır. Aşağı hissələrdə bu torpaqları subtropik sarı torpaqlar, yuxarı hissələrdə isə dağ-meşə qonur torpaqları əvəz etməyə başlamışdır.

Dağ-meşə qonur torpaqlarının da vertikal paylanmasında dəyişikliklər qeydə alınmışdır. Onların aşağı sərhədi təxminən 110 m yuxarı çəkilmiş və ümumi sahəsində 12–15% azalma baş vermişdir. Bu torpaqların daha yüksək sahələrə sıxışması nəticəsində dağ-çəmən torpaqlarının yayılma arealı daralmışdır. Bu proses xüsusilə cənub ekspozisiyalı yamaclarda daha intensiv şəkildə müşahidə olunur.

Dağ-çəmən torpaqlarında isə daha kəskin dəyişikliklər qeydə alınmışdır. Bu torpaqların aşağı sərhədi orta hesabla 130 m yüksəlmiş, nəticədə onların sahəsi təxminən 20–25% azalmışdır. Subalp və alp çəmənliklərinin daralması biomüxtəlifliyə mənfi təsir göstərir və xüsusilə endemik bitki növlərinin azalması riskini artırır.

Qeyd olunan dəyişikliklər əsasən iqlim dəyişikliklərinin təsiri ilə bitki örtüyünün vertikal zonallığında baş verən transformasiyalarla bağlıdır və bu, digər dağ sistemlərində – məsələn, Alp və Himalay regionlarında aparılmış tədqiqatların nəticələri ilə uyğunluq təşkil edir (Singh, 2010; Körner, 2003). Temperaturun yüksəlməsi fonunda meşə bitkiləri daha yüksək hündürlüklərə doğru yayılır, nəticədə subalp və alp çəmənliklərinin sahəsi getdikcə azalır. Bu prosesin başlanğıcı təxminən 100–

150 il əvvələ təsadüf etsə də, son onilliklərdə, xüsusilə son 40 ildə onun tempi əhəmiyyətli dərəcədə sürətlənmişdir. Mövcud tendensiyalar davam edəcəyi təqdirdə, proqnozlara görə 2050 -ci ilə qədər dağ-çəmən torpaqlarının sahəsi əlavə olaraq 30–35% azala bilər.

İqlim dəyişiklikləri ilə bağlı digər mühüm nəticələrdən biri də regionda eroziya proseslərinin intensivləşməsidir (Cədvəl 5).

Cədvəl 5

Eroziyaya uğramış torpaqların sahələrinin dəyişməsi (min ha)

Eroziya dərəcəsi	1980-2000	2000-2023	2023-2025	Dəyişmə (1980-2025)
Zəif eroziyaya uğramış	28,4	34,6	38,2	+9,8 (+34,5%)
Orta eroziyaya uğramış	16,2	22,8	26,4	+10,2 (+63,0%)
Güclü eroziyaya uğramış	5,8	9,4	12,6	+6,8 (+117,2%)
Cəmi	50,4	66,8	77,2	+26,8 (+53,2%)

Aparılmış təhlillər göstərir ki, eroziyaya məruz qalmış torpaqların ümumi sahəsi əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Belə ki, bu göstərici 50,4 min hektardan 77,2 min hektara yüksəlmiş, yəni 53,2% artım qeydə alınmışdır. Xüsusilə güclü eroziyaya uğramış torpaqların sahəsində daha kəskin artım (117,2%) müşahidə olunmuşdur ki, bu da torpaq örtüyünün deqradasiya proseslərinin sürətləndiyini göstərir.

Orta və yüksək hündürlük qurşaqlarında illik orta eroziya intensivliyi 5–8 t/ha təşkil edir ki, bu da torpaqəmələgəlmə sürətini (1–2 t/ha/il) xeyli üstələyir. Nəticədə hər il torpağın münbit üst qatından təxminən 3–5 mm qalınlığında material itirilir. Bu itkilər torpağın təbii bərpa imkanlarını aşdığı üçün deqradasiya prosesi getdikcə daha da dərinləşir.

Yarğan eroziyasının inkişafında da nəzərəçarpacaq artım qeydə alınmışdır. Son 40 il ərzində yarğanların sıxlığı təxminən 1,5 dəfə artmış, onların ümumi uzunluğu isə iki dəfə çoxalmışdır. Bu proses xüsusilə Lerik və Yardımlı rayonlarının dağlıq ərazilərində daha intensiv xarakter almış, yeni yarğanların formalaşması müşahidə edilmişdir.

Bununla yanaşı, aşağı hündürlük qurşağında şoranlaşma prosesləri də güclənmişdir (Cədvəl 6). Şoranlaşmış torpaqların sahəsi təxminən 2,5 dəfə artaraq 21,6 min hektara çatmışdır.

Cədvəl 6.

Şoranlaşmış torpaqların sahələrinin dəyişməsi (min ha)

Şoranlaşma dərəcəsi	1980-2000	2000-2023	2023-2025	Dəyişmə (1980-2025)
Zəif şoranlaşmış	4,6	7,2	9,4	+4,8 (+104,3%)
Orta şoranlaşmış	2,4	4,8	6,6	+4,2 (+175,0%)
Güclü şoranlaşmış	1,2	2,4	3,8	+2,6 (+216,7%)
Şorakət torpaqlar	0,6	1,2	1,8	+1,2 (+200,0%)
Cəmi	8,8	15,6	21,6	+12,8 (+145,5%)

Şoranlaşmanın əsas səbəbləri iqlimin quraqlaşması (buxarlanmanın artması, yağıntıların azalması), Xəzər dənizinin səviyyəsinin dəyişməsi və suvarma rejiminin pozulmasıdır. Xəzər dənizinin səviyyəsinin qalxması nəticəsində sahilboyu ərazilərdə yeraltı suların səviyyəsi yüksəlmiş, onların minerallaşma dərəcəsi artmışdır. Bu da torpaqların şoranlaşmasını sürətləndirmişdir.

Yekun nəticə. Lənkəran-Astara bölgəsində son 45 ildə (1980-2025) iqlim dəyişmələri torpaq örtüyünün vertikal zonallığına ciddi təsir göstərmişdir. Orta illik temperatur 1,3-1,6°C artmış, yağıntılar 8-13% (72-140 mm) azalmış, yay aylarında isə yağıntılar 40% kəskin düşmüşdür. Torpaq qurşaqlarının sərhədləri 100-130 metr yuxarıya doğru sürüşmüşdür. Subtropik sarı torpaqların sahəsi artsa da (12-15%), sarı-podzollu (8-10%), dağ-meşə qonur (12-15%) və xüsusilə dağ-çəmən torpaqları (20-25%) əhəmiyyətli dərəcədə azalmışdır. Eroziyaya uğramış torpaqların sahəsi 53,2% artaraq 77,2 min hektara çatmış, güclü eroziyaya uğramış torpaqlar 117% çoxalmışdır. Şoranlaşmış torpaqların sahəsi 2,5 dəfə artaraq 21,6 min hektara yüksəlmişdir. İqlim dəyişmələrinin mövcud tempi davam edərsə, regionun ekosistemlərinə və kənd təsərrüfatına təhlükə artacaqdır. Torpaqların mühafizəsi, eroziyaya qarşı mübarizə, suvarma sistemlərinin təkmilləşdirilməsi və iqlim dəyişmələrinə adaptasiya tədbirlərinin həyata keçirilməsi vacibdir.

Ədəbiyyat

1. Arinushkina, E.V. (1970). *Handbook for chemical analysis of soils*. Moscow University Press.
2. Babayev, M.P., Cəfərova, Ç.M. və Həsənova, S.İ. (2015). Azərbaycanın irimiqyaslı torpaq xəritələrinin tərtibinin prinsipləri. *Torpaqşünaslıq və Aqrokimya, 1*, 3–10.
3. Beniston, M. (2003). Climatic change in mountain regions: A review of possible impacts. *Climatic Change, 59*(1–2), 5–31.
4. Budaqov, B.Ə. və Əliyev, Q.Ə. (2015). *Azərbaycanın fiziki coğrafiyası*. Maarif.
5. Hüseynov, N.Ş. (2017). *Azərbaycanın iqlim resursları*. Elm.
6. IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
7. İsmayılov, A.İ. və Quliyev, İ.Ə. (2012). *Lənkəran təbii vilayətinin torpaqları və onların səmərəli istifadəsi*. Elm.
8. Körner, C. (2003). *Alpine plant life: Functional plant ecology of high mountain ecosystems*. Springer.
9. Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science, 304*(5677), 1623–1627.
10. Məmmədov, Q.Ş. (2018). *Azərbaycan torpaqları: genezis, coğrafiya, meliorasiyası və məhsuldarlığı.* Elm.
11. Salayev, M.Ə. (2014). *Azərbaycanın torpaq fondunun və ondan səmərəli istifadənin qiymətləndirilməsi.* Elm.
12. Singh, S.P., Singh, V. və Skutsch, M. (2010). Rapid warming in the Himalayas: Ecosystem responses and development options. *Climate and Development, 2*(3), 221–232.
13. Theurillat, J. P. və Guisan, A. (2001). Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: A review. *Climatic Change, 50*(1–2), 77–109.
14. Zonn, S.V. (1985). *Poleviye metody issledovanii v pochvovedenii.* Nauka.

Daxil oldu: 22.11.2025
Qəbul edildi: 01.03.2026

RİYAZİYYAT VƏ MEXANİKA ELMLƏRİ

MATHEMATICS AND MECHANICAL SCIENCES

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/107-115

Günay Salmanova
Gəncə Dövlət Universiteti
riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru
https://orcid.org/0009-0002-4502-7349
gunay-salmanova@mail.ru

Polinomial dəstələrdə baş operatorun spektrinin ixtiyari yerləşməsi

Xülasə

Elmi iş, polinomial operator dəstələrində baş operatorun spektrinin ixtiyari yerləşməsi probleminin tədqiqinə həsr olunmuşdur. Operator dəstələrinin spektral nəzəriyyəsi funksional analiz və riyazi fizikanın mühüm sahələrindən biri olub, diferensial və inteqral tənliklərin həllində geniş tətbiq olunur. Operatorun spektri onun məxsusi qiymətlərindən ibarət olub, operatorun struktur və dinamik xüsusiyyətlərini müəyyən edən əsas anlayışlardan biridir.

İşdə polinomial operator dəstələri üçün spektral xüsusiyyətlər araşdırılmış, baş operatorun spektrinin kompleks müstəvidə ixtiyari şəkildə yerləşməsi üçün kafi şərtlər müəyyən edilmişdir. Tədqiqat zamanı operator dəstələrinin spektral xassələri, məxsusi qiymət və məxsusi vektorların davranışı, həmçinin, spektral ayrılış və spektral parametrdən asılılıq məsələləri öyrənilmişdir.

Araşdırmada göstərilmişdir ki, müəyyən şərtlər daxilində polinomial operator dəstələrinin spektri kompleks müstəvidə əvvəlcədən verilmiş çoxluqlarda yerləşdirilə bilər. Bu nəticələr operator dəstələrinin spektral nəzəriyyəsinin inkişafına töhfə verməklə yanaşı, diferensial operatorların və riyazi fizika modellərinin spektral analizində də mühüm rol oynayır. Spektral problemlər həm düz, həm də tərs spektral məsələlərin öyrənilməsində əsas metodoloji baza rolunu oynayır.

Alınmış nəticələr operator nəzəriyyəsi, diferensial tənliklər nəzəriyyəsi və riyazi fizikanın müxtəlif problemlərinin həllində tətbiq oluna bilər.

Açar sözlər: *polinomial operator dəstəsi, baş operator, spektr, spektral analiz, məxsusi qiymət, operator nəzəriyyəsi*

Gunay Salmanova
Ganja State University
PhD in Mathematics
https://orcid.org/0009-0002-4502-7349
gunay-salmanova@mail.ru

Arbitrary Placement of the Spectrum of the Leading Operator in Polynomial Operator Pencils

Abstract

Scientific work is devoted to the study of the arbitrary placement of the spectrum of the leading operator in polynomial operator pencils. The spectral theory of operator pencils is one of the important areas of functional analysis and has wide applications in the theory of differential equations and mathematical physics. The spectrum of an operator, which consists of its eigenvalues, is one of the fundamental concepts determining the structural and dynamic properties of operators.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

In this work, the spectral properties of polynomial operator pencils are investigated and sufficient conditions for the arbitrary placement of the spectrum of the leading operator in the complex plane are established. The study examines the behavior of eigenvalues and eigenvectors, spectral decomposition, and the dependence of spectral characteristics on parameters within operator pencils.

It is shown that under certain conditions the spectrum of polynomial operator pencils can be located in previously specified subsets of the complex plane. The obtained results contribute to the development of spectral theory of operator pencils and can also be applied in the spectral analysis of differential operators and various models of mathematical physics.

The results obtained in this research may be used in operator theory, the theory of differential equations, and in solving various problems arising in mathematical physics.

Keywords: *polynomial operator pencil, leading operator, spectrum, spectral analysis, eigenvalues, operator theory*

Giriş

Operatorun spektri anlayışı, operatorun məxsusi qiymətlərini və onların yerləşmə xüsusiyyətlərini əhatə edir. Spektrin kompleks müstəvidə yerləşməsi operator dəstələrinin davranışını, sabitliyini və həllərin strukturunu müəyyən edən əsas amillərdəndir. Buna görə də baş operatorun spektrinin ixtiyari şəkildə yerləşməsi probleminin öyrənilməsi spektral nəzəriyyənin mühüm məsələlərindən biri hesab olunur. Operator dəstələrinin spektral nəzəriyyəsi funksional analiz və riyazi fizikanın mühüm sahələrindən biri olub, diferensial və inteqral tənliklərin həllində geniş tətbiq olunur. Operatorun spektri onun məxsusi qiymətlərindən ibarət olub, operatorun struktur və dinamik xüsusiyyətlərini müəyyən edən əsas anlayışlardan biridir. Bu məsələ ilə bağlı müəyyən araşdırmalar aparılmış (Dzhabarzade, 1964; Dzhabarzade, 2004; Dzhabarzade, 1999; Dzhabarzade və Salmanova, 2015; Gasymov, 1971; Keldysh, 1971; Salmanova, 2010), ciddi elmi nəticələr (Dzhabarzade, 1998; Dzhabarzade, 1999; Gasymov, 1972; Salmanova, 2010; Salmanova, 2009) əldə edilmişdir.

Tədqiqat

Seperabel Hilbert H fəzasında

$$L(\lambda) = A_0 + \lambda A_1 B + \lambda^2 A_2 B^2 + \ldots + \lambda^{n-1} A_{n-1} B^{n-1} + \lambda^n B^n \qquad (1)$$

operator dəstəsinə baxılır. Burada, A_i, B operatorları $H, \lambda \in C$ fəzasında təsir edir və tamamilə kəsilməz operatorlardır.

(1) dəstəsinin λ^0 məxsusi qiymətinə uyğun olan öz-özünə qoşma məxsusi vektorların kanonik sistemi dedikdə, aşağıdakı xassələri olan $\left(z_i^{(k)}\right)_{i=1,r}^{\infty}$, $k = 1,2,\ldots$ elementlər sistemi başa düşülür:

a) $z_0^{(k)}$ elementləri, $M(\lambda^0)$ məxsusi altfəzanın bazisini yaradır;

b) $z_0^{(1)}$ - tərtibi, maksimum $p_1 + 1$ olan məxsusi vektordur;

c) $z_0^{(k)}$ - $z_0^{(1)}, \ldots, z_0^{(k-1)}$ vektorları ilə xətti ifadə olunmayan və tərtibləri cəmi maksimum $p_k + 1$ olan məxsusi vektordur;

d) $\left(z_i^{(k)}\right)_{i=1,r}^{\infty}$ $(k = 1,2,\ldots)$ sistemindən götürülmüş xətti asılı olmayan $z_0^{(1)}, \ldots, z_0^{(s)}$ elementləri, hər bir qeyd olunmuş k, $k = 1,2,\ldots,s$ qiymətlərdə öz-özünə qoşma vektorların zəncirini əmələ gətirir. $p_1 + p_2 + \ldots + p_s + 1$ cəminə, λ^0 məxsusi ədədinin tərtibi deyilir.

Tutaq ki, B normal operatordur, $KerB = \{\theta\}$. B operatorunun xarakteristik ədədlərinin (məxsusi ədədlərə tərs olan ədədlər) modulunun artan ardıcıllığını μ_k ilə işarə edək. B operatorunun

xarakteristik ədədlərinin, modulun artımına uyğun olan məxsusi vektorların tərtibinə uyğun nömrələndiyini qəbul edək.

Tamamilə kəsilməz normal B operatoru və $p>0$ olduqda B^p alt operatoru üçün $B^p f=\sum_{j=1}^{\infty}\rho_j^p e^{ip\theta_j}(f,\varphi_j)\varphi_j$ başa düşülür. Burada, $\{\varphi_j\}_{j=1}^{\infty}$ - B operatorunun $\lambda_j=\rho_j e^{i\theta_j}$, $(\theta_j<2\pi)$ məxsusi qiymətlərinə uyğun olan məxsusi vektorlarının ortanormal ardıcıllığıdır.

Teorem 1. Tutaq ki, aşağıdakı şərtlərdən heç olmasa biri ödənilir:

1) $0<p<2, \overline{\lim_{k\to\infty}} k\mu_k^{-\frac{p}{2}}=0$, $A_l B^{-p}$ operatorları məhduddur.

2) $0<p<1, \overline{\lim_{k\to\infty}} k\mu_k^{-\frac{p}{2}}<\infty$, $A_l B^{-p}$ operatorları tamam kəsilməzdir.

Onda (1) dəstəsinin müxtəlif məxsusi qiymətlərini $\{\lambda_n\}_1^{\infty}$ ardıcıllığında elə yerləşdirmək olar ki, hər hansı artan natural ədədlər ardıcıllığı və $f_j\in R_{B^j}$ şərtini ödəyən $f_1,\ldots,f_{n-1}$ elementləri üçün

$$f_j=\sum_{i=0}^{\infty}\left(\sum_{k=n_{i-1}}^{n_i-1}\sum_{s=0}^{m_{kr}-1}\sum_{r=0}^{P_{S_k}-1}a_{sr}^{(k)}Z_{jsr}^{(k)}\right)$$

bərabərliyi var, burada p_{s_k} -müxtəlif məxsusi funksiyaların sayı, m_{kr} - Z_{00r} məxsusi funksiyasının qatlığıdır. $\left\{Z_{0sk}^{(k)}\right\}$- λ_k məxsusi ədədinə uyğun kanonik sistemdir.

İsbatı. $\overline{\lim_{k\to\infty}} k\mu_k^{-\frac{p}{2}}=0$ şərti göstərir ki, elə s_k natural ədədlər ardıcıllığı vardır ki, $\lim_{k\to\infty}\frac{s_k}{\mu_{s_k}^{\frac{p}{2}}}=0$ ödənilir. Göstərək ki, $\lim_{k\to\infty}\frac{s_k}{\mu_{s_k}^{\frac{p}{2}}}=0$ şərtindən $\lim_{k\to\infty}\frac{\mu_{t_k}^{1-\frac{p}{2}}}{\Delta\mu_{t_k}}\to 0$ alınır. Doğurdan da, tutaq ki, $\mu_{t_k+1}^{\frac{p}{2}}-\mu_{t_k}^{\frac{p}{2}}=\max_{0\le i\le s_k-1}\left(\mu_{i+1}^{\frac{p}{2}}-\mu_i^{\frac{p}{2}}\right)$, $(\mu_0=0)$,

$\Delta\mu_{t_k} = \mu_{t_k+1} - \mu_{t_k}$. Belə ki, $\frac{\mu_{t_k+1}}{\mu_{t_k}} \to \infty$, onda $\lim_{k\to\infty} \frac{\frac{\mu_{t_k+1}}{\mu_{t_k}} - 1}{\left(\frac{\mu_{t_k+1}^{\frac{p}{2}}}{\mu_{t_k}^{\frac{p}{2}}} - 1\right)} = \frac{2}{p}$. Beləliklə,

$$0 \leftarrow \frac{s_k^{\frac{p}{2}}}{\mu_{s_k}^{\frac{p}{2}}} > \frac{s_k^{\frac{p}{2}}}{\left(\mu_{t_k+1}^{\frac{p}{2}} - \mu_{t_k}^{\frac{p}{2}}\right)} = \frac{1}{\mu_{t_k+1}^{\frac{p}{2}} - \mu_{t_k}^{\frac{p}{2}}} = \frac{\frac{\mu_{t_k+1}}{\mu_{t_k}} - 1}{\mu_{t_k}^{\frac{p}{2}-1}\Delta\mu_{t_k}\left(\frac{\mu_{t_k+1}^{\frac{p}{2}}}{\mu_{t_k}^{\frac{p}{2}}} - 1\right)} \geq \frac{2}{p}\frac{\mu_{t_k}^{1-p}}{\Delta\mu_{t_k}}$$

alınır. Axırıncı ifadədən isə $\lim_{k\to\infty} \frac{\mu_{t_k}^{1-\frac{p}{2}}}{\Delta\mu_{t_k}} = 0$ olduğu alınır. Əgər teorem 1- b) şərti ödənilərsə, yəni $\lim_{k\to\infty} \frac{s_k^{\frac{p}{2}}}{\mu_{s_k}^{\frac{p}{2}}} < \infty$ olarsa, onda aşağıdakı qiymətləri alarıq:

$$\infty > \frac{s_k^{\frac{p}{2}}}{\mu_{s_k}^{\frac{p}{2}}} > \frac{s_k^{\frac{p}{2}}}{\left(\mu_{t_k+1}^{\frac{p}{2}} - \mu_{t_k}^{\frac{p}{2}}\right)} = \frac{1}{\mu_{t_k+1}^{\frac{p}{2}} - \mu_{t_k}^{\frac{p}{2}}} = \frac{\frac{\mu_{t_k+1}}{\mu_{t_k}} - 1}{\mu_{t_k}^{\frac{p}{2}-1}\Delta\mu_{t_k}\left(\frac{\mu_{t_k+1}^{\frac{p}{2}}}{\mu_{t_k}^{\frac{p}{2}}} - 1\right)} \geq \frac{2}{p}\frac{\mu_{t_k}^{1-\frac{p}{2}}}{\Delta\mu_{t_k}},$$

Bu isə o deməkdir ki, $\lim_{k\to\infty} \frac{\mu_{t_k}^{1-\frac{p}{2}}}{\Delta\mu_{t_k}} < \infty$.

Tutaq ki, x_0 - $L(\lambda)$ operatorunun məxsusi vektorudur, onda aşağıdakı bərabərliklər sistemi ödəninlir:

$$\begin{aligned} x_0 &= A_0 x_0 + A_1 x_1 + A_2 x_2 + \ldots + A_{n-1} x_{n-1} + \lambda B_{n-1} x_{n-1} \\ x_1 &= \lambda B x_0 \\ x_2 &= \lambda B x_1 \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots \\ x_{n-1} &= \lambda B x_{n-2} \end{aligned} \qquad (2)$$

H fəzasının n sayda təkrarının düz cəmində, yəni, $\overline{H}$ fəzasında (2) sistemi

$$\overline{x} = \overline{A}\overline{x} + \lambda \overline{B}\overline{x} \qquad (3)$$

tənliyinin köməkliyi ilə yazılır, $\overline{A}$ və $\overline{B}$ operatorları isə operator matrislərin köməyi ilə verilir:

$$\overline{A} = \begin{pmatrix} A_0 & A_1 & A_2 & \dots & A_{n-1} \\ 0 & E & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & E & \dots & 0. \\ . & . & . & \dots & . \\ 0 & 0 & 0 & \dots & E \end{pmatrix}, \qquad \overline{B} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & B \\ B & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & B & 0 & \dots & 0 \\ . & . & . & \dots & . \\ 0 & 0 & 0 & \dots B & 0 \end{pmatrix}$$

Γ_k qapalı konturlara baxaq. Bunlar, $\rho_k = \frac{\mu_{t_k} + \mu_{t_k+1}}{2}$ $(k = 1,2,\dots)$ radiuslu çevrələrdir. Belə ki, B operatoru, hər bir $\ker B = \{\theta\}$ üçün tamamilə kəsilməz normal operatordur. Onda onun məxsusi və qoşulmuş vektorlar sistemi H fəzasının bazisini yaradır. $\ker B = \{\theta\}$ şərtindən alınır ki, $Ker\,\overline{B} = \{\theta\}$. Əksini fərz edək: tutaq ki, $Ker\,\overline{B} \neq \{\theta\}$. Onda elə sıfırdan fərqli $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \overline{H}$ element var ki, $\overline{B}x = \{\theta\}$ olur. Bu halda, heç olmasa bir sıfırdan fərqli $x_i \in H,\ 1 \le i \le n$ element üçün $Bx_i = 0$ bərabərliyi ödənməlidir. Bu isə mümkün deyildir, çünki $KerB = \{\theta\}$

şərtinə ziddir. (3) tənliyinə

$$\overline{B}^{-1} = \begin{pmatrix} 0 & B^{-1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & B^{-1} & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ . & . & \dots & \dots & B^{-1} \\ B^{-1} & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

normal operatoru ilə təsir edək. $\overline{B}^{-1}$ operatorunun məxsusi qiymətləri teoremin şərtlərini ödəyir və $Ker\,\overline{B}^{-1} = \{\theta\}$. İndi $\overline{B}^{-1} - \overline{B}^{-1}\overline{A}$ operatoruna baxaq, burada $\overline{B}^{-1}$, asılı olmayan (baş) hissə, $\overline{B}^{-1}\overline{A}$ isə, $\overline{B}^{-1}$ operatorundan asılı olan hissədir.

Aşağıdakı bərabərlik doğrudur

$$\left(\overline{B}^{-1} - \overline{B}^{-1}\overline{A} - \lambda\overline{E}\right)^{-1} = \left(\overline{B}^{-1} - \lambda\overline{E}\right)^{-1}\left(\overline{E} - \overline{B}^{-1}\overline{A}\left(\overline{B}^{-1} - \lambda\overline{E}\right)^{-1}\right)^{-1}.$$

Buradan, alınır:

$$\overline{B}^{-1}\overline{A}\left(\overline{B}^{-1}-\lambda\overline{E}\right)^{-1}=(\overline{B}^{-1}\overline{A})(\overline{B}^{-1})^{p-1}(\overline{B}^{-1})^{1-p}(\overline{B}^{-1}-\lambda\overline{E})^{-1}$$

$$\left\|\overline{B}^{-1}\overline{A}\left(\overline{B}^{-1}-\lambda\overline{E}\right)^{-1}\right\|\le\left\|\overline{B}^{-p}\overline{A}\right\|\max_{\lambda_i}\frac{|\lambda_i|^{1-p}}{|\lambda_i-\lambda|}$$

Tutaq ki, teoremin a) şərti ödənilir. $|\lambda_i|>|\lambda|$ olduqda $\Gamma_k\ (\lambda\in\Gamma_k)$ konturlarında alırıq:

$$\frac{1}{|\lambda_i|^{p-1}|\lambda_i-\lambda|}=\frac{|\lambda_i|}{|\lambda_i-\lambda||\lambda_i|^{p}}=\frac{\mu_{t_k}+\frac{\Delta\mu_{t_k}}{2}+\left(|\lambda_i|-|\lambda|\right)}{|\lambda_i|^{p}|\lambda_i-\lambda|}\le\frac{\mu_{t_k}+\frac{\Delta\mu_{t_k}}{2}+\left(|\lambda_i|-|\lambda|\right)}{\mu_{t_k}^{p}|\lambda_i-\lambda|}\le\frac{2\mu_{t_k}^{1-p}}{\Delta\mu_{t_k}}+\frac{2}{\mu_{t_k}^{p}}$$

Beləliklə, $|\lambda_i|>|\lambda|$ və $\lambda\in\Gamma_k$, $k=1,2,...$olduqda

$$\frac{1}{|\lambda_i|^{p-1}|\lambda_i-\lambda|}=\frac{|\lambda_i|^{1-p}}{|\lambda_i-\lambda|}\le\frac{2\mu_{t_k}^{1-p}}{\Delta\mu_{t_k}}$$

bərabərsizliyi ödənilir. Əgər $1<p<2$ olarsa, onda bütün $\lambda\in\Gamma_k$ qiymətləri üçün aşağıdakı ifadə doğrudur:

$$\frac{1}{|\lambda_i|^{p-1}|\lambda\quad\lambda_i|}\le\frac{1}{|\overline{\lambda}_i|^{p-1}|\lambda-\lambda_i|},$$

burada $\overline{\lambda}_i$-kompleks ədəddir və modulu $|\lambda_i|$-ə bərabərdir.

İndi $\frac{1}{|\overline{\lambda}_i|^{p-1}|\lambda-\overline{\lambda}_i|}$ ifadəsinin ən böyük qiymətini tapaq. Bunun üçün $\frac{1}{|\overline{\lambda}_i|^{p-1}|\lambda-\overline{\lambda}_i|}$ ifadəsi ilə üst-üstə düşən $f(x)=\frac{1}{x^{p-1}\left(|\lambda|-x\right)}$, $\left(\mu_1\le x\le\mu_{t_k}\right)$ funksiyasına baxaq. Burada, $x=|\overline{\lambda}_i|$.

$f(x)$ funksiyası, x_k nöqtəsində özünün ən kiçik qiymətini alır. Bütün k-lar üçün k =1-dən başlayaraq aşağıdakı ifadə ödənilir:

$$\mu_1\le x_k\le\frac{p-1}{p}|\lambda|\le\mu_{t_k}.$$

Onda $\left[\mu_1, \frac{p-1}{p}|\lambda|\right]$ parçasında funksiya azalır, $\left[\frac{p-1}{p}|\lambda|, \mu_{t_k}\right]$ parçasında isə artır. Belə ki, $f(\mu_1) = \frac{p-1}{\mu_1}\left(\frac{1}{|\lambda|-\mu_1}\right)$, $f(\mu_{t_k}) = \frac{p-1}{\mu_{t_k}}\left(\frac{1}{|\lambda|-\mu_{t_k}}\right) = \frac{2\mu_{t_k}^{1-p}}{\Delta\mu_{t_k}}$,

Bu zaman $1 \le p < 2$ olduqda $\left\|\overline{B}^{-1}\overline{A}\left(\overline{B}^{-1}-\lambda\overline{E}\right)^{-1}\right\| < \alpha_1\left(\frac{1}{\mu_{t_k}} + \frac{\mu_{t_k}^{1-p}}{\Delta\mu_{t_k}}\right)$, $0 < p < 1$

olduqda isə $\left\|\overline{B}^{-1}\overline{A}\left(\overline{B}^{-1}-\lambda\overline{E}\right)^{-1}\right\| < \alpha_2\left(\frac{1}{\mu_{t_k}^{p}} + \frac{\mu_{t_k}^{1-p}}{\Delta\mu_{t_k}}\right), (\lambda \in \Gamma_k)$ alırıq. α_1, α_2 ədədləri k -dan asılı deyildir. Nəticədə alırıq ki, $0 < p < 2$ olduqda alarıq:

$$\left\|\overline{B}^{-1}\overline{A}\left(\overline{B}^{-1}-\lambda\overline{E}\right)^{-1}\right\| < \alpha_3\left(\frac{1}{\mu_{t_k}^{p}} + \frac{\mu_{t_k}^{1-p}}{\Delta\mu_{t_k}} + \frac{1}{\mu_{t_k}}\right), (\lambda \in \Gamma_k), \tag{4}$$

$$P_k = -\frac{1}{2\pi i}\int_{\Gamma_k}\left(B^{-1}-\lambda E\right)^{-1}d\lambda, \qquad P_k = -\frac{1}{2\pi i}\int_{\Gamma_k}\left(B^{-1}-B^{-1}A-\lambda E\right)^{-1}d\lambda,$$

operatorlarını götürək. Burada, P_k- $\overline{B}^{-1}$ operatorunun bütün məxsusi qiymətlərinə uyğun məxsusi altfəzasına ortoqonal proyeksiyalanmışdır, $\overline{P}_k$-isə $\overline{B}^{-1} - \overline{B}^{-1}\overline{A}$ operatorunun bütün məxsusi qiymətlərinə uyğun köklü altfəzasına ortoqonal proyeksiyalanmışdır.

$$\left(B^{-1}-\lambda E\right)^{-1} - \left(B^{-1}-B^{-1}A-\lambda E\right)^{-1} =$$
$$\left(\left(B^{-1}-\lambda E\right)^{-1} - \left(B^{-1}-\lambda E\right)^{-1}\left(E - B^{-1}A\left(B^{-1}-\lambda E\right)^{-1}\right)^{-1}\right) = \tag{5}$$
$$= \left(B^{-1}-\lambda E\right)^{-1}B^{-1}A\left(B^{-1}-\lambda E\right)^{-1}\left(E - B^{-1}A(B^{-1}-\lambda E)^{-1}\right)^{-1}$$

(1)-ə görə alırıq ki, əgər $k \to \infty$ olarsa, onda $\left\|P_k - \overline{P}_k\right\| \to 0$ olar.

$\overline{B}^{-1}$ operatorunun məxsusi altfəzalarını ortoqonal cəminə otroqonal proyektoru Q_k ilə, $\overline{B}^{-1} - \overline{B}^{-1}\overline{A}$ operatorunun köklü altfəzalarının düz cəminə ortoqonal olan proyektoru isə $\overline{Q}_k$ ilə işarə edək. Onda hər zaman elə Γ_k konturlar ardıcıllığı götürmək olar ki, $\sum_{k=1}^{\infty}\left\|\overline{Q}_k - Q_k\right\|^2 < 1$ olsun. Başqa sözlə, $\overline{B}^{-1} - \overline{B}^{-1}\overline{A}$ operatorunun kök vektorlar sistemi, $\overline{H}$ fəzasında altfəzalardan ibarət Bari bazisi əmələ gətirir. Bu isə o deməkdir ki, teorem, $B^{-1} - B^{-1}A$ operatoru üçün doğrudur. Yəni, isbat

etdik ki, $\overline{B}^{-1} - \overline{B}^{-1} A$ operatorunun məxsusi qiymətlərini $\{\lambda_n\}_1^{\infty}$ ardıcıllığında elə yerləşdirmək olar ki, hər hansı $\{n_j\}_{j=1}^{\infty}$; $(n_o = 1)$ artan natural ədədlər ardıcıllığı üçün

$$\Re_j = G_{\overline{A}+\lambda\overline{B}}(\lambda_{n_j-1}) \oplus \ldots \oplus G_{\overline{A}+\lambda\overline{B}}(\lambda_{n_j-1})$$

altfəzalar ardıcıllığı $\overline{H}$ fəzasında Bari bazisi müəyyən edir.

Teoremin $B - BA$ operatoru üçün doğruluğu, onun $\overline{A} + \lambda\overline{B} - \lambda\overline{E}$. operatoru üçün də ödənildiyini göstərir.

(1) bərabərliklər sistemindən alınır ki, $\overline{A} + \lambda\overline{B} - \lambda\overline{E}$ operatorunun λ_0 məxsusi qiymətinə uyğun olan $\overline{x} = (x_0, x_1, \ldots, x_{n-1})$ məxsusi vektorunun birinci koordinatı, $L(\lambda)$ operatorunun həmin məxsusi qiymətinə uyğun olan x_0 məxsusi vektoru ilə üst-üstə düşür. Onda ixtiyari $\overline{y} = (y_0, \ldots, y_{n-1}) \in D_{\overline{B}^{-1}}$ element üçün

(2)
$$y = \sum_{i=1}^{\infty} \left(\sum_{k=n_{i-1}}^{n_i - 1} \sum_{s=0}^{n-1} \sum_{r=0}^{n-1} a_{s,r}^{(k)} y_{s,r,i}^{(k)} \right),$$

ayrılışının mənası vardır. Burada, $\overline{y}_{s,r}^{(k)} = (y_{0,s,r}^{(k)}, y_{1,s,r}^{(k)}, \ldots, y_{n-1,s,r}^{(k)}) \in \overline{H}$ vektoru, λ_k məxsusi ədədinə uyğun olan $\overline{y}_{0,r}^{(k)}$ məxsusi vektora s-inci qoşulmuş vektordur.

Nəticə

İşdə operator dəstələrində baş operatorun spektrinin yerləşməsi məsələsi araşdırılmış və onun əsas spektral xüsusiyyətləri öyrənilmişdir. Həmçinin, operator dəstələrinin spektral nəzəriyyəsinə aid əsas anlayışlar təhlil edilmiş, baş operatorun spektrinin kompleks müstəvidə yerləşməsini müəyyən edən şərtlər nəzərdən keçirilmişdir. Bu nəticələr operator dəstələrinin spektral nəzəriyyəsinin inkişafına töhfə verməklə yanaşı, diferensial operatorların və riyazi fizika modellərinin spektral analizində də mühüm rol oynayır. Spektral problemlər həm düz, həm də tərs spektral məsələlərin öyrənilməsində əsas metodoloji baza rolunu oynayır.

Alınmış nəticələr operator nəzəriyyəsi, diferensial tənliklər nəzəriyyəsi və riyazi fizikanın müxtəlif problemlərinin həllində tətbiq oluna bilər.

Ədəbiyyat

1. Dzhabarzade, R.M. (1964). O razlozhenii po s.p. ehlementam operatora, polinomial'no zavisyashchego ot parametra. *Uchenye zapiski. Azerb.Univer. Ser. fiz-mat. nauk, 3*, 75–81.
2. Dzhabarzade, R.M. (2004). Dvukhparametricheskaya sistema operatorov, polinomial'no zavisyashchaya ot spektral'nykh parametrov. *Doklady NANA, 9*(1–2), 9–171.
3. Dzhabarzadeh, R.M. (1998). Spectral theory of two parameter system in finite-dimensional space. *Transactions of AS Azerbaijan, 18*(3–4), 12–18.
4. Dzhabarzadeh, R.M. (1999). Spectral theory of multiparameter system of operators in Hilbert space. *Transactions of Sciences of Azerbaijan, 19*(1–2), 33–40.
5. Dzhabarzadeh, R.M., & Salmanova, G.H. (2015). On Eigenvalues of Nonlinear Operator Pencils with Many parameters. *Open Science Journal of Mathematics and Application, 3*(4), 96–100.

6. Dzhabarzadeh, R.M. (1999). The multiparameter analoque of the Resolvent operator. *Proceeding of IMM of Azerbaijan AS, 11–19*(38), 38–44.
7. Gasymov, M.G. (1971). K teorii polinomial'nykh puchkov operatorov. *DAN SSSR, 199*(4), 747–750.
8. Gasymov, M.G. (1972). O kratnoi polnote chasti sobstvennykh i prisoedinennykh vektorov polinomial'nykh operatornykh puchkov. *Izv. AN Arm. SSR, ser.matem., 6*(2–3), 131–147.
9. Keldysh, M.V. (1971). O polnote sobstvennykh funktsii nekotorykh klassov nesamosopryazhennykh lineinykh operatorov. *UMN, 27*(4), 15–17.
10. Salmanova, G.G. (2010). K spektral'noi teorii nesamosopryazhennykh dvukhparametricheskikh sistem. *Doklady Natsional'noi Akademii Nauk Azerbaidzhana, 66*(4), 3–8.
11. Salmanova, G.G. (2009). Spektral'nye voprosy polinomial'nykh operatornykh puchkov. *Vestnik Bakinskogo Universiteta. Seriya fiziko-matematicheskikh nauk, 4*, 59–64
12. Salmanova, G.G. (2010). K spektral'noi teorii polinomial'nykh puchkov i dvukhparametricheskaya zadacha. *Telavskii gosudarstvennyi universitet. TRANSACTIONS, 1*, 34–47.

Daxil oldu: 29.11.2025
Qəbul edildi: 12.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/116-120

Nuranə İsmayılova
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
https://orcid.org/0009-0007-5795-4605
nurana.smaylova@gmail.com

Süni intellekt və maşın öyrənməsində funksiyaların rolu: nəzəri əsaslar və tətbiqlər

Xülasə

Müasir süni intellekt (Sİ) sistemlərinin əksər əsas komponentlərinin təməlində riyazi funksiya anlayışı dayanır. Neyron şəbəkələrinin qeyri-xətti qabiliyyətini təmin edən aktivləşdirmə funksiyalarından tutmuş, optimallaşdırmanın hədəfini müəyyən edən itki funksiyalarına qədər hər bir arxitektura qərarı funksional seçimdən ibarətdir.

Bu məqalədə funksiya anlayışının tarixi inkişafı, riyazi təməli, eləcə də müasir dərin öyrənmə, transformerlər, diffuziya modelləri və kvant maşın öyrənməsindəki konkret tətbiqləri sistemli şəkildə araşdırılır. Araşdırma göstərir ki, funksiyanın xassələri — xüsusilə diferensiallıq, qeyri-xəttilik və hesabi effektivlik — birbaşa modelin öyrənmə keyfiyyətini müəyyən edir. Aktivləşdirmə funksiyasının seçimi neyron şəbəkəsinin öyrənmə sürətinə təsir edir, itki funksiyası öyrənmənin riyazi məqsədini göstərir və qradiyent hesabı isə törəmə anlayışına əsaslanır.

Açar sözlər: *funksiya, aktivləşdirmə funksiyası, maşın öyrənməsi, süni intellekt, neyron şəbəkəsi, itki funksiyası, optimallaşdırma, transformer, diffuziya modeli*

Nurana Ismayilova
Azerbaijan State Pedagogical University
https://orcid.org/0009-0007-5795-4605
nurana.smaylova@gmail.com

The Role of Functions in Artificial Intelligence and Machine Learning: Theoretical Foundations and Applications

Abstract

The concept of mathematical function underlies every core component of modern artificial intelligence (AI) systems. From activation functions that enable nonlinear capability in neural networks to loss functions that define the objective of optimization, every architectural decision amounts to a functional choice. This paper systematically examines the historical development of the function concept, its mathematical foundations, and its concrete applications in deep learning, transformer architectures, diffusion models, and quantum machine learning.

The research demonstrates that the properties of functions – particularly differentiability, nonlinearity, and computational efficiency – directly determine the quality of model learning. The choice of activation function affects the learning rate of a neural network, the loss function defines the mathematical objective of learning, and the gradient computation is based on the concept of derivatives.

Keywords: *function, activation function, machine learning, artificial intelligence, neural network, loss function, optimization, transformer, diffusion model*

Giriş

Süni intellekt (Sİ) kompüterlərə və maşınlara insan kimi düşünmə, öyrənmə və qərar vermə qabiliyyətini qazandırmağa yönəlmiş bir elmi sahədir. Onun müxtəlif alt sahələri var: maşın öyrənməsi, dərin öyrənmə, təbii dilin işlənməsi və görüntü tanıma.

1943-cü ildə U.Mak-Kallok və U.Pitts öz məqalələrində süni neyron sistemi anlayışını təklif etdilər. D.Xebb 1949-cu ildə "Davranış Orqanizasiyası" əsərində neyronların öyrənilməsinin əsaslarını göstərdi. Bu fikirləri amerikan neyrofizioloq Frenk Rozenblatt inkişaf etdirərək insan davranışlarını modelləşdirən mexanizm yaratdı və onu "Perseptron" adlandırdı.

Süni intellekt insan beyninin koqnitiv funksiyalarının öyrənildiyi, maşın və sistemdə təkrarlandığı kompüter elmi sahəsidir. O, rəqəmsal texnologiyaları idarə etmək, böyük məlumatlar əsasında şəffaf və dəqiq qərar qəbul etmək üçün qurulur.

Maşın öyrənməsi modelinin özəyi isə funksiyalardır: modelin daxilindən keçən hər bir məlumat parçası müxtəlif funksiyaların ardıcıl tətbiqi ilə çevrilir, xətalanır, düzəldilir və nəhayət, proqnoza çevrilir. Süni intellekt və maşın öyrənməsində funksiyalar, həm nəzəri təməl, həm də praktik tətbiqlər üçün mərkəzi anlayışdır; əslində bütün modellər "funksiya seçimi və qurulması" ətrafında formalaşır.

Tədqiqat

İstənilən neyron şəbəkəsinin əsas məqsədi qeyri-xətti ayrılmayan giriş məlumatlarını xətti ayrıla bilən mücərrəd xüsusiyyətlərə çevirməkdir. Qatlar xətti və qeyri-xətti funksiyaların kombinasiyasından ibarətdir (Dubey və b., 2022, s. 95). Ən populyar qeyri-xətti qatlar aktivasiya funksiyalarıdır: Logistik Sigmoid, Tanh, ReLU, ELU, Swish və Mish. Neyron şəbəkələrinin uğurunun əsas şərtlərindən biri modelə qeyri-xəttiliyi gətirən uyğun aktivasiya funksiyasının seçilməsidir. Son otuz ildə ədəbiyyatda 400-dən çox aktivasiya funksiyası təklif edilmişdir (Kunc və Kléma, 2024).

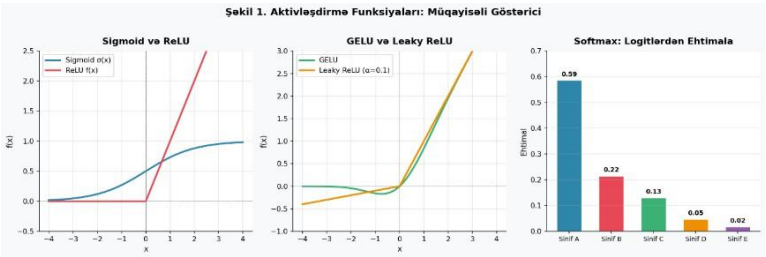
ReLU (Rectified Linear Unit) bu günün aparıcı aktivasiya funksiyasıdır. ReLU son illərdə böyük populyarlıq qazanmış, onun effektivliyi və sadəliyi onu dərin öyrənmə ictimaiyyətində üstün standart aktivasiya funksiyasına çevirmişdir (Zhang və b., 2024, s. 2). Neyron şəbəkələri mürəkkəb nümunələri öyrənmək və modelləşdirmək üçün qeyri-xəttiliyi modelə daxil edən aktivasiya funksiyalarına böyük etibar göstərir. Tədqiqatlar ReLU, Sigmoid, Tanh, Leaky ReLU, ELU və Swish funksiyalarını dəqiqlik, öyrənmə sürəti kimi əsas göstəricilər üzrə müqayisə edir (Agarwal, 2024, s. 11).

Zərər funksiyası modelin nə qədər yanlış proqnoz verdiyini riyazi olaraq ölçür. Öyrənmə prosesinin bütün məntiqini bu funksiya müəyyən edir:

- Orta Kvadratik Səhv (MSE): $L = (1/n)\cdot\Sigma(y_i - \hat{y}_i)^2$ — reqressiya tapşırıqlarında
- Çarpaz-Entropiya: $L = -\Sigma y_i \cdot \log(\hat{y}_i)$ — klassifikasiya tapşırıqlarında

Sİ sistemlərinin işləmə prinsipi müxtəlif alqoritmlər və statistik modellər üzərində qurulmuşdur. Ən çox istifadə olunan metodlardan biri maşın öyrənməsidir ki, bu da verilən məlumatlar əsasında sistemlərin özlərini təkbaşına inkişaf etdirməsinə imkan verir.

Optimallaşdırma funksiyaları zərəri azaltmaq üçün modelin ağırlıqlarını dəfələrlə yeniləyir. Əsas prinsip qradiyent enişidir:



$$w_{t+1} = w_t - \eta \cdot \nabla L(w_t)$$

Burada η öyrənmə sürətidir (learning rate). Bu prosesin müxtəlif variantları mövcuddur: SGD (Stokastik Qradiyent Enişi), Adam, RMSprop. Dərin neyron şəbəkə metodları böyük həcmdə

verilənlər tələb edir; bəzən daha sadə klassik metodları tətbiq etmək lazım gəlir, çünki dərin neyron şəbəkələri həmişə kömək edə bilmirlər (AZƏRTAC, 2021).

Requlariaşma, modelin yalnız öyrənmə məlumatına deyil, yeni məlumatlara da uyğunlaşmasını təmin edir. L1, L2 normları və Dropout mexanizmi bu məqsədlə istifadə olunur.

Maşın öyrənməsi müxtəlif sahələrdə proqnozlaşdırıcı modellər üçün əsas rol oynayır. Dərin öyrənmə isə daha mürəkkəb verilənlər üzərində nümunələri aşkar etmək üçün istifadə olunur — xüsusən səs tanıma və görüntü analizləri sahəsində geniş tətbiq tapır. NLP kompüterlərə insan dilini başa düşmək və cavablandırmaq imkanı verir. CNN arxitekturasında aktivasiya funksiyasının seçimi şəbəkənin effektivliyinə birbaşa təsir edir. Tədqiqatlar göstərir ki, müxtəlif aktivasiya funksiyaları dəqiqlik, konvergensiya sürəti və təsnifat etimadı göstəricilərini əhəmiyyətli dərəcədə fərqləndirə bilir (Emanuel və b., 2024, s. 293).

Süni intellekt maşın öyrənməni özündə bir alt sahə kimi birləşdirir və bu çərçivədə funksiyalar təkcə statistik modellərdə deyil, həm də məntiqi qayda sistemlərində, ekspert sistemlərində və planlaşdırma alqoritmlərində istifadə olunur. Klassik Sİ-də məntiqi çıxarış qaydaları da "funksiya" kimi işləyir: verilmiş bilik bazasından yeni faktlar çıxaran xəritələndirmədir. Müasir Sİ sistemləri çox vaxt hibriddir: maşın öyrənmə funksiyaları (neyron şəbəkələr) üstündə əlavə qərar və idarəetmə funksiyaları (məsələn, qayda əsaslı modul) işləyir (Unite.AI, n.d.).

Məsələn, spam filtr sistemi e-poçtun mətnini giriş vektoru kimi alır və bir funksiya vasitəsilə "spam" və ya "normal" etiketi proqnozlaşdırır; təlim zamanı bu funksiyanın parametrləri keçmiş etiketli e-poçtlar əsasında optimallaşdırılır. Bu sadə misalda belə, həm model funksiyası, həm itki funksiyası, həm də qərar funksiyası (məsələn, ehtimal > 0.5 isə "spam") eyni vaxtda mühüm rol oynayır (Metsis, 2006, s. 7).

Spam filtr sistemləri maşın öyrənməsinin klassik tətbiq nümunəsidir. E-poçt mətni giriş vektoru kimi qəbul edilir və model funksiyası vasitəsilə "spam" və ya "normal" etiketi proqnozlaşdırılır; təlim zamanı parametrlər etiketli məlumatlarla optimallaşdırılır (Graham, 2002).

Model funksiyası. E-poçt mətni söz-tezlikləri və ya TF-IDF vektoru kimi x şəklində təsvir olunur. Model funksiyası $f(x) = P(\text{spam} \mid x)$ ehtimalını hesablayır – məsələn, logistik reqressiya ilə $f(x) = \sigma(w \cdot x + b)$, burada $\sigma(z) = \frac{1}{1+e^{-z}}$ siqmoid funksiyasıdır. Təlimdə bu w və b dəyərləri keçmiş spam/normal e-poçtlara uyğunlaşdırılır (Bishop, 2006, s. 212).

İtki (zərər) funksiyası. Modelin düzgünlüyünü ölçmək üçün cross-entropy itki funksiyası istifadə olunur:

$$L = -\frac{1}{N}\sum[y\log(\hat{y}) + (1-y)\log(1-\hat{y})]$$

Burada y real etiket (1=spam, 0=normal), $\hat{y} = f(x)$ proqnoz ehtimalıdır (Géron, 2019, s. 112).

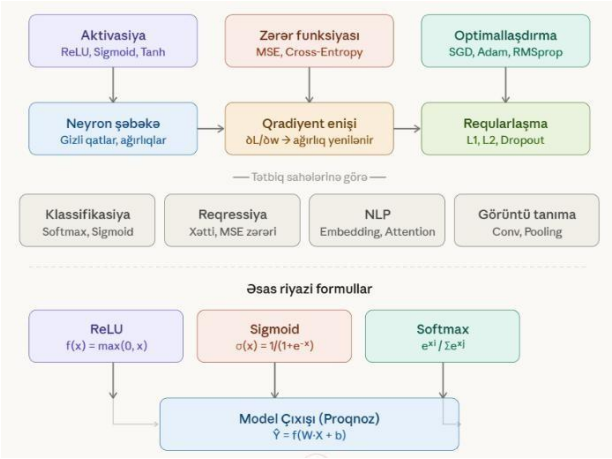
Qərar funksiyası. Proqnoz ehtimalından qərar çıxmaq üçün threshold funksiyası tətbiq edilir:

$$g(\hat{y}) = \begin{cases} \text{spam}, & \text{əgər } \hat{y} > 0.5 \\ \text{normal}, & \text{digər hallarda} \end{cases}$$

Tam proses sxemi

Komponent	Funksiya	Rol
Giriş	x(mətn vektoru)	E-poçt təsviri
Model	$f(x) = \sigma(wx + b)$	Spam ehtimalı
İtki	Cross-entropy L	Optimallaşdırma
Qərar	$g(\hat{y}) > 0.5$	Etiket proqnozu

Bu nümunədə üç funksiya sinxron işləyir: model proqnoz verir, itki keyfiyyəti ölçür, qərar hərəkətə çevirir. Praktikada Bayesian filtr və ya dərin neyron şəbəkələr (LSTM) daha mürəkkəb funksiyalar tətbiq edir, lakin prinsip eynidir.



Şəkil 2. Süni intellekt və maşın öyrənməsində funksiyaların qarşılıqlı əlaqəsi

Nəticə

Süni intellektin bugünkü tətbiqlərində aparıcı komponent kimi maşın öyrənməsi metodları çıxış edir. Hazırda süni intellekt mürəkkəb texnoloji və proqram həlləri kompleksinə çevrilib və bir çox sahədə insanın intellektual fəaliyyətini üstələyən nəticələr əldə etməyə imkan verir. Funksiyalar – aktivasiya, zərər, optimallaşdırma və requlorlaşma – maşın öyrənməsi sistemlərinin dörd əsas sütununu təşkil edir.

Bu funksiyaların düzgün seçilməsi modelin həm öyrənmə sürətini, həm dəqiqliyini, həm də ümumiləşmə qabiliyyətini birbaşa müəyyən edir. Tədqiqat və inkişaf işlərində "Süni İntellekt" iki qola bölünür: "tətbiq olunan Sİ" xüsusi tapşırığı insan təfəkküründən təqlidi hesabına yerinə yetirən sistemlər; "ümumiləşdirilmiş SI" isə maşının zəkasını istənilən işdə heç bir əvvəlcədən proqramlaşdırma olmadan bir insan kimi inkişaf etdirməkdir. Gələcək perspektivlər baxımından aktivasiya funksiyaları sahəsindəki tədqiqatların miqyası artmaqdadır – son onillikdə 400-dən çox yeni funksiya təklif edilmişdir, bu da sahənin nə qədər dinamik inkişaf etdiyini göstərir. Funksiyaların seçimi və optimallaşdırılması bundan sonra da Sİ tədqiqatlarının mərkəzində qalacaqdır.

Sahənin açıq problemlərindən biri daha interpretasiya olunan aktivləşdirmə funksiyalarının işlənib hazırlanmasıdır: böyük dil modelləri hazırda "qara qutu" kimi fəaliyyət göstərir. Digər aktual istiqamət enerji effektivliyidir: milyardlarla parametri hesablayan neyron şəbəkələrinin enerji istehlakı ekoloji baxımdan ciddi narahatlıq yaradır; hesabi cəhətdən daha yüngül, lakin eyni dərəcədə güclü funksional alternativlər axtarışı davam edir.

Ədəbiyyat

1. Agarwal, M. (2024). Comparison of activation functions in neural networks. *International Journal of Advanced Education and Research, 9*(3), 10–16. https://www.alleducationjournal.com/assets/archives/2024/vol9issue3/9025.pdf
2. AZƏRTAC. (2021, 9 dekabr). *Süni intellekt texnologiyalarının inkişafında əsas trendlər.* https://azertag.az/xeber/suni_intellekt_texnologiyalarinin_inkisafinda_esas_trendler-1946778/ https://alas.edu.az/suni-intellekt-muhendisliyi/
3. Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer.
4. Dubey, S. R., Singh, S. K. və Chaudhuri, B. B. (2022). Activation functions in deep learning: A comprehensive survey and benchmark. *Neurocomputing, 503*, 92–108. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2022.06.111

5. Emanuel, R.H.K., Docherty, P.D., Lunt, H. *və b.* (2024). The effect of activation functions on accuracy, convergence speed, and misclassification confidence in CNN text classification: a comprehensive exploration. *J Supercomput 80*, 292–312. https://doi.org/10.1007/s11227-023-05441-7
6. Géron, A. (2019). *Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow.*
7. Graham, P. (2002). *A plan for spam*. http://www.paulgraham.com/spam.html
8. Kunc, V. və Kléma, J. (2024). *Three Decades of Activations: A Comprehensive Survey of 400 Activation Functions for Neural Networks* (arXiv:2402.09092). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.09092
9. Metsis, V., Androutsopoulos, I. və Paliouras, G. (2006). Spam filtering with naive Bayes, which naive Bayes? *Proceedings of the Third Conference on Email and Anti-Spam (CEAS)*.
10. Süni İntellekt Mühəndisliyi: Gələcəyin Texnologiyası və Tətbiq Sahələri. (2025). ALAS Academy. https://alas.edu.az/suni-intellekt-muhendisliyi/
11. Unite.AI. (n.d.). *Artificial intelligence news and analysis*. https://www.unite.ai/
12. Zhang, S., Lu, J. və Zhao, H. (2024). Deep Network Approximation: Beyond ReLU to Diverse Activation Functions. *Journal of Machine Learning Research, 25*, 1–39. https://jmlr.org/papers/volume25/23-0912/23-0912.pdf

Daxil oldu: 23.11.2025
Qəbul edildi: 04.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/121-128

Zülfüqar Hüseynov
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0008-1303-0459
zulfuqarrhuseynovv@gmail.com

Çoxbucaqlılar üzrə sərhəd inteqral tənliklərinin həlli üçün eksponensial yığılma üsulu

Xülasə

İşdə Laplas operatoru üçün qoyulmuş daxili Dirixle məsələsindən gələn potensiallar nəzəriyyəsinin sərhəd inteqral tənliyi və sonlu sayda künc nöqtələri olan oblastlarda müstəvi elastiklik nəzəriyyəsinin birinci sərhəd məsələsi üçün sərhəd inteqral tənliklər sistemi nəzərdən keçirilir. Sadə birləşmiş çoxbucaqlıların sərhədləri olan əyrilər üzrə bu tip inteqral tənliklərin nüvələrinin törəmələri və həlləri üçün qiymətləndirmələr alınmış və eyni kvadratur düsturlar ailəsinin istifadəsinə əsaslanaraq ədədi həll metodu qurulmuşdur. İstifadə olunan kvadratur düsturun düyünlərinin sayına görə metodun eksponensial yaxınlaşma sürəti verilmişdir.

Açar sözlər: *inteqral, tənlik, çoxbucaqlılar, Laplas operatoru, eksponensial yığılma üsulu*

Zulfugar Huseynov
Azerbaijan State Oil and Industry University
Master's student
https://orcid.org/0009-0008-1303-0459
zulfuqarrhuseynovv@gmail.com

Exponential Accumulation Method for Solving Boundary Integral Equations Over Polygons

Abstract

The boundary integral equation of potential theory is considered for the interior Dirichlet problem for the Laplace operator and a system of boundary integral equations for the first boundary value problem of plane elasticity theory in domains with a finite number of corner points. Estimates are given for the derivatives of the kernels and solutions of these types of integral equations on curves that are the boundaries of simply connected polygons, and a numerical solution method is constructed based on the use of the same family of composite quadrature formulas. The exponential rate of convergence of the method with respect to the number of nodes of the quadrature formula used is proven.

Keywords: *integral, equation, polygons, Laplace operator, exponential accumulation method*

Giriş

Çətin formalı sahələrdə elliptik tip sərhəd məsələlərinin ədədi həll üsullarından biri sərhəd inteqral tənliklər metodudur. Sərhəd inteqral tənlikləri şərti olaraq iki sinfə bölünə bilər: Birbaşa tənliklər, burada naməlum funksiyalar məsələnin məzmunlu formulyasiya baxımından mənalıdır.

Dolayı tənliklər (daha çox potensial nəzəriyyəsinin inteqral tənlikləri kimi tanınır), burada əsas məsələnin həlli köməkçi funksiyalar vasitəsilə inteqral hesablamalarla tapılır. Sərhəd inteqral tənliklərinin ədədi həllində, həm klassik kvadratur metodunda, həm də sərhəd elementləri metodunda, qeydsimmetrik dolu matrislərdən ibarət xətti tənliklər sistemlərini həll etmək lazım gəlir (Babushka və b., 1990; Parton və Perlin, 1977; Chendler, 1986).

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Hesablama xərclərini azaltmaq üçün iki yanaşma tətbiq oluna bilər: Kvadratur düyünləri və ya sərhəd elementləri elə seçilir ki, təxmini sistemin matrisi ya birbaşa metodlarla sürətli həll olunacaq formada olsun, ya da həllə tez yaxınlaşan iterativ proses effektiv qurulsun.

Tədqiqat

Bu məqalədə araşdırılan yanaşma isə sistemin ölçüsünü azaltmaqla yanaşı, təxmini həllin dəqiqliyini artırmaqdan ibarətdir.

Əgər sahənin sərhədi bucaqlı nöqtələrdən ibarətdirsə, təxmini xətti sistemin qurulması xeyli çətinləşir, çünki müvafiq inteqral tənliklər zəif şəkildə təklik daşıyan olur. Belə sahələrdə, bəzi birbaşa sərhəd inteqral tənlikləri üçün sərhəd elementlərinin xüsusi seçimi hesabına sərbəstlik dərəcələrinin sayına nisbətən eksponensial yaxınlaşma sürətini təmin etmək mümkündür. İkinci növ potensial nəzəriyyəsi inteqral tənliklərinin ədədi həllində sərhəd elementləri metodundan daha praktik olaraq sadə üsul kvadratur metodudur (Kress, 1990; Maz'ya və Solov'ev, 1998). Standart yanaşma tərkib kvadratur formulasının qurulmasından ibarətdir; burada elementar parçalar bucaqlı nöqtələrə yaxınlaşdıqca sıxlaşır. Hər bir elementar parça üçün eyni sayda düyün istifadə olunur. Bu metod düyünlərin sayına görə cəbrən dəqiqlik dərəcəsini təmin edir.

Məlumdur ki, əgər sahənin sərhədi və sərhəd şərtləri analitikdirsə, orta düzbucaqlı tərkib formulasına əsaslanan metod eksponensial yaxınlaşma sürətinə malikdir. Bu baxımdan sərhədi bucaqlı nöqtələrdən ibarət olan sahələrdə potensial nəzəriyyəsinin inteqral tənliklərinin kvadratur metodu ilə eksponensial dəqiqliklə ədədi həllinin mümkünlüyü məsələsi ortaya çıxır. Bu nəticə, sərhəd tənliklərindəki inteqral təxmini üçün Gauss tərkib kvadratur formulalarının istifadə edilməsi ilə əldə oluna bilər; burada elementar parçalar konturun bucaqlı nöqtələrinə yaxınlaşdıqca sıxlaşır və elementar formulalardakı düyünlərin sayı bucaqlara yaxınlaşdıqca dəyişir. Belə yanaşma sərbəstlik dərəcələrinin sayına nisbətən eksponensial yaxınlaşma sürətini təmin etməyə imkan verir (Kong və b., 2011; Maz'ya, 1988; Khel'zing və Oiyala, 2008; Grehkhem və Chendler, 1988).

$\Omega \subset \mathbb{R}^2$ — sərhədi Γ olan məhdud oblastdır; Γ öz-özünü kəsməyən qapalı əyridir və aşağıdakı parametrik təsvirə malikdir:

$\Gamma = \{x = x(s) = (x_1(s), x_2(s)), s\epsilon[0,T], x(0) = x(T)\}$. Sonrakı mülahizələrdə qəbul edək ki,

$$\Gamma = \bigcup_{j-0}^{J-1} \Gamma_j$$

burada Γ_j -bucaq nöqtələri P_j və P_{j+1}-i birləşdirən düzxətli parça olub (burada P_0=P_j qəbul edilir)

α_j ilə P_j bucaq nöqtəsində daxili bucağın qiymətini işarə edək; bu zaman $0 < \alpha_j < 2\pi$ bütün j üçün bucaq nöqtələri Pj ilə ədədlər toplusu {sj}, j=0,…,J=0 aşağıdakı kimi əlaqələndirilir:

$$x(s_j) = P_j, \quad j = 0, \ldots, J,$$

$$0 = s_0 < s_1 < \cdots < s_{J-1} < s_J = T.$$

Əvvəldə verilmiş Ω oblastında Laplas operatoru üçün Dirixle məsələsini nəzərdən keçirək:

$$\Delta u_0(x) = 0, \quad x \in \Omega,$$

$$u_0(x) = F_0(x), \quad x \in \Gamma. \qquad (1)$$

Həmçinin, elastiklik nəzəriyyəsinin birinci sərhəd məsələsini:

$$\mu\Delta\vec{u} + (\lambda + \mu)\nabla \operatorname{div}\vec{u} = 0, \quad x \in \Omega,$$

$$\vec{u} = \vec{F}, \quad x \in \Gamma. \qquad (2)$$

Burada $\vec{u}=(u_1,u_2)^T$ naməlum vektor-funksiyadır, λ ,μ — Lame sabitləridir, $\vec{F}=(F_1,F_2)^T$.

Sonrakı hissələrdə qəbul edək ki, F_i i=0,1,2 funksiyaları Γ boyunca fasiləsiz və sonsuz diferensiallana biləndir; yalnız bucaq nöqtələrində aşağıdakı tip zəif tənliklərə yol verilir:

$$(s-s_j)^{\theta_j}, 0<\theta_j<1. \qquad (3)$$

Həllin təsviri

(1) məsələsinin həllini ikiqat qat potensialı şəklində axtaracağıq:

$$u_0(x)=\frac{1}{2\pi}\int_\Gamma \Phi_0(y)\frac{\partial}{\partial n_y}\ln|x-y|\,d\Gamma_y,$$

burada Φ_0 — naməlum sıxlıq funksiyasıdır və o, aşağıdakı sərhəd inteqral tənliyinin həllidir:

$$\Phi_0(x)+\frac{1}{\pi}\int_\Gamma \Phi_0(y)\frac{\partial}{\partial n_y}\ln|x-y|\,d\Gamma_y=2F_0(x),\quad x\in\Gamma\setminus\bigcup_{j=0}^{J-1}P_j. \qquad (4)$$

(2) məsələsinin həllini müstəvi ikiqat qat potensialı şəklində axtaracağıq:

$$\vec{u}(x)=\int_\Gamma T_x(\partial_y,\vec{n})\,\Gamma(y-x)\,\vec{\Phi}(y)\,d\Gamma_y,$$

burada Γ(y−x)— (2) məsələsinin fundamental həllidir və aşağıdakı elementlərə malik matrisdir:

$$\Gamma_{ij}(y-x)=\frac{\lambda+3\mu}{2\pi\mu(\lambda+2\mu)}\left(\delta_{ij}\ln|x-y|-\frac{\lambda+\mu}{\lambda+3\mu}\frac{(x_i-y_i)(x_j-y_j)}{|x-y|^2}\right).$$

Burada $T_x(\partial_y,\vec{n})$ ilə *ümumiləşdirilmiş gərginlik operatoru* işarə olunur:

$$(T_x(\partial_y,\vec{n}))_{ij}=\mu\delta_{ij}\frac{\partial}{\partial n_y}+(\lambda+\mu)n_i(y)\frac{\partial}{\partial y_i}+\chi(n_j(y)\frac{\partial}{\partial y_i}-n_i(y)\frac{\partial}{\partial y_j}) \qquad (5)$$

Burada i,j=1,2i ,δij— *Kroneker simvoludur.*

$$\vec{\Phi}(x)+\int_\Gamma T_x(\partial_y,\vec{n})\,\Gamma(y-x)\,\vec{\Phi}(y)\,dy=2\vec{F}(x). \qquad (6)$$

χ=μ olduqda, (5) operatoru klassik gərginlik operatoru olur.

Əgər

$$\chi=\chi_0=\frac{\mu(\lambda+\mu)}{\lambda+3\mu},$$

olarsa, $T_x(\partial_y,\vec{n})$ operatoruna *psevdo-gərginlik operatoru* deyilir,

$\chi\neq\chi_0$ olan bütün hallarda (6) tənliyi hətta hamar sərhədli oblastlar üçün belə sinqulyardır, çünki onun nüvəsi aşağıdakı komponentləri ehtiva edir:

$$\frac{\partial}{\partial s_y}\ln|x-y|,$$

Burada

$\partial s/y\partial$ — Γ əyrisi üzrə yyy nöqtəsində *toxunma törəməsidir*.

Sonrakı hissədə yalnız $\chi=\chi_0$ halını nəzərdən keçirəcəyik; bu halda göstərilən sinqulyar komponentlər aradan qalxır.

İşarə edək:

$$T_{\chi_0}(\partial_y, \vec{n}) \equiv T(\partial_y, \vec{n}), \qquad \vec{\Phi}_{\chi_0} = \vec{\Phi}.$$

(4) sərhəd inteqral tənliyinin və sərhəd inteqral tənliklər sisteminin ədədi həlli ilə bağlı məsələlərin araşdırılmasına keçək:

$$\vec{\Phi}(x) + \int_\Gamma T(\partial_y, \vec{n})\,\Gamma(y-x)\,\vec{\Phi}(y)\,dy = 2\vec{F}(x). \tag{7}$$

3. Kvadratur metodu. Yuxarıda verilmiş Γ əyrisinin parametrizasiyasından istifadə edərək işarə edək:

$$\varphi_k(s) = \Phi_k(x(s)), \qquad f_k(s) = 2F_k(x(s)), \quad k = 0, 1, 2.$$

Qoy t — $[s_j, s_{j+1}]$ parçasının daxili nöqtəsi olsun, $j=0,1,\ldots,J-1$

Aşağıdakı düsturlarla K(s,t) və M(s,t) funksiyalarını müəyyən edək:

$$K(s,t) = \begin{cases} \dfrac{1}{\pi}\dfrac{x_1'(t)(x_2(s)-x_2(t)) - x_2'(t)(x_1(s)-x_1(t))}{(x_1(s)-x_1(t))^2 + (x_2(s)-x_2(t))^2}, & t \neq s, \\ \dfrac{1}{2\pi}\dfrac{x_1'(t)x_2''(t) - x_2'(t)x_1''(t)}{(x_1'(t))^2 + (x_2'(t))^2}, & t = s, \end{cases}$$

$$M_{kl}(s,t) = \begin{cases} K(s,t)\left(a\,\delta_{kl} + b\,\dfrac{(x_k(s)-x_k(t))(x_l(s)-x_l(t))}{(x_1(s)-x_1(t))^2 + (x_2(s)-x_2(t))^2}\right), & t \neq s, \\ K(t,t)\left(a\,\delta_{kl} + b\,\dfrac{x_k'(t)x_l'(t)}{(x_1'(t))^2 + (x_2'(t))^2}\right), & t = s. \end{cases}$$

#

Burada

$$a = \frac{2\mu}{\lambda+3\mu}, \qquad b = \frac{2(\lambda+\mu)}{\lambda+3\mu}, \qquad k, l = 1, 2.$$

İkiqat qat potensialının həndəsi xassələrindən belə nəticə çıxır ki, $s\in[0,T]\setminus U_{J=0}^{J-1}$ olduqda aşağıdakı münasibətlər ödənilir:

$$\int_0^T K(s,t)\,dt = 1, \qquad \int_0^T M(s,t)\,dt = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Bu halda (4) və (7) tənlikləri ekvivalent formada yazıla bilər:

$$2\varphi_0(s) + \int_0^T K(s,t)\big(\varphi_0(t) - \varphi_0(s)\big)\,dt = f_0(s), \quad s \in [0,T], \tag{8}$$

Və

$$2\vec{\varphi}(s) + \int_0^T M(s,t)\big(\vec{\varphi}(t) - \vec{\varphi}(s)\big)\,dt = \vec{f}(s), \tag{9}$$

Burada

$$\vec{\varphi} = (\varphi_1, \varphi_2)^T, \qquad \vec{f} = (f_1, f_2)^T, \quad s \in [0,T].$$

Bu yanaşmanın əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, bucaq nöqtələrinə yaxın ərazilərdə inteqralaltı funksiyaların hamarlığı artır.

[9,10]-dan məlumdur ki, istənilən fasiləsiz T-periodik funksiyalar üçün f_k, k=0,1,2k=0,1,2 (8) və (9) tənlikləri müvafiq olaraq fasiləsiz T-periodik funksiyalar və vektor-funksiyalar fəzasında yeganə həllə malikdir.

(8) tənliyinin və (9) sisteminin təqribi həllini ümumi prinsipial sxem üzrə quracağıq. Qoy $\{n_k\}$— artan sonsuz natural ədədlər ardıcıllığı olsun. Hesab edək ki, hər bir $n=n_k$ üçün kvadratur formulu qurulmuşdur:

$$\int_0^T g(t)\,dt \approx \sum_{j=1}^{n} A_j^{(n)}\, g(t_j^{(n)}) = S_n(g).$$

(8) və (9) tənliklərini operator formasında yazaq:

$$\varphi_0 + K\varphi_0 = f_0, \qquad \vec{\varphi} + M\vec{\varphi} = \vec{f},$$

burada K və M — aşağıdakı kimi təyin olunmuş xətti məhdud operatorlardır:

$$(Kv_0)(s) = v_0(s) + \int_0^T K(s,t)\big(v_0(t) - v_0(s)\big)\,dt,$$

$$(M\vec{v})(s) = \vec{v}(s) + \int_0^T M(s,t)\big(\vec{v}(t) - \vec{v}(s)\big)\,dt,$$

və bu operatorlar müvafiq olaraq fasiləsiz T-periodik funksiyalar və vektor-funksiyalar fəzalarında təyin olunmuşdur.

Daxil edilmiş kvadratur formulaları ailəsi aşağıdakı xətti məhdud operatorlara baxmağa imkan verir:

$$(K_n v_0)(s) = v_0(s) + \sum_{j=1}^{n} A_j^{(n)} K(s, t_j^{(n)})\big(v_0(t_j^{(n)}) - v_0(s)\big),$$

$$(M_n\vec{v})(s) = \vec{v}(s) + \sum_{j=1}^{n} A_j^{(n)} M(s, t_j^{(n)})\big(\vec{v}(t_j^{(n)}) - \vec{v}(s)\big).$$

Qoy $\varphi_0^{(n)}$ funksiyası aşağıdakı xətti tənliyin həlli olsun:

$$\varphi_0^{(n)}(s) + K_n\varphi_0^{(n)}(s) = f_0(s), \quad s \in [0,T]. \tag{10}$$

(10) tənliyinin həllinin axtarışı aşağıdakı xətti cəbri tənliklər sisteminin həllinə gətirilə bilər:

$$2\Phi_{0,i}^{(n)} + \sum_{j=1}^{n} A_j^{(n)} K\left(t_i^{(n)}, t_j^{(n)}\right)\left(\Phi_{0,j}^{(n)} - \Phi_{0,i}^{(n)}\right) = f_0(t_i^{(n)}). \tag{11}$$

Doğrudan da, $\Phi_{0,i}^{(n)} = \phi_0^{(n)}(t_i^{(n)})$ kəmiyyətləri, i = 1, …, n üçün, (10) tənliyinin istənilən $\phi_0^{(n)}$ həlli üçün (11) sistemini ödəyir. Əksinə, əgər $\Phi_{0,i}^{(n)}$, i = 1, …, n kəmiyyətlər toplusu (11) sisteminin həllidirsə, onda müvafiq funksiya (10) tənliyini ödəyir.

$$\varphi_0^{(n)}(s) = \left(f_0(s) - \sum_{j=1}^{n} A_j^{(n)} K\left(s, t_j^{(n)}\right)\Phi_{0,j}^{(n)}\right)\left(2 - \sum_{j=1}^{n} A_j^{(n)} K\left(s, t_j^{(n)}\right)\right)^{-1} \tag{12}$$

Xətti tənliyin həlli ilə xətti cəbri tənliklər sistemi arasında da oxşar bir əlaqə mövcuddur.

$$\vec{\varphi}^{(n)}(s) + M_n \vec{\varphi}^{(n)}(s) = \vec{f}(s), \quad \vec{\varphi}^{(n)} = \left(\varphi_1^{(n)}, \varphi_2^{(n)}\right), \quad s \in [0,T], \tag{13}$$

$$2\Phi_{1,i}^{(n)} + \sum_{j=1}^{n} A_j^{(n)}\left(\sum_{m=1}^{2} M_{1,m}(t_i^{(n)}, t_j^{(n)})\right)\left(\Phi_{m,j}^{(n)} - \Phi_{m,i}^{(n)}\right) = f_1(t_i^{(n)}),$$

$$2\Phi_{2,i}^{(n)} + \sum_{j=1}^{n} A_j^{(n)}\left(\sum_{m=1}^{2} M_{2,m}(t_i^{(n)}, t_j^{(n)})\right)\left(\Phi_{m,j}^{(n)} - \Phi_{m,i}^{(n)}\right) = f_2(t_i^{(n)}). \tag{14}$$

Burada i=1,…,n- dir.
$\vec{\varphi}^{(n)}$ vektor-funksiyasının komponentləri hər bir s∈[0,T] üçün aşağıdakı iki xətti tənliklər sisteminin həlli kimi müəyyən edilə bilər.

$$\left(2 - \sum_{j=1}^{n} A_j^{(n)} M_{1,1}(s, t_j^{(n)})\right)\varphi_1^{(n)}(s) - \left(\sum_{j=1}^{n} A_j^{(n)} M_{1,2}(s, t_j^{(n)})\right)\varphi_2^{(n)}(s) =$$

$$= f_1(s) - \sum_{j=1}^{n} A_j^{(n)}\left(\sum_{m=1}^{2} M_{1,m}(s, t_j^{(n)})\Phi_{m,j}^{(n)}\right),$$

$$-\left(\sum_{j=1}^{n} A_j^{(n)} M_{2,1}(s, t_j^{(n)})\right)\varphi_1^{(n)}(s) + \left(2 - \sum_{j=1}^{n} A_j^{(n)} M_{2,2}(s, t_j^{(n)})\right)\varphi_2^{(n)}(s) =$$

$$= f_2(s) - \sum_{j=1}^{n} A_j^{(n)}\left(\sum_{m=1}^{2} M_{2,m}(s, t_j^{(n)})\Phi_{m,j}^{(n)}\right).$$

Bu sistemin həll oluna bilməsi və (12) təsvirinin mümkünlüyü (Atkinson, 1997; Bremer və Roklin, 2010) işlərində araşdırılmışdır.

4. Xüsusi kvadratur formulasının qurulması. Yuxarıda təsvir olunan inteqral tənliklərin təxmini həllərinin qurulması yanaşması, baxılan hər iki məsələ üçün ümumi olan tərkib kvadratur formulaları ailəsi əsasında reallaşdırıla bilər. Gələcəkdə (Bakhvalov, 1967) işində əldə olunmuş aşağıdakı nəticədən istifadə edəcəyik.

Aşağıdakı inteqralın hesablanması məsələsinə baxaq

$$\int_0^1 g(t)\,dt,$$

burada g(t) funksiyası (0,1] intervalında müəyyən edilmişdir və müəyyən bir $0<\rho<10$ üçün aşağıdakı bərabərsizlikləri ödəyir.

$$\left|\frac{d^n g(t)}{dt^n}\right| \leqslant \text{const}\,\frac{(n+1)!}{(\rho t)^{n-\beta+1}}.$$

Burada $t\in(0,1]$, $n=0,1,2,\ldots$ və $0<\beta<10$ -dir.

Əgər g funksiyası (15) şərtlərini ödəyirsə, onda elə bir natural N_0 ədədi mövcuddur ki, istənilən $N>N_0$ natural ədədi üçün

$$\overline{S}_N(g)=\sum_{i=1}^{n}\overline{A}_i^{(N)}g(t_i^{(N)})$$

n=n(N) sayda düyünə malik kvadratur.

$$\left|\int_0^1 g(t)dt-\overline{S}_N(g)\right| \leqslant b\,\exp(-c\sqrt{n}),$$

b, c, c_1 və c_2 sabitləri isə müsbətdir və N-in seçimindən asılı deyildir.

5. Bucaqlı nöqtələrin yaxınlığında sərhəd inteqral tənliklərinin həllərinin asimptotikası. Yüksək dəqiqlik dərəcəsinə malik kvadratur formullarının qurulması üçün konturun bucaqlı nöqtələrinin yaxınlığında (8) və (9) inteqral tənliklərinin həllərinin davranışı haqqında məlumat tələb olunur. Bundan sonra belə qəbul edəcəyik ki, fk funksiyaları, k=1,2, $s\in(s_j,s_{j+1})$ j=1,…,J−1 olan istənilən nöqtədə sonsuz dəfə diferensiallana biləndir və müəyyən bir $0<\gamma<10$ üçün aşağıdakı qiymətləndirmə doğrudur.

$$\left|\frac{d^n f_k(s)}{ds^n}\right| \leqslant \text{const}\left(\sum_{i=0}^{1}\frac{n!}{\left|x(s)-x(s_{j+i})\right|^{n-\gamma}}\right).$$

Hər bir j=0,…,JJ üçün elə βij, i=0,1,2ədədlərini nəzərə alaq ki,

$$\beta_{0j}=\pi\big(\pi+|\pi-\alpha_j|\big)^{-1},$$

və $\beta_{1j}=\beta_{2j}$ ədədi verilmiş tənliyin köküdür.

$$\left(\left(\frac{\lambda+3\mu}{\lambda+\mu}\right)\sin\beta\big(\pi+|\pi-\alpha_j|\big)\right)^2=\Big(\beta\sin\big(\pi+|\pi-\alpha_j|\big)\Big)^2$$

ən kiçik müsbət həqiqi hissəyə malikdir. Qeyd edək ki, bütün β_{ij} ədədləri (0.5, 1) intervalında yerləşir. Bu halda aşağıdakı nəticə doğrudur (Bremer və Roklin, 2010; Kress, 1999; Chendler, 1986).

$\lambda=\{\lambda_{ij}\}$ i=0,1,2, j=0,1,…,J ədədlər çoxluğunu nəzərdən keçirək və elə olsun ki, $0<\lambda_{ij}<\beta_{ij}$

Onda elə bir c (Γ, f_0, f_1, f_2, λ) sabiti mövcuddur ki, o yalnız Γ əyrisinin növündən, f_k funksiyalarından (k=0,1,2) və λ ədədlər çoxluğundan asılıdır və (8) və (9) tənliklərinin həlləri üçün hər bir $s\in[0,T]$ nöqtəsində aşağıdakı qeyri-bərabərlik yerinə yetirilir.

$$\left|\varphi_i(s)-\varphi_i(s_j)\right| \leqslant c(\Gamma,f_0,f_1,f_2,\lambda)\left|x(s)-x(s_j)\right|^{\lambda_{ij}}.$$

Nəticə

İşdə potensiallar nəzəriyyəsindən istifadə edərək Laplas tənliyi üçün qoyulmuş daxili Dirixle sərhəd məsələsindən gələn inteqral tənliyin və elastiklik nəzəriyyəsinin birinci sərhəd məsələsindən gələn inteqral tənliklər sisteminin həlli üçün kvadratur düsturlar üsulu verilmişdir. Həmçinin, alınan təqribi həllin xətasının eksponensial yaxınlaşma sürəti də verilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Atkinson, K.EH. (1997). *Chislennoe reshenie integral'nykh uravnenii vtorogo roda*. Cambridge University Press.
2. Babushka, I., Guo, B.K. və Stefan, E.P. (1990). Ob ehksponentsial'noi skhodimosti h-p versii granichno-ehlementnogo metoda Galerkina na mnogougol'nykh oblastyakh. *Math. Methods Appl. Sci., 12*(5), 413–427.
3. Bakhvalov, N.S. (1967). Ob optimal'noi skorosti integrirovaniya analiticheskikh funktsii. *ZH. Vychisl. Mat. Mat. Fiz., 7*(5), 1011–1020.
4. Bremer, I., Roklin, V. (2010). Ehffektivnaya diskretizatsiya granichnykh integral'nykh uravnenii Laplasa v mnogougol'nykh oblastyakh. *J. Comput. Phys., 229*(7), 2507–2525.
5. Chendler, A.A. (1986). Sverkhskhodyashchiesya approksimatsii resheniya odnogo granichnogo integral'nogo uravneniya v mnogougol'nykh oblastyakh. *SIAM J. Numer. Anal., 23*(6), 1214–1229.
6. Grehkhem, I.G. və Chendler, A.A. (1988). Metody vysokogo poryadka dlya lineinykh funktsionalov reshenii integral'nykh uravnenii vtorogo roda. *SIAM J. Numer. Anal., 25*(5), 1118–1137.
7. Khel'zing, I. və Oiyala, R. (2008). Uglovye singulyarnosti dlya ehllipticheskikh zadach: integral'nye uravneniya, utochnennye setki, kvadratury i szhatye obratnye operatory. *J. Comput. Phys., 227*(20), 8820–8840.
8. Kong, YU.YU., Bremer, I. və Roklin, V. (2011). Adaptivnyi bystryi pryamoi reshatel' dlya granichnykh integral'nykh uravnenii vtorogo roda. *Appl. Comput. Harmon. Anal., 31*(3), 346–369.
9. Kress, R. (1990). Metod Nyustrema dlya granichnykh integral'nykh uravnenii v uglovykh oblastyakh. *Numer. Math., 58*(1), 145–161.
10. Kress, R. (1999). *Lineinye integral'nye uravneniya*. Springer, Geidel'berg.
11. Maz'ya, V.G. (1988). Granichnye integral'nye uravneniya. v sb.: Analiz-4, VINITI, Itogi nauki i tekhniki. *Seriya: Sovremennye problemy matematiki. Fundamental'nye napravleniya*, *27*, 131–228.
12. Maz'ya, V.G. və Solov'ev, A.A. (1998). Integral'nye uravneniya logarifmicheskogo potentsiala na zamknutykh (gladkikh) konturakh v fazakh Gel'dera. *Algebra i analiz, 10*(5), 85–142.
13. Parton, V.Z. və Perlin, P.I. (1977). *Integral'nye uravneniya v teorii uprugosti*. Nauka.

Daxil oldu: 07.12.2025
Qəbul edildi: 11.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/129-136

Maşallah Əhədzadə
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0008-1753-6828
masallahehedzade@gmail.com

Çebışev sırasının tətbiqi ilə bir sinif sinqulyar nüvəli inteqral tənliyin təqribi həllinin araşdırılması

Xülasə

İşdə çatlar nəzəriyyəsi, elastiklik nəzəriyyəsi, elektrodinamika, aerodinamika və s. məsələlərində geniş tətbiq olunan birinci növ sinqulyar nüvəli inteqral tənliyin təqribi həllinin varlığı və yeganəliyi göstərilmişdir. Bundan əlavə, bu işdə ilk dəfə olaraq kəsik üzərində sinqulyar tənliklərin təqribi həlli üçün Çebışev sıralarından istifadə olunan bir üsul təklif olunmuşdur. Verilən bu üsulun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, sinqulyar inteqral tənliyin həlli məsələsi sıxlığın Çebışev sırası ilə əvəz olunmasından sonra verilmiş həllin uyğunlaşma əmsalları üzrə naməlum xətti cəbri tənliklər sisteminin həllinə gətirilir. Həmçinin, baxılan birinci növ sinqulyar nüvəli inteqral tənliyin təqribi həllinin dəqiq həllə yığılma sürəti verilmişdir və alınan nəticələrin bir neçə nümunə misallar üzərində dəqiqliyi də yoxlanılmışdır.

Açar sözlər: *tənlik, inteqral, sinqulyar nüvəli, Çebışev sıraları*

Mashallah Ahadzada
Azerbaijan State Oil and Industry University
Master's student
https://orcid.org/0009-0008-1753-6828
masallahehedzade@gmail.com

Investigation of the Approximate Solution of a Class of Singular Kernel Integral Equations Using Chebyshev Series

Abstract

In this work, the existence and uniqueness of an approximate solution of a singular kernel integral equation of the first kind, which is widely used in problems of crack theory, elasticity theory, electrodynamics, aerodynamics, etc., are shown. In addition, in this work, for the first time, a method using Chebyshev series for the approximate solution of singular equations on a section is proposed. The essence of this method is that the problem of solving a singular integral equation is reduced to the solution of a system of unknown linear algebraic equations in terms of the adaptation coefficients of the given solution after replacing the density with the Chebyshev series. Also, the convergence rate of the approximate solution of the considered singular kernel integral equation of the first kind to the exact solution is given, and the accuracy of the obtained results is also checked on several sample examples.

Keywords: *equation, integral, singular core, Chebyshev series*

Giriş

Bu işdə müəyyən çəkili funksiyaya malik kəsik üzərində birinci növ sinqulyar inteqral tənliklərə baxılır. Bu tip sinqulyar tənliklər çatlar nəzəriyyəsi, elastiklik nəzəriyyəsi, elektrodinamika, aerodinamika və s. məsələlərdə geniş tətbiq olunur ki, bu da onların həlli üçün ədədi metodların işlənib hazırlanmasının vacibliyini göstərir.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Bu istiqamətdə ən erkən işlərdən biri M.A.Lavrentyevin (Lavrentiev, 1932) işi hesab olunur; həmin işdə aerodinamikanın praktik məsələsi sinqulyar inteqral tənliyə gətirilir və belə tənliklərin həlli üçün ədədi metod əsaslandırılır. Bu işə görə İ.M.Musxelişvili öz kitabında yazır: "… sinqulyar inteqral tənliklərin təqribi həlli üçün analitik metodların sonrakı inkişafı, mənim fikrimcə, bu tənliklər nəzəriyyəsinin ən mühüm aktual vəzifələrindən biridir" (Muskhelishvili, 1968). Sonralar sinqulyar inteqral tənliklərin ədədi həlli üçün müxtəlif metodlar işlənmişdir; onlardan biri S.M.Belotserkovski tərəfindən təklif edilmiş və K.İ.Lifanov tərəfindən əsaslandırılmış "diskret sinqularlıqlar metodu"dur (Belotserkovski və Lifanov, 1985; Lifanov, 1995; Besaeva və Khubezhty, 2016; Boikov, 2004). Qeyd olunan metod bu günə qədər də təqribi həll nəzəriyyəsində aktual metodlardan biri olaraq qalır. Qeyd edək ki, bu metod sonlu sayda nöqtədə həllin təqribi qiymətlərini verir. Bir çox hallarda isə bütün kəsik üzrə yararlı olan analitik təqribi həllin əldə edilməsi tələb olunur. Bu tip metodlara Çebışev çoxhədliləri ilə əlaqəli metodlar daxildir (Krylov, 1967; Natanson, 1949; Suetin, 1979).

Tədqiqat

Bu işdə ilk dəfə olaraq (Pashkovski, 1983), kəsik üzərində sinqulyar tənliklərin təqribi həlli üçün Çebışev sıralarından istifadə edən bir metod təklif olunur. Metodun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, sinqulyar inteqral tənliyin həlli məsələsi sıxlığın Çebışev sırası ilə əvəz olunmasından sonra verilmiş həllin uyğunlaşma əmsalları üzrə naməlum xətti cəbri tənliklər sisteminin həllinə gətirilir. C_1, C_2, …, C_n ayrışma əmsalları tapıldıqdan sonra təqribi həll analitik formada əldə edilir ki, bu da naməlum funksiyanın (Lavrentiev, 1932; Kantorovich və Akilov, 1984) kəsiyinin bütün nöqtələrində qiymətlərini tapmağa imkan verir.

2. Çebişev sıraları

[−1,1] kəsiyində təyin olunmuş və həqiqi və ya kompleks qiymətlər alan f funksiyasına baxaq. Fərz edək ki, bu kəsikdə onu birinci növ Çebışev çoxhədliləri üzrə sıraya ayırmaq olar, yəni elə sabitlər a_0,a_1, ... mövcuddur ki,

$$F(x) = \sum_0^\infty a_l \, T_l(x). \qquad (1)$$

Məlumdur ki, Çebışev çoxhədliləri

$T_l(x)=\cos(l\arccos x)(l=0,1,\ldots)$ $[-1,1]$ kəsiyində $(1-x^2)^{-1/2}$

$$\int_{-1}^{1}(1-x^2)^{-1/2} T_k^2(x)dx = \begin{cases} \pi, & k=0 \\ \frac{\pi}{2}, & k>0 \end{cases}$$

(1) bərabərliyinin hər iki tərəfini $(1-x^2)^{-1/2}$ -ə vurub $[-1,1]$ kəsiyində inteqrallaşdırsaq, (1) sırasının əmsalları a_k üçün aşağıdakı düsturları alırıq:

$$a_k = \frac{2}{\pi}\int_{-1}^{1}(1-x^2)^{-\frac{1}{2}} f(x)\,T_k(x)\,dx, \qquad k = 0,1,\ldots.$$

Buradan x=cos*t* əvəzləməsinin köməyi ilə ekvivalent və çox vaxt daha əlverişli olan düstur əldə edilir.

$$a_k[f] = \frac{2}{\pi}\int_0^\pi f(\cos t)\cos kt\,dt, \quad k = 0,1,\ldots$$

$a_k[f]$ kəmiyyətini f funksiyasının k-cı Çebışev əmsalı və seriyası adlandıracağıq.

$$\sum_{k=0}^{\infty}{}' a_k[f]\,T_k(x)$$

-f funksiyasının Çebışev seriyası. Burada $\sum$ simvolu düsturla təyin olunur

$$\sum_{j=l}^{m}{}' a_j = \frac{1}{2}a_l + a_{l+1} + \ldots + a_m, \quad m \geqslant l.$$

3. Sinqulyar inteqral tənliyin həlli üçün hesablama sxemi formasının sinqulyar inteqral tənliyini nəzərdən keçirək:

$$\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{\varphi_0(t)}{t-x}\,dt + \frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}k(x,t)\,\varphi_0(t)\,dt = f(x), \tag{2}$$

burada k(x, t), f(x) ∈ H_r (α) (r ≥ 1, 0 < a ≤ 1) funksiyaları verilmişdir (H_r(a), r-1 tərtibinə qədər kəsilməz törəmələri olan funksiyalar sinfidir və r tərtibinin törəməsi a dərəcəli Hölder şərtini ödəyir). (2) tənliyinin k = 1 indeksi formasının həllinə uyğundur.

$$\varphi_0(t) = \frac{\varphi(t)}{\sqrt{1-t^2}},$$

burada (t) [-1,1] aralığında kifayət qədər hamar bir funksiyadır. Onda (2) tənliyi aşağıdakı formanı alır:

$$K\varphi \equiv \frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\cdot\frac{\varphi(t)}{t-x}\,dt + \frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\cdot k(x,t)\,\varphi(t)\,dt = f(x). \tag{3}$$

Gəlin naməlum funksiyanı φ(t) Çebışev seriyasındakı genişləndirmə ilə əvəz edək:

$$\varphi(t) = \sum_{k=1}^{\infty} C_k\,T_{k-1}(t), \tag{4}$$

burada C_k müəyyən edilməmiş əmsallardır. Nəticədə yaranan genişlənməni φ(t) (3) tənliyinə yerləşdirərək aşağıdakı tənliyi alırıq:

$$\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\cdot\frac{1}{t-x}\cdot\left(\sum_{k=1}^{\infty}C_k\,T_{k-1}(t)\right)dt + \frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{k(x,t)}{\sqrt{1-t^2}}\left(\sum_{k=1}^{\infty}C_kT_{k-1}(t)\right)dt = f(x)$$

$$\sum_{k=1}^{\infty}C_k\cdot\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\cdot\frac{T_{k-1}(t)}{t-x}\,dt + \sum_{k=1}^{\infty}C_k\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{k(x,t)}{\sqrt{1-t^2}}\,T_{k-1}(t)\,dt = f(x). \tag{5}$$

İnversiya düsturundan istifadə etməklə

$$\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\cdot\frac{T_{k-1}(t)}{t-x}\,dt=\begin{cases}0, & k=1,\\ U_{k-2}(x), & k\neq 1\end{cases} \tag{6}$$

və kvadratura düsturu

$$\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\,f(t)\,dt\approx\frac{1}{m}\sum_{k=1}^{m}f\left(\cos\frac{2k-1}{2m}\pi\right), \tag{7}$$

burada U_{k-2} (x) 2-ci növ Çebişev polinomudur

$$U_{k-2}(x)=\frac{\sin((k-1)\arccos x)}{\sqrt{1-x^2}}$$

Alırıq

$$\sum_{k=2}^{\infty}C_k\,U_{k-2}(x)+\sum_{k=1}^{\infty}C_k\cdot\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}k(x,\overline{x_j})\,T_{k-1}(\overline{x_j})=f(x), \tag{8}$$

Harada

$$\overline{x_j}=\cos\frac{2j-1}{2m}\pi,$$

j =1,2, ... ,m

(8) tənliyinin unikal həlli yoxdur, bu həll ixtiyari parametrdən asılıdır, (8) tənliyinin unikal həllini tapmaq üçün şərt qoyulur

$$\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{\varphi(t)}{\sqrt{1-t^2}}\,dt=C_0 \tag{9}$$

burada C_0 φ(t)-ni təyin edən ixtiyari sabitdir. Beləliklə, φ (t)-in yeganə həlli C_0-dan asılıdır. Onun (4) təsvirini φ (x) əvəzinə (9)-a yerləşdirsək, əldə edirik:

$$\sum_{k=1}^{\infty}C_k\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{T_{k-1}(t)}{\sqrt{1-t^2}}\,dt=C_0 \tag{10}$$

(8) və (10) tənlikləri sistem kimi nəzərdən keçiriləcəkdir. (8)-də əlavə olaraq, x-ə $x_i = -1 + ih$, $h =2/n+1$, $i = 1, ..., n - 1$ qiymətlərini $m = n$ ilə təyin edərək, $C_1, C_2, ..., C_n, ...$ naməlumları üçün xətti cəbri tənliklər sistemi əldə edirik.

$$\begin{cases} \sum\limits_{k=2}^{\infty} C_k\, U_{k-2}(x_i) + \sum\limits_{k=1}^{\infty} C_k \cdot \frac{1}{n} \sum\limits_{j=1}^{n} k(x_i, \overline{x_j})\, T_{k-1}(\overline{x_j}) = f(x_i), \\ \sum\limits_{k=1}^{\infty} C_k \frac{1}{n} \sum\limits_{j=1}^{n} T_{k-1}(\overline{x_j}) = C_0. \end{cases} \tag{11}$$

i=1, 2, ..., n – 1

Gələcəkdə φ(t) funksiyasının təxmini qiymətini formada nəzərdən keçirəcəyik.

$$\varphi(t) \approx \sum_{k=1}^{n} C_k\, T_{k-1}(t)$$

Onda (11) əvəzinə nxn tərtibli xətti cəbri tənliklər sistemi alacağıq:

$$\begin{cases} \sum\limits_{k=2}^{n} C_k U_{k-2}(x_i) + \sum\limits_{k=1}^{n} C_k \cdot \frac{1}{n} \sum\limits_{j=1}^{n} k(x_i, \overline{x_j})\, T_{k-1}(\overline{x_j}) = f(x_i), \\ \sum\limits_{k=1}^{n} C_k \frac{1}{n} \sum\limits_{j=1}^{n} T_{k-1}(\overline{x_j}) = C_0. \end{cases} \tag{12}$$

i=1, 2, ..., n – 1

(12) sisteminin C_1, C_2, ..., C_n naməlumlarına görə həlli bizə (2) tənliyinin təxmini həllini formada verir:

$$\varphi_0(t) \approx \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} \cdot \sum_{k=1}^{n} C_k\, T_{k-1}(t)$$

4. Hesablama sxeminin əsaslandırılması və səhv qiymətləndirməsi

Tutaq ki, φ (t) Є $H_r(\alpha)$ funksiyaları fəzasıdır. X fəzasındakı norma düsturla təyin olunur

$$\|\varphi\| = \|\varphi(t)\|_{C[-1;1]} + \sup_{\substack{t_1 \neq t_2; \\ 0<\beta<\alpha}} \frac{|\varphi(t_1) - \varphi(t_2)|}{|t_1 - t_2|^{\beta}}$$

norma ilə X_n ilə φn(t) =$\sum_{k=0}^{n} \alpha_k\, t^k$ polinom funksiyaları fəzasını ifadə edirik

$$\|\varphi_n(t)\| = \|\varphi_n(t)\|_{C_{[-1;1]}} + \sup_{\substack{t_1 \neq t_2; \\ 0<\beta<\alpha}} \frac{|\varphi_n(t_1) - \varphi_n(t_2)|}{|t_1 - t_2|^{\beta}}$$

K operatorunun X fəzasından X-ə doğru hərəkət etdiyini və K^{-1} məhdud tərs operatoruna malik olduğunu fərz edəcəyik. X fəzasını X_n fəzasına düsturuna uyğun olaraq proyeksiya edən operatoru P_n ilə işarə edəcəyik.

$$P_n[\varphi(t)] = \sum_{k=1}^{n} \frac{T_n(x)}{(t - x_k) T_n'(x_k)} \varphi(x_k).$$

Məlumdur ki, ||P|| ≤Cln n qiymətləndirməsi Lebeq sabiti üçün keçərlidir. (3) tənliyinin təxmini həllini funksiya şəklində axtaracağıq.

$$\varphi_n(t) = \sum_{k=1}^{n} C_k\, T_{k-1}(t)$$

C_k əmsalları, operator şəklində tənliklə təmsil olunan xətti cəbri tənliklər sistemindən təyin olunur

$$P_n\left[\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{\varphi_n(t)}{\sqrt{1-t^2}(t-x)}\,dt+\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\cdot P_n^t\left[k(x,t)\varphi_n(t)\right]dt\right]=P_n[f(x)] \tag{13}$$

burada P_n [ψ(t)] birinci növ Çebışev polinomlarının sıfır düyünləri üzərində n dərəcəli interpolasiya polinomları çoxluğu üzərində proyeksiya operatorudur. (6) və (7) düsturlarından istifadə edərək (13) tənliyi aşağıdakı kimi yenidən yazıla bilər:

$$\mathbf{K}_n\varphi_n\equiv\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\cdot\frac{\varphi_n(t)}{t-x}\,dt+P_n^x\left(\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\cdot P_n^t[k(x,t)]\,\varphi_n(t)\,dt\right)=P_n[f(x)] \tag{14}$$

Kollokasiya metodunu (3) tənliyinə tətbiq edək. Operator şəklində bu formaya malikdir

$$\overline{\mathbf{K}}_n\varphi_n\equiv\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\cdot\frac{\varphi_n(t)}{t-x}\,dt+P_n^x\left[\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\,k(x,t)\,\varphi_n(t)\,dt\right]=P_n^x[f(x)] \tag{15}$$

Fərqin normasını qiymətləndirək

$$\begin{aligned}\left\|\mathbf{K}\varphi_n-\overline{\mathbf{K}}_n\varphi_n\right\|&=\left\|\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\,k(x,t)\,\varphi_n(t)\,dt-P_n^x\left[\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\,k(x,t)\,\varphi_n(t)\,dt\right]\right\|\\&\leqslant\left\|\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\big(k(x,t)-k_n^x(x,t)\big)\varphi_n(t)\,dt\right\|\\&+\left\|P_n^x\left[\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\big(k(x,t)-k_n^x(x,t)\big)\varphi_n(t)\,dt\right]\right\|=I_1+I_2,\end{aligned}$$

burada k_n^x (x, t) x dəyişəninin n-1 dərəcəsinin k (x, t) funksiyasına ən yaxşı vahid yaxınlaşmasının polinomudur. Bunu görmək asandır

$$I_1\leqslant Cn^{\beta}\overline{E}_{n-1}^{x}(k(x,t))\|\varphi_n\|,$$

$$I_2\leqslant Cn^{\beta}\|P_n\|\overline{E}_{n-1}^{x}(k(x,t))\|\varphi_n\|$$

Və buna görə də

$$\left\|\mathbf{K}\varphi_n-\overline{\mathbf{K}}_n\varphi_n\right\|\leqslant Cn^{\beta}\|P_n\|\overline{E}_{n-1}^{x}(k(x,t))\|\varphi_n\|$$

$$\overline{E}_n^x(k(x,t))=\max_{-1\leqslant t\leqslant 1}E_n^x(k(x,t)).$$

Sonuncu bərabərsizlikdən və tərs çevrilə bilən operatorlar üçün təqribi metodların ümumi nəzəriyyəsindən belə çıxır ki, $q = Cn^{\beta}\ \|K^{-1}\|\ \|P_n\|\ \overline{\overline{E}}_{n-1}^{x}(k(x,t)) < 1$ olan n üçün tərs operator K^{-1} mövcuddur. $\|\overline{K}_{\bar{n}} - K_n\|$ fərqinin normasını qiymətləndirək. Aydındır ki,

$$\|\overline{\mathbf{K}}_n\varphi_n - \mathbf{K}_n\varphi_n\| = \left\| P_n^x \left[\frac{1}{\pi} \int_{-1}^{1} \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} \big(k(x,t) - P_n^t[k(x,t)]\big)\varphi_n(t)\,dt \right] \right\|$$
$$\leqslant Cn^{\beta} \|P_n\| \overline{E}_n^t(k(x,t)) \|\varphi_n\|,$$

burada $\bar{E}_n^t = \max_{-1\leq x\leq 1} \bar{E}_n^t[k(x,t)]$. Tutaq ki, $n_0 \geq$ n üçün bərabərsizliyi ödənilir.

$$Cn^{\beta} \left(\|P_n\| \overline{E}_n^x(k(x,t)) + \|P_n\| \overline{E}_n^t(k(x,t)) \right) < 1.$$

Banax teoremindən belə nəticə çıxır ki,

$$\|\varphi^* - \varphi_n^*\| \leqslant Cn^{\beta} \left(\|P_n\| \overline{E}_n^x(k(x,t)) + \|P_n\| \overline{E}_n^t(k(x,t)) \right)$$

burada φ^* və φ_n^* n müvafiq olaraq (3) və (14) tənliklərinin həlləridir. Beləliklə, sübut olunur.
Teorem. Tutaq ki, K operatoru tərs funksiyası k(x,t), f(t) ∈ $H_4(a)$-ya malikdir və elə olmalıdır ki,

$$Cn^{\beta} \left\| K^{-1} \right\| \left(\overline{E}_n^x(k(x,t)) + \overline{E}_n^t(k(x,t)) \right) \ln n < 1$$

Onda (13) sisteminin unikal həlli var və:

$$\|\varphi^* - \varphi_n^*\| \leqslant O\left(\frac{\ln n}{n^{r+\alpha-\beta}} \right)$$

5. Nümunələr
Yuxarıda təsvir olunan metodu göstərmək üçün bir neçə sadə nümunə verək.
NÜMUNƏ 1. Tənliyi nəzərdən keçirin:

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^{1} \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} \cdot \frac{\varphi(t)}{t-x}\,dt + \frac{1}{\pi} \int_{-1}^{1} \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} \cdot (x+t)\,\varphi(t)\,dt = x$$

əlavə şərtlə

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^{1} \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} \cdot \varphi(t)\,dt = 1$$

yəni C_0 =1. Bu tənliyin dəqiq həlli φ(t) = 1 funksiyasıdır. Bu halda, (12) sistemini n = 3 üçün həll edərək aşağıdakıları əldə edirik: C_1= 1, C_2 = 1.324547*10^{-8}, C_3 = -3.973643*10^{-8} və təxmini həll funksiyası olacaq:

$$\varphi_3(t) = C_1T_0(t) + C_2T_1(t) + C_3T_2(t) = 1 + (1,324547 \cdot 10^{-8})t - (3,973643 \cdot 10^{-8})(2t^2 - 1) \approx 1.$$

NÜMUNƏ 2. Tənliyi nəzərdən keçirək:

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^{1} \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} \cdot \frac{\varphi(t)}{t-x}\,dt + \frac{1}{\pi} \int_{-1}^{1} \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} \cdot (x+t)\,\varphi(t)\,dt = \frac{3}{2}$$

əlavə şərtlə

$$\frac{1}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-t^2}}\varphi(t)\,dt = 0.$$

$C_0 = 0$. Dəqiq həll $\varphi(t) = t$. $n = 3$ üçün aşağıdakıları əldə edirik: $C_1 = 0$, $C_2 = 1$, $C_3 = 0$, yəni.

$$\varphi_3(t) = T_0(t)\cdot 0 + T_1(t)\cdot 1 + T_2(t)\cdot 0 = t$$

Hesablamalar xətti cəbri tənliklər sistemlərinin həlli üçün Qaus metodundan istifadə etməklə QBasic dilində aparılmışdır. Aydındır ki, bütün $|\varepsilon(t)| \le 0.2*10^{-6}$-dır. Bu ədədi nəticələr yuxarıda təsvir edilən hesablama sxeminin yaxşı tətbiq olunduğunu göstərir.

Nəticə

İşdə Çebişev sırası vasitəsilə baxılan sinqulyar inteqral tənlik xətti cəbri tənliklər sistemi ilə əvəz olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, alınan xətti cəbri tənliklər sisteminin yeganə həlli var və bu həll baxılan inteqral tənliyin dəqiq həllinə yığılır. Həmçinin, işdə misallar vasitəsilə alınan nəticənin doğruluğu da göstərilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Belotserkovskii, S.M. və Lifanov, I.K. (1985). *Chislennye metody v singulyarnykh integral'nykh uravneniyakh*. Nauka.
2. Besaeva, Z.V. və Khubezhty, Sh.S. (2016). Priblizhennoe reshenie singulyarnykh integral'nykh uravnenii s primeneniem ryadov Chebysheva. *Vladikavk. mat. zhurn., 18*(4), 15–22.
3. Boikov, I.V. (2004). *Priblizhennye metody resheniya singulyarnykh integral'nykh uravnenii*. Izd-vo Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta.
4. Krylov, V.I. (1967). *Priblizhennoe vychislenie integralov*. Nauka.
5. Khubezhty, Sh.S. (2011). *Kvadraturnye formuly dlya singulyarnykh integralov i nekotorye ikh primeneniya*. YUMI VNTs RAN.
6. Kantorovich, L.V. və Akilov, G.P. (1984). *Funktsional'nyi analiz*. Nauka.
7. Lavrent'ev, M.A. (1932). O postroenii potoka, obtekayushchego dugu zadannoi formy. *Tr. TSAGI, 118*, 3–56.
8. Lifanov, I.K. (1995). *Metod singulyarnykh integral'nykh uravnenii i chislennyi ehksperiment*. Yanus.
9. Muskhelishvili, N.I. (1968). *Singulyarnye integral'nye uravneniya*. Nauka.
10. Natanson, I.P. (1949). *Konstruktivnaya teoriya funktsii*. GIFML.
11. Pashkovskii, S. (1983). *Vychislitel'nye primeneniya mnogochlenov i ryadov Chebysheva*. Nauka.
12. Suetin, P.K. (1979). *Klassicheskie ortogonal'nye mnogochleny*. Nauka.

Daxil oldu: 03.12.2025
Qəbul edildi: 05.03.2026

TEXNİKA ELMLƏRİ

TECHNICAL SCIENCES

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/137-141

Rafiq İbrahimov
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
texnika üzrə fəlsəfə doktoru
https://orcid.org/0000-0002-1093-6369
rafiq.ibrahimov@yahoo.com
Elnur Səfərov
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0006-9585-0367
elnurseferov4545@gmail.com

Səmərəlilik və optimallaşdırma yüksək inhiraflı üfüqi quyuların qazılmasında texniki-iqtisadi səmərəliliyin artırılması yolları

Xülasə

Yüksək inhiraflı üfüqi quyuların qazılması müasir neft-qaz sənayesində hasilatın artırılması, yataqların daha səmərəli istismarı və xərclərin optimallaşdırılması baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu tip quyular mürəkkəb geoloji şəraitdə daha geniş layla təmas sahəsi yaratmaqla məhsuldarlığı yüksəldir, eyni zamanda ətraf mühitə təsirlərin minimuma endirilməsinə imkan verir. Lakin yüksək inhiraf bucaqları, uzun üfüqi sahələr, mexaniki yüklərin artması və texnoloji risklər qazma prosesində əlavə çətinliklər yaradır və texniki-iqtisadi səmərəliliyin azalmasına səbəb ola bilir. Xülasədə yüksək inhiraflı üfüqi quyuların qazılmasında səmərəliliyin artırılması yolları kompleks şəkildə təhlil olunur. Buraya qazma layihəsinin optimallaşdırılması, müasir qazma texnologiyalarının və avadanlıqlarının tətbiqi, qazma məhlullarının düzgün seçimi, trayektoriyanın dəqiq idarə edilməsi, vaxt və xərc itkilərinin azaldılması, eləcə də risklərin idarə olunması daxildir. Eyni zamanda, rəqəmsal monitorinq sistemlərinin, avtomatlaşdırılmış idarəetmə üsullarının və real vaxt rejimində məlumatların təhlilinin iqtisadi effektivliyə təsiri araşdırılır. Nəticə etibarilə göstərilir ki, texniki və iqtisadi yanaşmaların inteqrasiyası yüksək inhiraflı üfüqi quyuların qazılmasında davamlı, təhlükəsiz və rentabelli istehsalın təmin edilməsində əsas rol oynayır.

Açar sözlər: *yüksək inhiraflı üfüqi quyular, qazma texnologiyaları, texniki-iqtisadi səmərəlilik, optimallaşdırma, xərclərin azaldılması, qazma trayektoriyası, risklərin idarə olunması, neft-qaz sənayesi*

Rafiq Ibrahimov
Azerbaijan State Oil and Industry University
PhD in Technics
https://orcid.org/0000-0002-1093-6369
rafiq.ibrahimov@yahoo.com
Elnur Safarov
Azerbaijan State Oil and Industry University
Master's student
https://orcid.org/0009-0006-9585-0367
elnurseferov4545@gmail.com

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Efficiency and Optimization: Ways to Improve the Technical and Economic Efficiency of Highly Deviated Horizontal Wells Drilling

Abstract

The drilling of highly deviated horizontal wells is of critical importance in the modern oil and gas industry for increasing production, ensuring more efficient reservoir exploitation, and optimizing costs. These wells enhance productivity by creating a larger contact area with the reservoir under complex geological conditions, while simultaneously minimizing environmental impacts. However, high deviation angles, extended horizontal sections, increased mechanical loads, and technological risks introduce additional challenges to the drilling process, which can reduce technical and economic efficiency.

This abstract provides a comprehensive analysis of methods to enhance efficiency in drilling highly deviated horizontal wells. These methods include the optimization of the drilling plan, application of modern drilling technologies and equipment, proper selection of drilling fluids, precise trajectory control, reduction of time and cost losses, and risk management. Additionally, the impact of digital monitoring systems, automated control methods, and real-time data analysis on economic efficiency is explored. Consequently, it is demonstrated that the integration of technical and economic approaches plays a key role in ensuring sustainable, safe, and profitable production in the drilling of highly deviated horizontal wells.

***Keywords**: highly deviated horizontal wells, drilling technologies, technical and economic efficiency, optimization, cost reduction, well trajectory, risk management, oil and gas industry*

Giriş

Müasir neft-qaz sənayesində yataqların səmərəli işlənməsi, hasilatın artırılması və istehsal xərclərinin azaldılması əsas strateji məqsədlərdən biridir. Bu məqsədlərə nail olmaq üçün son illərdə yüksək inhiraflı üfüqi quyuların qazılması geniş tətbiq olunmağa başlamışdır. Belə quyular layla daha böyük təmas sahəsi yaratmaqla karbohidrogen ehtiyatlarının maksimum səviyyədə çıxarılmasına imkan verir və xüsusilə mürəkkəb geoloji şəraitə malik yataqlarda əvəzolunmaz texnoloji həll kimi çıxış edir.

Yüksək inhiraflı üfüqi quyuların qazılması həm texniki, həm də iqtisadi baxımdan bir sıra üstünlüklərlə yanaşı, ciddi çətinliklər də yaradır. Quyunun trayektoriyasının idarə olunması, mexaniki yüklərin artması, qazma alətlərinin aşınması, qazma məhlulunun xüsusiyyətlərinin düzgün seçilməməsi və qeyri-müəyyən geoloji amillər prosesin mürəkkəbləşməsinə səbəb olur. Bu amillər vaxt itkisinə, əlavə xərclərə və nəticə etibarilə texniki-iqtisadi səmərəliliyin azalmasına gətirib çıxara bilər (Əliyev və Həsənov, 2018).

Məhz bu səbəbdən yüksək inhiraflı üfüqi quyuların qazılmasında səmərəlilik və optimallaşdırma məsələləri xüsusi aktuallıq kəsb edir. Qazma prosesinin elmi əsaslarla planlaşdırılması, müasir texnologiyaların tətbiqi, risklərin əvvəlcədən qiymətləndirilməsi və istehsal xərclərinin rasional idarə olunması texniki-iqtisadi göstəricilərin yaxşılaşdırılmasında mühüm rol oynayır. Bu girişdə təqdim olunan mövzu yüksək inhiraflı üfüqi quyuların qazılmasında texniki-iqtisadi səmərəliliyin artırılması yollarının elmi və praktiki baxımdan əsaslandırılmasına yönəlmişdir (Əsədov, 2020).

Tədqiqat

Yüksək inhiraflı üfüqi quyuların qazılması müasir neft-qaz sənayesində hasilatın artırılması və yataqların daha səmərəli istismarı baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu tip quyular geoloji mürəkkəbliyi yüksək olan sahələrdə laylarla daha geniş təmas sahəsi yaratmaqla məhsuldarlığı artırır və eyni zamanda, ətraf mühitə təsirlərin azaldılmasına imkan verir. Yüksək inhiraf bucaqları, uzun üfüqi sahələr və mexaniki yüklərin artması qazma prosesini daha mürəkkəb edir, texniki riskləri yüksəldir və nəticədə texniki-iqtisadi səmərəliliyin azalmasına səbəb ola bilər.

Səmərəliliyin artırılması qazma layihəsinin düzgün planlaşdırılması ilə başlayır. Qazma layihəsi quyunun trayektoriyasının optimallaşdırılmasını, istifadə olunacaq avadanlıqların və qazma texno-

logiyalarının seçilməsini, qazma məhlullarının və maye balansının dəqiq hesablanmasını nəzərdə tutur. Optimal trayektoriya yalnız lay ilə maksimum təmas yaratmaqla məhsuldarlığı artırmır, eyni zamanda mexaniki yük və təzyiqlərin balanslaşdırılmasına, sürüşmə və avadanlıq zədələrinin qarşısının alınmasına kömək edir. Qazma prosesi zamanı istifadə olunan müasir avadanlıqların tətbiqi səmərəliliyin artmasına birbaşa təsir göstərir. Bu avadanlıqlar yüksək inhiraf bucaqlarında stabil və dəqiq işləməyə imkan verir, qazma sürətini optimallaşdırır və enerji xərclərini azaldır (Li və b., 2020; Clark və Watkins, 2015; Li və b., 2018).

Qazma məhlullarının düzgün seçimi və idarə olunması da səmərəliliyin artırılmasında mühüm rol oynayır. Uyğun viskoziteli və kimyəvi tərkibli məhlullar quyu divarlarının möhkəmliyini təmin edir, sürüşmə və quyu tıxanması risklərini azaldır, eyni zamanda, qazma sürətini yüksəldir. Qazma prosesi zamanı real vaxt rejimində ölçmələr və monitorinq sistemlərinin tətbiqi mühüm əhəmiyyət daşıyır. Bu sistemlər quyuda baş verən dəyişiklikləri dərhal aşkarlayaraq operativ qərarların qəbul edilməsinə imkan verir, texnoloji risklərin və əlavə xərclərin qarşısını alır (Miska və Simon, 2005; Mohammadi və Tavakoli, 2019; Smith və Clark, 2014).

Vaxt və xərclərin optimallaşdırılması, səmərəliliyin artırılmasının vacib istiqamətlərindən biridir. Qazma müddətinin planlaşdırılması, avadanlıq dayanmalarının azaldılması və ehtiyat materialların düzgün idarə olunması maliyyə baxımından effektivliyi yüksəldir. Eyni zamanda, risklərin idarə olunması strategiyası tətbiq edilməlidir. Bu strategiya potensial texnoloji problemləri əvvəlcədən müəyyən etməyə, təhlükəsizlik tədbirlərini gücləndirməyə və qazma prosesində kəsintilərin qarşısını almağa imkan verir. Rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi texniki-iqtisadi səmərəliliyin artırılmasında əvəzsiz rol oynayır (Palmer və King, 2011; Shafiei və Jalili, 2021). Avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri, real vaxt rejimində məlumatların təhlili və qazma prosesi üzərində daimi nəzarət əməliyyatların səmərəliliyini artırır. Bu sistemlər quyunun performansını optimallaşdırır, resurs istifadəsini effektivləşdirir və xərcləri minimuma endirir.

Nəticə olaraq, yüksək inhiraflı üfüqi quyuların qazılmasında səmərəliliyin artırılması üçün texniki və iqtisadi yanaşmaların inteqrasiyası zəruridir. Qazma layihəsinin optimallaşdırılması, müasir texnologiyaların tətbiqi, real vaxt monitorinqi, risklərin idarə olunması və xərclərin azaldılması bir araya gətirilərək davamlı, təhlükəsiz və rentabelli istehsalın təmin edilməsini mümkün edir. Beləliklə, texniki-iqtisadi səmərəliliyin artırılması yalnız müasir avadanlıq və metodlarla deyil, həm də planlaşdırma, idarəetmə və optimallaşdırma prinsiplərinin kompleks tətbiqi ilə həyata keçirilir.

Yüksək inhiraf bucaqları və uzun üfüqi sahələr qazma prosesini daha mürəkkəb edir. Mexaniki yükün artması, quyu trayektoriyasının nəzarətinin çətinləşməsi, avadanlıq üzərində stress və texnoloji risklərin yüksək olması qazma əməliyyatlarında əlavə çətinliklər yaradır. Bu amillər texniki və iqtisadi səmərəliliyin azalmasına səbəb olur və qazma proseslərinin düzgün planlaşdırılmasını zəruri edir.

Qazma layihəsinin optimallaşdırılması yüksək inhiraflı üfüqi quyuların səmərəliliyinin artırılmasında əsas amillərdən biridir. Layihənin planlaşdırılması quyunun trayektoriyasının optimallaşdırılmasını, qazma sürətinin və mexaniki yükün balanslaşdırılmasını, istifadə olunacaq avadanlıq və texnologiyaların seçimini, qazma məhlullarının kimyəvi və fiziki xüsusiyyətlərinə uyğunluğunu və enerji sərfiyyatının effektivliyini əhatə edir. Düzgün optimallaşdırılmış trayektoriya yalnız layla maksimum təmas təmin etməklə hasilatı artırmır, eyni zamanda, avadanlıq zədələrinin qarşısını alır və texnoloji riskləri minimuma endirir.

Müasir qazma texnologiyaları və avadanlıqlarının tətbiqi texniki səmərəliliyi əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Bu avadanlıqlar yüksək inhiraf bucaqlarında sabit işləməyi təmin edir, qazma sürətini optimallaşdırır, enerji xərclərini azaldır və əməliyyatların təhlükəsizliyini yüksəldir. Avadanlıq və texnologiyaların seçimi quyunun geoloji xüsusiyyətlərinə uyğun aparılmalıdır. Bu prosesdə rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi vacib rol oynayır (Economides və Nolte, 2000; McCormick və Williams, 2017; Nolte, 2013; Reeves və Fatemi, 2016). Real vaxt rejimində monitorinq sistemi quyuda baş verən dəyişiklikləri dərhal aşkarlayaraq operativ qərarların qəbuluna imkan verir, qazma əməliyyatlarını səmərəli idarə etməyə və texnoloji risklərin qarşısını almağa kömək edir.

Qazma məhlullarının düzgün seçimi və idarə olunması da səmərəliliyi artıran amillərdən biridir. Uyğun viskoziteli və kimyəvi tərkibli qazma məhlulları quyu divarlarının möhkəmliyini təmin edir,

sürüşmə və tıxanma riskini azaldır, qazma sürətini yüksəldir və xərclərin optimallaşdırılmasına imkan verir. Məhlulların optimal idarə olunması, həmçinin, ətraf mühitin qorunmasına, əməliyyatın dayanıqlılığına və quyunun uzunömürlülüyünə töhfə verir.

Vaxt və xərclərin optimallaşdırılması yüksək inhiraflı üfüqi quyuların iqtisadi səmərəliliyinin artırılmasında əsas istiqamətlərdən biridir. Qazma müddətinin dəqiq planlaşdırılması, avadanlıq dayanmalarının və texniki fasilələrin azaldılması, ehtiyat materialların və resursların optimal istifadəsi maliyyə baxımından effektivliyi artırır. Eyni zamanda, risklərin idarə olunması strategiyası tətbiq edilməlidir. Bu strategiya potensial texnoloji problemləri əvvəlcədən müəyyən etməyə, təhlükəsizlik tədbirlərini gücləndirməyə və qazma prosesində kəsintilərin qarşısını almağa imkan verir.

Rəqəmsal texnologiyaların, avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin və real vaxt rejimində məlumatların təhlilinin tətbiqi texniki-iqtisadi səmərəliliyi daha da yüksəldir. Bu sistemlər əməliyyatlar üzərində davamlı nəzarət, resurs istifadəsinin effektiv idarə olunması, xərclərin azaldılması və əməliyyat risklərinin minimuma endirilməsini təmin edir. Bununla yanaşı, məlumatların təhlili və proqnozlaşdırma alqoritmləri qazma əməliyyatlarının nəticələrini qabaqcadan qiymətləndirməyə, prosesin optimallaşdırılmasına və resursların səmərəli istifadəsinə imkan verir.

Nəticə

Yüksək inhiraflı üfüqi quyuların qazılmasında texniki-iqtisadi səmərəliliyin artırılması müasir neft-qaz sənayesində strateji əhəmiyyətə malikdir. Tədqiqat göstərir ki, bu quyular yalnız geoloji mürəkkəbliyi aşmaqla hasilatı artırmır, eyni zamanda, əməliyyatların davamlı, təhlükəsiz və rentabelli olmasına şərait yaradır. Səmərəliliyin təmin olunması üçün qazma layihələrinin optimallaşdırılması, müasir texnologiyaların və avadanlıqların tətbiqi, qazma məhlullarının düzgün seçimi, trayektoriyanın dəqiq idarə olunması və real vaxt monitorinq sistemlərinin istifadəsi vacibdir.

Tədqiqat sübut edir ki, texniki və iqtisadi yanaşmaların inteqrasiyası səmərəliliyin artırılmasında əsas rol oynayır. Qazma prosesində xərclərin və vaxtın optimallaşdırılması, risklərin idarə olunması və resursların səmərəli istifadəsi əməliyyatların iqtisadi effektivliyini yüksəldir. Rəqəmsal texnologiyalar və avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin tətbiqi isə yalnız əməliyyatların təhlükəsizliyini artırmır, həm də qərar qəbul etmə prosesini sürətləndirir və riskləri minimuma endirir.

Ədəbiyyat

1. Clark, P. və Watkins, C. (2015). Horizontal well design and optimization in complex reservoirs. *Journal of Petroleum Science and Engineering, 133*, 1–12.
2. Economides, M.J. və Nolte, K.G. (2000). *Reservoir stimulation. 3rd Edition*. Hoboken, NJ: Wiley.
3. Əliyev, R. və Həsənov, T. (2018). *Neft-qaz sənayesində yüksək inhiraflı quyuların texniki xüsusiyyətləri*. Neft Akademiyası Nəşriyyatı.
4. Əsədov, F. (2020). *Horizontal və üfüqi quyuların qazılmasında risklərin idarə olunması*. Elm və Təhsil.
5. Li, X., Wang, P. və Chen, F. (2020). Application of real-time monitoring in horizontal well drilling. *Journal of Natural Gas Science and Engineering, 78*, 103–115.
6. Li, Y., Zhang, H. və Sun, J. (2018). Technical and economic evaluation of high-deviation horizontal wells. *Energy Exploration & Exploitation, 36*(5), 1563–1580.
7. McCormick, C.L. və Williams, R.B. (2017). Advanced drilling technology for unconventional reservoirs. *SPE Drilling & Completion, 32*(2), 101–114.
8. Miska, S.Z. və Simon, L.M. (2005). Drilling optimization techniques for horizontal wells. *Society of Petroleum Engineers Journal, 10*(4), 431–440.
9. Mohammadi, M. və Tavakoli, H. (2019). Economic optimization of horizontal wells under complex geological conditions. *Journal of Petroleum Science and Engineering, 174*, 1082–1094.
10. Nolte, K.G. (2013). *Horizontal wells: Theory, technology, and applications*. TX: Society of Petroleum Engineers.

11. Palmer, I. və King, R. (2011). Integrated reservoir management and horizontal drilling. *Journal of Petroleum Technology, 63*(6), 72–78.
12. Reeves, S. və Fatemi, S. (2016). Drilling fluid optimization for deviated and horizontal wells. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 38*(12), 1756–1768.
13. Shafiei, M. və Jalili, S. (2021). Optimization of drilling trajectories in high-angle horizontal wells using numerical modeling. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, 11*, 1123–1135.
14. Smith, R. və Clark, J. (2014). Automated control systems in horizontal well drilling. *SPE Production & Operations, 29*(1), 35–44.

Daxil oldu: 09.12.2025
Qəbul edildi: 14.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/142-145

Cəmilə Məmmədova
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
texnika üzrə fəlsəfə doktoru
https://orcid.org/0009-0000-6425-6927
cemileadna@mail.ru
Ceyhun Nəsirov
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0002-5162-8845
ceyhunnsirov9@gmail.com
Ləman Səmədli
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
https://orcid.org/0009-0005-5560-3583
leman.samedli.80@mail.ru

İstilik Elektrik Mərkəzlərində istifadə olunan qaz-turbin qurğuları (QTQ – İEM)

Xülasə

Məqalədə istilik elektrik mərkəzlərində istifadə olunan müxtəlif qaz-turbin qurğularının işi tədqiq olunmuşdur. 1930-cu illərdən başlayaraq ölkəmizdə kombinləşdirilmiş elektrik enerjisi istehsalı inkişaf etmişdir. Belə ki, sənaye müəssisələrinin və kommunal təsərrüfatların kombinləşdirilmiş istilik və elektrik enerjisi ilə təmin edilməsi aktual məsələlərdən biridir. Kombinləşdirilmiş elektrik və istilik enerjisi hasil edən belə stansiyalar – istilik elektrik mərkəzləri (İEM) yaradılır. Qlobal miqyasda elmi-texniki tərəqqinin sürətlənməsi nəticəsində İEM-lərin səmərəli idarə olunması milli iqtisadiyyatın dayanıqlığı üçün əsas şərtlərdən birinə çevrilmişdir. Azərbaycanın iqtisadi inkişaf strategiyasında İEM-lərin effektiv tədqiqi və tətbiqi mühüm prioritet istiqamətlərdən biri kimi ön plana çıxır. Elmi işin aktuallığı ondan ibarətdir ki, qlobal enerji və iqtisadi proseslər fonunda İEM-lərin düzgün qiymətləndirilməsi və tətbiqi davamlı inkişafın əsas amillərindəndir. Bu tədqiqatın əsas məqsədi ölkəmizdə İEM-lərin mövcud vəziyyətini təhlil etmək, mövcud problemləri aşkara çıxarmaq və onların səmərəliliyinin artırılması yollarını müəyyənləşdirməkdir.

Açar sözlər: *elektrik və istilik şəbəkəsi, qaz-turbin elektrik stansiyası, dizel elektrik stansiyası*

Jamila Mammadova
Azerbaijan State Oil and Industry University
PhD in Technics
https://orcid.org/0009-0000-6425-6927
cemileadna@mail.ru
Jeyhun Nasirov
Azerbaijan State Oil and Industry University
Master's student
https://orcid.org/0009-0002-5162-8845
ceyhunnsirov9@gmail.com
Laman Samadli
Azerbaijan State Oil and Industry University
https://orcid.org/0009-0005-5560-3583
leman.samedli.80@mail.ru

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Gas Turbine Units Used in Thermal Power Plants (GTPP)

Abstract

The work of various gas-turbine units used in thermal power plants was studied. Since the 1930s, combined heat and power generation has been developed in our country. Thus, providing industrial enterprises and public utilities with combined heat and power is one of the urgent issues. Such plants that produce combined heat and power are being created – thermal power plants (CHPs). As a result of the acceleration of scientific and technical progress on a global scale, the efficient management of CHPs has become one of the main conditions for the sustainability of the national economy. In the economic development strategy of Azerbaijan, the effective study and application of CHPs come to the fore as one of the important priority directions. The relevance of the scientific work lies in the fact that the correct assessment and application of CHPs against the background of global energy and economic processes is one of the main factors of sustainable development. The main purpose of this study is to analyze the current state of CHPs in our country, identify existing problems and determine ways to increase their efficiency.

Keywords: *electricity and heating network, gas-turbine power plant, diesel power plant*

Giriş

Əvvəllər bütün mərkəzi elektrik stansiyalarında buxar turbinləri əsas aparat hesab olunurdu. Sonralar energetikada qaz-turbin qurğuları istifadə olunmağa başlandı və Qaz-turbin Elektrik stansiyası (QTES) yaradıldı. Elektrik təchizatının inkişafı ilə əlaqədar buxar-qaz qurğusunun buxar-qaz qurğulu elektrik stansiyası yaradıldı (BQES). Sonradan İES-də dizel qurğuları tətbiq olunmağa başlandı və dizel elektrik stansiyaları yaradıldı. Yeni qaz porşenli aqreqat (QPA) termini yaradıldı. Kitablarda və mətbuatda BQQ-İEM, QTQ-İEM, BQQ-İEM, Qaz Porşenli İEM və s. belə terminlərdən istifadə edilir. Əslində İEM dedikdə enerji mənbəyi, yəni bir qurğuda elektrik enerjisi və isti su şəklində istilik enerjisi hasil edən enerji mənbəyi başa düşülür.

Tədqiqat

İEM-nin tikilməsində məqsəd onun əsas iqtisadi göstəricilərindən asılıdır (Abdullayev və b., 2013). Nəinki energetik göstəricilərdən, belə halda ümumi termodinamik analiz şərti xarakter daşıyır. Hətta adi bir energetik effektivliyi qiymətləndirmək üçün energetik sistemdə dəyişən rejimdə İEM-də avadanlıqların xarakteristikasını nəzərə alırıqsa, orta illik istilik sərfini təyin etmək tələb olunur. Bundan əlavə yük qrafikləri və istilik işlədicilərinin parametrləri və s. tələb olunur. Son zamanlarda istilik və elektrik enerjisinin tariflərinin dəyişməsi və s. buna misal ola bilər. Buna görə də hər bir sxemin, qurğunun vəzifəsi, iş tələbləri, regionun iqtisadi xüsusiyyətlərinin məlum olmalıdır ki, hər hansı bir İEM üçün əlverişli olsun. Miqdar qiymətləndirilməsi təxmini ola bilər (El-Wakil, 2010).

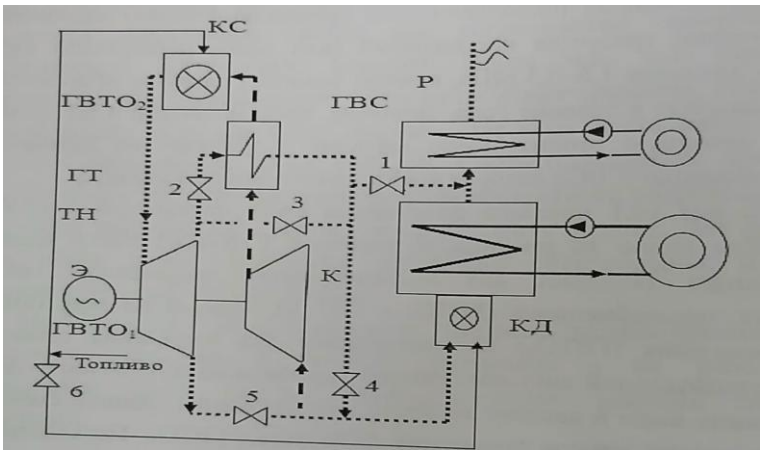
İEM üçün f.i.ə. aşağıdakı kimi qiymətləndirilir:

$$\eta_{\text{İEM}} = \frac{N_e \pm Q_T}{B \cdot Q_i^2}$$

Burda, N_e və Qt – elektrik və istilik enerjisi ilə işlədicilərə verilən xeyirli elektrik və istilik enerjiləridir. B – yanacaq sərfidir.

İEM-də qaz-turbin qurğuları axırıncı onillikdə istifadə edilməyə başlanmışdır.

Şəkil 1-də istiləşdirmə qaz-turbin qurğulu İEM-nin sadə sxemi göstərilmişdir. Şəkildən görünür ki, sxemdə util qazan əvəzinə iki ardıcıl qoşulmuş qaz-su istilikdəyişdirici yerləşdirilib ($QS\dot{I}O_1$ və $FSQO_2$). 1-ci istilikdəyişdirici istiləşdirmə sxemində şəbəkə suyunu qızdırmaq üçün istifadə edilir. İkinci istilikdəyişdirici isti su təchizatı üçün suyu qızdırır (Kehlhofer, 2021; Zysin, 1964; Zielinska və b., 2010). Bu sxemdə QBTO-dan əvvəl yanma kamerası nəzərdə tutulub. Kontura paralel olaraq istilik enerjisi almaq üçün regenerator nəzərdə tutulub ki, yanma kamerasına verilən havanı qızdırmaq üçün çıxan qazlardan istifadə edilsin və yanacağın xüsusi sərfi azalsın.

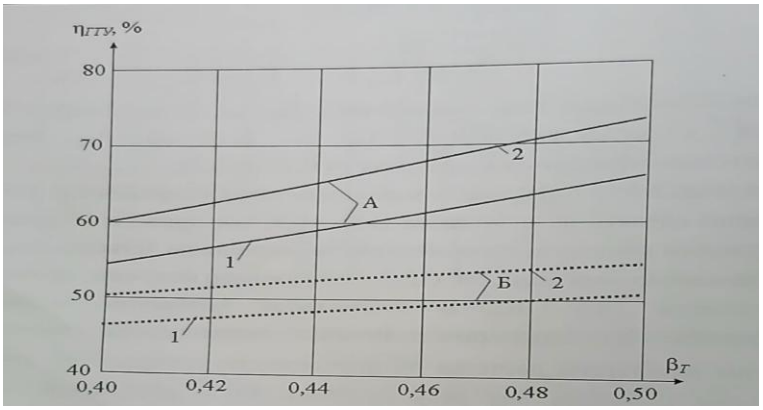


Şəkil 1. İstiləşdirmə OTQ-İEM-nin prinsipial istilik sxemi

P – generator, $ГВТО_{1,2}$ – qaz-su istilikdəyişdirici, ГВС – isti su təchizatı,ТН – istiləşdirmə yükü, 1–5 – qaz paylayıcının şiverləri, ГТ – qaz turbini, К – kompressor, КС – yanma kamerası, КД – alışdırma kamerası.

İstilik yükünü tənzimləmək üçün $ГВТО_1$-dən əvvəl çıxan qazların temperaturunu azaltmaqla nail olmaq olar. Bunun üçün 1 və 2 klapanları vasitəsi ilə çıxan qazları regeneratordan baypas xəttinə ötürmək olar (Eliseev, 2000).

Qaz-turbin qurğulu İEM-ləri layihə edərkən çalışmaq lazımdır ki, çıxan qazların temperaturu minimum alınsın (bu halda korroziyanı nəzərə almaq lazımdır). QTQ-li İEM-in effektivliyi əsas iki üsulla hesablanır. A – fiziki üsul, B – mütənasib üsul. Şəkil 2-də hesabatın nəticələri göstərilmişdir. Hesabatlar QTQ-nin f.i.ə.-nın iki qiymətində η_{QTQ}=0,33 və η_{QTQ}=0,37 üçün hesablanıb. Nəticələr fiziki üsulda daha böyük alınır (Nag, 2018; Tsanev, 2002; Lagov, 2016).



Şəkil 2. QTQ İEM-in effektivliyinin müqayisəsi.

A – fiziki üsul: η_{QTQ}=0,33

B – mütənasib üsul: η_{QTQ}=0,37

Bizim ölkəmizdə QTQ-li İEM-lər şimal zonasında qaz yanacağı olan yerlərdə tikilib. Son zamanlar əhalini həm elektrik, həm də istilik enerjisi ilə təmin etmək üçün kiçik güclü QTQ-li İEM-lərin tikintisi aparılır (Sayfutdinova, 2011; Kostyuk, 2008).

Nəticə

1. Son onillikdə QTQ İEM-ləri geniş yayılmışdır və belə stansiyalarda istilik işlədiciləri üçün enerji hasil olunur.
2. Belə stansiyalar sadə quruluşları ilə fərqlənir. BQQ-lu İEM-lərdə bir konturlu util qazandan istifadə olunur.

3. BQQ İEM-lər avtonom istilik və elektrik mənbəyi kimi geniş yayılıb və həmçinin enerji sisteminin tərkibində işləyir.
4. BQQ İEM-lər istilik yüklərinə görə istiləşdirmə, sənaye və kombinləşdirilmiş növlərə ayrılır.

Ədəbiyyat

1. Abdullayev, K.M., Kəlbəliyev, F.İ., Məmmədova, C.P. və Nəsirov, Ş.N. (2013). *İstilik elektrik stansiyasının buxar və qaz turbinləri*. Zaman – 3.
2. Eliseev, Yu.S. (2000). *Teoriya i proektirovanie gazoturbinnykh i kombinirovannykh ustanovok*. Izd-vo MGTU im. I. Eh. Baumana.
3. El-Wakil, M.M. (2010). *Powerplant Technology*. McGraw-Hill.
4. Kehlhofer, R. (2021). *Combined Cycle Gas & Steam Turbine Power Plants*. PennWell.
5. Kostyuk, R.I. (2008). *Teplovye i atomnye ehlektricheskie stantsii: proektnye resheniya i rezhimnye kharakteristiki TEHTs s parogazovymy ustanovkami utilizatsionnogo tipa (na primere Severo-Zapadnoi TEHTs)*. Izd-vo SPbGPU.
6. Lagov, B. (2016). *Materials Selection in Gas Turbine Engine Design and the Role of Low Thermal Expansion Materials*. JOM.
7. Nag, P.K. (2018). *Power Plant Engineering*. McGraw-Hill Education.
8. Przeliorz, R. və Piatkowski, J. (2017). Application of DSC method in studies on phase transitions of Ni Superalloys. *Arch. Foundry Eng., 17*, 133–136.
9. Sayfutdinova, Z.A. (2011). *Principle of Operation of Thermal Power Plants*.
10. Tsanev, S.V. (2002). *Gazoturbinnye i parogazovye ustanovki teplovykh ehlehktrostantsii*. Izd-vo MEHI.
11. Zysin, V.A. (1964). *Kombinirovannye i parogazovye ustanovki i tsikly*. GEHI.
12. Zielinska, M., Yavorska, M., Poreba, M. və Sieniavski, J. (2010). Thermal properties of cast nickel based superalloys. *Arch. Mater. Sci. Eng., 44*, 35–38.

Daxil oldu: 08.12.2025
Qəbul edildi: 10.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/146-154

Mukhtar Azizullayev
Azerbaijan Technical University
PhD student
https://orcid.org/0009-0009-2778-8313
mukhtar.azizullayev@aztu.edu.az

Experimental Evaluation of the Effect of Antenna Parameters on the Reliability of Telemetry and Control Systems of Unmanned Aerial Vehicles under Radio-Electronic Warfare Conditions

Abstract

This article examines the effect of antenna parameters on the reliability of unmanned aerial vehicle (UAV) telemetry and control systems under radio-electronic warfare conditions. The study aims to evaluate changes in key communication indicators when omni-directional, Patch, and Yagi antennas are used in combination with different telemetry modules. From both theoretical and applied perspectives, the analysis focuses on the influence of antenna gain, directivity, and radiation pattern on signal propagation quality and link stability.

For comparative evaluation, RFD900, LoRa 433 MHz, and NRF24L01 telemetry modules were selected, and their performance with corresponding antenna types was investigated at distances of 50 m, 100 m, and 150 m. The main evaluation metrics included RSSI, Path Loss, SNR, and Effective SNR. The graphical results presented in the study were generated on the basis of the obtained experimental and calculated data using the Python programming environment and the Matplotlib library. This allowed the communication trends to be visualized in a clear and consistent form.

The results show that, for all tested modules, increasing distance leads to a decrease in RSSI, an increase in Path Loss, and a deterioration in communication quality. At the same time, compared with omnidirectional antennas, Patch and especially Yagi antennas provide higher received signal levels, lower path loss, and more stable communication indicators under radio-electronic warfare conditions. Among the investigated modules, RFD900 demonstrated the most stable performance at longer distances, LoRa 433 MHz showed moderate stability, whereas NRF24L01 weakened more rapidly as distance increased. The obtained results confirm that antenna selection is a critical factor in the optimization of UAV communication systems operating in complex electromagnetic environments.

Keywords: *unmanned aerial vehicle, telemetry channel, antenna parameters, radio-electronic warfare, Path Loss, signal-to-noise ratio, Patch antenna, Yagi antenna, omni antenna*

Muxtar Əzizullayev
Azərbaycan Texniki Universiteti
doktorant
https://orcid.org/0009-0009-2778-8313
mukhtar.azizullayev@aztu.edu.az

Radioelektron müharibə şərtlərində pilotsuz uçuş aparatlarının telemetriya və idarəetmə sistemlərinin etibarlılığına anten parametrlərinin təsirinin eksperimental qiymətləndirilməsi

Xülasə

Bu məqalədə antena parametrlərinin radioelektron müharibə şəraitində pilotsuz uçuş aparatının (PUA) telemetriya və idarəetmə sistemlərinin etibarlılığına təsiri araşdırılır. Tədqiqatın məqsədi çox yönlü, Patch və Yagi antenaları müxtəlif telemetriya modulları ilə birlikdə istifadə edildikdə əsas rabitə göstəricilərindəki dəyişiklikləri qiymətləndirməkdir.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Həm nəzəri, həm də tətbiqi nöqteyi-nəzərdən təhlil antenna qazancının, istiqamətləndiriciliyin və radiasiya modelinin siqnalın yayılma keyfiyyətinə və keçid sabitliyinə təsirinə diqqət yetirir.

Müqayisəli qiymətləndirmə üçün RFD900, LoRa 433 MHz və NRF24L01 telemetriya modulları seçilmiş və onların müvafiq antena növləri ilə işləməsi 50 m, 100 m və 150 m məsafələrdə tədqiq edilmişdir. Əsas qiymətləndirmə ölçülərinə RSSI, Path Loss, SNR və Effective SNR daxildir. Tədqiqatda təqdim olunan qrafik nəticələr Python proqramlaşdırma mühitindən və Matplotlib kitabxanasından istifadə etməklə əldə edilmiş eksperimental və hesablanmış məlumatlar əsasında yaradılmışdır. Bu, ünsiyyət tendensiyalarını aydın və ardıcıl formada vizuallaşdırmağa imkan verdi. Nəticələr göstərir ki, bütün sınaqdan keçirilmiş modullar üçün məsafənin artması RSSI-nin azalmasına, Path Loss-un artmasına və rabitə keyfiyyətinin pisləşməsinə gətirib çıxarır. Eyni zamanda, çox yönlü antenalarla müqayisədə, Patch və xüsusilə Yagi antenaları daha yüksək qəbul edilmiş siqnal səviyyələri, daha az yol itkisi və radio-elektron müharibə şəraitində daha sabit rabitə göstəriciləri təmin edir. Tədqiq olunan modullar arasında RFD900 daha uzun məsafələrdə ən sabit performans nümayiş etdirdi, LoRa 433 MHz orta sabitlik göstərdi, NRF24L01 isə məsafə artdıqca daha sürətlə zəiflədi. Əldə edilən nəticələr antenanın seçilməsinin mürəkkəb elektromaqnit mühitlərində işləyən İHA rabitə sistemlərinin optimallaşdırılmasında kritik amil olduğunu təsdiqləyir.

Açar sözlər: *pilotsuz uçuş aparatı, telemetriya kanalı, antena parametrləri, radioelektron müharibə, Yol itkisi, siqnal-küy nisbəti, Yamaq antenası, Yagi antenası, omni antenna*

Introduction

Unmanned aerial vehicles (UAVs) are now used extensively in both civilian and military applications, including surveillance, reconnaissance, border monitoring, search-and-rescue missions, and geodetic operations. As UAV missions become more complex, the performance requirements imposed on telemetry and control systems also increase. In this context, reliable real-time data transmission is essential for maintaining stable operation and ensuring the overall safety of the platform (Ağayev et al., 2025; Ağayev et al., 2025). The telemetry system is responsible for transmitting flight parameters, position data, battery status, and sensor outputs from the UAV to the ground control station. The control system, on the other hand, delivers operator commands to the aerial platform and ensures their execution. Any attenuation, delay, or interruption in these channels can directly degrade control accuracy and mission effectiveness (Rustamov et al., 2025; Rustamov et al., 2024).

One of the most critical factors affecting UAV communication performance is operation under radio-electronic warfare (REW) conditions. Electromagnetic interference, intentional jamming, and additional noise sources can reduce received signal strength, degrade the signal-to-noise ratio, and increase packet loss. These effects become especially significant in low-power telemetry modules, where communication reliability may deteriorate rapidly under hostile electromagnetic conditions (Ağayev et al., 2025; Rustamov et al., 2025; Rustamov et al., 2025; Rüstəmov et al., 2023).

Antenna characteristics are also a key element in the stability of telemetry and control links. Parameters such as gain, directivity, and radiation pattern directly influence signal propagation, reception quality, and resistance to interference. Because omni-directional, Patch, and Yagi antennas differ significantly in these characteristics, their effectiveness under REW conditions cannot be assumed to be the same. In particular, directional antennas may improve link robustness by concentrating radiation toward the intended direction and suppressing part of the external interference (Azizullayev & Nematzade, 2025; Rustamov et al., 2024; Rustamov et al., 2025).

This article examines how antenna parameters affect the reliability of UAV telemetry and control systems under radio-electronic warfare conditions. The analysis is based on experimental tests performed with several telemetry modules, including RFD900, LoRa 433 MHz, and NRF24L01, used together with omni, Patch, and Yagi antennas. The study compares changes in key communication indicators across these antenna-module combinations and identifies configurations that provide more

stable performance in complex electromagnetic environments (Azizullayev & Nematzade, 2025; Rustamov et al., 2025; Rüstamov et al., 2023; Rüstəmov et al., 2024).

Research

In UAV telemetry and control systems, the antenna is a fundamental element of the communication channel, since it is directly involved in both signal transmission and reception. Its electrical and structural characteristics strongly influence communication range, signal quality, resistance to interference, and the overall reliability of the system. This becomes especially critical under radio-electronic warfare (REW) conditions, where the proper choice of antenna parameters can significantly improve link stability (Azizullayev & Nematzade, 2025; Rustamov et al., 2024). Communication performance is commonly assessed using several key parameters, namely Path Loss, RSSI, SNR, and Effective SNR. These indicators characterize, respectively, signal attenuation in the channel, received signal strength, the ratio of useful signal to noise, and the effective signal quality under interference. One of the key antenna characteristics is gain. Increasing antenna gain at the transmitter or receiver generally increases the received signal power and can therefore improve communication performance under the same propagation conditions (Azizullayev & Nematzade, 2025; Rüstəmov et al., 2024; Rustamov et al., 2025). The received signal power can be expressed as follows:

$$P_r = P_t + G_t + G_r - PL(d) \qquad (1)$$

Here, P_r is the received signal power, dBm; P_t is the transmitted signal power, dBm; G_t and G_r are the gains of the transmitting and receiving antennas, respectively, dBi; and $PL(d)$ is the path loss depending on distance, dB.

The directivity of an antenna characterizes the concentration of electromagnetic radiation in a given spatial direction. In directional antennas, radiation is primarily focused within the main lobe, resulting in a higher signal level along the intended transmission path. At the same time, signals and interference arriving from side and rear directions are attenuated relatively more strongly. This makes antenna directivity particularly important under radio-electronic warfare conditions.

The relationship between the effective area of the antenna and gain is expressed as follows:

$$A_e = \frac{G\lambda^2}{4\pi} \qquad (2)$$

Here, A_e is the effective receiving area, m ^{2}; G is the linear gain of the antenna; and λ is the wavelength, m.

The relationship between wavelength and frequency is as follows:

$$\lambda = \frac{c}{f} \qquad (3)$$

Here, c is the speed of light, m/s; and f is the signal frequency, Hz.

Antenna dimensions and performance characteristics depend strongly on the operating frequency. Even when the same antenna type is used across different frequency bands, its geometry, radiation pattern, and practical gain values must be adjusted for the target band to ensure efficient operation.

Comparative characteristics of Patch, Yagi, and omni antennas. Omni-directional, Patch, and Yagi antennas are among the most commonly used antenna types in UAV telemetry systems. Their performance differs mainly in terms of radiation pattern, gain, and application conditions (Azizullayev & Nematzade, 2025; Rustamov et al., 2024; Rustamov et al., 2025; Rustamov et al., 2025). Omni-directional antennas provide wide-area coverage and operational flexibility, although they generally offer lower gain and weaker interference selectivity. Patch antennas can provide more stable communication links due to their directional behavior, compact form, and moderate-to-high gain. Yagi antennas, by contrast, offer the highest directivity and gain among these types, which

improves long-range signal reception, but they require precise alignment during operation (Azizullayev & Nematzade, 2025; Rustamov et al., 2025; Rustamov et al., 2024).

The main comparative characteristics of these antenna types are presented in **Table 1** below.

Table 1.
Main comparative characteristics of antenna types

Antenna type	Typical gain, dBi	Radiation characteristic	Advantages	Limitations
Omni	2–5	Nearly 360°	Simple, flexible, wide coverage	Low gain, weak selectivity
Patch	6–9	Moderately directional	Compact, stable gain, better selectivity under REW conditions	Sensitive to angle
Yagi	9–14	Highly directional	Long distance, high reception level	Requires precise alignment

The selection of the antenna type should be based not only on the gain value, but also on the frequency of the applied telemetry module, the nature of motion, the test distance, and the characteristics of the electromagnetic environment.

Main evaluation indicators of the telemetry channel. The reliability of telemetry and control systems can be assessed using several core communication metrics. In the present study, Path Loss, RSSI, SNR, and Effective SNR were used as the main evaluation indicators (Rüstəmov et al., 2023; Rüstəmov et al., 2024; Rustamov et al., 2025).

The distance-dependent path loss can be given according to the logarithmic model as follows:

$$PL(d) = PL(d_0) + 10n\log_{10}(\frac{d}{d_0}) + X_\sigma \qquad (4)$$

Here, $PL(d_0)$is the path loss at the reference distance, dB; $n$is the path loss exponent of the environment; and $X_\sigma$is the additional noise component characterizing shadowing and random variation.

According to the Friis approach, the free-space path loss is as follows:

$$PL_{FS}(d) = 32.44 + 20\log_{10}(f_{MHz}) + 20\log_{10}(d_{km}) \qquad (5)$$

RSSI characterizes the power level of the received signal and is measured in dBm. In practice, RSSI and received signal power can be used in a similar sense:

$$RSSI \approx P_r \qquad (6)$$

The signal-to-noise ratio is calculated as follows:

$$SNR = P_r - N \qquad (7)$$

Here, $N$is the noise level, dBm.

Under radio-electronic warfare conditions, not only natural noise but also intentionally created interference must be taken into account. In this case, the effective signal-to-noise ratio is:

$$SNR_{eff} = P_r - (N + I_{REM}) \qquad (8)$$

and, in simplified form:

$$SNR_{eff} = SNR - I_{REM} \qquad (9)$$

It can be expressed in this form. Here, $I_{REM}$is the equivalent effect of radio-electronic interference in dB.

From the evaluation point of view, the following principle can be accepted: the higher the RSSI, the lower the PL, and the greater the $SNR$and SNR_{eff} , the higher the reliability of the telemetry channel is considered to be.

Experimental setup and test methodology. In order to evaluate the effect of antenna parameters on the reliability of telemetry and control systems, an experimental approach was adopted in a controlled laboratory-field test environment. In the study, three telemetry platforms representing different frequency bands were selected: RFD900, LoRa 433 MHz, and NRF24L01. These modules represent communication systems operating in the 900 MHz, 433 MHz, and 2.4 GHz bands, respectively.

For each module, omni, Patch, and Yagi antennas optimized for the corresponding frequency band were used. The tests were carried out at distances of 50 m, 100 m, and 150 m. At each distance, RSSI, calculated Path Loss, SNR, and Effective SNR values were recorded for each module-antenna combination. In order to ensure the comparability of measurements, the transmitter power, antenna placement, orientation, and test duration were kept as constant as possible.

The experimental setup consisted of the following elements:

- transmitting block: telemetry module + transmitting antenna;
- receiving block: ground terminal + receiving antenna;
- measurement and recording block: recording of RSSI, transmission quality, and packet stability indicators;
- additional interference source for modeling the REW effect.

In the tests, the noise level was accepted as constant depending on the environment, while for the REW scenario, a medium-level interference equivalent was applied. From a mathematical point of view, the relative reliability coefficient of the telemetry channel can be accepted as follows:

$$K_{rel} = \alpha \cdot \frac{SNR_{eff}}{SNR_{max}} + \beta \cdot \frac{RSSI - RSSI_{min}}{RSSI_{max} - RSSI_{min}} + \gamma \cdot (1 - \frac{PL}{PL_{max}}) \qquad (10)$$

Here, α, β, and $\gamma$are weighting coefficients satisfying the condition $\alpha + \beta + \gamma = 1$.

In this work, for illustrative evaluation,

$$\alpha = 0.4, \beta = 0.3, \gamma = 0.3 \qquad (11)$$

it can be accepted as follows:

Analysis of comparative results. The tables presented below are illustrative/example results and are intended to demonstrate the mathematical-analytical structure of the article. They should later be replaced with real measurements.

Table 2.
Measurement results for the RFD900 module with different antennas

Distance, m	Antenna	RSSI, dBm	PL, dB	SNR, dB	Effective SNR, dB
50	Omni	-68	88	22	15
50	Patch	-61	81	29	22
50	Yagi	-58	78	32	25
100	Omni	-76	96	14	7
100	Patch	-68	88	22	15
100	Yagi	-64	84	26	19
150	Omni	-84	104	6	-1
150	Patch	-75	95	15	8
150	Yagi	-70	90	20	13

Table 3.
Measurement results for the LoRa 433 MHz module with different antennas

Distance, m	Antenna	RSSI, dBm	PL, dB	SNR, dB	Effective SNR, Db
50	Omni	-71	85	19	13
50	Patch	-65	79	25	19
50	Yagi	-61	75	29	23
100	Omni	-79	93	11	5
100	Patch	-71	85	19	13
100	Yagi	-66	80	24	18
150	Omni	-87	101	3	-3
150	Patch	-78	92	12	6
150	Yagi	-72	86	18	12

Table 4.
Measurement results for the NRF24L01 module with different antennas

Distance, m	Antenna	RSSI, dBm	PL, dB	SNR, dB	Effective SNR, dB
50	Omni	-74	92	16	9
50	Patch	-66	84	24	17
50	Yagi	-62	80	28	21
100	Omni	-82	100	8	1
100	Patch	-73	91	17	10
100	Yagi	-68	86	22	15
150	Omni	-90	108	0	-7
150	Patch	-80	98	10	3
150	Yagi	-74	92	16	9

The tabulated results reveal a clear and consistent tendency for all tested modules: with increasing distance, RSSI decreases, Path Loss increases, and SNR deteriorates. Under REW conditions, the reduction in Effective SNR becomes even more pronounced, leading to a decline in communication reliability. Among the evaluated antenna types, the omnidirectional antenna produced the weakest results across all modules, primarily due to its relatively low gain and limited directivity. The Patch antenna provided more balanced performance at medium distances, whereas the Yagi antenna ensured the highest received signal level and the lowest Path Loss, especially at 100 m and 150 m. This confirms the superiority of directional antennas in maintaining link quality under REW conditions.

From the module perspective, the RFD900 demonstrated the most stable behavior at longer distances. The LoRa 433 MHz module also maintained moderate stability, likely due to the more favorable propagation properties of the lower-frequency band. In contrast, the NRF24L01 exhibited more rapid degradation as distance increased, which is consistent with the higher attenuation characteristics of the 2.4 GHz range. Therefore, antenna type should not be selected independently, but rather in conjunction with the operating frequency characteristics of the telemetry module.

The graphs presented below illustrate the comparative changes in the main telemetry indicators for the RFD900, LoRa 433 MHz, and NRF24L01 modules, as well as the directivity characteristics of the Omni, Patch, and Yagi antennas.

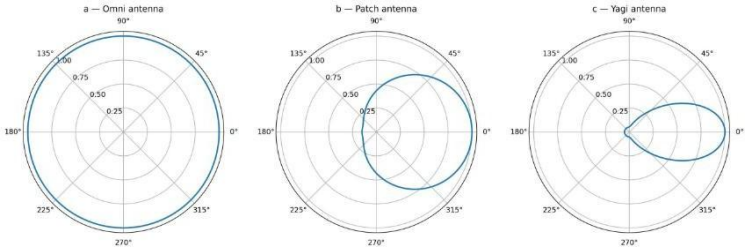


Figure 1. Directivity patterns of Omni, Patch, and Yagi antennas

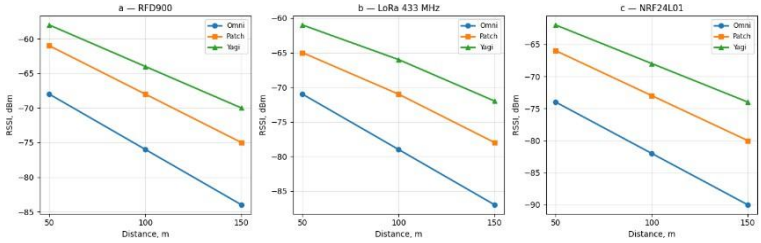


Figure 2. Comparative variation of distance-dependent RSSI indicators for the RFD900, LoRa 433 MHz, and NRF24L01 modules

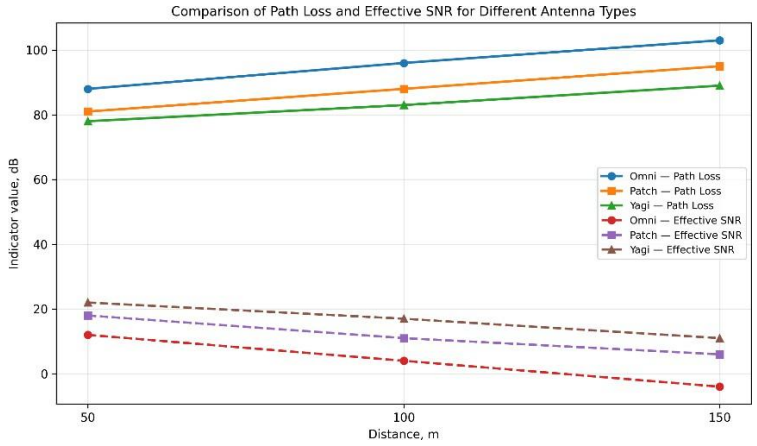


Figure 3. Comparison of Path Loss and Effective SNR indicators for different antennas

The graphs presented above comparatively illustrate the effect of different antenna types and telemetry modules on communication indicators under radio-electronic warfare conditions. **Figure 2.1** shows the directivity patterns of the omni, Patch, and Yagi antennas, reflecting the differences in their radiation characteristics. In **Figure 2.2**, a decrease in RSSI is observed for the RFD900, LoRa 433 MHz, and NRF24L01 modules as the distance increases. **Figures 2.3 and 2.4** present the

comparison of Path Loss and Effective SNR indicators for different antennas. The analysis shows that, compared with the omni antenna, the Patch and especially the Yagi antennas provide a higher signal level, lower path loss, and a more favorable effective signal-to-noise ratio. This indicates that directional antennas are more efficient in improving the stability of telemetry and control systems.

Conclusion

The conducted research and comparative tests confirmed that antenna parameters have a significant effect on the reliability of telemetry and control systems of unmanned aerial vehicles under radio-electronic warfare conditions. As a result of the evaluations carried out at distances of 50 m, 100 m, and 150 m, it was determined that, as the distance increases, RSSI decreases for all modules, Path Loss increases, and the SNR and Effective SNR indicators deteriorate. Nevertheless, the obtained results showed that, compared with the omni antenna, the Patch and especially the Yagi antennas provided a higher received signal level, lower path loss, and more stable communication indicators under REW conditions. Based on these results, it was determined that directional antennas are more advantageous in terms of protecting the telemetry channel.

During the tests, the RFD900 module showed relatively stable results at longer distances, the LoRa 433 MHz module demonstrated moderate stability, while in the NRF24L01 module attenuation was observed more rapidly in accordance with the high-frequency band. This shows that the selection of the antenna type should be evaluated together with the operating frequency of the module.

Thus, the purposeful selection and optimization of antenna parameters can be considered one of the main technical conditions for increasing the reliability of UAV communication systems under radio-electronic warfare conditions.

References

1. Aghayev, F., Rustamov, A., Binnatov, M., Azizullayev, M. & Sahibcanov, A. (2025). Intervention methods in control and communication systems of unmanned aerial vehicles: Analysis and evaluation of signal quality. *Security & Defense*, *1*, 71–85.
2. Ağayev, F.G., Rüstəmov, Ə.R., Binnətov, M.F., Həsənov, A.Q., Əzizullayev, M.Q. & Sahibcanov, Ə. (2025). Radioelektron mübarizə şəraitində pilotsuz uçuş aparatlarının telemetriya göstəricilərinin təhlili və riyazi modelləşdirilməsi. *II Advanced Technologies and Innovations*, 5.
3. Ağayev, F.G., Rüstəmov, Ə.R., Əzizullayev, M.Q., Sahibcanov, Ə. & Kərimov, N. (2025). Radioelektron mübarizə şəraitində "Jammer Gun" silahının tətbiqi və texniki xüsusiyyətləri. *II Advanced Technologies and Innovations*, 5.
4. Azizullayev, M.G. (2025). Analytical and mathematical modeling of long-range UAV telemetry systems under electromagnetic … *Engineer International Scientific Journal (Tashkent State Transport University)*, *3*(4), 78–85.
5. Azizullayev, M.G. & Nematzade, R.G. (2025). Experimental measurement and mathematical modeling of UAV telemetry channel behavior under radio-electronic warfare. *Engineer International Scientific Journal (Tashkent State Transport University)*, *3*(4), 60–64.
6. Heydərov, N. & Əzizullayev, M.Q. (2024). Aerodinamik parametrlərin və aerodinamik qüvvə əmsalının təyinedilmə metodu. *Hərbi Bilik*, *2*, 23–30.
7. Rustamov, A., Azizullayev, M. & Rahimli, V. (2025). Artificial intelligence in naval operations and the enhancement of fleet combat resilience. *Scientia Collection of Scientific Papers: Proceedings of the X International Scientific and Theoretical Conference "Formation of Innovative Potential of World Science"*, 97–103.
8. Rustamov, A., Hashimov, E., Muradov, T., Hashimov, R. & Azizullayev, M. (2025). Analysis of antenaana system modeling with the help of simulation technology of navigation equipments. *Advanced Information Systems*, *9*(2), 36–43.

9. Rustamov, A.R., Gasanov, A.G. & Azizullayev, M.G. (2024). Analysis of modules and systems used in effective control of UAVs in radio electronic combat environment. *Suchasni napriamy rozvytku informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii ta zasobiv upravlinnia: Tezy dopovidei 14-i mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii*, *1*, 47–48.
10. Rustamov, A.R., Gasanov, A.G., Azizullayev, M.G. & Hasanli, R.A. (2025). Pluto software defined radio based adaptive frequency spread system in telemetry communication of unmanned aircraft in radio electronic warfare conditions. *Problems of Informatization: Proceedings of the 13th International Scientific and Technical Conference*, *1*, 64–65.
11. Rustamov, A.R., Gasanov, A.G., Azizullayev, M.G. & Hasanli, R.A. (2025). Pluto software defined radio based adaptive frequency spread system in telemetry communication of unmanned aircraft in radio electronic warfare conditions. *Problems of Informatization: Proceedings of the 13th International Scientific and Technical Conference*, *1*, 64–65.
12. Rustamov, A.R., Gasanov, A.G., Azizullayev, M.G. & Hasanli, R.A. (2025). Small sized unmanned aerial vehicles signal protection against detection technologies and resilience of telemetry systems. *Problems of Informatization: Proceedings of the 13th International Scientific and Technical Conference*, *2*, 127–128.
13. Rustamov, A.R., Gasanov, A.G., Azizullayev, M.G. & Hasanli, R.A. (2025). Radio analysis of telemetry indicators of unmanned aerial vehicles in electronic warfare conditions. *Problems of Informatization: Proceedings of the 13th International Scientific and Technical Conference*, *2*, 6–7.
14. Rustamov, A.R., Gasanov, A.G., Azizullayev, M.G. & Hasanli, R.A. (2025). Experimental study of the resistance of telemetry and communication systems of unmanned aerial vehicles in radio electronic warfare environment in laboratory and field conditions. *Problems of Informatization: Proceedings of the 13th International Scientific and Technical Conference*, *2*, 2.
15. Rüstəmov, Ə.R., Binnətov, M.F., Qurbanov, X. & Əzizullayev, M.Q. (2023). Xüsusi təyinatlı radioelektron vasitələrin təkmilləşdirilməsi ilə etibarlılığın təmin edilməsi. *Milli Təhlükəsizlik və Hərbi Elmlər – National Security and Military Sciences*, *4*(9), 28–35.
16. Rüstəmov, Ə.R., Məmmədzadə, V.M., Məlikov, F.Ə., Həşimov, R.İ. & Əzizullayev, M.Q. (2024). Xəzər dənizində təhlükəsizliyin təminində naviqasiya və hidroqrafiya təminatının rolu. *Hərbi Bilik*, *2*, 65–75.

Received: 21.11.2025
Approved: 02.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/155-159

Aytac Allahverdiyeva
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
dissertant
https://orcid.org/0000-0001-5147-2233
aytac_adna@mail.ru

Modul elektrik stansiyasında intellektual idarəetmə sisteminin tətbiqi və perspektivləri

Xülasə

Energetika sisteminin inkişafı, qoyulmuş güclər, elektrik enerji istehsalı və istismarı dövlətin iqtisadi inkişafını və əhalinin həyat səviyyəsini göstərir. Energetika sisteminin inkişafı bütün zamanlarda dövlətin milli təhlükəsizliyində mühüm rol oynayır. Elektrik stansiyaları, ötürücü sistemləri, paylayıcı elektrik şəbəkələri, onların avtomatik idarəetmə sistemi, tələbatçıların fasiləsiz enerji ilə təmin olunması mürəkkəb proseslərdir. Bu sistemin digər sənaye sahələrindən fərqi, elektrik stansiyalarının dəyişən rejimdə işləməsidir. Yəni enerji hasilatı, tələbata uyğun hasil edilir. Enerjiyə tələbatın dəyişməsi ilə stansiyalarda hasilat dəyişməlidir. Bunun üçün enerji sistemində tələb olunan balansı saxlamaq üçün hal-hazırda Bakı şəhərində və rayonlarda daxiliyanma mühərrikli modul elektrik stansiyaları tikilib istifadəyə verilmişdir. Bu stansiyalar tez işə buraxılır və tez işdən saxlanılır. Ona görə də bu stansiyalardan əsasən enerji sistemində balansı saxlamaq üçün istifadə edilir. Dəyişən rejimdə bu stansiyalardan istifadə etmək əlverişlidir. Buna görə də bu stansiyalar son vaxtlar geniş yayılmışdır. Digər tərəfdən, stansiyalarda hasilat dəyişdikdə, elementlərin işinin pozulması, digər elementlərə təsir edir və istehsal prosesi pozulur. Belə hallarda operatorun prosesə müdaxilə etməsi, onu lazımi istiqamətə yönəltməsi imkan xaricindədir.

Açar sözlər: *intellektual idarəetmə sistemi, idarəetmə qurğusu, idarəetmə obyekti, modul elektrik stansiyası*

Aytaj Allahverdiyeva
Azerbaijan State Oil and Industry University
Dissertation
https://orcid.org/0000-0001-5147-2233
aytac_adna@mail.ru

Application and Prospects of Intelligent Control System in Modular Power Plant

Abstract

The development of the energy system, installed capacities, production and operation of electric energy indicate the economic development of the state and the standard of living of the population. The development of the energy system has always played an important role in the national security of the state. Power plants, transmission systems, distribution power networks, their automatic control system, and uninterrupted energy supply to consumers are complex processes. The difference between this system and other industrial sectors is that power plants operate in a variable mode. That is, energy production is produced according to demand. With changes in energy demand, production at the stations must change. For this reason, in order to maintain the required balance in the energy system, modular power plants with internal combustion engines have been built and put into operation in Baku and the regions. These stations are quickly put into operation and quickly shut down. Therefore, these stations are mainly used to maintain balance in the energy system. It is convenient to use these stations in a variable mode.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Therefore, these stations have recently become widespread. On the other hand, when production at the stations changes, the failure of the elements affects other elements and disrupts the production process. In such cases, it is impossible for the operator to intervene in the process and direct it in the necessary direction.

Keywords: *intelligent control system, control unit, control object, modular power plant*

Giriş

Avtomatik və intellektual idarəetmə sistemi normal və qəza rejimlərində elektrik stansiyasındakı prosesləri idarə edir. Real vəziyyət göstərir ki, modul elektrik stansiyalarında yüksək enerjiyə və minimum yanacaq sərfinə nail olmaq üçün, intellektual idarəetmə sistemlərinin tətbiqi zəruridir. Enerji sisteminin inkişafı, yeni texnologiyaların tətbiqi, texnoloji proseslərdə avomatikanın, intellektual idarəetmə sisteminin, süni intellektin tətbiqini zəruri edir. İntellektual idarəetmə sistemi həyatın bütün sahələrinə daxil olub, buna görə mürəkkəb obyektlərin və proseslərin həll edilməsində iştirak edir. İntellektual sistem anlayışı süni intellektlə və müasir idarəetmə sistemi və avtomatlaşdırma stansiyasında bütün rejimlərdə, enerji istehsalında, ötürülməsində paylanması proseslərinin idarə olunmasının avtomatik idarə edilməsində nəzərdə tutulur. Sistemin avtomatlaşdırılması, enerji istehsalı, ötürülməsi, paylanmasını yerinə yetirən elementlərin normal işini, qənaətli və etibarlı işləməsini, elektrik, istilik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin normada olmasını təmin edir. Avtomatik və intellektual idarəetmə sistemi normal və qəza rejimlərində elektrik stansiyasındakı prosesləri idarə edir. Real vəziyyət göstərir ki, modul elektrik stansiyalarında yüksək enerjiyə və minimum yanacaq sərfinə nail olmaq üçün, intellektual idarəetmə sistemlərinin tətbiqi zəruridir. Belə idarəetmə sistemləri qeyri-səlis məntiq (Fuzzy logis), maşın öyrənməsi və adaptiv idarəetmə modellərinə əsaslanaraq dəyişən rejimə tez uyğunlaşır, optimal qərarlar qəbul edir və enerji itkisini minimala endirir (Timofeev, 1994; Eliseev, 2000).

Tədqiqat

Son zamanlar idarəetmə sistemləri olan iki nəzəri elmi fən – avtomatik idarəetmə nəzəriyyəsi və süni intellekt nəzəriyyəsi geniş yayılmışdır. Xarici ölkələrdə tətbiqi intellektual idarəetmə sistemi, onların nəzəriyyəsi geniş yayılmış və bu sistemin sənayedə və qeyri-sənaye sahəsində tətbiq edilməsinə maraq çox artmışdır. 90-cı illərdən başlayaraq, bu mövzu ilə əlaqədar, mindən çox nəşrlər çap olunmuşdur (Iskusstvennyi intellekt, 1997; Teoriya i sistemy upravleniya, 1997). Ekspertlərin fikrincə, alınan nəticələrin tətbiqi və kommersiya istifadəsi yapon firmalarına məxsusdur. Bu yeni istiqamətin nəzəri və tətbiqi məsələləri haqqında bir çox nəşrlərin olmasına baxmayaraq, intellektual idarə, sistemdə gedən proseslər, dayanıqlı texnologiya haqqında eyni fikirlər yoxdur. Klassik avtomatik idarəetmə nəzəriyyəsinə uyğun olaraq hər hansı idarəetmə sistemindən söhbət gedirsə, iki blokun əlaqəsindən gedir: idarəetmə obyekti (İO) və ya idarəetmə qurğusu (İQ).

İO – dedikdə hər hansı texnoloji prosesi yerinə yetirən texnoloji prosesdən söhbət gedir, hansı ki, kənardan xüsusi təşkil olunmuş təsirə ehtiyacı var ki, prosesi effektiv icra etsin.

İdarəetmə qurğusu (İQ) bu formalaşmış obyektin idarə olunmasına təsir edir. Bu bloklar bir-biri ilə sıx əlaqədədir. Ona görə də, bu sistemlər birlikdə avtomatik idarəetmə sistemi adlanır. Avtomatik idarəetmənin müəyyən xüsusiyyətləri vardır: vəzifəsi, çoxlu vəziyyətləri idarəetmə, nəzarətetmə, dayanıqlı və s. Bu xüsusiyyətlər İO-ni xarici mühitə əlaqələndirir. Avtomatik idarəetmənin əsas öyrənilən obyekti tənzimləyiciləridir. Belə sistemin vasitəsilə, operatorun köməyi olmadan müəyyən səviyyədə və ya verilən fiziki kəmiyyətlərin hüdudunda məsələ həll olunur. İO tənzimləyicidən və tənzimləmə obyektindən ibarət olub, avtomatik tənzim sistemi yaradır (ATS). ATS-in problemi onun dayanıqlığıdır.

Hesablama maşınlarının yaranması, idarəetmə nəzəriyyəsinin inkişafına böyük təsir göstərdi. Tezliklə məlum oldu ki, EHM (Elektron Hesablama Maşını) məlumatları universal çevirir. EHM bu sistemdə məlumatları işləyir, hansı ki, bunu əvvəllər operator-adam yerinə yetirirdi. Tədqiqatlar nəticəsində, birinci nəticələr alındı, hansı ki, maşın proqramlarının yaranması ilə əlaqədar idi (Korshunov, 1987; Makarenko, 2009; Timofeev və Yushkov, 1994). Beləliklə, elmi istiqamətdə yeni istiqamət yarandı, sonradan bunu "süni intellekt" adlandırırlar. Süni intellektin əsas tətbiq sahəsi,

problemli sahələr haqqında biliklərdən istifadə edib, məsələləri həll edib, formalaşdırıb, intellektual idarə sisteminin konsepsiyasını formalaşdırmaqdır.

Son illər süni intellekt elmi istiqaməti haqqında aktiv tədqiqatlar gedir. Bu tədqiqatlar birləşmiş şəkildə "çox agentli sistem" adlanır (Budushchee iskusstvennogo intellekta, 1991). "Agent "ifadəsi o deməkdir ki, hər hansı canlı bir əşya, hər hansı bir yerdədir və hadisələr haqda (xarici vəziyyətdə) agent məlumat alır və həmin sahəyə uyğun təsiri formalaşdırır. Nəzəri cəhətdən çoxagentli sistemin əsas məsələsi, agentlər arasında arxitektur yaratmaq, bir çox agentlər arasında və ayrı-ayrı agentlər və mühit arasında əlaqə yaratmaqdır.

İntellektual idarəetmə nəzəriyyəsi yeni perspektiv və tez inkişaf edən elm sahəsidir. Tətbiqi intellektual idarəetmə sistemi durmadan genişlənir. İnkişaf etmiş ölkələrdə intellektual idarəetmə sisteminə qoyulan kapital qoruyucusu milyard dollardır. Tədqiqatların intensivliyi və material xərcləri bazarın tələbinə əsaslanır. İntellektual sistem anlayışı süni intellektlə (Sİ) və müasir idarəetmə nəzəriyyəsi ilə sıx bağlıdır (Tel'nov, 2002; Gorodishchev, 1996). (Sİ) keçən əsrin 50-ci illərindən başlayaraq, hesablama texnikası, informasiya və kibernetika elmləri ilə əlaqədar çox geniş yayılmağa başladı. Sİ-in inkişafının müxtəlif mərhələlərində tədqiqatçılar müxtəlif istiqamətlər təklif etdilər. Akademik Q.S.Pospelov "Süni intellekt yeni informasiya texnologiyasının əsasıdır" kitabında yazır. Süni intellekt dedikdə, ağıllı, insanın dediklərini, maşın getməsinə məcbur edən elm başa düşülür (Gromov və b., 2013; Tsanev, 2002; Zakharov, 1996). Fəlsəfə və psixologiya elmindən fərqli olaraq süni intellektin tədqiqatları və texniki sistemin araşdırılması sadəcə başa düşməyə yox, intellektual sistemin qurulmasına əsaslanıb.

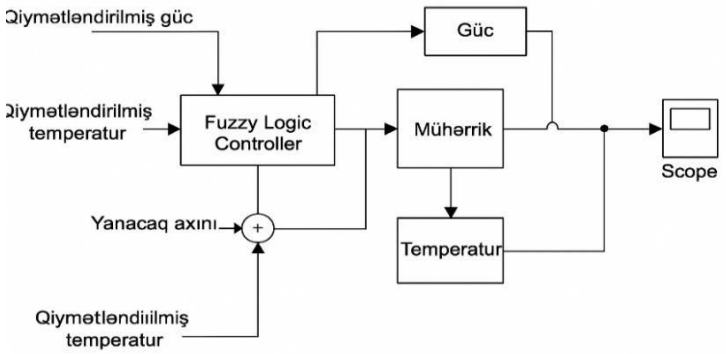
Qeyd etmək lazımdır ki, müasir Sİ, intellektual sistemin əsasında yaradılmışdır. Uzun illər boyu texnologiya bir çox tədqiqatçıların əməyi nəticəsində hazırlanmışdır. Elektrik stansiyalarının istismarında yüksək enerji hasilatına və minimum yanacaq sərfi əldə etmək üçün intellektual idarəetmə sisteminin tətbiqi zəruridir. Bu halda stansiyanın texniki-iqtisadi göstəricilər arta bilər və gələcəkdə elektrik stansiyalarının rəqəmsallaşdırılması və ağıllı enerji şəbəkələri ilə birləşməsi mühim nəticələr verər.

Aşağıda fuzzy logic əsaslı modul stansiyanın idarəetmə sisteminin MATLAB/Simulink mühitində qurulmuş modeli təqdim olunur. Simulink, real vaxt proseslərini qrafik bloklar vasitəsilə modelləşdirmək və simulyasiya etmək üçün çox funksiyalı bir mühitdir. Modul elektrik stansiyası üçün hazırlanan model fuzzy logic əsaslı qərar qəbuletmə modulu ilə yanaşı sensor girişləri, tənzimləyici bloklar və çıxış analiz komponentlərini birləşdirir.

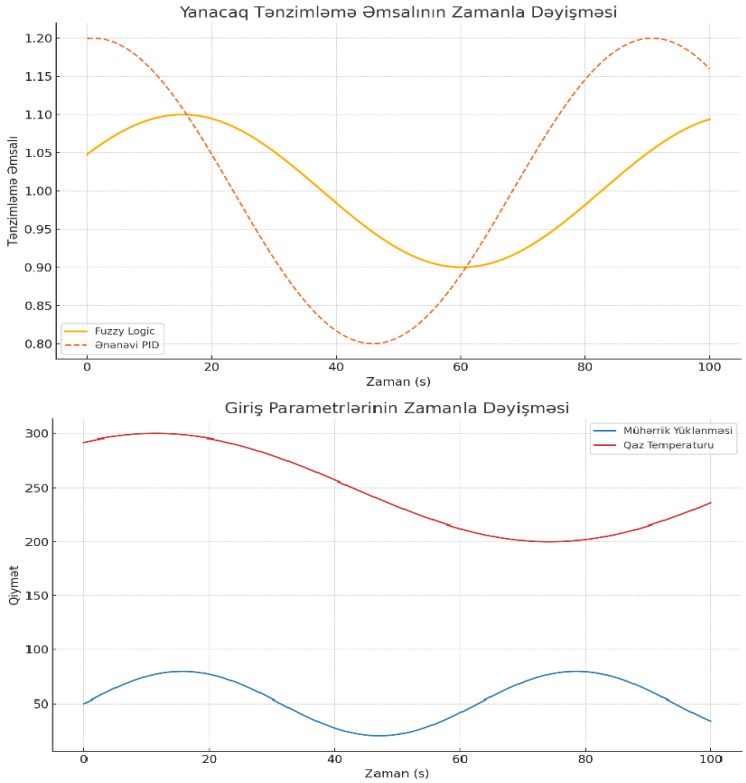
Simulink modelində aşağıdakı əsas komponentlər mövcuddur:

1. *Input Sources (Girişlər):* - Mühərrik yüklənməsi və qaz temperaturunu təmsil edən dəyişənlər real sensor məlumatlarını əks etdirir; - Bu dəyərlər Simulink-in Constant və Sine Wave blokları ilə modelləşdirilə bilər.
2. *Fuzzy Logic Controller (Qeyri-səlis):* - MATLAB-da yaradılmış və fis formatında saxlanmış fuzzy idarəetmə sistemi bu blok vasitəsilə istifadə olunur; - Simulink-də "Fuzzy Logic Controller" bloku vasitəsilə sistemə daxil edilir.
3. *Calculation Blocks:* - Gain, Sum və Function blokları ilə fuzzy çıxış siqnalları real sistem parametrləri ilə uyğunlaşdırılır və tənzimlənir.
4. *Visualization (Scope və Display):* - Sistemin reaksiya davranışı və nəticələri Scope bloklarında vizuallaşdırılır; - Yanacaq tənzimləmə əmsalının dəyişimi, temperatur və yüklənmə səviyyələri real zamanlı qrafiklər vasitəsilə müşahidə edilir.
5. *Output Processing:* - Fuzzy controller-dən çıxan siqnal digər subsistemlərə ötürülür (məsələn, qaz tənzimləyici valf, istilik balansı modulu və s.).

Modul elektrik stansiyanın tam Simulink modeli



Simulyasiya nəticələrinin daha dolğun təhlili üçün MATLAB proqramında alınmış nəticələr əsasında vizual qrafiklər qurulmuşdur. Bu qrafiklər sistemin mühərrik yüklənməsi, qaz temperaturu və yanacaq tənzimləmə əmsalına reaksiyasını əyani şəkildə göstərir və fuzzy logic əsaslı idarəetmənin ənənəvi metodlardan üstünlüyünü nümayiş etdirir.



1. *Yanacaq Tənzimləmə Əmsalının Zamanla Dəyişməsi:* - Bu qrafik fuzzy controller tərəfindən idarə olunan yanacaq əmsalının zamanla necə dəyişdiyini göstərir; - Əyridə görünür ki, sistem sabit şəraitdə düzxətli, dəyişkən şəraitdə isə çevik reaksiyalar verir.

2. *Mühərrik Yüklənməsi və Qaz Temperaturunun Zamanla Dəyişməsi:* - Giriş siqnalları kimi qəbul edilən yüklənmə və temperatur dəyərlərinin dinamikası göstərilir; - Bu qrafiklər sistemin hansı şəraitlərə cavab verdiyini təhlil etməyə kömək edir.

3. *Ənənəvi və Fuzzy İdarəetmə Qrafiklərinin Müqayisəsi:* - Fuzzy logic idarəetmə sistemi ilə PID əsaslı idarəetmə sistemi eyni şəraitdə qarşılaşdırılmışdır; - Qrafiklərdən aydın olur ki, fuzzy sistem daha az oscillasiya və daha tez stabilləşmə təmin edir.

4. *Enerji Sərfiyyatının Azaldılması:* - Yanacaq sərfiyyatına dair nəticələr müqayisə edilərək göstərilmişdir; - Fuzzy idarəetmə sayəsində təqribən 15-20% enerji qənaəti müşahidə olunmuşdur.

Bu qrafiklər MATLAB-də plot, subplot, title, legend, grid on funksiyalarından istifadə etməklə qurulmuşdur və hər biri təcrübə ssenarilərinə uyğun olaraq əldə olunmuş simulyasiya nəticələrinə əsaslanır. Qrafik analizlərin nəticələri göstərir ki, fuzzy logic əsaslı idarəetmə modelləri modul elektrik stansiyalarında optimal nəticələr təqdim edir. Aşağıda təqdim olunan cədvəl fuzzy logic və ənənəvi idarəetmə metodları əsasında aparılmış simulyasiya nəticələrinin müqayisəsini göstərir. Cədvəldə mühərrik yüklənməsi və qaz temperaturunun müxtəlif səviyyələrində alınan yanacaq tənzimləmə əmsalları və enerji sərfiyyatı təqdim olunmuşdur.

Simulyasiya nəticələrinin müqayisəsi

Ssenari №	Mühərrik Yüklənməsi (%)	Qaz Temperaturu (°C)	Fuzzy Logic Əmsalı	Ənənəvi PID Əmsalı	Enerji Qənaəti (%)
1	30	200	0.89	0.97	8.2
2	50	250	0.96	1.05	8.6
3	70	300	1.02	1.18	13.6
4	90	350	1.08	1.26	14.3
5	100	400	1.12	1.30	13.8

Nəticə

1. Enerji sisteminin inkişafı, stansiyada intellektual idarəetmə sisteminin tətbiqini zəruri edir.
2. İntellektual idarəetmə sistemi stansiyada bütün rejimlərə proseslərin avtomatik idarə edilməsində iştirak edir.
3. Modul elektrik stansiyalarda yüksək enerji hasilatında və minimum yanacaq sərfinə nail olmaq üçün, intellektual idarəetmə sistemlərinin tətbiqi vacibdir.
4. Bu sistemlər idarəetmə modellərinə əsaslanaraq, dəyişən rejimə tez uyğunlaşır.
5. Enerji istehsalında intellektual idarəetmənin tətbiqi nəticəsində texniki xidmətlər optimallaşar, nasazlıqlar və təmir xərcləri azalar.
6. Əldə edilən nəticələr, gələcəkdə elektrik enerjisinin istehsalı və paylanması sahəsində innovativ texnologiyaların inkişafına və tətbiqinə yol açacaqdır.

Ədəbiyyat

1. *Budushchee iskusstvennogo intellekta*. (1991). Pod red. K.E. Levitina i O.A. Popova. Nauka.
2. Eliseev, Yu.S. (2000). *Teoriya i proektirovanie gazoturbinnykh i kombinirovannykh ustanovok*. Izd-vo MGTU im. I. Eh. Baumana.
3. Gorodishchev, V.N. (1996). Intellektual'nye sistemy: sovremennoe sostoyanie issledovanii iskusstvennogo intellekta i perspektivy primeneniya. *Novosti, 1*.
4. Gromov, Yu.YYu., Ivanova, O.G. və Alekseev, V.V. (2013). *Intellektual'nye informatsionnye sistemy i tekhnologii: uchebnoe posobie*. Izd-vo FGBOU VPO «TGTU».
5. *Iskusstvennyi intellect*. (1990). Spravochnik v 3 kn. Kn.1: Sistemy obshcheniya i ehkspertnye sistemy. Pod. Eh.V. Popova. Radio i svyaz'.
6. Korshunov, Yu.M. (1987). *Matematicheskie osnovy kibernetiki: uchebnoe posobie dlya vuzov*. Ehnergoatomizdat.
7. Makarenko, S.I. (2009). *Intellektual'nye informatsionnye sistemy: uchebnoe posobie*. SF MGTU.
8. Tsanev, S.V. (2002). *Gazoturbinnye i parogazovye ustanovki teplovykh ehlehktrostantsii*. Izd-vo MEHI.
9. Timofeev, A.V. və Yushkov, A.M. (1994). Intellektual'nye sistemy avtomaticheskogo upravleniya. *Izv. RAN, Tekhnicheskaya kibernetika, 5*.
10. Tel'nov, Yu.F. (2002). *Intellektual'nye informatsionnye sistemy: uchebnoe posobie*. Moskovskii mezhdunarodnyi institut ehkonometriki, informatiki, finansov i prava.
11. Teoriya i sistemy upravleniya. (1997). *Izvestiya Akademii Nauk, 3*, 138–145.
12. Zakharov, V.N. (1996). Intelligent systems of control of apparatuses for artificial ventilation of the lungs. Principles of construction. *Computer and System Sciences International, 35*(1).

Daxil oldu: 01.12.2025
Qəbul edildi: 05.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/160-164

Rovshan Taghiyev
Nakhchivan State University
https://orcid.org/0000-0002-3682-8788
rovsentagiyev@ndu.edu.az
Rana Kalashova
Nakhchivan State University
https://orcid.org/0009-0008-2768-7240
renaa162010@gmail.com

The Relationship Between Information Systems and Information Technologies, and Ensuring Their Security

Abstract

In modern organizations, the integration of Information Systems and Information Technologies plays a critical role in supporting information management, optimizing business processes, and achieving strategic objectives. Information Systems provide the framework for collecting, processing, and analyzing data, while Information Technologies supply the tools and infrastructure that enable these systems to function effectively. The effectiveness of this relationship, however, is highly dependent on the security of information systems. This study examines key aspects of IS and IT security, including the prevention of unauthorized access, protection of data integrity, implementation of security policies and standards, system and network security, disaster recovery and business continuity planning, and protection against cyber threats. IT auditing is highlighted as an essential mechanism for evaluating organizational defenses, identifying vulnerabilities, and recommending improvements.

Keywords: *information systems, information technology, cybersecurity, IT auditing, business continuity*

Rövşən Tağıyev
Naxçıvan Dövlət Universiteti
https://orcid.org/0000-0002-3682-8788
rovsentagiyev@ndu.edu.az
Rəna Kalaşova
Naxçıvan Dövlət Universiteti
https://orcid.org/0009-0008-2768-7240
renaa162010@gmail.com

İnformasiya Sistemləri və İnformasiya Texnologiyaları arasında əlaqələr və onların təhlükəsizliyinin təmin edilməsi

Xülasə

Müasir təşkilatlarda İnformasiya Sistemləri və İnformasiya Texnologiyalarının inteqrasiyası informasiya idarəçiliyinin dəstəklənməsi, biznes proseslərinin optimallaşdırılması və strateji məqsədlərə nail olunmasında mühüm rol oynayır. İnformasiya Sistemləri məlumatların toplanması, işlənməsi və təhlili üçün çərçivə təmin edir, İnformasiya Texnologiyaları isə bu sistemlərin effektiv işləməsini təmin edən alətlər və infrastrukturu təmin edir. Bununla belə, bu əlaqənin effektivliyi informasiya sistemlərinin təhlükəsizliyindən çox asılıdır.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Bu tədqiqat İS və İT təhlükəsizliyinin əsas aspektlərini, o cümlədən icazəsiz girişin qarşısının alınması, məlumatların bütövlüyünün qorunması, təhlükəsizlik siyasətlərinin və standartlarının həyata keçirilməsi, sistem və şəbəkə təhlükəsizliyi, fəlakətlərin bərpası və biznesin davamlılığının planlaşdırılması və kiber təhdidlərdən müdafiəni araşdırır. İT auditi təşkilati müdafiənin qiymətləndirilməsi, zəifliklərin müəyyən edilməsi və təkmilləşdirmələrin tövsiyə edilməsi üçün vacib mexanizm kimi vurğulanır.

Açar sözlər: *informasiya sistemləri, informasiya texnologiyaları, kibertəhlükəsizlik, İT auditi, biznesin davamlılığı*

Introduction

In today's digital era, organizations increasingly rely on information systems (IS) and information technologies (IT) to manage data, optimize business processes, and achieve strategic objectives. The integration of IS and IT has become a critical determinant of organizational efficiency, competitiveness, and innovation. Information systems provide a structured framework for the collection, processing, storage, and analysis of data, while information technologies encompass the hardware, software, networks, and infrastructure necessary to ensure the effective operation of these systems. However, the growing dependence on digital systems also exposes organizations to a wide range of internal and external threats. Cyberattacks, unauthorized access, data corruption, and system failures can disrupt operations, compromise sensitive information, and undermine organizational resilience. Consequently, ensuring the security of information systems is essential not only for operational continuity but also for maintaining stakeholder trust and achieving long-term organizational goals.

This study explores the relationship between IS and IT and emphasizes the importance of securing information systems through comprehensive IT auditing, risk management, and the implementation of security policies and standards. By examining key areas such as access control, data integrity, system and network protection, disaster recovery, and cyber threat mitigation, this research highlights the critical role of security in sustaining efficient, reliable, and resilient organizational operations.

Research

The Relationship Between Information Systems and Information Technologies. Information Systems and Information Technologies are two critical components that support information management and optimize business processes in modern organizations. These two concepts are complementary in nature and, when used effectively, enable the achievement of organizational objectives. While information systems provide a framework for the collection, processing, and analysis of data, information technologies represent the tools and infrastructure that make the operation of these systems possible (Laudon & Laudon, 2020).

Information Systems are a combination of processes, tools, and human elements designed to support information management within organizations. They encompass the processes of data collection, processing, and analysis. In contrast, Information Technology refers to a structure that includes hardware, software, networks, and data storage technologies, providing the necessary infrastructure for the operation of information systems (Zhang et.al., 2023).

The relationship between information systems and information technologies can be explained through the analogy of a *"car"* and an *"engine."* While information systems represent the body and mechanisms of a car, information technologies function as the engine that enables the system to operate. This relationship can be clearly observed in the following areas:

– *Data Processing and Management:* IS transforms raw data into meaningful information, whereas IT provides the tools that accelerate and optimize this process. For example, database management systems (DBMS) clearly demonstrate this relationship (Dragomir, 2017).

– *Decision-Making Processes:* Management Information Systems (MIS) utilize IT infrastructure to support organizational decision-making. Analytical tools and big data platforms enhance effectiveness in this area (Nguyen et al., 2020).

– *Automation of Business Processes:* While business processes are defined and optimized by IS, IT enables the automation of these processes. For instance, Enterprise Resource Planning (ERP) systems use IT to integrate business processes.

The relationship between information systems and information technologies is also strongly evident at the component level, as outlined below:

– *Hardware and Software:* Hardware and software are fundamental components of Information Technology that provide the necessary support for the functioning of Information Systems. Hardware includes physical devices such as servers, computers, storage units, and networking equipment, which facilitate data processing, storage, and transmission. Software encompasses operating systems, application programs, and specialized tools that manage, process, and analyze data. Together, hardware and software form the backbone of IT infrastructure, enabling information systems to operate efficiently, handle large volumes of data, and support organizational decision-making and business operations (Caldwell, 2009).

– *Data and Data Analytics*: Information Systems transform raw data into meaningful and actionable information, which organizations can use for strategic decision-making and performance improvement. Information Technology enhances this process by providing advanced tools for data analytics, including big data platforms, machine learning algorithms, and data mining techniques. These technologies allow organizations to process complex datasets, identify patterns, detect anomalies, and generate predictive insights, thereby increasing the value and accuracy of the information produced (Yoon, 2015).

– *People and Processes:* Information Systems define, structure, and manage organizational processes, ensuring that workflows are standardized, efficient, and aligned with business objectives. Information Technology complements this by enabling the implementation and automation of these processes through software applications, workflow management systems, and digital platforms. By combining human expertise with IT tools, organizations can optimize operations, reduce manual errors, enhance collaboration, and respond more quickly to changing business demands, thereby improving overall efficiency and productivity (Caldwell, 2009).

Ensuring Security. Information and system security is one of the most critical priorities for modern organizations. In this context, ensuring security is not limited to preventing unauthorized access; it also encompasses maintaining data integrity, implementing security policies and standards, securing system and network infrastructure, regularly evaluating disaster recovery and business continuity plans, and taking proactive measures against cyber threats. An effective security approach ensures the protection of both organizational data and user information, guaranteeing that operational processes continue uninterrupted and securely (Beretas, 2024; Bilgin, 2016).

Figure 1: Ensuring Security

Prevention of Unauthorized Access. Unauthorized access may occur through both internal and external threats. To manage such risks, the implementation of access control mechanisms is essential. Technologies such as encryption, user authentication systems, and multi-factor authentication are used to restrict access to information systems solely to authorized individuals (Bilgin, 2016). In addition, establishing an effective identity management policy within organizations requires the regular review of access rights and the revocation of unnecessary access permissions (Ghadge, 2024). *Protection of Data Integrity*. Data integrity refers to the protection of information against unauthorized modification or deletion. IT auditing applies various tests to identify vulnerabilities that threaten the integrity of systems and databases. For example, file integrity monitoring tools and data validation mechanisms ensure the accuracy of information systems. Such measures support the proper functioning of systems and minimize operational errors (Küçükgergerli & Sarıdoğan, 2022).

Implementation of Security Policies and Standards. IT auditing evaluates the effectiveness of an organization's security policies and standards. A robust information security policy should be developed in accordance with organizational requirements and be clearly understood by all employees. For instance, the ISO/IEC 27001 standard is widely recognized as a global reference for information security management systems and provides guidance for the effective implementation of security controls (Bilgin, 2016).

System and Network Security. Information systems generally involve the integration of multiple networks and systems. Therefore, firewalls, intrusion detection systems, and regular security testing should be employed to ensure network security. In addition, systems must be protected with up-to-date patches, and vulnerabilities in operating systems should be regularly analyzed. IT auditing assists in establishing a defense line against potential threats by evaluating the protection levels of these systems (Küçükgergerli & Sarıdoğan, 2022).

Evaluation of Disaster Recovery and Business Continuity Plans. The effectiveness of disaster recovery and business continuity plans is of critical importance in ensuring the security of information systems. These plans enable organizations to continue their operations without interruption in the event of data loss or system failures. IT auditing evaluates the adequacy of these plans and aims to ensure that they are kept up to date in order to maintain operational capacity (Bilgin, 2016).

Protection Against Cyber Threats. With the advancement of technology, the number and complexity of cyber threats are increasing. IT auditing evaluates an organization's defensive capabilities against cyberattacks and examines whether the necessary measures have been implemented. For example, attack simulations and penetration testing can help identify and mitigate security vulnerabilities (Küçükgergerli & Sarıdoğan, 2022).

Ensuring the security of information systems aims to protect organizations against both internal and external threats and to guarantee the uninterrupted operation of these systems. Preventing unauthorized access, maintaining data integrity, enforcing security policies, and ensuring business continuity in the event of disasters constitute the fundamental pillars of this objective. IT auditing not only identifies deficiencies in these areas but also proposes concrete steps for improvement. In this context, security is regarded not merely as a technical requirement but as a critical component of organizational success.

Conclusion

The relationship between Information Systems and Information Technologies constitutes a fundamental pillar of modern organizational effectiveness. While information systems provide the structural framework for managing data, processes, and human interaction, information technologies supply the technical infrastructure that enables these systems to function efficiently. When aligned strategically, IS and IT not only enhance operational efficiency and decision-making capabilities but also contribute directly to achieving organizational goals.

However, the effectiveness of this relationship is highly dependent on the security of information systems. As organizations increasingly rely on integrated digital infrastructures, they become more vulnerable to internal and external threats. In this context, IT auditing plays a critical role in evaluating

access controls, data integrity, security policies, system and network protections, disaster recovery mechanisms, and cyber defense capabilities. These controls ensure the confidentiality, integrity, and availability of information, which are essential for sustainable operations.

Ultimately, ensuring information system security should not be viewed solely as a technical obligation but as a strategic and organizational necessity. By proactively identifying vulnerabilities and implementing robust security measures, organizations can safeguard their information assets, maintain business continuity, and strengthen their overall resilience in an increasingly complex digital environment.

References

1. Ammanah, C.I. (2024). Development and deployment of a security information management system for enhanced organizational safety and efficiency. *International Journal of Convergent and Informatics Science Research.*
2. Beretas, C. (2024). Information systems security, detection and recovery from cyberattacks. *Universal Library of Engineering Technology, 1*(1).
3. Bilgin, B.Ö. (2016). *Bilgi teknolojileri denetimi ve bir uygulama.*
4. Caldwell, F. (2009, October). Selecting and applying GRC frameworks and standards. In *Gartner Symposium ITExpo*.
5. Crowston, K., Myers, M.D. (2004). Information technology and the transformation of industries: three research perspectives. *The Journal of Strategic Information Systems, 13*(1), 5–28.
6. Dragomir, R.G. (2017). The audit of the quality control system within the information technology field. *Journal of Economic Development, Environment and People, 6*(2), 45–54.
7. Ghadge, N. (2024). Enhancing identity management: Best practices for governance and administration. *Computer Science & Information Technology (CS & IT)*, 219–228.
8. Küçükgergerli, N. & Sarıdoğan, A.A. (2022). The impact of IT application control on the quality of the audit evidence: An application example. *Muhasebe Enstitüsü Dergisi, (66)*, 65–77.
9. Laudon, K.C. & Laudon, J.P. (2020). *Management information systems: Managing the digital firm.* Pearson.
10. Nguyen, A.H., Ha, H.H. & Nguyen, S.L. (2020). Determinants of information technology audit quality: Evidence from Vietnam. *Journal of Asian Finance, Economics and Business, 7*(4), 41–50.
11. Yoon, K., Hoogduin, L. & Zhang, L. (2015). Big data as complementary audit evidence. *Accounting Horizons, 29*(2), 431–438.
12. Zhang, X., Xu, Y.Y. & Ma, L. (2023). Information technology investment and digital transformation: The roles of digital transformation strategy and top management. *Business Process Management Journal, 29*(2), 528–549.

Received: 27.11.2025
Approved: 02.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/165-172

Murad Bakhishov
Azerbaijan State Oil and Industry University
Master's student
https://orcid.org/0009-0001-7958-8286
murad.baxisow@gmail.com

The Use of Biogas Technologies for Organic Waste Disposal and Energy Recovery

Abstract

Organic waste streams from agriculture, municipalities and agro-industrial processes are increasingly recognized as valuable resources for renewable energy production. Anaerobic digestion (AD) enables the controlled conversion of biodegradable substrates into biogas, with reported methane yields ranging from approximately 150 to 550 mL/gVS depending on substrate composition, pretreatment and co-digestion strategies. High-solids AD systems operating at total solids above 15–20% achieve volumetric productivities comparable to conventional slurry digesters, while reducing reactor volume requirements. Modern waste-to-energy configurations are capable of converting hundreds of thousands of tonnes of biomass annually into tens of thousands of megawatt-hours of renewable electricity, demonstrating the scalability of AD in integrated waste-management frameworks. In addition to energy recovery, AD reduces uncontrolled methane emissions, stabilizes organic matter and produces nutrient-rich digestate that can replace mineral fertilizers. Overall, the evidence indicates that biogas technologies form an essential component of sustainable waste management, simultaneously addressing organic waste disposal and renewable energy generation in line with circular-economy objectives.

Keywords: *anaerobic digestion, organic waste, energy recovery, circular economy, waste-to-energy*

Murad Baxışov
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0001-7958-8286
murad.baxisow@gmail.com

Üzvi tullantıların atılması və enerji bərpası üçün bioqaz texnologiyalarının istifadəsi

Xülasə

Kənd təsərrüfatı, bələdiyyə və aqrar-sənaye proseslərindən yaranan üzvi tullantı axınları getdikcə bərpa olunan enerji istehsalı üçün dəyərli resurslar kimi tanınır. Anaerob parçalanma (AD) bioparçalana bilən substratların biqaza nəzarətli çevrilməsini təmin edir; bu zaman substratın tərkibindən, ilkin emal üsulundan və birgə parçalanma strategiyalarından asılı olaraq metan çıxımı təxminən 150-dən 550 mL/gVS-ə qədər dəyişir. Ümumi quru maddə miqdarı 15–20%-dən yüksək olan yüksəkkonsentrasiyalı AD sistemləri reaktor həcmi tələblərini azaltmaqla, ənənəvi şlam tipli digestorlarla müqayisə oluna bilən həcm məhsuldarlığına nail olur. Müasir tullantıdan enerjiyə çevrilmə konfiqurasiyaları hər il yüz minlərlə ton biokütləni on minlərlə meqavat-saat bərpa olunan elektrik enerjisinə çevirə bilir ki, bu da AD texnologiyasının inteqrə olunmuş tullantı idarəetmə çərçivələrində miqyaslana bilənliyini nümayiş etdirir. Enerji bərpası ilə yanaşı, AD nəzarətsiz metan emissiyalarını azaldır, üzvi maddəni stabilləşdirir və mineral gübrələri əvəz edə bilən qida maddələri ilə zəngin digestat yaradır.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Ümumilikdə, mövcud sübutlar göstərir ki, biqaz texnologiyaları dayanıqlı tullantı idarəetməsinin vacib tərkib hissəsidir və dairəvi iqtisadiyyat məqsədlərinə uyğun olaraq eyni zamanda həm üzvi tullantıların utilizasiyası, həm də bərpa olunan enerji istehsalı məsələlərini həll edir.

Açar sözlər: *anaerob parçalanma, üzvi tullantılar, enerji bərpası, dairəvi iqtisadiyyat, tullantıdan enerjiyə çevrilmə*

Introduction

The global energy system still relies predominantly on fossil fuels, which are responsible for the majority of anthropogenic greenhouse-gas (GHG) emissions. At the same time, increasing quantities of organic waste from agriculture, food processing, municipalities and industry exert significant environmental pressure through uncontrolled emissions, odour generation, nutrient leaching and inefficient land use.

Anaerobic digestion (AD) is a key technology that links waste management with renewable energy production. Through microbial processes, organic matter is converted into methane-rich biogas and a nutrient-rich digestate that can replace mineral fertilizers. Compared with other bioenergy pathways, AD is characterized by high energy efficiency, the capacity to process wet and heterogeneous substrates and the co-generation of a valuable fertilizer product (Achinas et al., 2017). Biogas has become an important component of the European energy mix. Primary energy production from biogas in the EU increased from approximately 7,934 ktoe in 2009 to more than 14,000 ktoe in 2016, with Germany, the United Kingdom and Italy being among the leading contributors. Recent IEA Bioenergy assessments emphasize that AD of organic wastes plays a central role in the transition toward a climate-neutral circular bioeconomy by simultaneously supporting waste reduction, renewable energy generation and nutrient recycling (IEA Bioenergy Task 37, 2022). Azerbaijan also possesses substantial organic waste resources originating from livestock farming, crop production, food processing and municipal solid-waste streams. Most of these residues are currently managed through open storage, uncontrolled decomposition or direct landfilling, leading to methane emissions, odour formation and nutrient losses. At the same time, the country aims to expand its renewable-energy portfolio under the “Azerbaijan 2030: National Priorities for Socio-Economic Development”, with particular emphasis on green growth and circular-economy principles. Anaerobic digestion therefore represents a promising solution for simultaneously improving waste management and developing decentralized renewable energy systems in rural regions. The integration of AD technologies could reduce environmental impacts, enhance nutrient recycling and contribute meaningfully to national decarbonization objectives.

Research

Methodology. This study is based on a structured review and synthesis of scientific and technical literature on anaerobic digestion (AD) of organic wastes. The methodological approach integrates peer-reviewed research articles, international reports, technical guidelines and datasets describing operational performance of anaerobic digestion systems treating animal manure, food waste, agricultural residues and agro-industrial by-products. Sources include peer-reviewed scientific articles, international reports from IEA Bioenergy and the European Biogas Association, as well as Russian-language studies on AD process optimization and waste-management practices (IEA Bioenergy Task 37, 2022).

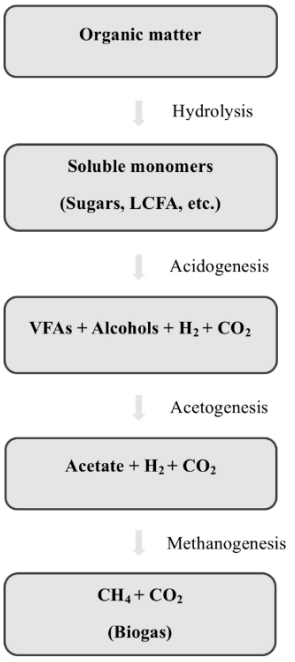
In addition to the qualitative review, quantitative ranges of key process and performance indicators were extracted from published datasets and industrial practice reports. These include typical substrate compositions, methane yields, loading rates, retention times, and energy-production metrics commonly cited for large-scale AD installations. The aim of this analysis is not to assess a specific facility, but to identify typical operational parameters and performance indicators of modern agro-industrial AD systems.

All data incorporated into this article are presented in aggregated or generalized form to reflect sector-wide trends rather than individual installations. This ensures that technological insights and performance characteristics reflect broadly applicable patterns in AD system design and operation.

1. *Biogas Technologies for Organic Waste Treatment.*

1.1. *Fundamentals of anaerobic digestion*. Anaerobic digestion is a multi-step biochemical process where hydrolytic, acidogenic, acetogenic and methanogenic microorganisms convert complex organic matter into biogas, mainly composed of methane (CH_4) and carbon dioxide (CO_2) (Neri et al., 2023). During hydrolysis, polymers such as carbohydrates, proteins and lipids are broken down into soluble monomers. Acidogenic bacteria then form volatile fatty acids (VFAs), alcohols, CO_2 and hydrogen. In acetogenesis, VFAs are converted into acetate, CO_2 and H_2, which serve as substrates for methanogenic archaea that finally produce methane via acetoclastic and hydrogenotrophic pathways.

The microbial community is sensitive to pH, temperature, ammonia, sulphides and organic loading rate. Therefore, process stability requires careful control of substrate properties and operating conditions. Mathematical models of AD describe biomass growth, substrate degradation and gas formation using Monod-type kinetics and inhibition terms, and are used to design and optimize full-scale digesters (Ruzhinskaya & Fomenkova, 2014).



1.2. Reactor configurations and operating modes. Biogas plants treating organic wastes typically employ continuously stirred tank reactors (CSTRs) for livestock manure, food waste and industrial effluents, operated at mesophilic (35-38 °C) or thermophilic (50-55 °C) temperatures; plug-flow digesters and high-solids reactors for stackable substrates such as crop residues and municipal solid waste, sometimes combined with leachate recirculation and an up-flow anaerobic filter (UAF); two-stage systems where hydrolysis/acidogenesis and methanogenesis are spatially separated to improve stability for easily acidifying substrates like food waste.

High-solids digestion is particularly relevant for solid organic waste disposal because it enables treatment at total solids contents above 15-20 %, increasing volumetric gas productivity and reducing reactor volume, although often at the cost of slightly lower gas yield per kg of volatile solids.

2. Organic Waste Substrates and Their Biogas Potential.

2.1. Animal manure. Animal manure is a major substrate for farm-scale and centralized biogas plants due to its high moisture content, buffering capacity and continuous availability (Nasir et al., 2012). In the EU-27, livestock production generates more than 1,500 million tonnes of manure annually, representing a large biogas resource and a significant pollution risk if mismanaged (Holm - Nielsen et al., 2009).

Table 1.

Summarizes key physicochemical characteristics and methane yields for selected manures based on a recent review (Biogas Energy, 2019; Hawrot-Paw & Tapczewski, 2025).

Animal manure	pH	TS (%)	VS (%)	C/N	CH_4 yield (mL/gVS)
Cattle	7,1 – 8,6	14,5 – 22,7	11,9 – 72,0	14,6 – 18,9	157 - 395
Pig	6,4 – 7,5	8,2 – 36,7	6,2 – 82,8	5,7 – 13,5	204 - 438
Chicken	6,9 – 7,4	20,0 – 92,6	18,3 – 84,1	7,5 – 9,8	160 – 396
Sheep	7,2 – 8,1	22,3 – 40,0	18,7 – 72,7	11,3 – 14,7	207 – 357
Goat	~7,9	33,7 – 55,5	27,7 – 89,4	~18,0	402 – 500
Donkey	6,8	19,8	14,4	-	~380

These data show that goat and pig manure typically provide the highest methane yields (above 400 mL/gVS), while cattle manure often gives lower yields due to its higher lignin content (Bachmaier et al., 2020). Co-digestion of manure with energy- and nutrient-rich co-substrates such as poultry litter, sugar beet pulp or food waste can substantially increase gas yield and improve nutrient balance.

2.2. Agricultural residues and lignocellulosic biomass. Crop residues, energy crops and other lignocellulosic materials are abundant but more difficult to digest, as cellulose and hemicellulose are protected by a lignin matrix. Pretreatments such as mechanical size reduction, thermal or alkaline treatment, and biological processes increase surface area and improve biodegradability, though they add cost and energy demand (Bachmaier et al., 2020).

Studies on high-solids digestion of agro-residues mixed with cattle dung at total solids of 16-19% have reported volumetric biogas productivities of about 200-250 $L \cdot m^{-3} \cdot d^{-1}$, similar to conventional low-solids digesters, but with reduced reactor volume requirements. This makes high-solids AD an attractive option for treating straw, leaves and other fibrous residues that are not suitable for slurry-type digesters.

2.3. Food waste and municipal biowaste. Food waste and the organic fraction of municipal solid waste (OFMSW) present both a challenge and an opportunity: they are highly biodegradable and energy-rich, but their uncontrolled decomposition in landfills leads to methane emissions and leachate generation.

Biomethane yields from food waste can reach 380-550 mL/gVS, particularly for lipid-rich wastes, but process stability is sensitive to rapid acidification and ammonia inhibition (Zhang et al., 2014). Co-digestion with manure or sewage sludge is often used to provide buffering capacity and trace nutrients. For example, co-digestion of food waste with cattle manure at an optimal ratio of 2:1 has been reported to produce around 388 mL CH_4/gVS in batch tests and ~317 mL CH_4/gVS in semi-continuous operation, while maintaining stable pH and avoiding VFA accumulation (Neri et al., 2023).

Microalgal biomass, which can be grown on wastewater and flue gases, is another promising substrate. Mono-digestion of microalgae typically yields 287-611 $L \cdot kg^{-1}$VS of biogas, whereas co-digestion with bakery waste increased yields to almost 500 $L \cdot kg^{-1}$VS in one study; methane concentration reached about 60-65% (Hawrot-Paw & Tapczewski, 2025). This illustrates how biogas technologies can valorize both primary biomass and food-industry residues.

2.4. Industrial and agro-industrial residues. Many agro-industrial processes generate concentrated biodegradable effluents, including those from sugar factories, distilleries, dairies and slaughterhouses. These wastes typically exhibit high moisture content, elevated chemical oxygen demand and rapid biodegradability, making them suitable substrates for methane fermentation.

Russian-language studies report that two-stage AD configurations incorporating hydrolysis and multi-section methanogenic reactors can reduce hydraulic retention time and enhance methane yield when treating liquid effluents from agro-industrial complexes (Okovitya et al., 2021).

Integrated processing strategies frequently combine anaerobic digestion of stillage, beet pulp and manure with downstream treatments such as composting or pelletizing of solid fractions. Such configurations support nutrient recycling and enable the production of marketable organic fertilizers, contributing to the expansion of circular-economy models in agriculture (Saifutdinova et al., 2025).

Large agro-industrial digestion systems treating residues from sugar-beet processing and distillery operations commonly operate with electrical capacities in the 3-5 MW range, utilizing 160,000-180,000 tonnes of feedstock per year. Reported energy outputs for such facilities reach 30,000-40,000 MWh annually, consistent with performance levels expected for high-rate AD systems processing carbohydrate-rich substrates. These generalized values highlight the capacity of AD to convert low-value by-products into renewable energy and stabilized digestate suitable for agricultural use.

3. Energy Recovery and Environmental Benefits.

3.1. Application of Anaerobic Digestion Technologies in Agro-Industrial Systems. Energy generation from agro-industrial AD systems depends on substrate composition, reactor configuration and operating conditions. Facilities processing mixtures of liquid stillage and sugar-processing residues typically achieve methane yields in the upper range reported for carbohydrate-rich feedstocks. When operated continuously for more than 8,000 hours per year, such systems can supply substantial quantities of renewable electricity or upgraded biomethane.

Typical performance indicators for large agro-industrial AD plants include electrical efficiencies of 35-40% for combined heat and power units, parasitic consumption of approximately 5-8% of generated electricity, and specific energy yields near 0.1 MWh per tonnes of processed biomass. These values align with international benchmarks for industrial digestion systems and demonstrate the strong energy-recovery potential of AD when integrated into existing processing chains.

Environmental benefits include mitigation of uncontrolled methane emissions, significant reduction of odour and nutrient losses, and production of a stabilized digestate rich in nitrogen, phosphorus and potassium. When applied to agricultural soils, digestate contributes to nutrient cycling and reduces the demand for mineral fertilizers, thereby enhancing the sustainability of regional agro-ecosystems.

Table 2.

Typical operational parameters for industrial anaerobic digestion systems (Holm-Nielsen et al., 2009; Scarlat et al., 2018).

Parameter	Typical Range
Organic loading rate (OLR)	1,5 – 4,0 kg VS/m³·day
Hydraulic retention time (HRT)	15 – 40 days
Mesophilic temperature	35 – 38 °C
Thermophilic temperature	50 – 55 °C
Specific methane yield	0,20 – 0,35 m³ CH_4/kg VS
Electrical efficiency (CHP)	35 – 40%
Heat recovery efficiency	40 – 50%
Parasitic electricity consumption	5 – 10% of output
Operating hours	7500 – 8400 h/year

3.2. Environmental and circular-economy aspects. Several studies have quantified how AD of organic wastes reduces GHG emissions compared with uncontrolled storage or landfilling. The replacement of fossil-based electricity and heat, combined with the avoidance of methane emissions from manure and waste heaps, can reduce overall emissions by 30-70 kg CO_2-equivalent per kg of nitrogen surplus when manure is digested and nutrients are better recycled.

The digestate – the residual slurry after digestion – retains most of the nitrogen, phosphorus and potassium, making it a high-value fertilizer that can substitute synthetic fertilizers whose production is energy-intensive and relies on natural gas and mineral phosphates (Agapkin & Makhotina, 2021). The use of digestate therefore closes nutrient loops between livestock, biogas plants and crop production, which is a central element of circular agriculture.

At the same time, biogas plants provide a controlled environment for the hygienisation of organic wastes; pathogen reduction, odour mitigation and lower risk of groundwater contamination are consistently reported benefits when manure and organic wastes are digested rather than stored or landfilled.

Conclusion

The reviewed literature demonstrates considerable variability in methane yields across different substrate categories. Animal manure shows methane production in the range of approximately 157 – 500 mL/gVS, with pig and goat manure generally achieving the highest values due to their favourable biochemical composition (Bachmaier et al., 2020). Food waste and lipid-rich organic residues exhibit even higher biomethane potentials, reaching up to about 550 mL/gVS, although such substrates often require co-digestion or two-stage processing to maintain pH stability and prevent ammonia-induced inhibition (Neri et al., 2023).

High-solids anaerobic digestion systems were found to be effective for treating stackable agricultural residues and the organic fraction of municipal solid waste, operating successfully at total solids contents above 15-20%. These systems achieve volumetric productivities comparable to conventional slurry-based digesters, while offering reduced reactor volume requirements. In addition, co-digestion approaches – including combinations such as poultry litter with swine wastewater or microalgae with bakery waste – consistently enhance gas yield and improve nutrient balance and buffering capacity relative to mono-digestion.

Industrial-scale agro-industrial digestion systems reported in the literature demonstrate that large facilities treating carbohydrate-rich by-products from sugar or distillery processing can achieve substantial energy-recovery performance. Typical installations in this category operate within the multi-megawatt range and process several hundred thousand tonnes of wet biomass annually, with annual electricity outputs reaching tens of thousands of megawatt-hours. These values correspond to specific energy yields commonly found in international benchmarks (around 0.1 MWh per tonnes of processed biomass), underscoring the significant contribution that integrated waste-to-energy systems can make to renewable-energy generation. At a broader scale, widespread deployment of such technologies can meaningfully reduce greenhouse-gas emissions, divert biodegradable waste from landfills, and strengthen circular-economy practices in rural and agro-industrial regions (Scarlat et al., 2018).

Discussion. The findings show that biogas technologies offer an effective pathway for the sustainable treatment of organic wastes. In the case of animal manure, anaerobic digestion reduces odour, pathogens and uncontrolled emissions, while converting an environmental liability into a valuable energy resource. However, relatively low methane yields and high processing volumes often require co-digestion or policy incentives to ensure economic feasibility.

For agricultural residues and lignocellulosic biomass, the main barrier is low biodegradability. While pretreatments can enhance methane production, they must be justified by energy and cost considerations (Nasir et al., 2012). Combining moderate pretreatment with co-digestion of easily degradable substrates appears more efficient than intensive processing of lignocellulosic materials alone. Food waste and OFMSW are high-energy substrates suited for urban waste-to-energy systems,

but their treatment requires careful process control due to rapid acidification tendencies and contamination by non-biodegradable materials. Two-stage digestion and co-digestion with manure or sludge help stabilize these streams (Zhang et al., 2014).

Reported operational ranges show that full-scale agro-industrial AD plants can achieve high energy recovery. However, high capital costs and dependence on stable feedstock supply and policy incentives remain important limitations.

Digestate utilization is a key factor influencing environmental performance. When applied appropriately, digestate replaces synthetic fertilizers and closes nutrient loops; where land availability is limited, further processing is required to prevent nutrient accumulation.

In the context of Azerbaijan, where livestock farming, food processing and municipal waste streams generate substantial quantities of biodegradable residues, the deployment of anaerobic digestion could provide significant environmental and energy benefits. The technology aligns with national priorities on green growth and waste minimization, offering a pathway to reduce methane emissions from manure storage, divert organic waste from landfills and support decentralized renewable-energy generation in rural regions. These considerations highlight that the broader trends identified in this review are directly applicable to Azerbaijan's evolving waste and energy management strategies.

References

1. Achinas, S., Achinas, V. & Euverink, G.J.W. (2017). A technological overview of biogas production from biowaste. *Engineering*, *3*(3), 299–307. https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.03.002
2. Agapkin, A.M. & Makhotina, I.A. (2021). Processing of agricultural waste: Organic fertilizer market and organic food production. *Chemistry for Sustainable Development*, *29*(3), 212–220.
3. Bachmaier, J., Nwokolo, N., Mukumba, P., Obileke, K. & Enebe, M. (2020). Waste-to-energy: A focus on the impact of substrate type in biogas production. *Processes*, *8*(10), 1224. https://doi.org/10.3390/pr8101224
4. Biogas Energy. (2019). *High-solids anaerobic digestion of organic solid waste*. Biogas Energy Publishing.
5. Hawrot-Paw, M. & Tapczewski, J. (2025). Waste to energy: Anaerobic co-digestion of microalgal biomass and bakery waste. *Energies*, *18*(20), 5516. https://doi.org/10.3390/en18205516
6. Holm-Nielsen, J.B., Al Seadi, T. & Oleskowicz-Popiel, P. (2009). The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource Technology*, *100*(22), 5478–5484. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.046
7. IEA Bioenergy Task 37. (2022). *Anaerobic digestion of organic residues and waste: Position paper*. IEA Bioenergy.
8. Nasir, I.M., Ghazi, T.I.M. & Omar, R. (2012). Anaerobic digestion technology in livestock manure treatment for biogas production: A review. *Engineering in Life Sciences*, *12*(3), 258–269. https://doi.org/10.1002/elsc.201100150
9. Neri, A., Bernardi, B., Zimbalatti, G. & Benalia, S. (2023). An overview of anaerobic digestion of agricultural by-products and food waste for biomethane production. *Energies*, *16*(19), 6851. https://doi.org/10.3390/en16196851
10. Okovitya, K.O., Rakultseva, M.A. & Surzhko, O.A. (2021). Improving the efficiency of anaerobic digestion of liquid biodegradable waste. *International Research Journal*, *9*(111), 182–189.
11. Ruzhinskaya, L.I. & Fomenkova, A.A. (2014). Mathematical modelling of anaerobic digestion of organic substrates: A review. *ScienceRise*, *4*(2), 63–67.

12. Saifutdinova, R.D., Myaskinova, E.A. & Stepanova, S.V. (2025). Integrated processing of agricultural waste. *Vestnik PNIPU. Chemical Technology and Biotechnology*, *3*, 163–170.
13. Scarlat, N., Dallemand, J.-F. & Fahl, F. (2018). Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable Energy*, *129*, 457–472. https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.006
14. Zhang, C., Su, H., Baeyens, J. & Tan, T. (2014). Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *38*, 383–392. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.038

Received: 03.12.2025
Approved: 05.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/173-177

Kamil Aliyev
Odlar Yurdu University
Master's student
https://orcid.org/0009-0004-9060-9086
kamil.aliyev.cs@gmail.com

Design and Experimental Evaluation of a Microservice-Based Architecture for University Workflow Automation

Abstract

In modern universities, there exist complex information systems that support academic, administrative, and financial operations. It has been realized that monolithic architecture faces difficulties in achieving scalability and flexibility in these information systems. This research aims at investigating and evaluating the microservices architecture in designing an information system that can support automation in universities. A prototype information system was developed using ASP.NET Core and an API Gateway, and it was divided into four microservices: Student, Course, Enrollment, and Notification. From the experiment conducted, comparing monolithic and microservices architecture, it was realized that although there is an increase in latency due to communication between distributed services, there is an improvement in modularity and error isolation.

***Keywords*:** *microservice architecture; university information systems; workflow automation; domain-driven design; API gateway; distributed systems*

Kamil Əliyev
Odlar Yurdu Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0004-9060-9086
kamil.aliyev.cs@gmail.com

Universitet iş axınının avtomatlaşdırılması üçün mikroservis əsaslı arxitekturanın dizaynı və eksperimental qiymətləndirilməsi

Xülasə

Müasir universitetlərdə akademik, inzibati və maliyyə əməliyyatlarını dəstəkləyən mürəkkəb informasiya sistemləri mövcuddur. Monolit arxitekturanın bu informasiya sistemlərində miqyaslılıq və çevikliyə nail olmaqda çətinliklərlə üzləşdiyi məlum olub. Bu tədqiqatın məqsədi universitetlərdə avtomatlaşdırmanı dəstəkləyə bilən informasiya sisteminin dizaynında mikroservis arxitekturasını araşdırmaq və qiymətləndirməkdir. ASP.NET Core və API Gateway istifadə edərək prototip informasiya sistemi hazırlanmışdır və o, dörd mikroservisə bölünmüşdür: Tələbə, Kurs, Qeydiyyat və Bildiriş. Monolit və mikroservis arxitekturasını müqayisə edərək aparılan təcrübədən məlum olub ki, paylanmış xidmətlər arasında rabitə səbəbindən gecikmədə artım olsa da, modulluq və səhv izolyasiyasında yaxşılaşma var.

Açar sözlər: *mikroservis arxitekturası, universitet informasiya sistemləri, iş axınının Avtomat-laşdırılması, domen yönümlü dizayn, API gateway, paylanmış sistemlər*

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Introduction

The digital transformation has profoundly changed the operational architecture of modern universities. A university is a complex system with multiple processes, including student enrollment, managing courses, developing curricula, financial management, and administrative reporting. These processes are often automated by heterogeneous information systems, which were developed at different times and with different technologies. This has led to data inconsistencies and operational inefficiencies.

In the past, information systems in universities were often developed using a monolithic architecture, where all functional components operate in a single application and share a common database. This is a simple and effective way to develop information systems, but it is difficult to maintain, especially when the system becomes complex.

The microservice architecture has been identified as a new alternative for developing complex information systems. This study aims to transform a university workflow automation system from a monolithic architecture to a microservice architecture and experimentally evaluate the system.

Research

Research Contributions. The main results of the study are:

- Design of a domain-oriented microservice architecture for automating university workflows;
- Implementation of Monolithic and Microservice Prototypes Using Asp.Net Core;
- Comparative Performance Assessment of the Two Architectures;
- Experimental demonstration of fault isolation in a distributed workflow environment.

The results provide practical insights into the advantages and disadvantages of implementing microservices in complex information systems such as university management platforms.

Research method. The research methodology used in this study combines *system analysis, architectural modeling, prototype implementation, and experimental evaluation*. The goal is to investigate how microservices architecture can improve the modularity and reliability of university workflow systems, while analyzing the associated performance tradeoffs.

System Analysis. Universities are complex sociotechnical systems consisting of multiple interconnected functional domains. Key processes include student enrollment, course management, enrollment processing, financial transactions, academic assessment, and administrative documentation.

A functional analysis of typical university information systems has identified several key domains involved in automating academic workflows. These domains include:

- Student management;
- Course management;
- Enrollment processing;
- Notification and communication services.

The interactions between these domains form the basis for the workflow model analyzed in this study.

Monolithic Baseline Implementation. To establish a benchmark, we implemented a monolithic version of the university workflow system using ASP.NET Core Web API and a single relational database. This monolithic implementation integrates student registration, course management, course selection processing, and audit logging into a single deployable system.

All functional modules share the same database and runtime environment. Although this architecture simplifies initial development, it introduces strong coupling between modules and limits the ability to independently scale or deploy individual system components.

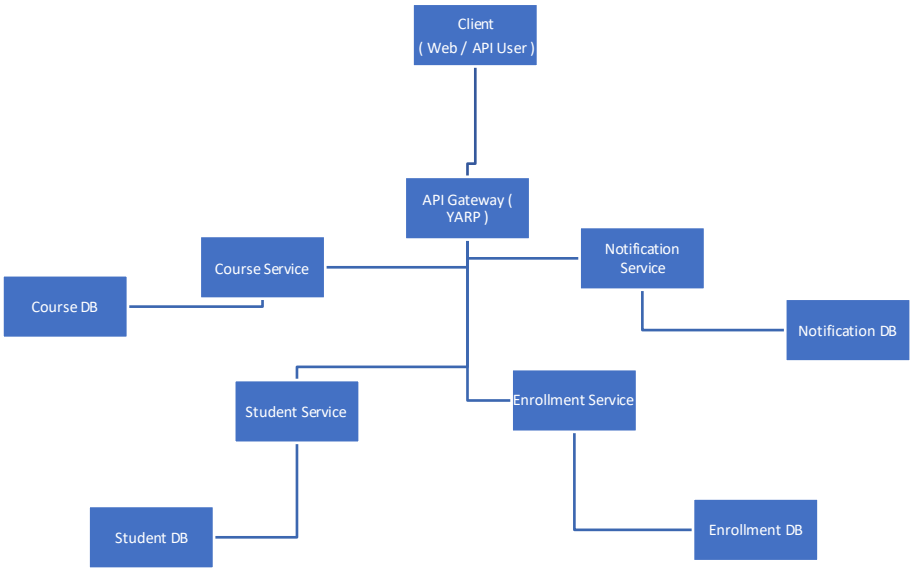
Microservice Architecture Design. Based on the principles of *Domain-Driven Design (DDD),* the system was decomposed into four independent microservices:

- Student Service – manages student records and identity data;
- Course Service – manages course information and academic offerings;
- Enrollment Service – orchestrates the enrollment workflow;

- Notification Service – records workflow notifications.

Each service maintains its own independent database following the *database-per-service* principle.

Figure 1. Overview of the proposed microservice-based architecture for university workflow automation.



An *API Gateway* was introduced to provide a unified entry point for client requests and to route requests to the appropriate services. The gateway was implemented using the *YARP reverse proxy framework*.

Communication between services is performed using REST APIs over HTTP. During enrollment creation, the Enrollment Service validates the existence of students and courses through service-to-service REST calls.

Experimental Setup. Two experiments were conducted to evaluate the architectural advantages and disadvantages between monolithic architecture and microservice applications.

Performance Experiment. Its record creation latency was measured in two architectures. The experiment is conducted by executing multiple HTTP operations and logging their responses.

Fault Isolation Experiment. To assess system resilience, the Notification Service was intentionally disabled while registration confirmation requests were being processed. The aim was to observe whether failures in secondary services would disrupt the primary workflow.

The performance evaluation compared the response latency of the Enrollment Creation operation in both architectures.

Monolithic implementation achieved an average steady-state response time of approximately 146 ms, while the microservice application achieved an average response time of approximately 357 ms. This difference reflects the overhead introduced by distributed communication, gateway routing, and inter-service REST interactions (Taibi et al., 2018; Richards, 2015; Lewis & Fowler, 2014).

Table 1.
Response Latency Comparison Between Monolithic and Microservice Architectures

Request No.	Monolithic (ms)	Microservices (ms)
1	772	2520
2	169	880
3	128	314
4	96	277
5	183	298
6	160	242
7	157	325
8	160	273
9	158	292
10	103	310

Table 2.
Average Response Time Across All Requests

Metric	Monolithic	Microservices
Average (all requests)	208.6 ms	573.1 ms
Average (excluding first request)	146.0 ms	356.8 ms

Significant differences between the initial request and subsequent requests indicate that the cold start effect has a measurable influence on the two architectures, especially on the distributed microservice-based approach.

The microservice architecture introduced approximately 211 ms additional latency compared to the monolithic baseline.

Fault isolation experiment. A fault isolation experiment was performed by disabling the Notification Service during the registration approval process. After implementing resilience mechanisms to the Registration Service, the approval process was successfully completed even with the Notification Service unavailable.

The system logged the notification error to the audit log while allowing the primary workflow to continue. This behavior demonstrates the ability of microservice architectures to isolate errors in secondary services without disrupting core system operations.

Analysis and discussion. Based on the experimental results, a clear trade-off can be observed between architectural modularity and runtime efficiency. The microservice-based implementation demonstrated higher average response latency than the monolithic implementation due to inter-service communication and API gateway routing. However, this additional communication overhead provides several architectural advantages, including independent service deployment, clearer service boundaries, improved maintainability, and better fault isolation.

The fault isolation experiment further highlights these advantages. In this experiment, the Notification Service was intentionally disabled in order to evaluate whether the core business process (Approval Workflow) could still be completed by the Enrollment Service. After introducing resilience handling, the Enrollment Service successfully completed the approval workflow (Aliyev, 2026; Thönes, 2015; Newman, 2021; Evans, 2003; Fowler, 2014). The communication failure with the Notification Service was recorded in the audit log without interrupting the primary business process. This behaviour demonstrates the capability of microservice architectures to support graceful degradation when secondary services fail.

Another observation from the experiment is that the first request exhibited significantly higher response time compared to subsequent requests. This behaviour can be explained by cold-start effects

such as framework initialization, JIT compilation, database connection establishment, and HTTP pipeline warm-up. Therefore, performance measurements were analysed both including and excluding the first request (Dragoni et al., 2017; Zhang et al., 2018; Zhang et al., 2019; Richardson, 2018; Aliyev, 2026).

Overall, the results suggest that monolithic architectures remain advantageous in scenarios where low latency and minimal operational complexity are the primary requirements. In contrast, microservice architectures are more suitable for complex environments where scalability, service autonomy, and system resilience are more important than minimizing request latency.

Conclusion

This study examined the design and practical evaluation of a microservice-based architecture for university business automation. The results demonstrate significant characteristics of microservice architectures in terms of modularity, service independence, and fault isolation.

The experimental evaluation reveals that microservices cause additional latency compared to monolithic architectures due to distributed communication overhead. However, the health and maintainability of the architectural systems show significant improvement.

The fault experiment shows that, with appropriate resilience, failures in comprehensive services can be handled without disrupting critical business isolations.

Overall, microservice architectures represent a viable and scalable approach and scalable approach for modern university information systems. Future reviews could explore advanced integration models such as event-driven communication, messaging tools, and distributed transaction management technologies to further improve system changeover and reliability.

References

1. Aliyev, K. (2026). *Monolith University Workflow*. GitHub repository. Available: https://github.com/kamilali01/Monolith-University-Workflow
2. Aliyev, K. (2026). *University Workflow Automation – Microservice Architecture.* GitHub repository. Available: https://github.com/kamilali01/University-Workflow-Automation---Microservice-Architecture
3. Dragoni, N. et al. (2017). *Microservices: Yesterday, Today, and Tomorrow*. In: Present and Ulterior Software Engineering. Springer.
4. Evans, E. (2003). *Domain-driven design: Tackling complexity in the heart of software.* Addison-Wesley.
5. Fowler, M. (2014). *Microservices: A definition of this new architectural term.* Available: https://martinfowler.com/articles/microservices.html
6. Lewis, J. & Fowler, M. (2014). *Microservices: A definition of this new architectural term.* Available: https://martinfowler.com/articles/microservices.html
7. Newman, S. (2021). *Building microservices: Designing fine-grained systems* (2nd ed.). O'Reilly Media.
8. Richards, M. (2015). *Microservices vs. service-oriented architecture.* O'Reilly Media.
9. Richardson, C. (2018). *Microservices patterns: With examples in Java.* Manning Publications.
10. Taibi, D., Lenarduzzi, V. & Pahl, C. (2018). *Architectural patterns for microservices: A systematic mapping study.* IEEE Cloud Computing.
11. Thönes, J. (2015). Microservices. *IEEE Software, 32*(1), 116–116.
12. Zhang, Q., Chen, M. & Li, L. (2019). Microservice architecture in cloud-based systems: A systematic literature review. *Journal of Systems and Software*.
13. Zhang, Y., Chen, H. & Li, H. (2018). Service decomposition in microservice architectures. *IEEE International Conference on Software Architecture*.

Received: 29.11.2025
Approved: 02.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/178-183

Tunal Həsənov
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0008-6948-8821
tunalhsnov10@gmail.com

İnformasiya təhlükəsizliyinin strategiyalarının müasir üsullarla tətbiqi problemi

Xülasə

Müasir rəqəmsal mühitdə informasiya təhlükəsizliyinin təmin olunması təşkilatların fəaliyyətinin davamlılığı və etibarlılığı baxımından əsas prioritetlərdən birinə çevrilmişdir. İnformasiya sistemlərinin mürəkkəbləşməsi, kibertəhdidlərin dinamik xarakter alması və hücum metodlarının inkişafı mövcud təhlükəsizlik strategiyalarının yenidən nəzərdən keçirilməsini zəruri edir. Qlobal səviyyədə geniş tətbiq olunan ISO 27001, NIST Cybersecurity Framework, SANS və digər beynəlxalq standartlar informasiya təhlükəsizliyinin təmin olunması üçün metodoloji çərçivə təqdim etsə də, bu standartların bütün təşkilatlar üçün eyni səviyyədə effektiv tətbiqi praktikada mümkün olmur.

Bu məqalədə informasiya təhlükəsizliyi strategiyalarının müasir üsullarla tətbiqi problemləri kompleks şəkildə araşdırılmışdır. Tədqiqat çərçivəsində mövcud beynəlxalq təhlükəsizlik standartları təhlil edilmiş, onların ümumiləşdirilmiş xarakteri, "one-size-fits-all" yanaşmasının məhdudiyyətləri, təşkilati, hüquqi və resurs amillərindən irəli gələn tətbiq problemləri müəyyən olunmuşdur. Xüsusilə dövlət və iri təşkilat mühitində infrastruktur heterogenliyi, maliyyə və insan resurslarının məhdudluğu, hüquqi tənzimləmələr və idarəetmə modelləri təhlükəsizlik strategiyalarının birbaşa tətbiqini çətinləşdirən əsas amillər kimi qiymətləndirilmişdir.

Məqalədə adaptiv təhlükəsizlik modeli konsepsiyası əsaslandırılmış və bu modelin mövcud beynəlxalq standartlarla inteqrasiya olunmaqla praktik mühitə uyğunlaşdırılması imkanları göstərilmişdir. Təklif olunan yanaşma risk əsaslı qərarvermə, təhlükəsizlik yetkinliyi səviyyələrinin nəzərə alınması və mərhələli tətbiq prinsiplərinə əsaslanır.

Açar sözlər: *informasiya təhlükəsizliyi, adaptiv təhlükəsizlik modeli, risk əsaslı yanaşma, kibertəhlükəsizlik strategiyası, təhlükəsizlik yetkinliyi, beynəlxalq standartlar, ISO/IEC 27001, NIST çərçivəsi*

Tunal Hasanov
Azerbaijan State Oil and Industry University
Master's student
https://orcid.org/0009-0008-6948-8821
tunalhsnov10@gmail.com

Challenges in the Implementation of Information Security Strategies through Modern Approaches

Abstract

In today's digital environment, ensuring information security has become a key priority for organizational resilience and reliability. The increasing complexity of information systems, the dynamic nature of cyber threats, and the evolution of attack techniques require security strategies to be regularly reviewed and adjusted. Although widely adopted international standards and frameworks such as ISO/IEC 27001, the NIST Cybersecurity Framework, and SANS controls provide a methodological foundation, their direct "one-size-fits-all" application is often ineffective in real organizational contexts.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

This paper examines the main challenges of implementing information security strategies using modern approaches. It analyzes prominent international standards and identifies practical limitations driven by organizational structure, legal and regulatory constraints, heterogeneous infrastructure, and limited financial and human resources – especially in large and public-sector environments. To address these gaps, the paper substantiates an adaptive security model that preserves core principles of international standards while enabling contextual tailoring. The proposed approach is based on risk-informed decision-making, consideration of security maturity levels, and phased implementation. A simple decision mechanism – an Adaptive Security Implementation Index (ASI) – is introduced to support selecting an appropriate implementation mode (baseline, hybrid, or adaptive).

Keywords: *information security, adaptive security model, risk-based approach, cybersecurity strategy, security maturity, international standards, ISO/IEC 27001, NIST Cybersecurity Framework*

Giriş

İnformasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı, rəqəmsal xidmətlərin genişlənməsi və məlumat mübadiləsinin intensivləşməsi informasiya təhlükəsizliyini hər bir təşkilat üçün prioritet istiqamətə çevirmişdir. Müasir dövrdə kibertəhdidlər yalnız texniki zəifliklərdən istifadə etməklə məhdudlaşmır; sosial mühəndislik, təchizat zənciri hücumları, daxili təhdidlər, məqsədyönlü və uzunmüddətli hücum ssenariləri (APT) kimi kompleks yanaşmaların artması təhlükəsizlik strategiyalarının daha çevik və sistemli formada qurulmasını tələb edir. Bu şəraitdə informasiya təhlükəsizliyi strategiyası təkcə texniki tədbirlər toplusu deyil, idarəetmə, proses, insan resursu və hüquqi-normativ mühitlə uzlaşdırılmış kompleks idarəetmə mexanizmi kimi formalaşmalıdır.

Qlobal praktikada ISO/IEC 27001, NIST Cybersecurity Framework, SANS və digər standart və çərçivələr təşkilatlarda informasiya təhlükəsizliyinin qurulması üçün metodoloji baza rolunu oynayır. Lakin bu standartlar ümumiləşdirilmiş xarakter daşıdığından "hamı üçün eyni" yanaşma real mühitdə bəzən gözlənilən effekti vermir.

Bu kontekstdə aktual olan yanaşma beynəlxalq standartların üstünlüklərini saxlayaraq onların təşkilati mühitə adaptasiyasını təmin edən modellərin işlənməsidir. Adaptiv yanaşma risk əsaslı qərarvermə, yetkinlik səviyyələrinin nəzərə alınması, mərhələli tətbiq və ölçülə bilən göstəricilər əsasında təhlükəsizlik strategiyasının real şəraitdə qurulmasına imkan verir. Beləliklə, tədqiqatın aktuallığı mövcud standartların tətbiqində qarşıya çıxan uyğunsuzluqların aradan qaldırılması və təşkilatın real risklərinə uyğun, praktik icra oluna bilən təhlükəsizlik strategiyalarının formalaşdırılmasına metodoloji əsas yaratmaq zərurətindən irəli gəlir.

Tədqiqat

İnformasiya təhlükəsizliyi sahəsində qəbul edilmiş beynəlxalq standartlar. İnformasiya təhlükəsizliyi sahəsində beynəlxalq səviyyədə qəbul edilmiş standartlar və metodoloji çərçivələr təşkilatlarda təhlükəsizlik proseslərinin formalaşdırılması üçün vahid yanaşma təqdim edir. Bu standartların əsas məqsədi informasiya aktivlərinin qorunması, risklərin idarə olunması, uyğunluğun təmin edilməsi və təhlükəsizlik idarəetmə sistemlərinin səmərəli təşkilidir. Dünyada ən geniş tətbiq olunan çərçivələr sırasına ISO 27001, NIST Cybersecurity Framework, SANS nəzarətləri, COBIT və Zero Trust modeli daxildir.

1. ISO/IEC 27001: məlumat təhlükəsizliyi idarəetmə sisteminin (ISMS) qurulması, tətbiqi və davamlı təkmilləşdirilməsi üçün çərçivə təqdim edir (ISO/IEC 27001, 2022; Andress, 2019). Standartın əsas elementi risk əsaslı idarəetmədir.

2. NIST Cybersecurity Framework (CSF): ABŞ Milli Standartlar və Texnologiyalar İnstitutu tərəfindən hazırlanmış və beş əsas funksiyanı özündə birləşdirən daha çevik çərçivədir: Identify, Protect, Detect, Respond və Recover (NIST, 2020; NIST, 2012). NIST çərçivəsi daha çox praktiki tətbiq yönümlüdür və müxtəlif növ təşkilatlarda istifadə oluna bilər (ISO/IEC 27001, 2022).

Şəkil 1. NIST çərçivəsinin mərhələləri

3. SANS Top 20 Security Controls: təşkilatların təhlükəsizlik nəzarətlərini prioritetləşdirmək üçün hazırlanmış praktik tövsiyələr toplusudur (SANS Institute, 2020; CIS, 2021). Bu nəzarətlər hücumların qarşısının alınmasına, aşkarlanmasına və cavab tədbirlərinin müəyyən edilməsinə yönəlmiş konkret texniki və prosedur tədbirləri əhatə edir.

4. COBIT (Control Objectives for Information and Related Technologies): əsasən IT idarəetməsi və uyğunluğa yönəlmiş çərçivədir. COBIT informasiya texnologiyalarının biznes məqsədlərinə uyğunlaşdırılması, idarəetmə mexanizmlərinin tənzimlənməsi və audit proseslərinin struktur-laşdırılması üçün nəzərdə tutulub.

Müasir texnologiyalar və onların təhlükəsizlik strategiyalarının formalaşmasına təsiri. Rəqəmsal transformasiya nəticəsində təşkilatların infrastrukturunda baş verən dəyişikliklər informasiya təhlükəsizliyi strategiyalarının formalaşdırılmasına birbaşa təsir göstərir. Müasir texnologiyaların sürətli inkişafı yeni imkanlar yaratmaqla yanaşı, təhlükəsizlik baxımından kompleks risklərin və təhdidlərin ortaya çıxmasına səbəb olur. Bu səbəbdən təhlükəsizlik strategiyaları əvvəlki illərlə müqayisədə daha çevik, dinamik və inteqrasiya olunmuş yanaşma tələb edir.

Mobil texnologiyalar və uzaqdan iş modellərinin artması nəticəsində təşkilatların perimetr əsaslı müdafiə yanaşmaları zəifləyib. Bu mühitdə təhlükəsizlik "device-based trust" və "identity-centric security" kimi yeni prinsiplərə əsaslanır. Mobil cihazların idarə olunması (MDM), tətbiq təhlükəsizliyi, şifrələmə və çoxfaktorlu identifikasiya kimi nəzarətlər strateji təhlükəsizlik yanaşmalarının ayrılmaz hissəsinə çevrilmişdir.

Əşyaların İnterneti (IoT) və sənaye avtomatlaşdırma sistemlərinin geniş tətbiqi təşkilatların hücum səthini daha da genişləndirir. IoT qurğularının çoxu zəif təhlükəsizlik nəzarətləri ilə təchiz olunduğundan onların həm korporativ, həm də dövlət infrastrukturlarında istifadəsi yeni risklər yaradır. Bu yanaşma ənənəvi perimetrlərin əhəmiyyətini minimuma endirir və "heç kimə avtomatik etibar etmə" prinsipinə əsaslanır. Burada identifikasiya, cihaz sağlamlığı, istifadəçi davranış analitikası və dinamik siyasətlərin tətbiqi təhlükəsizliyin əsasını təşkil edir.

Süni intellekt və maşın təlimi də təhlükəsizlik sahəsinə ciddi təsir göstərməkdədir. Bu texnologiyalar kiberhücumların proaktiv aşkarlanması, anomaliyaların müəyyən edilməsi, insidentlərin avtomatlaşdırılmış təhlili və cavab tədbirlərinin sürətləndirilməsi üçün geniş tətbiq olunur.

Beynəlxalq informasiya təhlükəsizliyi standartlarının tətbiqi zamanı qarşıya çıxan əsas problemlərdən biri onların təşkilatın mövcud daxili siyasətləri, prosedurları və əməliyyat qaydaları ilə tam uyğunluq təşkil etməməsidir (Behl və Behl, 2017). Təşkilatlarda uzun illər ərzində formalaşmış daxili normativ sənədlər, idarəetmə mexanizmləri və qərar qəbuletmə prosesləri beynəlxalq standartların tələbləri ilə üst-üstə düşmədikdə təhlükəsizlik strategiyalarının tətbiqi formal xarakter alır.

Adaptiv təhlükəsizlik modelinin formalaşdırılmasının əsaslandırılması. Ənənəvi təhlükəsizlik yanaşmaları çox vaxt "uyğunluq mərkəzli" (compliance-driven) xarakter daşıyır. Bu yanaşmada əsas məqsəd müəyyən edilmiş standartlara formal şəkildə cavab verməkdən ibarət olur. Lakin praktik reallıq göstərir ki, uyğunluq tələblərinin yerinə yetirilməsi həmişə real təhlükəsizlik səviyyəsinin yüksəldilməsi ilə nəticələnmir. Bir çox hallarda təşkilatlar audit və yoxlama tələblərini qarşılasa da,

real kiberhücumlara qarşı müdafiə mexanizmləri zəif qalır. Bu isə təhlükəsizlik strategiyalarının yalnız sənədləşmə və prosedur səviyyəsində qalmasının əsas göstəricisidir.

Adaptiv modelin formalaşdırılmasının əsaslandırılmasında risk əsaslı yanaşma mühüm rol oynayır. Müasir kibertəhlükəsizlikdə bütün riskləri eyni səviyyədə idarə etmək nə mümkün, nə də səmərəlidir. Resursların məhdud olduğu şəraitdə təşkilatlar ən kritik risklərə fokuslanmalı, aşağı riskli sahələrdə isə daha sadə nəzarət mexanizmləri tətbiq etməlidir. Adaptiv təhlükəsizlik modeli bu prioritetləşdirməni sistemli şəkildə həyata keçirməyə imkan verir və təhlükəsizlik resurslarının səmərəli istifadəsini təmin edir.

Digər tərəfdən, təşkilatların təhlükəsizlik yetkinliyi səviyyələri eyni deyil. Bəzi təşkilatlar kibertəhlükəsizlik sahəsində ilkin mərhələdədir, digərləri isə inkişaf etmiş idarəetmə və monitorinq mexanizmlərinə malikdir. Eyni təhlükəsizlik tələblərinin fərqli yetkinlik səviyyəsinə malik təşkilatlara tətbiqi praktiki baxımdan real deyil. Adaptiv model bu fərqliliyi nəzərə alaraq təhlükəsizlik tədbirlərinin mərhələli tətbiqini təklif edir. Bu yanaşma təşkilatlara mövcud vəziyyətdən başlayaraq tədricən daha yüksək təhlükəsizlik səviyyəsinə keçməyə imkan yaradır.

Bu tədqiqat çərçivəsində adaptiv təhlükəsizlik yanaşmasının praktik tətbiqini təmin etmək məqsədilə qərar qəbuletmə mexanizmini formallaşdıran sadə, lakin tətbiq oluna bilən model təklif olunur (Huang və b., 2018; Rose və b., 2020; Whitman və Mattord, 2021). Təklif edilən model təşkilatın informasiya təhlükəsizliyi strategiyasının hansı dərəcədə adaptiv şəkildə tətbiq olunmalı olduğunu müəyyən etməyə imkan verən *Adaptiv Təhlükəsizlik Tətbiqi İndeksi (ATI)* anlayışına əsaslanır. Model dörd əsas parametri nəzərə alır.

Adaptiv Təhlükəsizlik Tətbiqi üçün formal model: Hər təşkilat üçün 4 əsas parametr müəyyən edilir:

Cədvəl 1.

Adaptiv modelin əsas parametrləri cədvəli

Parametr	Simvol	Aralıq
Risk səviyyəsi	R	1-5
Təhlükəsizlik yetkinliyi	M	1-5
Resurs imkanları	C	1-5
Hüquqi/normativ sərtlik	L	1-5

Adaptivlik İndeksi (ATI) aşağıdakı kimi hesablanır:

$$ATI = (R * L) / (M + C)$$

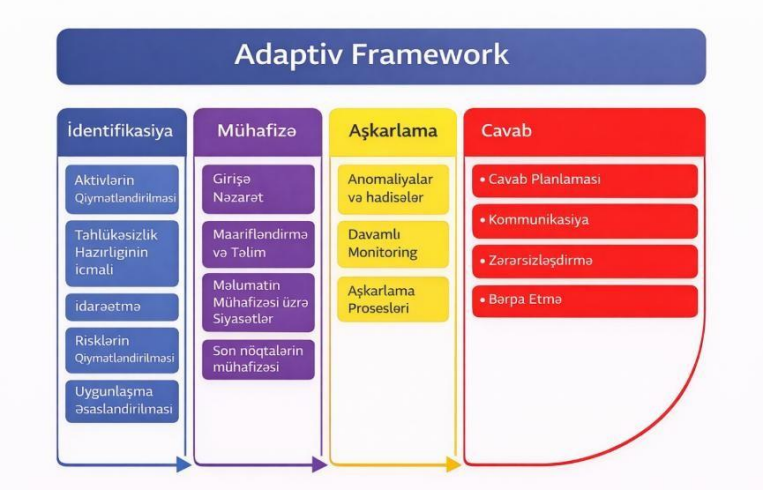
- R yüksəkdirsə → adaptivlik artmalıdır
- L sərtdirsə → birbaşa tətbiq çətinləşir
- M və C zəifdirsə → mərhələlilik vacibdir

Aşağıdakı proqram ilə adaptivliyin təşkili səviyyəsini ölçə bilərik:

```
Input: R, M, C, L
Compute ATI = (R × L) / (M + C)
If ATI > 2:
   Apply adaptive security model with phased controls
Else if ATI between 1 and 2:
   Apply hybrid model
Else: Apply baseline standard controls
```

Təklif olunan adaptiv təhlükəsizlik modelinin praktik mühitdə tətbiq olunması üçün strukturlaşdırılmış icra mexanizminin mövcudluğu zəruridir. Bu məqsədlə tədqiqat çərçivəsində adaptiv təhlükəsizlik yanaşmasının mərhələli və qərar əsaslı tətbiqini təmin edən Application Framework formalaşdırılmışdır. Sözügedən çərçivə təşkilatların beynəlxalq informasiya təhlükəsizliyi standartlarını (ISO/IEC 27001, NIST Cybersecurity Framework və s.) birbaşa və

dəyişdirilmədən tətbiq etməsi əvəzinə, onları təşkilatın real risk profili və imkanlarına uyğun şəkildə adaptasiya etməsinə imkan verir.



Şəkil 2. Adaptiv təhlükəsizlik çərçivəsinin mərhələləri

Nəticə

Aparılan tədqiqat göstərir ki, müasir informasiya təhlükəsizliyi mühitində geniş tətbiq olunan beynəlxalq standart və çərçivələr təşkilatlara metodoloji istiqamət təqdim etsə də, onların birbaşa və dəyişdirilmədən tətbiqi hər zaman gözlənilən təhlükəsizlik nəticələrini təmin etmir. Mövcud yanaşmaların ümumiləşdirilmiş xarakter daşıması təşkilatların risk profili, təhlükəsizlik yetkinliyi səviyyəsi, resurs imkanları və hüquqi-normativ mühiti kimi mühüm amillərin kifayət qədər nəzərə alınmamasına səbəb olur və nəticədə təhlükəsizlik strategiyaları bir çox hallarda formal uyğunluq səviyyəsində qalır.

Tədqiqat nəticələri informasiya təhlükəsizliyi strategiyalarının effektivliyinin adaptiv yanaşmadan birbaşa asılı olduğunu göstərir. Risk əsaslı qərarvermə, təhlükəsizlik yetkinliyi səviyyələrinin qiymətləndirilməsi və mərhələli tətbiq prinsipləri əsasında formalaşdırılan adaptiv yanaşma beynəlxalq standartların əsas prinsiplərini saxlayaraq onların real təşkilati mühitə uyğunlaşdırılmasına imkan verir. Bu yanaşma təhlükəsizlik tədbirlərinin yalnız normativ tələblərin yerinə yetirilməsi məqsədilə deyil, real risklərin idarə olunmasına yönəlmiş şəkildə qurulmasını təmin edir.

Eyni zamanda, tədqiqatda hüquqi və normativ mühitin informasiya təhlükəsizliyi strategiyalarının formalaşdırılmasında həlledici rol oynadığı müəyyən edilmişdir. Təhlükəsizlik nəzarətlərinin hüquqi reallıqlarla uzlaşdırılması onların praktik tətbiqini və davamlılığını artırır. Nəticə etibarilə, təklif olunan adaptiv yanaşma informasiya təhlükəsizliyi strategiyalarının daha çevik, tətbiq oluna bilən və dayanıqlı formada qurulması üçün metodoloji əsas yaradır və bu sahədə gələcək elmi və praktiki araşdırmalar üçün perspektivli istiqamət kimi çıxış edir.

Ədəbiyyat

1. Andress, J. (2019). *The Basics of Information Security: Understanding the Fundamentals of InfoSec in Theory and Practice*. Syngress.
2. Behl, A. və Behl, K. (2017). *Cyberwar: The Next Threat to National Security and What to Do About It*. Oxford University Press.
3. CIS. (2021). *CIS Critical Security Controls v8. Center for Internet Security.* https://www.cisecurity.org/controls/v8
4. Huang, K., Siegel, M. və Madnick, S. (2018). Systematically understanding the cyber-attack surface. *IEEE Security & Privacy, 16*(5), 35–43. https://doi.org/10.1109/MSEC.2018.2875368

5. ISO/IEC 27001. (2022). *Information Security Management Systems — Requirements*. International Organization for Standardization.
6. ISO/IEC 27002. (2022). *Information Security Controls*. International Organization for Standardization.
7. ISO/IEC 27005. (2018). *Information Security Risk Management*. International Organization for Standardization.
8. NIST. (2006). *SP 800-92: Guide to Computer Security Log Management*. National Institute of Standards and Technology.
9. NIST. (2012). *SP 800-61 Rev.2: Computer Security Incident Handling Guide*. National Institute of Standards and Technology.
10. NIST. (2020). *SP 800-53 Rev.5: Security and Privacy Controls for Information Systems and Organizations*. National Institute of Standards and Technology.
11. NIST. (2024). *Cybersecurity Framework (CSF) 2.0. National Institute of Standards and Technology*. https://www.nist.gov/cyberframework
12. Rose, S., Borchert, O., Mitchell, S. və Connelly, S. (2020). *Zero Trust Architecture (NIST SP 800-207)*. NIST. https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-207
13. SANS Institute. (2020). *Top 20 Critical Security Controls*. SANS Institute. https://www.sans.org/critical-security-controls
14. Whitman, M.E. və Mattord, H.J. (2021). *Principles of Information Security*. Cengage Learning.

Daxil oldu: 06.12.2025
Qəbul edildi: 09.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/184-188

Samad Ramazanov
Azerbaijan State University of Economics
Master's student
https://orcid.org/0009-0003-6597-456X
samed.z.ramazanov@gmail.com

Protection of Transactions Using Blockchain Technology

Abstract

The study is devoted to a comprehensive analysis of the core mechanisms ensuring the security and integrity of transactions in decentralized networks. Amid the rapid development of the digital economy, traditional centralized financial systems increasingly face risks of cyberattacks, unauthorized access, and data manipulation, which actualizes the mass application of blockchain technology. The article thoroughly examines the basic cryptographic principles of transaction protection, such as hashing algorithms (SHA-256) and elliptic curve digital signature mechanisms. The role of consensus algorithms, including Proof-of-Work (PoW) and Proof-of-Stake (PoS), in the process of transaction verification and defending the distributed network against "51% attacks" and double-spending problems is deeply investigated. Special attention is paid to the security architecture of smart contracts, which provide autonomous asset routing but simultaneously generate new classes of vulnerabilities.

During the research, a comparative analysis of the security architectures of blockchain systems and traditional relational databases was conducted. The concluding part emphasizes strategic vectors of technological development, including the implementation of post-quantum cryptography methods to neutralize threats from quantum computing, as well as the need to adapt the global regulatory framework. The proposed concepts are of fundamental importance for ensuring the long-term macroeconomic stability of digital payment systems.

Keywords: *blockchain, transaction security, cryptography, consensus algorithms, smart contracts, decentralized systems, cybersecurity*

Səməd Ramazanov
Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0003-6597-456X
samed.z.ramazanov@gmail.com

Blokçeyn texnologiyasının köməyi ilə tranzaksiyaların mühafizəsi

Xülasə

Tədqiqat mərkəzləşdirilməmiş şəbəkələrdə tranzaksiyaların təhlükəsizliyini və bütövlüyünü təmin edən əsas mexanizmlərin hərtərəfli təhlilinə həsr edilmişdir. Rəqəmsal iqtisadiyyatın sürətli inkişafı fonunda ənənəvi mərkəzləşdirilmiş maliyyə sistemləri kiberhücumlar, icazəsiz giriş və məlumatların saxtalaşdırılması riskləri ilə getdikcə daha çox üzləşir ki, bu da blokçeyn texnologiyasının tətbiqini aktuallaşdırır. Məqalədə heşləşdirmə alqoritmləri (SHA-256) və elliptik əyrilərə əsaslanan rəqəmsal imza mexanizmləri kimi tranzaksiyaların qorunmasının baza kriptoqrafik prinsipləri ətraflı şəkildə nəzərdən keçirilir. Tranzaksiyaların təsdiqlənməsində və şəbəkənin "51% hücumu" və ikiqat xərcləmə (double-spending) problemindən qorunmasında Proof-of-Work (PoW) və Proof-of-Stake (PoS) daxil olmaqla, konsensus alqoritmlərinin rolu dərindən araşdırılır. Tədqiqatda aktivlərin avtonom marşrutlaşdırılmasını təmin edən, lakin eyni zamanda yeni zəifliklər sinfi yaradan smart-müqavilələrin təhlükəsizlik arxitekturasına xüsusi diqqət yetirilmişdir.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Tədqiqat zamanı blokçeyn sistemlərinin və ənənəvi verilənlər bazalarının təhlükəsizlik arxitekturasının müqayisəli təhlili aparılmışdır. Yekun hissədə texnologiyanın inkişafının strateji vektorlarına, o cümlədən kvant hesablamaları təhlükəsini zərərsizləşdirmək üçün post-kvant kriptoqrafiya metodlarının tətbiqinə və qlobal normativ-hüquqi bazanın uyğunlaşdırılması zərurətinə diqqət yetirilir. Təklif olunan konsepsiyalar rəqəmsal ödəniş sistemlərinin uzunmüddətli makroiqtisadi sabitliyinin təmin edilməsi üçün fundamental əhəmiyyət kəsb edir.

Açar sözlər: *blokçeyn, tranzaksiyaların mühafizəsi, kriptoqrafiya, konsensus alqoritmləri, smart-müqavilələr, mərkəzləşdirilməmiş sistemlər, kiber təhlükəsizlik*

Introduction

Today, as the Data Economy is actively forming, the further development of technologies critically depends on how reliably we can guarantee the authenticity, protection, and preservation of financial messages. Traditional transaction recording systems relying on centralized architectures (banks, clearinghouses, state registries) have a Single Point of Failure. This makes them vulnerable to large-scale cyberattacks, insider threats, and systemic technical failures. Under these conditions, Distributed Ledger Technology (DLT), the most famous implementation of which is the blockchain, offers a revolutionary paradigm: shifting trust from a centralized institution to mathematical algorithms and cryptography (Tapscott & Tapscott, 2016).

The primary goal of state and corporate implementation of blockchain in transactional activity processes is to ensure absolute transparency while maintaining a high level of confidentiality and protection against unauthorized changes. The technology solves the so-called "Byzantine Generals Problem," allowing independent network participants who do not trust each other directly to reach a single, mathematically proven consensus regarding the state of the ledger (Antonopoulos, 2017). This study aims to systematize and deeply analyze the technological tools through which blockchain protects transactions, identify current vulnerabilities of decentralized systems, and determine the vectors of their further evolution.

Research

The foundation of transactional security in blockchain systems is based on the synergy of three technological pillars: asymmetric cryptography, cryptographic hashing, and decentralized consensus algorithms. The informational basis for assessing the reliability of these mechanisms includes reports from international cybersecurity institutions (NIST), analytical reviews by technology corporations, and academic research in the field of applied cryptography.

Any secured transaction in a blockchain begins with the application of asymmetric cryptography. Each network participant is generated a pair of keys: a public key (acting as an address or account number) and a private key (acting as a digital signature). Upon initiating an asset transfer, the sender forms a transaction (specifying the amount and the recipient) and signs it with their private key. Digital signature algorithms, such as ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm), provide a mathematical guarantee that the transaction was initiated exclusively by the true owner of the funds, and the transfer data was not modified during routing in the peer-to-peer (P2P) network (Yaga et al., 2018).

Further protection of data integrity relies on the hashing process (predominantly the SHA-256 algorithm). Through the hash algorithm, payment information is transformed into a specific alphanumeric code of a strictly defined size. The most important characteristic of such a transformation is its sensitivity to alterations: if even a single character in the original data set is changed, the resulting value (hash) will become completely unrecognizable. After independent network nodes verify the authenticity of the signature, the transactions enter the waiting pool (Mempool). Then, miners or validators collect them, build them into a Merkle Tree structure, and group them into blocks. Each new block is mathematically tied to the previous one, forming an unbreakable chronological chain. This architecture makes retrospective forgery of transactions computationally impossible: to change a single record in the past, an attacker would need to recalculate the hashes of all subsequent blocks (Zheng et al., 2018).

However, basic cryptography only protects data, whereas protection against fraud at the system logic level (e.g., attempts to spend the same digital assets twice – the Double Spending problem) is provided by consensus algorithms (Swan, 2015). The Proof-of-Work (PoW) mechanism, used in classic networks, requires nodes to perform resource-intensive mathematical calculations. Security in this case relies on physical resource expenditures. An attempt to falsify records would require the attacking party to control the majority (over half) of the system's total computing potential. Such a scenario makes no economic sense due to the colossal costs of equipment and electricity (Nakamoto, 2008).

In turn, modern high-performance blockchains have transitioned to the Proof-of-Stake (PoS) algorithm. In this model, the right to confirm transactions is granted to validators based on their locked financial collateral (stake). Protection is ensured by an automatic penalty mechanism ("slashing"): in case a validator attempts to confirm a false transaction, the protocol destroys a part of their stake. Thus, security is based on game theory and strict economic determinism (Wood, 2014). To illustrate the conceptual differences in approaches to transactional security, a comparative table has been compiled.

Table 1.
Comparative analysis of security mechanisms of traditional databases and blockchain systems

Security criterion	Traditional systems (Data centers, Banks)	Blockchain networks (Public ledgers)
Control zone	Single centralized administrator/server	Decentralized network of independent nodes
Immutability of entered records	Administrator can change or delete a record	Immutability due to linking of cryptographic hashes
Protection against failures	Server backup (vulnerable to local disasters)	Full copy of the ledger on thousands of nodes worldwide
Possibility of public control	Available only to regulators and internal auditors	Absolute transparency; any transaction is publicly verifiable
Transaction authorization	Verification of tokens/passwords by the server	Asymmetric cryptography

Source: Compiled by the author based on research (Antonopoulos, 2017) and (Yaga et al., 2018).

A new stage in the evolution of transaction protection was the emergence of smart contracts – self-executing software codes deployed on the distributed ledger (Buterin, 2014). The use of software code (smart contracts) makes it possible to perform operations without the participation of trusted third parties, minimizing the impact of subjective errors. Asset transfers are initiated by the protocol independently as soon as the triggers specified within it are recorded. Nevertheless, the transition to complex logic (Turing-complete programming languages) generated new attack vectors. Errors in smart contract code can lead to significant financial losses, examples of which are Reentrancy attacks or manipulations with price oracles. Protection at this level shifts from basic cryptography to the necessity of rigorous code security audits, the application of formal verification methods (mathematical proof of correct code operation), and Bug Bounty programs (Genkin & Mikheev, 2018; Saveliev, 2017).

The analysis shows that despite the unprecedented level of built-in security, blockchain technology faces serious macro-threats in the long term. The rapid development of quantum computers is recognized as the main technological challenge. Shor's algorithm, run on a powerful

quantum computer, is theoretically capable of breaking elliptic curve cryptography (ECDSA), which underlies the signing of modern transactions (Pryanikov & Chugunov, 2017). In response to this threat, the global academic community is already developing and testing Post-Quantum Cryptography algorithms. The integration of such algorithms will require massive systemic updates.

Also, a critically important aspect is the regulatory protection of transactions. Blockchain provides technological reliability; however, mass integration into the global economy requires legal security. The implementation of KYC (Know Your Customer) and AML (Anti-Money Laundering) standards in decentralized finance, as well as the development of Central Bank Digital Currencies (CBDCs), create a hybrid model (Khabrieva, 2018). In this model, cryptography provides protection against technical hacks, while state institutions provide protection against fraud on a legal and social level.

Conclusion

The conducted analysis allows us to state: the principles of ensuring information security during transfers have been radically revised precisely due to the introduction of distributed ledgers. The abandonment of the "fortress" principle (protecting the perimeter of a central server) in favor of the "built-in mathematical trust" paradigm has proven its high efficiency in practice. The synergy of cryptographic hashing, digital signatures, and decentralized consensus mechanisms allows for the creation of systems with an unprecedented level of protection against unauthorized data modification.

However, the operational experience of decentralized systems shows that absolute security does not exist. The protection of transactions in the blockchain requires a multi-vector approach that goes beyond basic algorithms. The key conclusion is that ensuring the long-term reliability of blockchain networks requires continuous improvement of machine audit methods for smart contracts, proactive integration of post-quantum cryptography, and harmonization of the technology with international regulatory standards. Only a multi-level security architecture that harmoniously combines the mathematical rigor of software code and institutional control can become a reliable foundation for the new generation global financial system.

References

1. Antonopoulos, A. M. (2017). *Mastering Bitcoin: Programming the Open Blockchain*. O'Reilly Media.
2. Buterin, V. (2014). *A next-generation smart contract and decentralized application platform*. Ethereum White Paper.
3. Genkin, A. & Mikheev, A. (2018). *Blokcheyn. Kak eto rabotayet i chto zhdet nas zavtra*. Alpina Publisher.
4. Khabrieva, T.Y. (2018). Pravo v usloviyakh tsifrovoy realnosti. *Zhurnal rossijskogo prava*, *1*(1), 85–102.
5. Nakamoto, S. (2008, 31 October). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Bitcoin.org. https://bitcoin.org/bitcoin.pdf
6. Pryanikov, M.M. & Chugunov, A.V. (2017). Blokcheyn kak kommunikatsionnaya osnova formirovaniya tsifrovoy ekonomiki: preimushchestva i problemy. *International Journal of Open Information Technologies*, *5*(6), 49–55.
7. Saveliev, A.I. (2017). Dogovornoye pravo 2.0: smart-kontrakty kak nachalo kontsa klassicheskogo dogovornogo prava. *Vestnik grazhdanskogo prava*, *17*(3), 32–60.
8. Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a new economy*. O'Reilly Media.
9. Tapscott, D. & Tapscott, A. (2016). *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin and Other Cryptocurrencies is Changing the World*. Portfolio.

10. Wood, G. (2014, 1 April). *Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger.* Ethereum Project Yellow Paper. https://ethereum.github.io/yellowpaper/paper.pdf
11. Yaga, D., Mell, P., Roby, N. & Scarfone, K. (2018). Blockchain technology overview. *National Institute of Standards and Technology (NIST)*, Internal Report 8202. https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8202
12. Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X. & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International Journal of Web and Grid Services*, *14*(4), 352–375. https://doi.org/10.1504/IJWGS.2018.095647

Received: 04.12.2025
Approved: 08.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/189-193

Farid Mammadli
Baku Higher Oil School
Master's student
https://orcid.org/0009-0001-8582-1099
ferid.memmedli.2000@gamil.com

Strategic and Structural Implications of Project Management in the Context of Digital Transformation

Abstract

Digital transformation has evolved from a technological upgrade initiative into a strategic imperative that reshapes organizational structures, governance mechanisms, and project management paradigms. In this context, project management is no longer limited to delivering predefined outputs within time and budget constraints; it becomes a central driver of organizational change, innovation, and competitive advantage. This article examines the strategic and structural implications of project management in the era of digital transformation. It argues that digitalization requires the reconfiguration of project governance frameworks, the adoption of agile and hybrid methodologies, the integration of data-driven decision-making tools, and the development of dynamic capabilities. Furthermore, digital transformation challenges traditional hierarchical structures and promotes networked, platform-based, and cross-functional project environments.

Keywords: *digital transformation, project management, strategic alignment, project governance, organizational structure*

Fərid Məmmədli
Bakı Ali Neft Məktəbi
magistrant
https://orcid.org/0009-0001-8582-1099
ferid.memmedli.2000@gamil.com

Rəqəmsal transformasiya şəraitində layihə idarəetməsinin strateji və struktur implikasiyaları

Xülasə

Rəqəmsal transformasiya texnoloji yenilənmə təşəbbüsündən inkişaf edərək təşkilati strukturları, idarəetmə (governance) mexanizmlərini və layihə idarəetməsi paradiqmalarını yenidən formalaşdıran strateji zərurətə çevrilmişdir. Bu kontekstdə layihə idarəetməsi artıq yalnız əvvəlcədən müəyyən edilmiş nəticələrin vaxt və büdcə məhdudiyyətləri çərçivəsində təmin edilməsi ilə məhdudlaşmır; o, təşkilati dəyişikliklərin, innovasiyanın və rəqabət üstünlüyünün əsas hərəkətverici qüvvəsinə çevrilir. Bu məqalə rəqəmsal transformasiya dövründə layihə idarəetməsinin strateji və struktur implikasiyalarını təhlil edir. Məqalədə əsaslandırılır ki, rəqəmsallaşma layihə idarəetmə çərçivələrinin yenidən qurulmasını, çevik (agile) və hibrid metodologiyaların tətbiqini, məlumatlara əsaslanan qərarvermə alətlərinin inteqrasiyasını və dinamik qabiliyyətlərin inkişaf etdirilməsini tələb edir. Bundan əlavə, rəqəmsal transformasiya ənənəvi iyerarxik strukturlara meydan oxuyur və şəbəkə əsaslı, platforma yönümlü və kross-funksional layihə mühitlərini təşviq edir.

Açar sözlər: *rəqəmsal transformasiya, layihə idarəetməsi, strateji uyğunlaşma, layihə idarəetmə sistemi, təşkilati struktur*

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Introduction

Digital transformation has become a strategic imperative rather than a technological upgrade (Vial, 2019). Organizations increasingly implement digital initiatives through structured programs and projects, positioning project management at the core of transformation processes (Warner & Wäger, 2019). However, digital transformation introduces governance complexity, structural reconfiguration, and capability shifts that extend beyond traditional project control mechanisms (Marnewick & Marnewick, 2023).

Project-based organizations must therefore adapt governance frameworks and leadership roles to ensure alignment between digital initiatives and corporate strategy (Müller & Lecoeuvre, 2014). This paper synthesizes contemporary literature to examine the strategic and structural implications of project management within digital transformation contexts.

Digital transformation involves integrating digital technologies to fundamentally alter business models, operational processes, and customer value propositions (Vial, 2019). It affects organizational identity, competitive positioning, and dynamic capabilities (Teece, 2018).

Warner and Wäger (2019) argue that digital transformation requires the development of dynamic capabilities such as sensing digital opportunities, seizing technological innovations, and transforming internal structures. In project environments, these capabilities are operationalized through project portfolios and governance systems.

Research

Strategic alignment constitutes the central mechanism through which digital transformation initiatives generate sustainable organizational value rather than remaining isolated technological upgrades. In digitally transforming environments, projects are not merely operational undertakings but strategic instruments that translate corporate vision into executable change. Therefore, alignment requires coherence between digital strategy, business objectives, and portfolio configuration. Müller and Lecoeuvre (2014) argue that portfolio governance plays a decisive role in institutionalizing this coherence by embedding strategic priorities into project selection criteria, resource allocation logic, and performance evaluation systems. This implies that investment decisions must be guided not only by short-term financial metrics but also by long-term capability development, digital maturity progression, and competitive positioning.

Strategic alignment in digital contexts also demands vertical and horizontal integration. Vertically, digital projects must reflect top-management strategic intent and enterprise-wide transformation roadmaps. Horizontally, cross-functional coordination ensures that digital initiatives do not create technological silos or fragmented process architectures. Governance mechanisms such as stage-gate reviews, portfolio steering committees, and enterprise architecture boards enhance alignment by continuously reassessing strategic fit as environmental conditions evolve.

Empirical findings by Marnewick and Marnewick (2023) indicate that weak governance alignment significantly increases the probability of digital project underperformance and failure. Misalignment often manifests in duplicated initiatives, resource conflicts, unclear accountability structures, and inconsistent performance indicators. Their research highlights that digitally intensive portfolios require stronger executive sponsorship and clearly defined governance roles to mitigate strategic drift. Effective governance structures therefore incorporate executive-level champions who ensure strategic continuity, digital oversight committees that coordinate transformation initiatives across departments, and transparent performance metrics that connect project outcomes with strategic objectives. Such mechanisms reduce ambiguity, enhance accountability, and improve strategic coherence across the organization.

Beyond structural alignment, digital transformation also redefines leadership expectations and capability requirements. Digital environments are characterized by rapid technological evolution, high uncertainty, and continuous innovation cycles. Consequently, project managers are expected to move beyond traditional planning and control functions and assume roles as strategic change agents. Hess et al. (2016) emphasize that digital literacy is no longer optional but foundational; leaders must understand data analytics, platform ecosystems, cybersecurity considerations, and emerging

technologies to make informed strategic decisions. Moreover, innovation management capabilities enable leaders to balance exploration of new digital opportunities with exploitation of existing organizational competencies.

Change leadership becomes particularly critical in digital transformation contexts because technological implementation inevitably triggers cultural and structural resistance. Transformational leadership – characterized by vision articulation, intellectual stimulation, and individualized consideration – supports organizational adaptation by fostering trust and shared purpose. Vial (2019) argues that transformational leaders encourage experimentation, facilitate cross-functional collaboration, and promote learning-oriented cultures, all of which are indispensable in digital ecosystems. Such leadership styles help organizations navigate ambiguity while maintaining strategic direction.

In summary, strategic alignment and digital leadership form mutually reinforcing dimensions of successful digital transformation. Alignment ensures that digital initiatives remain strategically relevant and coherently governed, while leadership capabilities provide the adaptive energy required to implement and sustain transformation. Together, they reposition project management from an operational coordination function to a central strategic capability within digitally evolving organizations.

Digital transformation fundamentally reshapes the relationship between technological infrastructures and organizational design. The successful implementation of digital technologies does not depend solely on technical sophistication; rather, it requires structural compatibility between digital systems and the social architecture of the organization. When digital platforms, enterprise systems, or AI-driven tools are introduced without corresponding adjustments in roles, workflows, authority structures, and communication channels, misalignment emerges. This misalignment can reduce performance, increase resistance to change, and generate coordination breakdowns.

In digitally transforming organizations, structural adaptation often involves flattening hierarchies, decentralizing decision rights, and fostering cross-functional collaboration. Digital innovation frequently spans departmental boundaries, requiring marketing, IT, operations, and strategy units to interact dynamically. Without cross-functional teams and agile coordination mechanisms, digital tools risk becoming isolated technical artifacts rather than value-creating systems (Nambisan et al., 2017). Thus, structural agility becomes a prerequisite for technological effectiveness. Organizations that fail to redesign governance routines, incentive systems, and collaboration patterns may experience digital overload, duplicated efforts, or fragmented decision-making processes.

Agile methodologies have emerged as an essential response to the volatility and ambiguity associated with digital initiatives. Unlike traditional linear project management approaches, agile frameworks promote iterative development, continuous stakeholder feedback, and adaptive planning cycles. Rigby et al. (2016) argue that agile principles enhance organizational responsiveness by shortening decision cycles and encouraging experimentation. In digital transformation contexts – where requirements evolve rapidly and innovation outcomes are uncertain – iterative learning becomes a strategic capability rather than merely a project technique.

However, exclusive reliance on agile methods may create governance risks in large-scale transformation programs. Digital initiatives often involve substantial investments, regulatory constraints, and enterprise-wide integration challenges that require formal oversight and accountability. For this reason, hybrid governance models have gained prominence. Denning (2018) explains that hybrid systems combine the discipline of traditional control mechanisms – such as stage-gate reviews, risk assessments, and budgetary oversight – with the flexibility of agile teams. This integration enables organizations to manage uncertainty and innovation simultaneously while preserving strategic coherence (Project Management Institute, 2021). Hybrid governance structures thus represent a structural compromise that balances exploration with control, experimentation with accountability, and flexibility with alignment.

Digital transformation also alters the mechanisms of project monitoring and control. Traditional reporting systems, which rely on periodic manual updates and retrospective analysis, are increasingly replaced by real-time digital dashboards and predictive analytics platforms. These technologies

enable continuous tracking of key performance indicators, resource utilization, and risk exposure. According to Kraus et al. (2021), data-driven decision environments enhance transparency and facilitate evidence-based managerial interventions.

Nevertheless, the adoption of data-driven control mechanisms also requires cultural and structural adjustments. Managers must develop analytical competencies, ensure data quality, and establish clear accountability for algorithm-supported decisions. Without appropriate governance frameworks, excessive reliance on automated analytics may produce information overload or algorithmic bias. Therefore, digital project control must be embedded within robust oversight structures that integrate technological intelligence with managerial judgment.

In sum, the structural implications of digital transformation extend beyond the introduction of new technologies. They require sociotechnical alignment, agile-hybrid governance configurations, and data-driven control systems that collectively redefine the strategic role of project management in contemporary organizations.

Digital initiatives generate long-term strategic consequences that affect business models, value propositions, and competitive positioning. Consequently, project portfolios must be tightly aligned with corporate strategy. Müller and Lecoeuvre (2014) emphasize that governance structures play a decisive role in translating strategic priorities into project selection and resource allocation decisions. In digital contexts, this alignment becomes even more critical because transformation initiatives often compete for scarce technological and human resources.

Warner and Wäger (2019) argue that organizations must develop dynamic capabilities that enable them to sense digital opportunities, seize them through targeted investments, and transform internal processes accordingly. Project management becomes the operational interface through which these dynamic capabilities are enacted. Portfolio steering committees, digital roadmaps, and enterprise architecture planning mechanisms represent structural tools that integrate digital projects into strategic decision-making cycles. Thus, strategic integration transforms project management from a downstream implementation function into an upstream contributor to strategic formulation.

Digital transformation introduces higher uncertainty, cross-functional interdependencies, and accelerated innovation cycles. These conditions require governance redesign. Marnewick and Marnewick (2023) show that traditional governance frameworks – often designed for stable environments – may fail to provide adequate oversight for digitally intensive initiatives.

Governance adaptation involves redefining accountability structures, clarifying decision rights, and introducing transparency-enhancing mechanisms. Digital steering committees, integrated risk dashboards, and portfolio-level performance analytics enable organizations to maintain control while fostering innovation. Furthermore, governance adaptation requires balancing centralized oversight with decentralized autonomy. Excessive control can stifle experimentation, whereas insufficient oversight may result in strategic drift. Therefore, governance systems must be recalibrated to manage innovation risk without constraining organizational learning.

Leadership capabilities represent a critical mediating factor between digital strategy and project performance. Hess et al. (2016) argue that digital transformation demands new competencies, including technological literacy, change management expertise, and cross-functional coordination skills. Project leaders must act not only as planners and controllers but also as facilitators of innovation and cultural change.

Adaptive leadership styles – characterized by openness to experimentation, learning orientation, and collaborative engagement – are particularly relevant in digital contexts. Leaders must navigate ambiguity, manage stakeholder expectations, and promote knowledge sharing across technical and business domains. As digital projects often challenge established routines and power structures, leadership also involves overcoming resistance and fostering organizational commitment to transformation goals. Thus, leadership evolution reflects a shift from transactional supervision toward transformational and integrative influence.

Structural agility refers to the organization's capacity to reconfigure roles, workflows, and coordination mechanisms in response to technological change. Rigby et al. (2016) demonstrate that agile methodologies enhance responsiveness through iterative development and continuous feedback

loops. However, agility must extend beyond team-level practices to encompass enterprise-level coordination.

Sociotechnical alignment ensures that digital infrastructures are supported by appropriate social structures, including cross-functional teams, decentralized decision-making, and flexible communication channels. Structural agility therefore integrates agile coordination models with broader organizational design principles. In digitally transforming firms, project management offices (PMOs) often evolve into strategic transformation hubs that coordinate agile teams while maintaining portfolio coherence.

In the context of digital transformation, strategic success depends on the organization's ability to synchronize these structural dimensions. Firms that treat digital projects as isolated technical undertakings risk fragmentation and strategic misalignment. By contrast, organizations that embed project management within strategic governance frameworks enhance their capacity to navigate uncertainty, foster innovation, and sustain competitive advantage in digitally turbulent environments.

Conclusion

Digital transformation generates profound strategic and structural implications for project management. Organizations must integrate governance adaptation, digital capability development, sociotechnical alignment, and agile structures to ensure transformation success.

Future research should further explore AI-enabled governance systems, digital maturity models, and cross-sector comparative analyses to deepen understanding of project management's evolving strategic role.

References

1. Denning, S. (2018). The age of agile. *AMACOM*.
2. Hess, T., Matt, C., Benlian, A. & Wiesböck, F. (2016). Options for formulating a digital transformation strategy. *MIS Quarterly Executive, 15*(2), 123–139.
3. Kraus, S., Durst, S., Ferreira, J. J., Veiga, P., Kailer, N. & Weinmann, A. (2021). Digital transformation in business and management research. *Journal of Business Research, 123*, 557–567.
4. Marnewick, C. & Marnewick, A.L. (2023). The impact of digital transformation on project governance. *International Journal of Managing Projects in Business, 16*(5), 891–910.
5. Müller, R. & Lecoeuvre, L. (2014). Operationalizing governance categories of projects. *International Journal of Project Management, 32*(8), 1346–1357.
6. Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A. & Song, M. (2017). Digital innovation management. *MIS Quarterly, 41*(1), 223–238.
7. Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. PMI.
8. Rigby, D.K., Sutherland, J. & Takeuchi, H. (2016). Embracing agile. *Harvard Business Review, 94*(5), 40–50.
9. Teece, D.J. (2018). Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning, 51*(1), 40–49.
10. Vial, G. (2019). Understanding digital transformation. *The Journal of Strategic Information Systems, 28*(2), 118–144.
11. Warner, K.S.R. & Wäger, M. (2019). Building dynamic capabilities for digital transformation. *Long Range Planning, 52*(3), 326–349.
12. Westerman, G., Bonnet, D. & McAfee, A. (2014). *Leading digital: Turning technology into business transformation*. Harvard Business Review Press.

Received: 01.12.2025
Approved: 13.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/194-199

Hüseyn Əliyev
Azərbaycan Texniki Universiteti
https://orcid.org/0009-0003-6658-5144
huseynali1119@gmail.com

Müəssisələrdə informasiya təhlükəsizliyi siyasətlərinin təkmilləşdirilməsində Data Classification və DLP inteqrasiyasının rolu

Xülasə

Rəqəmsal transformasiya proseslərinin sürətlənməsi ilə paralel olaraq müəssisələrdə məlumatların həcmi, müxtəlifliyi və biznes dəyəri kəskin şəkildə artmışdır. Bu artım informasiya resurslarının yalnız texnoloji aktiv kimi deyil, eyni zamanda, strateji və hüquqi məsuliyyət daşıyan obyektlər kimi idarə olunmasını zəruri edir. Müasir təşkilatlarda məlumat axınlarının bulud platformaları, mobil qurğular, korporativ şəbəkələr və üçüncü tərəf xidmətləri arasında sürətlə hərəkət etməsi məlumat sızmaları, icazəsiz ötürmələr və daxili təhlükələr kimi risklərin aktuallığını daha da artırır. Empirik araşdırmalar göstərir ki, məlumat sızması insidentlərinin əhəmiyyətli hissəsi texniki boşluqlarla yanaşı, siyasətlərin əməliyyat mühitində effektiv icra olunmaması və insan faktorunun təsiri ilə bağlıdır.

Bu kontekstdə Data Classification (məlumatların təsnifatı) və Data Loss Prevention (DLP) texnologiyalarının inteqrasiyası informasiya təhlükəsizliyi siyasətlərinin əməliyyatlaşdırılması üçün perspektivli yanaşma kimi çıxış edir. Data Classification məlumatın biznes dəyəri və həssaslıq səviyyəsinə görə strukturlaşdırılmış şəkildə identifikasiyasını təmin edərkən, DLP mexanizmləri bu kontekstə uyğun olaraq məlumat axınlarının nəzarətini, bloklanmasını və monitorinqini həyata keçirir. İnteqrasiya olunmuş yanaşma təhlükəsizlik siyasətlərinin risk-əsaslı, ölçülə bilən və auditə yararlı mexanizmlərə çevrilməsinə imkan yaradır.

Açar sözlər: *Data Classification, DLP, informasiya təhlükəsizliyi siyasəti, risklərin idarə edilməsi, False positive, Metadata*

Huseyn Aliyev
Azerbaijan Technical University
https://orcid.org/0009-0003-6658-5144
huseynali1119@gmail.com

The Role of Data Classification and DLP Integration in Improving Information Security Policies in Enterprises

Abstract

In parallel with the acceleration of digital transformation processes, the volume, diversity and business value of data in enterprises have increased dramatically. This growth necessitates the management of information resources not only as technological assets, but also as objects with strategic and legal responsibilities. In modern organizations, the rapid movement of data flows between cloud platforms, mobile devices, corporate networks, and third-party services further increases the relevance of risks such as data leaks, unauthorized transfers, and insider threats. Empirical studies show that a significant proportion of data leakage incidents are related to technical gaps, as well as ineffective implementation of policies in the operational environment and the influence of the human factor.

In this context, the integration of Data Classification and Data Loss Prevention (DLP) technologies acts as a promising approach for operationalizing information security policies.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

While Data Classification provides structured identification of information according to business value and sensitivity level, DLP mechanisms control, block and monitor data flows in accordance with this context. An integrated approach allows security policies to be transformed into risk-based, measurable and auditable mechanisms.

Keywords: *Data Classification, DLP, information security policy, risk management, False positive, Metadata*

Giriş

Müəssisələrdə informasiya təhlükəsizliyi siyasətləri (ITS) praktikada iki əsas sualı cavablandırmalıdır:

1. Hansı məlumatı nə dərəcədə qoruyuruq?
2. Bu qorunmanı bütün kanallarda necə icra edirik?

Bu iki sualın ən ideal cavabı Data Classification (məlumatların təsnifatı) ilə DLP-nin (Data Loss/Leakage Prevention - məlumat itkisinin/sızmasının qarşısının alınması) inteqrasiyasından keçir. Data Classification müəssisə üçün məlumatın dəyərini, həssaslığını və risk səviyyəsini ölçülə bilən sxemə çevirir. ISO/IEC 27002:2022-də təsnifatın CIA tələblərinə əsaslanan sxem kimi qurulması vurğulanır (Alneyadi və b., 2016; Alneyadi və b., 2014). DLP isə həmin təsnifatın tələb etdiyi nəzarəti real əməliyyata çevirərək e-poçt, şəbəkə, endpoint, SaaS və s. kanallarda məlumatın icazəsiz istifadəsini və ötürülməsini aşkarlayıb dayandırmağı hədəfləyir.

İnteqrasiyanın rolunu anlamaq üçün hər bir komponentin fərdi funksiyasına nəzər salmaq lazımdır:

Data Classification (Məlumatların Təsnifatı): Məlumatların həssaslıq dərəcəsinə və biznes dəyərinə görə (məsələn: İctimai, Daxili, Məxfi, Ciddi Məxfi) etiketlənməsi prosesidir. Bu proses sənədlərin metadatasında (metadata) xüsusi izlər buraxaraq, həmin faylın kimliyini və dəyərini müəyyən edir.

DLP (Data Loss Prevention): Həssas məlumatların icazəsiz istifadəsini, ötürülməsini və ya sızmasını aşkar edən və qarşısını alan texnologiyalar toplusudur. DLP şəbəkə trafikini, son nöqtələri (endpoint) və bulud mühitlərini davamlı olaraq monitorinq edir.

İnteqrasiyanın Mexanizmi: "Gözübağlı" DLP-dən "Ağıllı" DLP-yə Keçid. Yalnız DLP sisteminə istinad etmək əksər hallarda yüksək həcmdə "yalançı pozitiv" (false positive) xəbərdarlıqların formalaşmasına gətirib çıxarır. Bunun əsas səbəbi ondan ibarətdir ki, təsnifat mexanizmi olmadıqda DLP həssaslığın kontekstini qiymətləndirmək qabiliyyətindən məhrum olur və əsasən açar sözlər, requlyar ifadələr (RegEx) və ya strukturlaşdırılmış məlumat şablonlarına (məsələn, kredit kartı nömrələrinin formatları, şəxsiyyət nömrələri və s.) əsaslanaraq reaksiya verir. Nəticədə, kontekstual olaraq risk daşımayan məlumat ötürmələri də təhlükə kimi qiymətləndirilir, bu isə həm təhlükəsizlik komandalarının üzərinə əlavə əməliyyat yükü yaradır, həm də real insidentlərin səs-küy içində "itməsi" riskini artırır. Data Classification ilə inteqrasiya olunduqda isə DLP qərarvermə mexanizmini yalnız sintaktik uyğunluqlara deyil, məlumatın biznes dəyərinə və həssaslıq səviyyəsinə əsaslandırır. Bu da həm yanlış "pozitivlərin" azalmasına, həm də real risklərin daha dəqiq prioritetləşdirilməsinə imkan verir.

Tədqiqat

İnteqrasiya necə işləyir? Data Classification mexanizmi sənədlərə həm vizual səviyyədə (məsələn, "Ciddi Məxfi" işarəsi, watermark və ya bannerlər), həm də texniki səviyyədə maşınoxunaqlı metadata əlavə edir. Bu metadata sənədin yaradıldığı andan etibarən onun bütün həyat dövrü (yaradılma, saxlanma, ötürülmə, paylaşılma və arxivləşdirmə mərhələləri) boyunca müşayiət olunur və təhlükəsizlik nəzarət mexanizmləri üçün kontekstual informasiya rolunu oynayır.

DLP sistemləri inteqrasiya mühitində faylı və ya məlumat axınını analiz edərkən yalnız məzmun səviyyəsində mürəkkəb və hesablama baxımından bahalı mətn analizi, RegEx uyğunluğu və ya şablon axtarışları aparmaq əvəzinə, birbaşa faylın metadata qatında mövcud olan təsnifat etiketlərini oxuyur. Bu yanaşma DLP-nin qərarvermə mexanizmini kontekstual məlumatla zənginləşdirir, performans yükünü azaldır və yanlış pozitivlərin (false positive) sayının minimallaşdırılmasına şərait yaradır.

Məsələn əgər istifadəçi tərəfindən bir sənəd "Ciddi Məxfi" (Strictly Confidential) kateqoriyası ilə etiketlənmişdirsə və həmin sənədin şəxsi e-poçt ünvanına ötürülməsi cəhdi baş verirsə, DLP sistemi ilkin mərhələdə sənədin metadata qatındakı təsnifat etiketini identifikasiya edir. Bu kontekstual göstəriciyə əsaslanaraq, məzmunun dərin semantik analizinə ehtiyac qalmadan əvvəlcədən müəyyən edilmiş təhlükəsizlik siyasətini işə salır və ötürülmə əməliyyatını avtomatik olaraq bloklayır (və ya alternativ olaraq şifrələmə, xəbərdarlıq və insident qeydi mexanizmlərini aktivləşdirir).

Bu cür inteqrasiya yanaşması təhlükəsizlik nəzarətinin reaktiv və məzmun-asılı mexanizmlərdən proaktiv və kontekst-əsaslı idarəetmə modelinə transformasiyasını təmin edir. Nəticədə, informasiya təhlükəsizliyi siyasətləri yalnız normativ sənəd səviyyəsində qalmır, real əməliyyat mühitində avtomatlaşdırılmış, ölçülə bilən və auditə yararlı nəzarət mexanizmlərinə çevrilir.

Data Classification və DLP inteqrasiyasının metodik olaraq əsaslandırılmış inteqrasiya siyasətləri praktiki tətbiqində yaranan boşluqların aradan qaldırılmasında həlledici rol oynayır. Doğru strukturlaşdırılmış inteqrasiya aşağıdakı "siyasət boşluqlarını" operasionallaşdıraraq aradan qaldırır:

- *Siyasət-texnologiya uyğunsuzluğu:* Siyasətdə "məxfi" kimi təsnifləndirilən məlumatın informasiya sistemlərində avtomatik identifikasiya olunmaması və vahid nəzarət qaydalarının bütün kommunikasiya kanallarında ardıcıl tətbiq edilməməsi nəticə etibarilə siyasət-icra uyğunsuzluğunu dərinləşdirir və məlumat sızması risklərini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. NIST DLP yanaşmasının "proqram + siyasət" olması və idarəetmə komponentini vacib sayması bunu təsdiqləyir (Center for Internet Security, 2021; International Organization for Standardization, 2022).

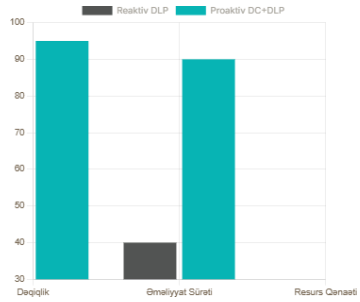
- *Komplayansın ölçülə bilməməsi:* Komplayansın ölçülə bilməməsi problemi ondan irəli gəlir ki, GDPR kimi tənzimləyici rejimlər riskə uyğun texniki və təşkilati tədbirlərin tətbiqini tələb etsə də, bu tələblərin əməliyyat səviyyəsində ölçülə bilən göstəricilərə çevrilməsi əksər hallarda təmin olunmur. Data Classification və DLP inteqrasiyası həmin tələbləri ölçülə bilən KPI-lar vasitəsilə operasionallaşdıraraq audit üçün obyektiv sübut bazasının formalaşdırılmasına imkan yaradır.

- *Bulud və uzaq iş mühitində parçalanma:* Müasir DLP yanaşmaları endpoint, bulud və şəbəkəni birlikdə əhatə etməlidir (cloud DLP, endpoint DLP, network DLP kimi) (ENISA, 2018; ENISA, 2016).

Metodologiyaların Müqayisəsi: Reaktiv və Proaktiv Müdafiə. Ənənəvi, "məzmun əsaslı" DLP (Data Loss Prevention) sistemləri əsasən mürəkkəb riyazi alqoritmlərə və əvvəlcədən müəyyən edilmiş şablonlara (pattern-based yanaşma) əsaslanır. Bu yanaşma konteksti tam nəzərə almadığı üçün yüksək səviyyədə "False Positive" halları yaradır. Nəticədə, təhlükəsizlik komandaları real riskləri müəyyənləşdirmək üçün artıq sayda insidenti manual şəkildə təhlil etməli olur və bu da əməliyyat yükünü artırır (National Institute of Standards and Technology, 2012; International Organization for Standardization, 2022).

DC (Domain Controller) ilə inteqrasiya olunmuş, "kontekst əsaslı" proaktiv DLP sistemləri isə istifadəçi davranışı, rol, cihaz, zaman və əməliyyat konteksti kimi əlavə faktorları analiz edərək daha dəqiq qərar mexanizmi formalaşdırır. Bu yanaşma:

- Yalançı həyəcanların sayını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır;
- Real təhlükələrin prioritetləşdirilməsini təmin edir;
- Təhlükəsizlik əməliyyatlarının effektivliyini optimallaşdırır.



Şəkil 1. Metodoloji Müqayisə

Əsas göstəricilər:

- İnsident Analizi Sürəti: 4.5 dəfə artım;
- Resurs İsrafı (Triage Prosesi): 75% azalma.

Bu nəticələr göstərir ki, reaktiv, məzmun əsaslı modellərlə müqayisədə proaktiv və kontekst əsaslı yanaşma həm əməliyyat səmərəliliyini artırır, həm də təhlükəsizlik komandalarının vaxt və resurslarını daha effektiv idarə etməsinə imkan yaradır (Kumaresan, 2014; KPMG International, 2014).

İnformasiya Təhlükəsizliyi Siyasətlərinə Təsiri və Təkmilləşdirilməsi. Data Classification və DLP sistemlərinin inteqrasiyası müəssisələrdə informasiya təhlükəsizliyi siyasətlərinin normativ xarakterdən çıxarılaraq əməliyyat mühitində ölçülə bilən və icra oluna bilən mexanizmlərə çevrilməsinə şərait yaradır. Empirik tədqiqatlar göstərir ki, məlumat sızmalarının əhəmiyyətli hissəsi (təxminən 60-70%-i) ya yanlış konfiqurasiya, ya da insan səhvləri ilə əlaqədardır ki, bu da siyasət-icra uyğunsuzluğunun praktiki nəticələrini nümayiş etdirir. Bu baxımdan inteqrasiya olunmuş yanaşma təhlükəsizlik siyasətlərinin effektivliyini bir neçə fundamental istiqamətdə artırır:

A. Siyasətlərin Dəqiqliyinin və Effektivliyinin Artması. Ənənəvi olaraq açar sözlərə və sintaktik uyğunluqlara əsaslanan DLP qaydaları müxtəlif şöbələr və layihələr kontekstində fərqli semantik mənalar kəsb edir. Nəticədə, təhlükəsizlik mexanizmləri kontekstual həssaslığı düzgün qiymətləndirmir və yüksək həcmdə "yalançı pozitiv" (false positive) xəbərdarlıqları formalaşdırır. Praktiki müşahidələr göstərir ki, kontekstual təsnifat olmadan işləyən DLP sistemlərində yaranan insident bildirişlərinin 30-50%-i real təhlükə ilə əlaqəli olmur, bu isə təhlükəsizlik komandalarının resurslarını səmərəsiz şəkildə istifadə etməsinə gətirib çıxarır.

Data Classification mexanizmlərinin tətbiqi ilə DLP siyasətləri məlumatın biznes dəyərinə və həssaslıq səviyyəsinə uyğun olaraq kontekstual əsasda icra olunur. Bu yanaşma yanlış pozitivlərin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına, real insidentlərin isə daha yüksək prioritetlə emal edilməsinə imkan verir (National Institute of Standards and Technology, 2020). Nəticədə, təhlükəsizlik siyasətləri "hamını və hər şeyi eyni qayda ilə yoxla" prinsipi əsasında deyil, riskə uyğunlaşdırılmış "etiketə əsaslanan nəzarət" modeli çərçivəsində tətbiq olunur ki, bu da siyasətlərin həm dəqiqliyini, həm də əməliyyat effektivliyini artırır.

B. İstifadəçi Məsuliyyətinin və Təhlükəsizlik Mədəniyyətinin Formalaşması. Məlumat sızmalarının əhəmiyyətli hissəsinin insan faktoru ilə əlaqəli olması informasiya təhlükəsizliyi siyasətlərində davranış yönümlü mexanizmlərin vacibliyini ön plana çıxarır. Müasir tədqiqatlar göstərir ki, kibertəhlükəsizlik insidentlərinin təxminən 70-80%-i birbaşa və ya dolayı yolla insan səhvləri (məsələn, yanlış paylaşım, zəif parol istifadəsi, diqqətsizlik) ilə bağlıdır. Data Classification prosesi istifadəçiləri yaratdıqları və paylaşdıqları məlumatın dəyəri və həssaslıq səviyyəsi barədə reflektiv düşünməyə təşviq edir və bu, təhlükəsizlik mədəniyyətinin formalaşmasında davranış dəyişikliklərinə səbəb olur.

DLP mexanizmləri isə yalnız məhdudlaşdırıcı texniki alət rolunu deyil, eyni zamanda, öyrədici və profilaktik funksiya daşıyır. Məsələn, istifadəçi məxfi kateqoriyaya aid sənədi USB daşıyıcıya köçürməyə cəhd etdikdə, sistemin yalnız əməliyyatı bloklaması deyil, həm də siyasəti izah edən kontekstual xəbərdarlıq (pop-up notification) göstərməsi istifadəçi davranışlarının tədricən korrektə olunmasına şərait yaradır. Davranış yönümlü təhlükəsizlik yanaşmaları ilə texniki nəzarətin sintezi uzunmüddətli perspektivdə təhlükəsizlik mədəniyyətinin institusionallaşmasına və insidentlərin sayının azalmasına töhfə verir (Microsoft, 2026; National Institute of Standards and Technology, 2018).

C. Qanunvericiliyə və Standartlara Uyğunluq (Compliance). GDPR, ISO/IEC 27001, PCI-DSS və digər beynəlxalq standartlar, habelə yerli normativ-hüquqi aktlar təşkilatlardan riskə uyğun texniki və təşkilati tədbirlərin tətbiqini, mütəmadi monitorinq və audit mexanizmlərinin qurulmasını tələb edir. Praktikada uyğunluq problemlərinin əsas səbəblərindən biri siyasətlərin ölçülə bilən göstəricilərə çevrilməməsidir. Statistik hesabatlara əsasən, böyük təşkilatlarda uyğunluq pozuntularının təxminən 40%-i adekvat monitorinq mexanizmlərinin olmaması ilə əlaqələndirilir.

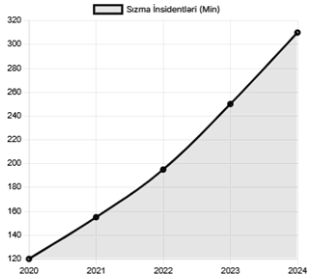
Nəzəri olaraq inteqrasiyanın faydalarını və siyasətlərə müsbət təsirini müzakirə etdikdən sonra, gəlin bunun gündəlik əməliyyatlarda necə fərq yaratdığına baxaq. İnformasiya təhlükəsizliyi komandasının iş yükünü və qərarvermə prosesini daha aydın qavramaq üçün, ənənəvi olaraq təsnifat

olmadan işləyən "tənha" DLP sistemi ilə bu iki həlqənin birləşdiyi inteqrasiya olunmuş mühitin birbaşa müqayisəsinə nəzər salaq. Bu fərqlər, doğru texnoloji sinergiyanın vaxta və resurslara necə qənaət etdiyini konkretləşdirir:

Cədvəl 1.
Təsnifatsız və İnteqrasiya Olunmuş Sistemlərin Müqayisəsi

Xüsusiyyət	Yalnız DLP (Təsnifat olmadan)	Data Classification + DLP İnteqrasiyası
Qərarvermə Əsası	Məzmun analizi, açar sözlər, RegEx	Sənədin metadatası və istifadəçi etiketi
Yalançı Pozitivlər	Çox yüksək (əməliyyat yükü yaradır)	Minimum (dəqiq hədəfləmə təmin edilir)
Sistem Performansı	Ağır (davamlı mətn skan edilməsi tələb olunur)	Yüngül (yalnız metadata oxunur)
İstifadəçi Təcrübəsi	Passiv (istifadəçi nəyin səhv olduğunu bilmir)	Aktiv (istifadəçi sənədi təsnif edir və qaydaları öyrənir)

Müasir rəqəmsal ekosistemlərdə korporativ şəbəkə sərhədlərinin aradan qalxması (de-seqmentasiya) və hibrid infrastruktur modellərinin geniş yayılması ənənəvi təhlükəsizlik yanaşmalarının effektivliyini əhəmiyyətli dərəcədə azaldıb. Mövcud təhlükə mühitində məlumat mərkəzli təhlükəsizlik (Data-Centric Security) modeli strateji əhəmiyyət daşıyır (Ross və b., 2020). Tədqiqatlar göstərir ki, DLP (Data Loss Prevention) həllərinin aşağı effektivliyi əksər hallarda texnoloji çatışmazlıqlardan deyil, korporativ məlumat taksonomiyasının düzgün müəyyən edilməməsindən qaynaqlanır. Məlumatların sistemli şəkildə təsnif edilmədiyi mühitlərdə DLP mexanizmləri "kor nöqtələr" formalaşdırır ki, bu da kritik aktivlərin qeyri-qanuni ekzfiltrasiyası riskini əhəmiyyətli dərəcədə artırır.



Şəkil 1. Qlobal məlumat sızması insidentlərinin dinamik analizi

Aparılmış nəzəri təhlil və praktik tətbiq ssenarilərinin müqayisəli qiymətləndirilməsi Data Classification və Data Loss Prevention (DLP) texnologiyalarının inteqrasiyasının müəssisələrdə informasiya təhlükəsizliyi siyasətlərinin effektivliyinə əhəmiyyətli müsbət təsir göstərdiyini nümayiş etdirmişdir. Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, inteqrasiya olunmuş yanaşma siyasətlərin normativ xarakterdən çıxarılaraq əməliyyat səviyyəsində avtomatlaşdırılmış nəzarət mexanizmlərinə çevrilməsinə imkan yaradır və bununla da siyasət-icra uyğunsuzluğunu əhəmiyyətli dərəcədə azaldır.

Nəticə

Empirik müşahidələr və mövcud tədqiqatların nəticələrinin ümumiləşdirilməsi əsasında müəyyən edilmişdir ki, təsnifat etiketləri ilə zənginləşdirilmiş DLP mexanizmlərinin tətbiqi "yalançı pozitiv" insident bildirişlərinin sayını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır, real risklərin isə daha yüksək prioritetlə aşkar olunmasına şərait yaradır. Bu, təhlükəsizlik komandalarının əməliyyat yükünü optimallaşdırır

və resursların daha səmərəli bölüşdürülməsinə imkan verir. Eyni zamanda, kontekst-əsaslı nəzarət mexanizmləri məlumat axınlarının daha dəqiq monitorinqini təmin etməklə insidentlərin erkən mərhələdə aşkarlanması ehtimalını artırır.

Tədqiqat nəticələri həmçinin göstərir ki, inteqrasiya olunmuş model informasiya təhlükəsizliyi mədəniyyətinin formalaşmasına töhfə verir. Data Classification prosesində istifadəçilərin məlumatın həssaslıq səviyyəsini şüurlu şəkildə qiymətləndirməsi və DLP mexanizmlərinin kontekstual xəbərdarlıqlar vasitəsilə davranışları korrektə etməsi insan faktoru ilə bağlı risklərin azalmasına səbəb olur. Bu yanaşma uzunmüddətli perspektivdə təhlükəsizlik siyasətlərinin yalnız texniki nəzarət mexanizmi deyil, təşkilati davranış modeli kimi qəbul olunmasına şərait yaradır.

Ümumilikdə, əldə olunan nəticələr göstərir ki, Data Classification və DLP inteqrasiyası informasiya təhlükəsizliyi siyasətlərinin effektiv icrası üçün texnoloji və metodoloji baxımdan əsaslandırılmış, praktik dəyəri yüksək olan yanaşmadır. Bu yanaşmanın tətbiqi müəssisələrin kibertəhlükəsizlik risklərinə qarşı dayanıqlığını gücləndirir, tənzimləyici uyğunluq səviyyəsini artırır və məlumatların strateji aktiv kimi qorunmasını təmin edən davamlı təhlükəsizlik arxitekturasının formalaşmasına töhfə verir.

Ədəbiyyat

1. Alneyadi, S., Sithirasenan, E. & Muthukkumarasamy, V. (2016). A survey on data leakage prevention systems. *Journal of Network and Computer Applications, 62*, 137–152.
2. Alneyadi, S., Sithirasenan, E. & Muthukkumarasamy, V. (2014). *A semantics-aware classification approach for data leakage prevention*. In W. Susilo, Y. Mu (Eds.), Information Security and Privacy (ACISP 2014) (pp. 413–421). Springer.
3. Center for Internet Security. (2021). *CIS Critical Security Controls (v8): Control 3 - Data Protection*.
4. European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). (2016). *Guidelines for SMEs on the security of personal data processing*.
5. European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). (2018). *Handbook on security of personal data processing*.
6. International Organization for Standardization. (2022). *ISO/IEC 27001:2022 — Information security management systems — Requirements*.
7. International Organization for Standardization. (2022). *ISO/IEC 27002:2022 — Information security controls*.
8. International Organization for Standardization. (2022). *ISO/IEC 27005:2022 — Guidance on managing information security risks*.
9. KPMG International. (2014). *Data loss prevention: Protecting your data from enemy lines*.
10. Kumaresan, N. (2014). Key considerations in protecting sensitive data leakage using data loss prevention tools. *ISACA Journal*.
11. Microsoft. (2026). *Use sensitivity labels as conditions in DLP policies*. Microsoft Learn.
12. National Institute of Standards and Technology. (2012). *Guide for conducting risk assessments* (SP 800-30 Rev. 1).
13. National Institute of Standards and Technology. (2018). *Risk Management Framework for information systems and organizations* (SP 800-37 Rev. 2).
14. National Institute of Standards and Technology. (2020). *Security and privacy controls for information systems and organizations* (SP 800-53 Rev. 5).
15. Ross, R., Pillitteri, V., Dempsey, K., Riddle, M. & Guissanie, G. (2020). *Protecting controlled unclassified information in nonfederal systems and organizations* (SP 800-171 Rev. 2).

Daxil oldu: 04.12.2025
Qəbul edildi: 06.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/200-206

Cəmilə Qurbanlı
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0001-7300-7612
qurbanlicemile344@gmail.com

İnformasiya sistemlərində təhlükəsizliyin təmin edilməsi: metodlar və yanaşmalar

Xülasə

Müasir informasiya cəmiyyətində kompyuter sistemləri və informasiya-hesablama şəbəkələri (İHS) sosial, iqtisadi və idarəetmə proseslərinin ayrılmaz tərkib hissəsinə çevrilmişdir. Bu sistemlərdə emal olunan məlumatların həcminin və əhəmiyyətinin artması informasiya təhlükəsizliyinin təmin olunmasını prioritet məsələlərdən biri kimi ön plana çıxarır. İnformasiya təhlükəsizliyi dedikdə, informasiyanın və onu dəstəkləyən infrastrukturun təsadüfi və ya qəsdən baş verən daxili və xarici təhdidlərdən qorunmuş vəziyyəti başa düşülür.

Avtomatlaşdırılmış informasiya işləmə sistemlərində (AİİS) təhlükəsizliyin təmin olunması yalnız texniki vasitələrlə məhdudlaşmır, həmçinin, inzibati və təşkilati tədbirlərin kompleks şəkildə tətbiqini tələb edir. Bu baxımdan təhlükəsizlik siyasətinin formalaşdırılması, risklərin təhlili, autentifikasiya və avtorizasiya mexanizmlərinin tətbiqi, protokollaşdırma və audit sistemlərinin qurulması mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Eyni zamanda, şəbəkələrdə məlumatların kriptoqrafik qorunması və viruslardan müdafiə üsulları informasiya sızmalarının qarşısının alınmasında əsas rol oynayır.

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, informasiya təhlükəsizliyinin əsas komponentləri olan əlçatanlıq, bütövlük və konfidensiallıq prinsiplərinin təmin edilməsi yalnız sistemli və kompleks yanaşma əsasında mümkündür. Bu səbəbdən mühafizə olunmuş şəbəkələrin qurulması və müasir təhlükəsizlik metodlarının tətbiqi informasiya sistemlərinin etibarlı fəaliyyətinin əsas şərtidir.

Açar sözlər: *informasiya təhlükəsizliyi, avtomatlaşdırılmış informasiya işləmə sistemi, təhlükəsizlik siyasəti, protokollaşdırma və audit, kriptoqrafiya, risklərin idarə olunması*

Jamila Gurbanli
Azerbaijan State Oil and Industry University
Master's student
https://orcid.org/0009-0001-7300-7612
qurbanlicemile344@gmail.com

Ensuring Security in Information Systems: Methods and Approaches

Abstract

In the modern information society, computer systems and information-computing networks (ICNs) have become an integral component of social, economic, and administrative processes. The continuous growth in both the volume and significance of the data processed within these systems brings information security to the forefront as a priority issue. Information security is understood as the state of protection of information and its supporting infrastructure against accidental or intentional internal and external threats.

Ensuring security in automated information processing systems (AIPS) is not limited to technical measures alone; it also requires the comprehensive implementation of administrative and organizational controls.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

In this context, the development of a security policy, risk analysis, the implementation of authentication and authorization mechanisms, as well as the establishment of logging and audit systems are of particular importance. At the same time, cryptographic protection of data within networks and anti-malware defense mechanisms plays a key role in preventing information leakage.

Research indicates that ensuring the fundamental components of information security – availability, integrity, and confidentiality – is possible only through a systematic and integrated approach. Therefore, the deployment of secure networks and the application of modern security methods constitute the primary condition for the reliable operation of information systems.

Keywords: *information security, Automated Information Processing System (AIPS), security policy, logging and audit, cryptography, risk management*

Giriş

Müasir cəmiyyətin informatizasiyası informasiya resurslarının həcmini və əhəmiyyətini kəskin şəkildə artırmışdır. İnformasiya resursları idarəetmə, iqtisadiyyat, elm və sosial münasibətlərdə əsas strateji aktivlərdən biri kimi çıxış edir. Bu şəraitdə informasiya sistemlərinin təhlükəsizliyinin təmin edilməsi yalnız texniki problem deyil, həm də təşkilati, hüquqi və metodoloji aspektləri əhatə edən kompleks və çoxşaxəli vəzifədir.

İnformasiya təhlükəsizliyi problemi hesablama texnikasının geniş tətbiqi, qlobal və ərazi üzrə paylanmış şəbəkələrin inkişafı, həmçinin, avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin mürəkkəbləşməsi ilə daha da aktuallaşmışdır. İnformasiyanın icazəsiz açıqlanması, dəyişdirilməsi və ya məhv edilməsi həm maddi, həm də mənəvi zərərlərə səbəb ola bilər (Əliquliyev və İmamverdiyev, 2012; Əliquliyev və İmamverdiyev, 2003). Buna görə də təhlükəsizlik siyasətinin işlənilməsi və effektiv mühafizə mexanizmlərinin tətbiqi informasiya sistemlərinin həyat dövrünün bütün mərhələlərində əsas prioritetlərdən biri olmalıdır.

Tədqiqat

İnformasiya sistemlərinin təhlükəsizliyinin nəzəri əsasları. İnformasiya təhlükəsizliyi informasiyanın və onu dəstəkləyən infrastrukturun təsadüfi və ya qəsdən, daxili və ya xarici təsirlərdən qorunmuş vəziyyətidir. Bu vəziyyət informasiya münasibətləri subyektlərinə qəbuledilməz zərərin vurulmasının qarşısını almağa yönəlmişdir. Mühafizənin predmeti kompyuter sistemlərində saxlanılan, işlənən və ötürülən məlumat, mühafizənin obyekti isə avtomatlaşdırılmış informasiya işləmə sistemidir.

İnformasiya təhlükəsizliyinə metodoloji yanaşma informasiya sistemlərindən istifadə edən subyektlərin maraqlarının müəyyənləşdirilməsi ilə başlayır. Bu maraqlar əsasən informasiyanın əlçatanlığı, bütövlüyü və konfidensiallığının təmin olunması ilə ifadə edilir.

Qlobal şəbəkələrdə fəaliyyətin həyata keçirilməsi üçün müəyyən *tələblər kombinasiyasının təmin olunması* zərurəti yarandıqda, bir sıra vacib məsələlər meydana çıxır. Belə ki, aşağıdakı suallar aktuallıq kəsb edir:

– Hansı *proqram-aparat vasitələri və təşkilati tədbirlər* həyata keçirilməlidir?

– *Risk profili* hansı meyarlar əsasında müəyyənləşdirilməlidir?

Bu kimi suallara cavabların əsasını təşkil edən amil — təşkilatın fəaliyyəti üçün işlənib hazırlanmış *təhlükəsizlik üzrə konseptual siyasət (security policy)* hesab olunur.

Təhlükəsizlik siyasətləri iki əsas kateqoriyaya bölünür: *texniki siyasətlər və inzibati siyasətlər.*

Texniki siyasətlər – müvafiq avadanlıqlar və proqram təminatları vasitəsilə reallaşdırılan təhlükəsizlik tədbirlərini əhatə edir.

İnzibati siyasətlər isə – sistemi istifadə edən və ona nəzarət edən şəxslər tərəfindən həyata keçirilən təşkilati və idarəetmə xarakterli tədbirlərdən ibarətdir.

Hazırda çoxsaylı *informasiya və hesablayıcı şəbəkələr (İHŞ)* mövcuddur ki, bunların arasında ən tanınmışları *Internet, Relcom, Sovintel* şəbəkələridir. Bundan əlavə, müəyyən sahələr üçün nəzərdə tutulmuş *ixtisaslaşdırılmış şəbəkələr* də fəaliyyət göstərir. Məsələn, *"LUKOYL – Qərbi Sibir"* korporativ şəbəkəsi, *Medical Systems* tibb sistemləri şəbəkəsi, həmçinin, *Şimal–Qərb regionunun ali təhsil müəssisələrinin şəbəkəsi* və digərləri.

1. İlkin olaraq ARPANET şəbəkəsi kimi yaradılmış bu sistem daha sonra ABŞ Milli Elm Fondu (National Science Foundation – NSF) tərəfindən çoxsaylı elmi-tədqiqat müəssisələrinin vahid şəbəkədə birləşdirilməsi və beynəlxalq əməkdaşlığın inkişaf etdirilməsi məqsədilə NSFNET layihəsi əsasında genişləndirilmişdir. 1990-cı ildən etibarən ARPANET şəbəkəsi fəaliyyətini dayandırmış, Internet isə akademik mühitin hüdudlarından kənara çıxaraq cəmiyyət üçün həm informasiya əldə etmə imkanı, həm də sürətli qlobal rabitə vasitəsi kimi formalaşmışdır. İnsan cəmiyyətində yazının yayılması ilə əlaqədar olaraq məktubların və yazılı məlumatların mübadiləsinə ehtiyac yaranmışdır. Bu isə, öz növbəsində, yazılı mesajların məzmununun üçüncü şəxslərdən gizlədilməsi zərurətini meydana çıxarmışdır (Simonovich, 2013).

Yazılı mesajların məzmununun gizlədilməsi üsullarını üç əsas qrupa bölmək olar:

Birinci qrupa maskalama və ya steqanografiya metodları daxildir. Bu metodlar mesajın mövcudluğunun öz faktını gizlətməyə yönəlib.

İkinci qrupa müxtəlif şifrələmə üsulları və ya kriptoqrafiya metodları daxildir (yunanca *kryptos* – "gizli" və *grapho* – "yazıram" sözlərindən götürülmüşdür).

Üçüncü qrup metodlar isə informasiya məzmununun məxfiliyini təmin edən xüsusi texniki qurğuların yaradılmasına istiqamətlənmişdir.

İnformasiya təhlükəsizliyinin əsas komponentləri. İnformasiya təhlükəsizliyi məsələləri cəmiyyət həyatında artan rolu ilə əlaqədar olaraq xüsusi yer tutur və onlara getdikcə daha böyük diqqət göstərilməsi tələb olunur. Demək olar ki, hər hansı fəaliyyətin uğuru müəyyən dərəcədə informasiya kimi qiymətli resursları idarəetmə bacarığına bağlıdır.

Azərbaycan dövlətinin "Informasiya, informasiya texnologiyaları və informasiya təhlükəsizliyi haqqında" qanununda vurğulanır ki: "İnformasiya resursları vətəndaşların, təşkilatların, ictimai birliklərin və dövlətin mülkiyyət obyektləridir."

İnformasiya təhlükəsizliyi — kifayət qədər mürəkkəb və çoxşaxəli problemdir. Bu problemin həlli yalnız yaxşı təşkil olunmuş strukturlar tərəfindən mümkündür və uğur yalnız sistematik və kompleks yanaşma ilə əldə edilə bilər. Bu problemin həlli məqsədilə qanunvericilik, inzibati, prosedur və proqram-texniki səviyyədə tədbirlər nəzərdən keçirilir.

Müasir AİS-lər çoxsaylı müxtəlif ərazi üzrə paylanmış obyektləri vahid dövrəyə birləşdirir və onların tərkibinə ixtisaslaşmış və universal HT-lər, məlumat ötürmə qurğuları, terminallar və digər abunəçi qurğular — informasiya-hesablama şəbəkələri (İHS) daxildir.

AİS və İHS-lərin yaradılması nəticəsində qlobal sivilizasiyanın çərçivəsində beynəlxalq informasiya məkanı formalaşmışdır.

Digər tərəfdən, idarəetmə sistemlərinin insan fəaliyyətində geniş tətbiqi bir sıra mənfi nəticələrlə müşayiət olunur. Bunlara kompyuter cinayətləri, İHS vasitələrindən istifadə edilən iqtisadi və siyasi sabotajlar, elektron sabotajlar, fərdi hüquq və azadlıqların pozulması və s. daxildir. Bütün bunlar informasiya təhlükəsizliyinin insan cəmiyyətində xüsusi rolunu təsdiqləyir.

Mühafizənin predmeti — kompyuter (informasiya) sistemlərində saxlanılan, işlənən və ötürülən məlumatdır. İnformasiya təhlükəsizliyinin üç əsas komponenti fərqləndirilir:

- Əlçatanlıq – tələb olunan informasiya xidmətlərinə qəbul edilə bilən vaxt intervalında çıxışın təmin olunması;
- Bütövlük – informasiyanın icazəsiz dəyişdirilmədən və məhv edilmədən qorunması;
- Konfidensiallıq – informasiyaya icazəsiz girişin qarşısının alınması.

Bu komponentlərdən hər hansı birinin pozulması informasiya sisteminin funksional imkanlarının azalmasına və ciddi risklərin yaranmasına səbəb ola bilər. Xüsusilə idarəetmə və maliyyə sistemlərində bütövlüyün pozulması kritik nəticələr doğura bilər.

İnformasiya təhlükəsizliyi probleminin mürəkkəbliyi. İnformasiya təhlükəsizliyi problemi informasiya texnologiyalarının yüksək inkişaf tempi ilə sıx bağlıdır. Proqram təminatında yeni zəifliklərin aşkar olunması, hücum üsullarının təkmilləşdirilməsi və daxili təhdidlərin artması təhlükəsizlik sistemlərinin davamlı şəkildə yenilənməsini tələb edir. Bu baxımdan təhlükəsizlik bir dəfəlik tədbir deyil, fasiləsiz və məqsədyönlü proses kimi nəzərdən keçirilməlidir.

İllüstrasiya üçün nümunələrə baxaq. ABŞ prezidenti B.Klintonun 15 iyul 1996-cı il tarixli (№13010) fərmanı ilə kritik infrastrukturun həm fiziki hücumlardan, həm də informasiya silahları vasitəsilə edilən hücumlardan qorunması üzrə Komissiya yaradılmışdır.

1997-ci ilin oktyabr ayının əvvəlində həmin komissiyanın rəhbəri Robert Marsh bildirib ki, o vaxt həm hökumət, həm də özəl sektor kommunikasiya və enerji təchizatı şəbəkələrini sıradan çıxara biləcək kompyuter hücumlarından qorunmaq üçün vasitələrə malik deyildilər.

Amerika raket kruizeri "Yorktown" Windows NT 4.0 platformasında işləyən proqram təminatı ilə bağlı çoxsaylı problemlərə görə limana qayıtmağa məcbur olmuşdur. Bu, ABŞ Hərbi Dəniz Qüvvələrinin kommersiya proqram təminatından mümkün qədər geniş istifadə etməklə hərbi texnikanın maliyyətini azaltmaq siyasətinin yan təsiri olmuşdur.

Aydındır ki, bu kimi nümunələrin sayı kifayət qədər çoxdur, informasiya təhlükəsizliyinin pozulması halları isə nəinki mövcuddur, hətta gələcəkdə də tamamilə aradan qalxacağı gözlənilmir. Təkcə "2000 Problemi" (Y2K) buna bariz misaldır — proqram təminatı sahəsi üçün böyük bir utanc və nöqsan kimi tarixə düşmüşdür.

İnformasiya təhlükəsizliyi ilə bağlı məsələlərin təhlili zamanı bu təhlükəsizlik aspektinin spesifik xüsusiyyətləri nəzərə alınmalıdır. Bu xüsusiyyət ondan ibarətdir ki, informasiya təhlükəsizliyi informasiya texnologiyalarının tərkib hissəsidir və informasiya texnologiyaları misilsiz dərəcədə sürətlə inkişaf edən bir sahədir. Bu kontekstdə müasir səviyyədə olan ayrı-ayrı həllər (qanunlar, tədris kursları, proqram-texniki məhsullar) deyil, texniki tərəqqinin sürətinə uyğun şəkildə yeni həllər yaratmağa imkan verən mexanizmlər xüsusi əhəmiyyət daşıyır (Anderson, 2020).

Mühafizə olunan şəbəkələrin qurulması metodologiyası. Təhlükəsizlik siyasəti təşkilatın informasiya resurslarının qorunması üzrə əsas prinsiplərini, qaydalarını və mexanizmlərini müəyyən edən konseptual sənəddir. Təhlükəsizlik siyasətləri texniki və inzibati siyasətlərə bölünür. Texniki siyasətlər proqram-aparat mühafizə vasitələrinə, inzibati siyasətlər isə təşkilati və idarəetmə tədbirlərinə əsaslanır.

İdarəetmə infrastruktural xidmətlərdən biri hesab edilə bilər ki, bu da komponentlərin və təhlükəsizlik vasitələrinin normal işləməsini təmin edir. Müasir sistemlərin mürəkkəbliyi o qədər yüksəkdir ki, düzgün təşkil olunmamış idarəetmə olmadan onlar tədricən həm effektivlik, həm də mühafizə baxımından deqradə olurlar. İdarəetməyə başqa yanaşma da mümkündür – onu informasiya xidmətlərinin və təhlükəsizlik xidmətlərinin inteqrasiyaedici qılıfı kimi qəbul etmək olar, hansı ki, onların normal fəaliyyətini İS administratorunun nəzarəti altında təmin edir.

X.700 standartına əsasən, idarəetmə aşağıdakı bölmələrə ayrılır: − komponentlərin monitorinqi; − uzlaşdırılmış nəzarət (yəni idarəedici təsirlərin verilməsi və həyata keçirilməsi); − sistem komponentlərinin işinin koordinasiyası.

İS-in administrasiyası – təyin olunmuş şəxslərin (İS administratorunun) İS-in funksional məqsədini yerinə yetirməsinə imkan verən vəziyyətinin saxlanmasını təmin edən fəaliyyətidir.

2. İdarəetmə sistemləri aşağıdakı imkanları təmin etməlidir: − administratorlara informasiya xidmətlərinin istifadəsini planlaşdırmaq, təşkil etmək, nəzarət etmək və uçotunu aparmaq imkanı vermək; − dəyişən tələblərə cavab verə bilmək; − informasiya xidmətlərinin proqnozlaşdırıla bilən davranışını təmin etmək; − Başqa sözlə, idarəetmə kifayət qədər geniş funksionallığa malik olmalı, effektiv, çevik və informasiya baxımından təhlükəsiz olmalıdır (Neumann və b., 1977).

3. İnteraktiv menecerlər və agentlərin iyerarxiyası bir neçə səviyyəyə malik ola bilər. Bu zaman orta səviyyəli elementlər ikiqat rol oynayır: yuxarı səviyyəli elementlərə qarşı agent, aşağı səviyyəli elementlərə qarşı isə menecer rolunu daşıyırlar. Menecer/agent çoxsəviyyəli memarlığı böyük sistemlərin paylanmış və miqyaslana bilən idarə olunmasının açarıdır (Musayev və b., 2015; Musayev və Qəmbərov, 2015; ISO/IEC, 2013).

İnformasiya sisteminin effektiv fəaliyyəti üçün təhlükəsizlik siyasətinin idarə olunması, konfiqurasiya nəzarəti, nasazlıqların idarə edilməsi və performansın monitorinqi vacib şərtlərdir.

Protokollaşdırma və audit. Protokollaşdırma informasiya sistemində baş verən hadisələr haqqında məlumatların toplanması və saxlanılması prosesidir. Audit isə bu məlumatların təhlili əsasında təhlükəsizlik insidentlərinin aşkar edilməsinə yönəlmişdir. Protokollaşdırma və audit aşağıdakı məqsədlərə xidmət edir: istifadəçilərin və administratorların məsuliyyətinin təmin edilməsi;

hadisələrin ardıcıllığının bərpası; təhlükəsizlik pozuntularının aşkarlanması; risklərin təhlili üçün məlumat bazasının yaradılması.

Aktiv audit mexanizmləri real vaxt rejimində şübhəli fəaliyyətə avtomatik reaksiya verməyə imkan yaradır (Stallings, 2017; Pfleeger və Pfleeger, 2012). Hadisələrin ardıcıllığının bərpası servislərin mühafizəsində mövcud olan zəif cəhətlərin aşkar edilməsinə, müdaxiləni həyata keçirən şəxsin müəyyənləşdirilməsinə, vurulmuş ziyanın miqyasının qiymətləndirilməsinə və sistemin normal iş rejiminə qaytarılmasına imkan yaradır. Problemlərin aşkarlanması və təhlili isə informasiya təhlükəsizliyinin mühüm parametrlərindən biri olan əlçatanlığın yaxşılaşdırılmasına kömək edə bilər. Darboğazlar müəyyən edildikdən sonra sistemin yenidən konfiqurasiya edilməsi və ya yenidən sazlanması, ardınca isə məhsuldarlığın təkrar ölçülməsi və digər optimallaşdırma tədbirlərinin görülməsi mümkün olur.

Təhlükəsizlik siyasətinə uyğun olmayan aktivliyin məqsədəuyğun şəkildə iki kateqoriyaya bölünməsi tövsiyə olunur:

— qanunsuz şəkildə səlahiyyətlərin əldə edilməsinə yönəlmiş hücumlar;

— mövcud səlahiyyətlər çərçivəsində icra olunsa da, təhlükəsizlik siyasətini pozan fəaliyyətlər.

Hücumlar hər hansı məzmunlu (məntiqli) təhlükəsizlik siyasətini pozur. Hücumların təsviri və aşkar edilməsi üçün təhlükəsizlik siyasətindən asılı olmayan, invariant universal metodlardan istifadə oluna bilər. Bu metodlara hücum siqnaturaları və onların ekspert sistemləri aparatından istifadə etməklə hadisələrin giriş axınında aşkarlanması daxildir.

Aktiv audit vasitələrinə münasibətdə birinci və ikinci növ səhvlər fərqləndirilir: müvafiq olaraq, hücumların buraxılması və yanlış həyəcan siqnalları. Birinci növ səhvlərin arzuolunmazlığı açıq-aydındır; ikinci növ səhvlər isə az təhlükəli deyildir, çünki təhlükəsizlik administratorunun diqqətini həqiqətən vacib məsələlərdən yayındırır və dolayı yolla hücumların gözdən qaçırılmasına şərait yaradır.

Aktiv audit vasitələri informasiya sisteminin (İS) bütün müdafiə xətlərində yerləşdirilə bilər. Nəzarət olunan zonanın sərhədində xarici şəbəkələrə qoşulma nöqtələrində şübhəli aktivliyin aşkar edilməsi mümkündür. Korporativ şəbəkə daxilində aktiv audit həm xarici, həm də daxili istifadəçilərin şübhəli fəaliyyətini aşkar edib qarşısını almağa, həmçinin, təhlükəsizlik pozuntuları və aparat–proqram səhvləri nəticəsində yaranan servis problemlərini müəyyən etməyə qadirdir. Aktiv audit, eyni zamanda, əlçatanlığa yönəlmiş hücumlardan qorunmanı təmin edə bilər (Perrin, 2008).

Hazırkı dövrdə istifadəçinin həqiqiliyinin (identifikasiyasının) müəyyən edilməsi üçün ən geniş yayılmış üsullar parol əsaslı metodlardır. Bu metodlar istifadəçidən simvollar ardıcıllığının (parolun) daxil edilməsini tələb edir və həmin parol sistem yaddaşında saxlanılan etalon parol ilə müqayisə olunur. Daxil edilən parol etalon parolla üst-üstə düşdüyü halda istifadəçiyə sistemdə işləməyə icazə verilir. Parol əsaslı metodların nəzərdən keçirilməsi zamanı aşağıdakı işarələrdən istifadə olunur: S – sistemin mesajı; P – istifadəçi tərəfindən daxil edilən mesaj; OK – sistem tərəfindən həqiqiliyin düzgün müəyyən edildiyini bildirən mesaj. Sadə parol metodu istifadəçi tərəfindən klaviatura vasitəsilə bir parolun daxil edilməsinə əsaslanır. Misal 1. (Parol "PAROL" sözündən ibarətdir): S: Parolu daxil edin; P: PAROL; S: OK.

Simvolların seçmə üsulu sistem tərəfindən parolun müəyyən simvollarının təsadüfi qaydada seçilərək istifadəçidən daxil edilməsini nəzərdə tutur. Misal 2. (Parol "PAROL" sözündən ibarətdir): S: Parolu daxil edin: 2, 5; P: A L; S: OK.

Simvolların seçmə üsulu pozucuya istifadəçi tərəfindən daxil edilən simvollara birdəfəlik müşahidə əsasında parolun tam qiymətini müəyyən etməyə imkan vermir və bununla da təhlükəsizlik səviyyəsini artırır.

Birdəfəlik parollar və onların tətbiqi mexanizmləri. Yuxarıda nəzərdən keçirilmiş parolları çoxistifadəli (təkrar istifadə olunan) parollar adlandırmaq olar; bu tip parolların açıqlanması pozucuya qanuni istifadəçi adından fəaliyyət göstərməyə imkan verir. Passiv şəkildə şəbəkənin dinlənilməsinə qarşı daha davamlı və təhlükəsizlik baxımından xeyli güclü vasitə isə birdəfəlik parollardır.

Proqramların idxalına nəzarət. Kompyuterlərdə məlumatlar nadir hallarda statik olur. Yeni elektron məktublar qəbul edilir. Yeni proqramlar disketlərdən, CD-ROM-lardan və ya şəbəkə serverlərindən yüklənir. İnteraktiv veb-proqramlar icra olunan faylları kompyuterdə işlədilir. Hər bir

dəyişiklik virus infeksiyası, kompyuterin konfiqurasiyasının pozulması və ya proqramların lisenziya hüquqlarının pozulması riskini daşıyır. Təşkilatlar bu risklərə qarşı müxtəlif mexanizmlərlə müdafiəni təmin etməlidirlər.

Proqramların idxalına nəzarət aşağıdakı vəzifələri həll etməyə imkan verir: Viruslar və "truva atları"na qarşı qorunma, onların aşkarlanması və silinməsi; İnteraktiv proqramlara (Java, ActiveX) nəzarət; Proqram lisenziyalarının qorunmasına nəzarət. Nəzarət – prosesi kim başladır və proqramın idxal edildiyi necə müəyyən edilə bilər; Təhlükə növü – icra olunan proqram, makro, applet, lisenziya müqaviləsinin pozulması; Qarşı tədbirlər – viruslara yoxlama, servisin dayandırılması, giriş hüquqlarının dəyişdirilməsi, auditi aparmaq, silmək.

Proqramların kompyuterə idxalı və onların işlədilməsi zamanı bu proqramların əlavə funksionallığa malik olması və ya onların real funksiyalarının bəyan edilənlərlə fərqlənməsi riski mövcuddur. İdxal birbaşa istifadəçinin fəaliyyəti formasında və ya digər fəaliyyətlərin yan təsiri nəticəsində baş verə bilər və görünməyə bilər.

Proqramların idxalına nəzarət. Kompyuterlərdə məlumatlar nadir hallarda statik olur. Yeni elektron məktublar qəbul edilir. Yeni proqramlar disketlərdən, CD-ROM-lardan və ya şəbəkə serverlərindən yüklənir. İnteraktiv veb-proqramlar icra olunan faylları kompyuterdə işlədilir. Hər bir dəyişiklik virus infeksiyası, kompyuterin konfiqurasiyasının pozulması və ya proqramların lisenziya hüquqlarının pozulması riskini daşıyır. Təşkilatlar bu risklərə qarşı müxtəlif mexanizmlərlə müdafiəni təmin etməlidirlər.

Proqramların idxalına nəzarət aşağıdakı vəzifələri həll etməyə imkan verir: Viruslar və "truva atları"na qarşı qorunma, onların aşkarlanması və silinməsi; İnteraktiv proqramlara (Java, ActiveX) nəzarət; Proqram lisenziyalarının qorunmasına nəzarət.

Hər bir vəzifə aşağıdakı meyarlara görə təsnif edilə bilər: Nəzarət – prosesi kim başladır və proqramın idxal edildiyi necə müəyyən edilə bilər; Təhlükə növü – icra olunan proqram, makro, applet, lisenziya müqaviləsinin pozulması; Qarşı tədbirlər – viruslara yoxlama, servisin dayandırılması, giriş hüquqlarının dəyişdirilməsi, auditi aparmaq, silmək.

Proqramların kompyuterə idxalı və onların işlədilməsi zamanı bu proqramların əlavə funksionallığa malik olması və ya onların real funksiyalarının bəyan edilənlərlə fərqlənməsi riski mövcuddur. İdxal birbaşa istifadəçinin fəaliyyəti formasında və ya digər fəaliyyətlərin yan təsiri nəticəsində baş verə

Kriptoqrafik mühafizə və inkişaf meyilləri. Kriptoqrafiyanın rolu. İnformasiya təhlükəsizliyi (İT) sahəsində həyata keçirilən tədbirlərin əsas məqsədi informasiya münasibətləri subyektlərinin maraqlarının qorunmasıdır. Bu maraqlar müxtəlif xarakter daşısa da, onların hamısı üç əsas aspekt ətrafında cəmləşir: əlçatanlıq; tamlıq (bütövlük); konfidensiallıq.

Təşkilatın informasiya təhlükəsizliyi sisteminin qurulmasında ilk mərhələ bu aspektlərin əhəmiyyətinə görə sıralanması və ətraflı şəkildə dəqiqləşdirilməsidir.

İnformasiya təhlükəsizliyi problemlərinin aktuallığı əsasən iki fundamental səbəblə izah olunur: toplanmış informasiya resurslarının yüksək dəyəri; informasiya texnologiyalarından kritik asılılıq səviyyəsi.

4. Korporativ informasiya sistemlərinin qurulma prinsipləri də dəyişməkdədir. Geniş miqyasda xarici informasiya servislərindən istifadə olunur, eyni zamanda, təşkilatın öz informasiya resursları da kənara təqdim edilir. Geniş yayılmış autsorsinq təcrübəsi çərçivəsində korporativ informasiya sisteminin bir sıra funksiyaları xarici təşkilatlara həvalə olunur. Bununla yanaşı, aktiv agentlərə əsaslanan proqramlaşdırma texnologiyaları da intensiv şəkildə inkişaf etdirilir (Misa, 2016).

İnformasiya təhlükəsizliyi sahəsində uğur yalnız dörd səviyyənin tədbirlərini birləşdirən kompleks yanaşma nəticəsində mümkündür: qanunvericilik; inzibati; prosedur; proqram-texniki.

Mürəkkəbliyə qarşı mübarizənin əsas aləti kimi obyekt-yönlü yanaşma təklif olunur. İnkapsulyasiya, irsilik, polimorfizm, obyektlərin aspektlərinin (qranlarının) ayrılması, detallaşdırma səviyyəsinin dəyişdirilməsi kimi anlayışlar universal xarakter daşıyır və informasiya təhlükəsizliyi üzrə mütəxəssislər üçün zəruri biliklər hesab olunur.

Kriptoqrafiya informasiyanın konfidensiallığını və bütövlüyünü təmin edən əsas metodlardan biridir. Şifrələmə alqoritmləri məlumatın icazəsiz oxunmasının və dəyişdirilməsinin qarşısını alır.

Müasir informasiya sistemlərində kriptoqrafik mühafizə virtual özəl şəbəkələrdə, elektron ticarətdə və elektron hökumət sistemlərində geniş tətbiq olunur.

Kriptoanaliz şifrələmə alqoritmlərinin zəif tərəflərini aşkar etməyə yönəlmiş elmi istiqamətdir. Kriptoanalizin inkişafı kriptoqrafik mexanizmlərin təkmilləşdirilməsinə və daha dayanıqlı təhlükəsizlik həllərinin yaradılmasına stimul verir.

Nəticə

Aparılan təhlil göstərir ki, informasiya sistemlərində təhlükəsizliyin təmin edilməsi kompleks və dinamik xarakter daşıyan bir prosesdir. Effektiv mühafizə yalnız texniki vasitələrin deyil, həm də təşkilati və inzibati tədbirlərin inteqrasiyasını tələb edir. Təhlükəsizlik siyasətinin düzgün formalaşdırılması, risklərin qiymətləndirilməsi və kriptoqrafik mühafizə mexanizmlərinin tətbiqi informasiya sistemlərinin dayanıqlığını və etibarlılığını əhəmiyyətli dərəcədə artırır.

Ədəbiyyat

1. Anderson, R. (2020). *Security engineering* (3rd ed.). Wiley.
2. Əliquliyev, R.M. və İmamverdiyev, Y.N. (2003). *Rəqəm imzası texnologiyası*. Elm.
3. Əliquliyev, R.M. və İmamverdiyev, Y.N. (2012). *İnformasiya təhlükəsizliyi insidentləri*. Elm.
4. ISO/IEC. (2013). *ISO/IEC 27001: Information security management systems – Requirements*. International Organization for Standardization.
5. Misa, T.J. (2016). Computer Security Discourse at RAND, SDC, and NSA (1958–1970). *IEEE Annals of the History of Computing*, *38*(4), 12–25. https://doi.org/10.1109/MAHC.2016.48.
6. Musayev, V.H., Qənbərov, M.M., Qənbərova, Q.T. və Əliyeva, Ş.X. (2015). *İnformasiya təhlükəsizliyi və kompüter şəbəkələri*. Elm və Təhsil.
7. Musayev, V.H. və Qənbərov, M.M. (2015). *Kompüter sistemlərində təhlükəsiz aparat proqram vasitələri*. Elm.
8. Neumann, A.J., Statland, N & Webb, R. D. (1977). *Post-processing audit tools and techniques*. National Bureau of Standards. https://www.nist.gov/.
9. Perrin, C. (2008, June 30). *CIA triad*. TechRepublic. https://www.techrepublic.com/.
10. Pfleeger, C.P. & Pfleeger, S.L. (2012). *Security in computing* (5th ed.). Prentice Hall.
11. Simonovich, S.V. (2013). *Informatics: Basic course*. Piter.
12. Stallings, W. (2017). *Cryptography and network security: Principles and practice* (7th ed.). Pearson Education.

Daxil oldu: 25.11.2025
Qəbul edildi: 01.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/207-210

Fərid Həmidov
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0008-9051-1010
faridhamidovv@gmail.com

İdarə olunan rotor sistemi (İRS) texnologiyası ilə mürəkkəb traektoriyalarda qazma performansının artırılması

Xülasə

Müasir neft və qaz sənayesində mürəkkəb geoloji strukturlardan resursların səmərəli çıxarılması tələbləri getdikcə artır. Bu baxımdan, idarə olunan rotor sistemi (İRS) texnologiyası qazma əməliyyatlarının optimallaşdırılmasında mühüm rol oynayır. İRS texnologiyası qazma prosesində rotorun istiqamətini və bucağını dəqiq nəzarət altında saxlamağa imkan verir, bu isə mürəkkəb traektoriyalı quyuların daha sürətli və effektiv qazılmasına şərait yaradır.

İRS texnologiyasının tətbiqi bir sıra üstünlükləri ilə seçilir. Əvvəla, qazma performansını artırmaqla yanaşı, quyu trayektoriyasının dəqiqliyini təmin edir. Bu, xüsusilə horizontal və ya çox budaqlı quyular üçün əhəmiyyətlidir. İkincisi, sistemin aktiv idarə olunması qazma zamanı yaranan sürtünmə və yan tərəf qüvvələrini azaldır, bu da alət ömrünü uzadır və texniki xidmət xərclərini azaldır. Üçüncüsü, İRS mürəkkəb geoloji şəraitdə riskləri minimuma endirərək qəza hallarının qarşısını alır və qazma prosesinin təhlükəsizliyini təmin edir.

Texnologiyanın effektivliyi həm də real vaxt rejimində monitorinq və məlumat analizi ilə artır. İRS vasitəsilə qazma əməliyyatları zamanı alınan məlumatlar rotorun istiqaməti, bucaq dərəcələri, qazma sürəti və digər kritik parametrlər əsasında optimallaşdırılır. Bu yanaşma qazma strategiyasının dinamik tənzimlənməsinə imkan verir və əməliyyat xərclərinin azaldılmasına kömək edir.

Açar sözlər: *idarə olunan rotor sistemi, mürəkkəb traektoriyalar, qazma performansı, geoloji strukturlar, real vaxt monitorinqi, təhlükəsiz qazma*

Farid Hamidov
Azerbaijan State Oil and Industry University
Master's student
https://orcid.org/0009-0008-9051-1010
faridhamidovv@gmail.com

Increasing Drilling Performance in Complex Trajectories Using Rotary Steerable System (RSS) Technology

Abstract

In the modern oil and gas industry, the demand for efficient extraction of resources from complex geological structures is steadily increasing. In this context, Rotary Steerable System (RSS) technology plays a significant role in optimizing drilling operations. RSS technology enables precise control of the rotor's direction and angle during the drilling process, allowing wells with complex trajectories to be drilled more quickly and efficiently.

The application of RSS technology is characterized by several advantages. First, it increases drilling performance while ensuring the accuracy of the well trajectory. This is particularly important for horizontal and multilateral wells. Second, the active control of the system reduces friction and lateral forces generated during drilling, which extends the lifespan of drilling tools and reduces maintenance costs. Third, RSS minimizes risks in complex geological conditions, helping to prevent accidents and ensuring safer drilling operations.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

The effectiveness of this technology is also enhanced through real-time monitoring and data analysis. The data obtained during drilling operations through RSS are optimized based on critical parameters such as rotor direction, angle degrees, drilling speed, and other operational indicators. This approach allows dynamic adjustment of drilling strategies and contributes to reducing operational costs.

Keywords: *rotary steerable system, complex trajectories, drilling performance, geological structures, real-time monitoring, safe drilling*

Giriş

Müasir dövrdə neft və qaz sənayesi dünya iqtisadiyyatının əsas sahələrindən biri hesab olunur və enerji resurslarına olan tələbatın artması bu sahədə yeni texnologiyaların tətbiqini zəruri edir. Xüsusilə mürəkkəb geoloji quruluşa malik yataqlarda karbohidrogen ehtiyatlarının səmərəli şəkildə istismarı üçün müasir qazma texnologiyalarının tətbiqi böyük əhəmiyyət daşıyır. Ənənəvi qazma üsulları bir çox hallarda mürəkkəb traektoriyalı quyuların qazılması zamanı kifayət qədər effektiv olmur və bu səbəbdən yeni texnoloji həllərin tətbiqinə ehtiyac yaranır.

Son illərdə qazma texnologiyalarında baş verən mühüm yeniliklərdən biri idarə olunan rotor sistemi (İRS) texnologiyasının tətbiqidir. Bu texnologiya qazma prosesi zamanı quyu trayektoriyasının daha dəqiq idarə olunmasına imkan yaradır və mürəkkəb istiqamətli, horizontal və çoxşaxəli quyuların qazılmasını daha səmərəli edir. İRS sistemləri qazma alətlərinin istiqamətini fasiləsiz olaraq tənzimləməyə imkan verərək quyu trayektoriyasının planlaşdırılmış istiqamətdə saxlanmasını təmin edir (Abbasov və Məmmədov, 2020).

İdarə olunan rotor sistemi texnologiyası həm qazma sürətinin artırılmasına, həm də əməliyyatların təhlükəsizliyinin yüksəldilməsinə mühüm təsir göstərir. Bu sistemlərin tətbiqi qazma zamanı yaranan texniki çətinliklərin azaldılmasına, avadanlıqların aşınmasının minimuma endirilməsinə və qazma prosesinin daha stabil şəkildə həyata keçirilməsinə şərait yaradır. Bundan əlavə, real vaxt rejimində əldə olunan məlumatların təhlili qazma prosesinin optimallaşdırılmasına və mümkün risklərin vaxtında müəyyən edilməsinə imkan verir (Lyons və Plisga, 2011).

Bu tədqiqat işində idarə olunan rotor sistemi (İRS) texnologiyasının mürəkkəb traektoriyalarda qazma prosesinə təsiri, onun qazma performansının artırılmasında rolu və tətbiqinin üstünlükləri geniş şəkildə təhlil edilir. Eyni zamanda, bu texnologiyanın neft və qaz sənayesində tətbiq perspektivləri və əməliyyat səmərəliliyinə verdiyi töhfələr araşdırılır.

İdarə olunan rotor sistemi (İRS) texnologiyasının tətbiqi müasir qazma əməliyyatlarında texnoloji inkişafın mühüm istiqamətlərindən biri hesab olunur. Neft və qaz yataqlarının böyük hissəsi mürəkkəb geoloji quruluşlara malik olduğundan bu yataqların effektiv şəkildə istismarı üçün dəqiq idarə olunan və yüksək texnoloji imkanlara malik qazma sistemlərinə ehtiyac yaranır. Məhz bu baxımdan İRS texnologiyası qazma prosesinin optimallaşdırılmasında və mürəkkəb traektoriyaların dəqiq şəkildə formalaşdırılmasında mühüm rol oynayır.

Ənənəvi istiqamətli qazma üsullarında quyu trayektoriyasının dəyişdirilməsi üçün qazma prosesi müəyyən müddət dayandırılır və qazma alətinin istiqaməti mexaniki üsullarla tənzimlənir. Bu isə həm vaxt itkisinə, həm də əməliyyat xərclərinin artmasına səbəb olur. İdarə olunan rotor sistemi isə qazma prosesini dayandırmadan, fasiləsiz şəkildə quyu istiqamətinin dəyişdirilməsinə imkan verir. Bu xüsusiyyət qazma əməliyyatlarının daha sürətli və səmərəli aparılmasını təmin edir və layihə müddətinin qısalmasına şərait yaradır.

İRS texnologiyasının əsas üstünlüklərindən biri quyu trayektoriyasının yüksək dəqiqliklə idarə olunmasıdır. Bu sistem qazma alətinin istiqamətini avtomatik olaraq tənzimləyərək planlaşdırılmış trayektoriyadan kənara çıxma ehtimalını minimuma endirir. Beləliklə, mürəkkəb strukturlu geoloji qatlarda belə qazma əməliyyatlarının dəqiqliyi qorunub saxlanılır. Bu isə xüsusilə horizontal və çoxbudaqlı quyuların qazılması zamanı mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Bundan əlavə, idarə olunan rotor sistemi qazma prosesində mexaniki yüklənmələrin və sürtünmə qüvvələrinin azalmasına da müsbət təsir göstərir. Qazma alətlərinin daha stabil işləməsi nəticəsində avadanlıqların aşınması azalır və onların istismar müddəti uzanır. Bu isə qazma əməliyyatlarının iqtisadi səmərəliliyinin artırılmasına və texniki xidmət xərclərinin azaldılmasına kömək edir. Eyni za-

manda, qazma prosesində baş verə biləcək qəza və texniki nasazlıqların qarşısının alınması baxımından da İRS texnologiyasının tətbiqi mühüm rol oynayır (Schlumberger, 2018; Halliburton, 2019). Müasir qazma texnologiyalarında məlumatların operativ şəkildə əldə olunması və təhlili də böyük əhəmiyyət daşıyır. İRS sistemləri müxtəlif sensor və ölçü cihazları vasitəsilə qazma prosesi haqqında real vaxt rejimində məlumatların toplanmasına imkan verir. Bu məlumatlar qazma parametrlərinin təhlili üçün istifadə olunur və prosesin optimal rejimdə aparılmasına şərait yaradır. Nəticədə qazma əməliyyatlarının idarə olunması daha dəqiq və səmərəli şəkildə həyata keçirilir.

Beləliklə, idarə olunan rotor sistemi texnologiyası mürəkkəb geoloji şəraitdə qazma prosesinin daha effektiv və təhlükəsiz aparılmasına imkan verən mühüm texnoloji yeniliklərdən biridir. Bu sistemin tətbiqi qazma performansının yüksəldilməsinə, əməliyyat xərclərinin azaldılmasına və neft-qaz yataqlarının daha səmərəli şəkildə istismarına şərait yaradır. Müasir neft və qaz sənayesində bu texnologiyanın geniş tətbiqi gələcəkdə qazma əməliyyatlarının daha da təkmilləşdirilməsinə və yeni yataqların istismar imkanlarının genişlənməsinə mühüm töhfə verəcəkdir.

Tədqiqat

Bu tədqiqat işində idarə olunan rotor sistemi (İRS) texnologiyasının mürəkkəb traektoriyalarda qazma performansına təsirini araşdırmaq məqsədilə müxtəlif elmi və praktiki tədqiqat metodlarından istifadə edilmişdir. Tədqiqatın aparılması zamanı həm nəzəri, həm də tətbiqi yanaşmalar əsas götürülmüşdür.

İlk növbədə mövzu ilə bağlı mövcud elmi ədəbiyyatların təhlili aparılmışdır. Bu mərhələdə neft və qaz sənayesində istifadə olunan müasir qazma texnologiyaları, xüsusilə idarə olunan rotor sistemi haqqında yerli və xarici mənbələr öyrənilmiş, müxtəlif alimlərin və mütəxəssislərin bu sahədə apardıqları tədqiqatlar müqayisəli şəkildə analiz edilmişdir. Ədəbiyyatların təhlili mövcud texnologiyaların üstünlüklərini, çatışmazlıqlarını və inkişaf istiqamətlərini müəyyən etməyə imkan vermişdir (Azad, 2018; Abbasov və Məmmədov, 2020; Əliyev, 2019).

Tədqiqat prosesində müqayisəli analiz metodundan da istifadə edilmişdir. Bu metod vasitəsilə ənənəvi istiqamətli qazma üsulları ilə idarə olunan rotor sistemi texnologiyasının tətbiqi nəticəsində əldə olunan göstəricilər müqayisə olunmuşdur. Müqayisə zamanı qazma sürəti, quyu trayektoriyasının dəqiqliyi, avadanlıqların istismar müddəti və əməliyyat xərcləri kimi əsas parametrlər nəzərə alınmışdır (Mitchell və Miska, 2011; Azar və Samuel, 2007).

Bundan əlavə, qazma prosesində əldə olunan texniki göstəricilərin təhlili üçün statistik analiz metodlarından istifadə olunmuşdur. Müxtəlif qazma əməliyyatları zamanı qeydə alınan məlumatlar sistemləşdirilmiş və onların əsasında qazma performansının dəyişmə meyilləri müəyyən edilmişdir. Bu metod İRS texnologiyasının tətbiqinin səmərəliliyini daha obyektiv şəkildə qiymətləndirməyə imkan yaratmışdır (Rabia, 2002; Bourgoyne və b., 1991; Short, 1993).

Tədqiqatın gedişində müşahidə və sistemləşdirmə metodlarından da istifadə olunmuşdur. Qazma əməliyyatlarının müxtəlif mərhələlərində baş verən proseslər təhlil edilmiş, əldə olunan nəticələr ümumiləşdirilərək sistemli şəkildə təqdim olunmuşdur. Bu yanaşma idarə olunan rotor sistemi texnologiyasının mürəkkəb traektoriyalarda qazma prosesinə təsirini daha aydın şəkildə müəyyən etməyə imkan vermişdir (Society of Petroleum Engineers, 2020; Economides, 2013).

Nəticə

Tədqiqat metodlarının tətbiqi nəticəsində əldə olunan məlumatların daha dəqiq qiymətləndirilməsi üçün müxtəlif analitik yanaşmalardan da istifadə olunmuşdur. Qazma prosesində baş verən texnoloji dəyişikliklər və onların qazma performansına təsiri mərhələli şəkildə araşdırılmışdır. Bu məqsədlə qazma əməliyyatları zamanı istifadə olunan texniki göstəricilər, o cümlədən qazma sürəti, quyu istiqamətinin dəyişmə bucağı, alətlərin yüklənmə səviyyəsi və qazma prosesinin ümumi səmərəliliyi nəzərə alınmışdır. Bu göstəricilərin təhlili İRS texnologiyasının tətbiqinin praktik nəticələrini daha aydın şəkildə müəyyən etməyə imkan vermişdir.

Araşdırma zamanı modelləşdirmə və proqnozlaşdırma yanaşmalarından da istifadə edilmişdir. Qazma prosesində müxtəlif geoloji şəraitlər nəzərə alınaraq idarə olunan rotor sistemi texnologiyasının tətbiqinin mümkün nəticələri təhlil edilmişdir. Bu yanaşma mürəkkəb traektoriyalı

quyuların qazılması zamanı yarana biləcək texniki çətinliklərin əvvəlcədən müəyyən edilməsinə və onların aradan qaldırılması üçün optimal həll yollarının seçilməsinə kömək etmişdir.

Tədqiqatın aparılması zamanı məlumatların sistemli şəkildə toplanması və emalı xüsusi əhəmiyyət kəsb etmişdir. Müxtəlif mənbələrdən əldə olunan məlumatlar ümumiləşdirilmiş, onların elmi əsaslarla təhlili aparılmış və nəticələr müvafiq şəkildə təqdim edilmişdir. Bu proses mövzunun daha geniş və hərtərəfli araşdırılmasına imkan yaratmışdır.

Eyni zamanda, tədqiqatın nəticələrinin obyektivliyini təmin etmək üçün müxtəlif mənbələrdən əldə olunan məlumatların qarşılıqlı müqayisəsi həyata keçirilmişdir. Müxtəlif qazma layihələrində tətbiq olunan texnologiyaların nəticələri analiz edilmiş və onların qazma performansına təsiri qiymətləndirilmişdir. Bu müqayisəli yanaşma idarə olunan rotor sistemi texnologiyasının üstünlüklərini və tətbiq imkanlarını daha aydın şəkildə ortaya qoymuşdur.

Beləliklə, aparılan tədqiqat metodlarının kompleks şəkildə tətbiqi idarə olunan rotor sistemi texnologiyasının mürəkkəb traektoriyalarda qazma prosesinə təsirinin daha dərindən öyrənilməsinə imkan vermişdir. Əldə olunan nəticələr göstərir ki, bu texnologiyanın tətbiqi qazma əməliyyatlarının səmərəliliyinin artırılması, texniki risklərin azaldılması və neft-qaz yataqlarının daha effektiv şəkildə istismar edilməsi baxımından mühüm əhəmiyyətə malikdir.

Ədəbiyyat

1. Aadnoy, B.S. & Looyeh, R. (2011). *Petroleum Rock Mechanics: Drilling Operations and Well Design*. Gulf Professional Publishing.
2. Azad, M. (2018). *Neft və qaz quyularının qazılması texnologiyası*. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti nəşriyyatı.
3. Abbasov, A. & Məmmədov, T. (2020). Müasir qazma texnologiyalarının tətbiqi və inkişaf perspektivləri. *Neft sənayesinin problemləri, 2*, 45–52.
4. Azar, J.J. & Samuel, G.R. (2007). *Drilling Engineering*. PennWell Corporation.
5. Bourgoyne, A.T., Millheim, K.K., Chenevert, M.E. & Young, F.S. (1991). *Applied Drilling Engineering*. Richardson, TX: Society of Petroleum Engineers.
6. Economides, M.J., Hill, A.D. & Ehlig-Economides, C. (2013). *Petroleum Production Systems*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
7. Əliyev, R. (2019). *Qazma işlərinin texnologiyası və təşkili*. Elm.
8. Halliburton. (2019). *Directional Drilling and Rotary Steerable System Technology*. Halliburton Energy Services.
9. Lyons, W.C. & Plisga, G.J. (2011). *Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering*. Gulf Professional Publishing.
10. Mitchell, R.F. & Miska, S.Z. (2011). *Fundamentals of Drilling Engineering*. Richardson, TX: Society of Petroleum Engineers.
11. Rabia, H. (2002). *Well Engineering and Construction*. Entrac Consulting Limited.
12. Short, J.A. (1993). *Directional Drilling*. PennWell Publishing Company.
13. Schlumberger. (2018). *Rotary Steerable Systems and Directional Drilling Technologies*. Schlumberger Technical Publications.
14. Society of Petroleum Engineers. (2020). Advances in rotary steerable drilling technology. *SPE Drilling & Completion Journal, 35*(2), 125–138.

Daxil oldu: 21.11.2025
Qəbul edildi: 08.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/211-215

Orxan Cəbrayılzadə
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0000-3498-2071
cabrayilzadaorkhan@gmail.com

İnformasiyanın qorunmasında kriptoqrafik üsulların effektivliyinin müqayisəli təhlili və adaptiv tətbiq modeli

Xülasə

Rəqəmsal texnologiyaların sürətli inkişafı və kibertəhdidlərin artması müasir informasiya sistemlərində məlumat təhlükəsizliyinin təmin edilməsini mühüm məsələlərdən birinə çevirmişdir. İnformasiya sistemlərində məlumatın məxfiliyinin, bütövlüyünün və autentikliyinin qorunması üçün kriptoqrafik mexanizmlər geniş şəkildə tətbiq olunur. Müxtəlif kriptoqrafik alqoritmlər fərqli təhlükəsizlik səviyyəsi və performans göstəricilərinə malik olduğuna görə onların seçilməsi zamanı yalnız nəzəri təhlükəsizlik xüsusiyyətləri deyil, həm də praktik tətbiq effektivliyi nəzərə alınmalıdır. Bu məqalədə geniş istifadə olunan simmetrik və asimmetrik kriptoqrafik alqoritmlər — AES-256, RSA-2048 və ECC-256 — təhlükəsizlik səviyyəsi, icra müddəti və resurs sərfiyyatı kimi əsas parametrlər baxımından müqayisəli şəkildə təhlil edilmişdir. Aparılan təhlil nəticəsində kriptoqrafik alqoritmlərin təhlükəsizlik və performans göstəricilərinin inteqrasiyalı qiymətləndirilməsi üçün Kriptoqrafik Effektivlik İndeksi (KEI) adlı model təklif edilmişdir. Bundan əlavə, sistemin risk səviyyəsini, hesablama resurslarını və performans tələblərini nəzərə alan adaptiv seçim mexanizmi formalaşdırılmışdır.

Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, bütün informasiya sistemləri üçün vahid universal kriptoqrafik həll mövcud deyil. Kriptoqrafik alqoritmlərin seçilməsi konkret tətbiq mühitinin xüsusiyyətləri, təhlükəsizlik tələbləri və sistem resursları nəzərə alınmaqla həyata keçirilməlidir.

Açar sözlər: *kriptoqrafiya, informasiya təhlükəsizliyi, AES, RSA, ECC, performans analizi, adaptiv model*

Orkhan Jabrayilzadeh
Azerbaijan State Oil and Industry University
Master's student
https://orcid.org/0009-0000-3498-2071
cabrayilzadaorkhan@gmail.com

Comparative Analysis of the Effectiveness of Cryptographic Methods in İnformation Protection and Adaptive Application Model

Abstract

The rapid development of digital technologies and the increasing number of cyber threats have made information security one of the most critical challenges in modern information systems. Cryptographic mechanisms are widely applied to ensure the confidentiality, integrity, and authenticity of data. This study presents a comparative analysis of AES-256, RSA-2048, and ECC-256 algorithms evaluated by security level, execution time, and resource consumption. A formal evaluation model called the Cryptographic Efficiency Index (KEI) is proposed, together with an adaptive selection mechanism that considers system risk level, available computational resources, and performance requirements. Results indicate that no universal cryptographic solution exists for all systems; selection must be guided by the specific application environment and security requirements.

Keywords: *cryptography, information security, AES, RSA, ECC, performance analysis, adaptive model*

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Giriş

Müasir informasiya cəmiyyətində rəqəmsal məlumatların həcmi və informasiya sistemlərinin mürəkkəbliyi sürətlə artmaqdadır. Elektron hökumət sistemləri, bank infrastrukturları, bulud texnologiyaları və müxtəlif şəbəkə əsaslı xidmətlər müasir rəqəmsal mühitin əsas komponentlərini təşkil edir. Bu sistemlərdə saxlanılan məlumatların məxfiliyinin, bütövlüyünün və autentikliyinin qorunması informasiya təhlükəsizliyinin əsas prioritetlərindən biri hesab olunur. Məlumatların icazəsiz əldə olunmasının, dəyişdirilməsinin və ya məhv edilməsinin qarşısını almaq üçün kriptoqrafik mexanizmlər geniş şəkildə tətbiq edilir (Stallings, 2017; National Institute of Standards and Technology, 2013).

Kriptoqrafiya informasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsində istifadə olunan riyazi və alqoritmik metodların məcmusudur və məlumatların təhlükəsiz ötürülməsi və saxlanılması üçün əsas texnoloji vasitələrdən biri hesab olunur. Müasir kriptoqrafik sistemlər əsasən iki əsas yanaşmaya əsaslanır: simmetrik və asimmetrik şifrələmə mexanizmləri. Simmetrik kriptoqrafiya məlumatların sürətli şifrələnməsi üçün istifadə olunur, asimmetrik kriptoqrafiya isə açar mübadiləsi və rəqəmsal imza kimi təhlükəsizlik xidmətlərinin təmin edilməsində mühüm rol oynayır (Katz və Lindell, 2015). Bu məqalənin məqsədi geniş istifadə olunan AES-256, RSA-2048 və ECC-256 kriptoqrafik alqoritmlərinin təhlükəsizlik və performans göstəriciləri baxımından müqayisəli təhlilini aparmaq və onların tətbiqi üçün adaptiv seçim modelini təklif etməkdir. Bu məqsədlə kriptoqrafik alqoritmlərin effektivliyini qiymətləndirmək üçün Kriptoqrafik Effektivlik İndeksi (KEI) adlı model təqdim olunur və müxtəlif sistem mühitləri üçün adaptiv kriptoqrafik seçim mexanizmi əsaslandırılır.

Tədqiqat

1. Kriptoqrafik alqoritmlərin təhlili. Simmetrik kriptoqrafiya eyni açardan həm şifrələmə, həm də deşifrələmə proseslərində istifadə olunması prinsipi əsasında qurulur. Bu yanaşma yüksək hesablama sürəti və nisbətən aşağı resurs sərfiyyatı ilə xarakterizə olunur. Bu səbəbdən simmetrik alqoritmlər böyük həcmli məlumatların şifrələnməsi üçün geniş istifadə olunur. Müasir kriptoqrafik sistemlərdə ən geniş yayılmış simmetrik alqoritmlərdən biri Advanced Encryption Standard (AES) hesab olunur. AES müxtəlif açar ölçüləri ilə istifadə oluna bilər və xüsusilə AES-256 variantı yüksək təhlükəsizlik səviyyəsinə görə geniş tətbiq olunur (Stallings, 2017; Menezes və b., 2018; National Institute of Standards and Technology, 2024).

Asimmetrik kriptoqrafiya isə açıq və gizli açar cütlüyü prinsipinə əsaslanır. Bu mexanizmlər əsasən açar mübadiləsi, rəqəmsal imza və autentifikasiya kimi təhlükəsizlik xidmətlərinin təmin edilməsində istifadə olunur. Asimmetrik kriptoqrafiyanın ən geniş yayılmış alqoritmlərindən biri RSA alqoritmidir. RSA böyük sadə ədədlərin faktorizasiyasının riyazi çətinliyinə əsaslanır və uzun illər ərzində informasiya təhlükəsizliyi sistemlərində əsas mexanizmlərdən biri kimi istifadə olunmuşdur (Rivest və b., 1978; Diffie və Hellman, 1976). Son illərdə isə elliptik əyrilər kriptoqrafiyasına əsaslanan alqoritmlər daha geniş tətbiq olunmağa başlamışdır. Elliptic Curve Cryptography (ECC) daha kiçik açar ölçüsü ilə eyni təhlükəsizlik səviyyəsini təmin etməsi səbəbindən xüsusilə mobil qurğular və resurs məhdud sistemlər üçün daha səmərəli hesab olunur (Hankerson və b., 2004; National Institute of Standards and Technology, 2001).

Bu parametrlər arasında təhlükəsizlik səviyyəsi, açar ölçüsü, icra müddəti, hesablama mürəkkəbliyi, resurs sərfiyyatı və tətbiq mühitinə uyğunluq əsas göstəricilər kimi çıxış edir.

Bu parametrlər əsasında AES-256, RSA-2048 və ECC-256 alqoritmlərinin müqayisəli xüsusiyyətləri Cədvəl 1-də təqdim edilmişdir.

Cədvəl 1.

Kriptoqrafik alqoritmlərin müqayisəli xüsusiyyətləri

№	Alqoritm	Təhlükəsizlik səviyyəsi	İcra sürəti	Resurs tələbi	Tətbiq sahəsi
1	AES-256	Çox yüksək	Yüksək	Orta	Məlumat şifrələnməsi
2	RSA-2048	Yüksək	Aşağı	Yüksək	Açar mübadiləsi, rəqəmsal imza
3	ECC-256	Çox yüksək	Orta	Aşağı	Mobil və IoT sistemləri

Cədvəl 1 göstərir ki, AES yüksək icra sürətinə görə böyük həcmli məlumatların şifrələnməsi üçün daha əlverişlidir. RSA isə açar mübadiləsi və rəqəmsal imza mexanizmlərində geniş istifadə olunsa da, yüksək hesablama mürəkkəbliyi səbəbindən performans baxımından daha ağır hesab olunur. ECC isə daha kiçik açar ölçüsü ilə yüksək təhlükəsizlik səviyyəsi təmin etdiyi üçün mobil və IoT sistemləri kimi resurs məhdud mühitlərdə daha səmərəli seçim hesab olunur (Paar və Pelzl, 2010; Boneh və Shoup, 2020; ISO/IEC, 2022).

Lakin bu müqayisə əsasən keyfiyyət göstəricilərinə əsaslanır və alqoritmlərin ümumi effektivliyini vahid ölçü ilə qiymətləndirməyə imkan vermir. Bu səbəbdən kriptoqrafik mexanizmlərin təhlükəsizlik və performans parametrlərini inteqrasiyalı şəkildə qiymətləndirən formal modelin tətbiqi zəruri hesab olunur.

2. Tədqiqat metodologiyası. Analiz üçün üç alqoritm seçilmişdir: AES-256 (simmetrik şifrələmə alqoritmi), RSA-2048 (asimmetrik açıq açarlı alqoritm) və ECC-256 (elliptik əyrilər kriptoqrafiyası). Qiymətləndirmə prosesi kriptoqrafik alqoritmlərin təhlükəsizlik səviyyəsinin müəyyən edilməsini, icra müddətinin və hesablama mürəkkəbliyinin təhlilini, resurs sərfiyyatının (CPU və yaddaş istifadəsi) qiymətləndirilməsini və parametrlərin normallaşdırılmış şkala üzrə qiymətləndirilməsini əhatə edir.

3. Kriptoqrafik effektivlik indeksi (KEI). Cədvəl 1-də təqdim olunan göstəricilərin inteqrasiyalı şəkildə qiymətləndirilməsi məqsədilə Kriptoqrafik Effektivlik İndeksi (KEI) təklif olunur. Bu indeks kriptoqrafik alqoritmlərin təhlükəsizlik səviyyəsi və performans göstəriciləri arasında mövcud olan balansı formal şəkildə ifadə etməyə imkan verir (Bernstein və Lange, 2017; Diffie və Hellman, 1976). KEI modeli müxtəlif kriptoqrafik mexanizmlərin praktik tətbiq effektivliyini müqayisəli şəkildə qiymətləndirmək üçün istifadə olunur.

Kriptoqrafik effektivlik indeksi aşağıdakı kimi müəyyən edilir:

$$KEI = \frac{S}{T+R} \quad (1)$$

(1) düsturunda:

- S – normallaşdırılmış təhlükəsizlik səviyyəsi;
- T – nisbi icra müddəti;
- R – nisbi resurs sərfiyyatı.

Modelin əsas məntiqi ondan ibarətdir ki, təhlükəsizlik səviyyəsinin artması kriptoqrafik alqoritmin ümumi effektivliyini yüksəldir. Eyni zamanda icra müddətinin və resurs sərfiyyatının artması sistem performansına mənfi təsir göstərdiyinə görə effektivlik göstəricisinin azalmasına səbəb olur. Beləliklə, bu model təhlükəsizlik və performans parametrlərinin qarşılıqlı təsirini vahid analitik göstəricidə ifadə etməyə imkan verir.

Cədvəl 2.
KEI göstəriciləri üzrə müqayisəli nəticələr

№	Alqoritm	S	T	R	KEI
1	AES-256	5	2	3	1.0
2	RSA-2048	4	5	5	0.4
3	ECC-256	5	3	2	1.0

Parametrlər müxtəlif kriptoqrafiya mənbələrində təqdim olunan performans xüsusiyyətlərinə əsasən normallaşdırılmış qiymətlərlə müəyyən edilmişdir.

Cədvəl 2-də təqdim olunan nəticələr göstərir ki, RSA alqoritmi təhlükəsizlik baxımından yetərli səviyyəyə malik olsa da, yüksək icra müddəti və resurs sərfiyyatı səbəbindən onun effektivlik indeksi digər alqoritmlərlə müqayisədə daha aşağıdır. AES və ECC alqoritmləri isə müxtəlif tətbiq mühitlərində daha balanslı təhlükəsizlik və performans göstəriciləri təqdim edir.

4. Adaptiv seçim mexanizmi. Model üç əsas parametrə əsaslanır: RS (sistemin risk səviyyəsi), C (mövcud hesablama resursları) və Tq (real vaxt tələbi).

Bu parametrlərin kombinasiyası əsasında kriptoqrafik alqoritmlərin seçilməsi üçün aşağıdakı qərar prinsipləri müəyyən edilmişdir:

1. Risk səviyyəsi yüksək və sistem resursları məhdud olduqda ECC əsaslı mexanizmlər daha uyğun hesab olunur;
2. Risk səviyyəsi yüksək və sistem resursları geniş olduqda AES və RSA alqoritmlərinin hibrid tətbiqi daha effektiv nəticə verir;
3. Risk səviyyəsi orta və real vaxt tələbi yüksək olduqda AES alqoritmi əsas şifrələmə mexanizmi kimi istifadə oluna bilər.

5. Adaptiv tətbiq çərçivəsi. Təklif olunan adaptiv tətbiq çərçivəsi kriptoqrafik alqoritmlərin seçilməsi prosesini sistemli şəkildə həyata keçirməyə imkan verir və üç əsas mərhələdən ibarətdir:

1. Sistemin təhlükəsizlik və texniki parametrlərinin qiymətləndirilməsi;
2. Seçilmiş alqoritmlər üçün KEI indeksinin hesablanması;
3. Tətbiq mühitinə uyğun optimal kriptoqrafik mexanizmin seçilməsi.

Nəticə

Aparılan tədqiqat nəticəsində aşağıdakı əsas nəticələr əldə edilmişdir:

1. Kriptoqrafik alqoritmlərin effektivliyi yalnız təhlükəsizlik səviyyəsi ilə müəyyən edilmir. Praktik informasiya sistemlərində alqoritmin seçilməsi zamanı icra müddəti, hesablama mürəkkəbliyi və sistem resurslarının istifadəsi kimi performans göstəriciləri də nəzərə alınmalıdır.
2. Məqalədə AES-256, RSA-2048 və ECC-256 alqoritmləri təhlükəsizlik və performans parametrləri baxımından müqayisəli şəkildə təhlil edilmişdir və bu alqoritmlərin müxtəlif tətbiq mühitlərində fərqli üstünlüklərə malik olduğu göstərilmişdir.
3. Aparılan təhlil əsasında kriptoqrafik alqoritmlərin təhlükəsizlik və performans göstəricilərinin inteqrasiyalı qiymətləndirilməsi üçün Kriptoqrafik Effektivlik İndeksi (KEI) modeli təklif edilmişdir.
4. Bundan əlavə, sistemin risk səviyyəsini, hesablama resurslarını və performans tələblərini nəzərə alan adaptiv seçim mexanizmi və onun tətbiqi üçün sadələşdirilmiş tətbiq çərçivəsi təqdim edilmişdir.

Beləliklə, müasir informasiya sistemlərində kriptoqrafik mexanizmlərin seçilməsi statik yanaşmaya deyil, sistem mühitinin xüsusiyyətlərini nəzərə alan adaptiv prinsiplərə əsaslanmalıdır.

Ədəbiyyat

1. Bernstein, D. və Lange, T. (2017). *Post-Quantum Cryptography*. Nature.
2. Boneh, D. və Shoup, V. (2020). *A Graduate Course in Applied Cryptography*. Stanford University.
3. Diffie, W., Hellman, M. (1976). New directions in cryptography. *IEEE Transactions on Information Theory, 22*(6), 644–654.
4. Hankerson, D., Menezes, A. və Vanstone, S. (2004). *Guide to Elliptic Curve Cryptography*. Springer.
5. ISO/IEC. (2022). *ISO/IEC 27001: Information Security Management Systems — Requirements*. International Organization for Standardization.
6. Katz, J. və Lindell, Y. (2015). *Introduction to Modern Cryptography*. CRC Press.
7. Menezes, A., van Oorschot, P. və Vanstone, S. (2018). *Handbook of Applied Cryptography*. CRC Press.
8. National Institute of Standards and Technology. (2001). *FIPS 197: Advanced Encryption Standard (AES)*. NIST.
9. National Institute of Standards and Technology. (2013). *FIPS 186-4: Digital Signature Standard (DSS).* NIST.
10. National Institute of Standards and Technology. (2024). *NIST Cybersecurity Framework (CSF) 2.0.* NIST.

11. Paar, C. və Pelzl, J. (2010). *Understanding Cryptography: A Textbook for Students and Practitioners*. Springer.
12. Rivest, R., Shamir, A. və Adleman, L. (1978). A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems. *Communications of the ACM, 21*(2), 120–126.
13. Stallings, W. (2017). *Cryptography and Network Security: Principles and Practice*. Pearson.

Daxil oldu: 26.11.2025
Qəbul edildi: 03.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/216-221

Rovshan Khalilli
Odlar Yurdu University
Master's student
https://orcid.org/0009-0002-0842-5057
rovsenxelilli50@gmail.com

Comparative Analysis of Security Mechanisms in SSL\TLS, HTTPS, and VPN Protocols

Abstract

In the modern information society, information security and network protection are considered one of the main priorities. Various cryptographic protocols are used to ensure the confidentiality, integrity and authentication of data transmitted over the Internet. The purpose of the study is to conduct a comparative analysis of the security mechanisms applied in the SSL/TLS, HTTPS and VPN protocols, to systematically examine their cryptographic structures, authentication methods, encryption algorithms and application areas. Symmetric and asymmetric encryption methods, digital certificate infrastructure (PKI), key exchange mechanisms (for example, Diffie-Hellman), as well as tunneling and network-level protection mechanisms are analyzed. The SSL/TLS protocol provides encrypted data transmission by creating a secure channel mainly at the transport level. HTTPS is a secure version of the HTTP protocol over TLS and is mainly used in the web environment. VPN technologies, on the other hand, provide complex protection at both the application and network levels by creating an encrypted tunnel between the user and the remote network. Comparative analysis shows that SSL/TLS and HTTPS mainly focus on application-level security mechanisms, while VPN provides broader protection capabilities at the network infrastructure level. However, there are certain differences between these technologies in terms of performance, management complexity, application scope, and security level. In conclusion, the study shows that choosing the appropriate protocol according to specific security requirements plays an important role in ensuring the sustainability and cybersecurity of information systems.

Keywords: *VPN, cryptography, encryption, authentication, PKI, digital certificate, key exchange, tunneling, cybersecurity, network security*

Rövşən Xəlilli
Odlar Yurdu Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0002-0842-5057
rovsenxelilli50@gmail.com

SSL\TLS, HTTPS və VPN protokollarında təhlükəsizlik mexanizmlərinin müqayisəli təhlili

Xülasə

Müasir informasiya cəmiyyətində informasiya təhlükəsizliyi və şəbəkə mühafizəsi əsas prioritetlərdən biri hesab olunur. İnternet üzərindən ötürülən məlumatların məxfiliyini, bütövlüyünü və identifikasiyasını təmin etmək üçün müxtəlif kriptoqrafik protokollardan istifadə olunur. Tədqiqatın məqsədi SSL/TLS, HTTPS və VPN protokollarında tətbiq olunan təhlükəsizlik mexanizmlərinin müqayisəli təhlilini aparmaq, onların kriptoqrafik strukturlarını, identifikasiya metodlarını, şifrələmə alqoritmlərini və tətbiq sahələrini sistematik şəkildə araşdırmaqdır.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Simmetrik və asimmetrik şifrələmə metodları, rəqəmsal sertifikat infrastrukturu (PKI), açar mübadiləsi mexanizmləri (məsələn, Diffie-Hellman), eləcə də tunelləmə və şəbəkə səviyyəli mühafizə mexanizmləri təhlil edilir. SSL/TLS protokolu əsasən nəqliyyat səviyyəsində təhlükəsiz kanal yaratmaqla şifrələnmiş məlumat ötürülməsini təmin edir. HTTPS TLS üzərindən HTTP protokolunun təhlükəsiz versiyasıdır və əsasən veb mühitində istifadə olunur. Digər tərəfdən, VPN texnologiyaları istifadəçi ilə uzaq şəbəkə arasında şifrələnmiş tunel yaratmaqla həm tətbiq, həm də şəbəkə səviyyələrində mürəkkəb mühafizə təmin edir. Müqayisəli təhlil göstərir ki, SSL/TLS və HTTPS əsasən tətbiq səviyyəli təhlükəsizlik mexanizmlərinə yönəlmişdir, VPN isə şəbəkə infrastrukturu səviyyəsində daha geniş qoruma imkanları təmin edir. Lakin bu texnologiyalar arasında performans, idarəetmə mürəkkəbliyi, tətbiq dairəsi və təhlükəsizlik səviyyəsi baxımından müəyyən fərqlər mövcuddur. Nəticə olaraq, tədqiqat göstərir ki, müəyyən təhlükəsizlik tələblərinə uyğun olaraq müvafiq protokolun seçilməsi informasiya sistemlərinin dayanıqlığının və kibertəhlükəsizliyinin təmin edilməsində mühüm rol oynayır.

Açar sözlər: *VPN, kriptoqrafiya, şifrələmə, identifikasiya, PKI, rəqəmsal sertifikat, açar mübadiləsi, tunelləmə, kibertəhlükəsizlik, şəbəkə təhlükəsizliyi*

Introduction

The acceleration of digital transformation, the widespread use of cloud technologies, and the development of e-government and e-commerce systems have further increased the strategic importance of information security in the global network environment. Ensuring confidentiality, integrity, and authentication of transmitted data in modern information systems constitute the main pillars of cybersecurity. For this purpose, various cryptographic protocols and security mechanisms are applied, among which SSL/TLS, HTTPS, and VPN occupy a special place. The SSL/TLS protocol creates a secure communication channel at the transport level and provides encrypted data exchange between the client and the server. HTTPS, on the other hand, was formed as a result of the integration of the HTTP protocol with TLS and provides secure data transmission in web-based applications. VPN technologies, on the other hand, create an encrypted tunnel between the user and the remote network, providing security at both the local and global network levels.

Research

In the modern digital ecosystem, most of the information exchange is carried out in open and insecure network environments – especially over the Internet. In this environment, the risk of unauthorized eavesdropping, modification or falsification of the information transmitted is high. Ensuring information security is of strategic importance, especially in e-commerce, e-banking, government information systems and cloud platforms. In this context, one of the main cryptographic mechanisms used to create a secure communication channel at the transport level is the SSL/TLS protocol (Blagov & Helm, 2020). The main purpose of the SSL/TLS protocol is to create a secure, encrypted and authenticated communication channel between two parties – usually a client and a server. The protocol operates at the transport layer of the OSI model and forms a secure transmission environment for various protocols operating at the application layer (for example, HTTP, SMTP, FTP, etc.). The security architecture of SSL/TLS is built on three fundamental principles: confidentiality, integrity, authentication. To ensure these principles, the protocol uses a combination of symmetric and asymmetric cryptography, digital certificate infrastructure, key exchange mechanisms, and message verification algorithms.

The confidentiality principle aims to prevent the transmitted data from being read by third parties. TLS uses symmetric encryption algorithms for this purpose. Symmetric encryption is effective in transmitting large amounts of data in real time, since it provides high performance. The session key is formed during the “handshake” stage, and then all data transmission is encrypted using this key. The following algorithms are widely used in modern versions of TLS (Aertsen, 2017):

- AES (Advanced Encryption Standard) – especially AES-128 and AES-256;
- ChaCha20 – an optimized variant for mobile and low-resource environments.

TLS 1.3 removed weak and outdated encryption methods, retaining only strong and secure cipher suites. This approach both increased security and reduced configuration complexity.

Web technologies, which form the basis of the modern digital economy, are the most widespread form of information exchange. Electronic banking, electronic commerce, government services, social networks and cloud-based platforms are almost entirely built on web infrastructure. Most of the data transmitted in this environment is sensitive: authentication data, payment card details, personal identification data and trade secrets. To protect this data in an open network environment, the presence of a secure communication mechanism at the application level is necessary. One of the main standards that meets this need is the HTTPS protocol. HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) is technically a secure version of the HTTP protocol that works over SSL/TLS. That is, HTTPS is not a separate cryptographic system, but a secure communication model that integrates the encryption, authentication and integrity mechanisms provided by TLS at the application level.

HTTPS operates at the application layer of the OSI model and is primarily applied to HTTP traffic. This means that all HTTP requests and responses exchanged between the user and the web server are encrypted using TLS. Application-level security provides the following benefits:

- Protection of login and password information;
- Secure transmission of session cookies;
- Encryption of financial transactions;
- Protection of API requests.

HTTPS plays a critical role, especially in integrating with RESTful APIs, microservice architectures, and mobile applications. Modern web security standards (such as “Secure” and “HttpOnly” cookie attributes, Content Security Policy, etc.) work more effectively in an HTTPS environment.

The role of the HTTPS protocol in modern web security architecture is not limited to data encryption alone. The effectiveness and reliability of HTTPS are directly determined by the certificate-based authentication mechanism, the chain of trust model, and multi-level attack protection systems. The security of each connection established between a user and a server in the Internet environment depends not only on ensuring confidentiality, but also on confirming the identity of the other party in an accurate and cryptographically proven form.

In this regard, the HTTPS security mechanism is built on two main pillars (AlFardan & Paterson, 2013):

1. Certificate-based authentication and PKI infrastructure;
2. TLS-based encryption and integrity mechanisms.

The certificate-based authentication mechanism is based on the global trust model and is implemented through the internal root certificate stores of browsers. This model confirms the legitimacy of the server and protects the user from fake or malicious servers.

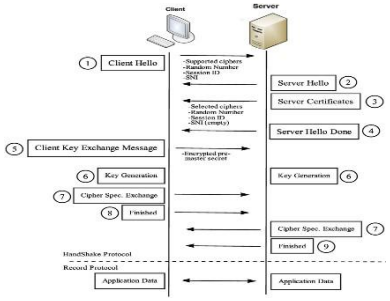


Figure 1. SSL/TLS security mechanism

When establishing an HTTPS connection, secure communication is implemented in a two-stage model based on a combination of asymmetric and symmetric cryptography. In the first stage, the server presents its public key (public key) to the client via a certificate. This certificate confirms the server's identity and ensures the authenticity of the public key (Drury & Meyer, 2019). The server

also has a private key (private key) corresponding to that public key. In the next stage, the client generates a random session key (session key). This key is intended for symmetric encryption and will be the main security element of future data exchange. Then, the client encrypts the generated session key with the server's public key and sends it to the server. The server can only decrypt that information using its private key. Thus, both parties have the same session key and a common cryptographic base for secure communication is formed (Scheitle et al., 2018; Manousis, 2016). Thus, the HTTPS security mechanism is based on a hybrid model that combines asymmetric cryptography for key transfer and symmetric cryptography for data transfer, and this approach provides a balance of both high security and performance.

TABLE 1.
Comparative Table: SSL/TLS vs HTTPS vs VPN

Criteria	SSL/TLS	HTTPS	VPN
OSI Layer	Transport Layer (Layer 4)	Application Layer (HTTP) over Transport Layer (TLS)	Network Layer (Layer 3) or Transport Layer (depending on protocol: IPsec, OpenVPN, WireGuard)
Encryption Scope	Application-specific traffic (only services using TLS)	Web traffic only (HTTP over TLS)	Entire network traffic (all IP packets through encrypted tunnel)
Encryption Model	Hybrid encryption (asymmetric key exchange + symmetric session encryption)	Hybrid encryption (inherits TLS model)	Hybrid encryption (asymmetric key exchange + symmetric encryption)
Tunnel Creation	No	No	Yes (secure encrypted tunnel)
Performance Impact	Low to moderate overhead (TLS handshake + symmetric encryption)	Low overhead beyond TLS; optimized in TLS 1.3	Moderate to high overhead depending on protocol and encryption strength
Latency	Reduced in TLS 1.3 (1-RTT handshake)	Similar to TLS (optimized in modern browsers)	Higher latency due to full traffic encapsulation
Typical Use Cases	Email security, APIs, secure services	Secure web browsing, e-commerce, web applications	Remote access, site-to-site connectivity, enterprise network security
IP Address Protection	No	No	Yes (IP masking and network-level privacy)
Security Coverage Level	Service-level protection	Web-application-level protection	Full network-level protection

Table 1 demonstrates that SSL/TLS, HTTPS, and VPN are built upon similar cryptographic foundations, but differ significantly in their operational layer, encryption scope, and overall security coverage. SSL/TLS and HTTPS primarily provide application-level protection, securing specific services such as web traffic, apis, or email communications. Their encryption is selective and service-oriented, offering efficient and targeted security without affecting all system traffic. In contrast, VPN operates at a lower OSI layer and establishes an encrypted tunnel that protects all network traffic, regardless of application type. This broader scope enables VPN to deliver comprehensive network - level security and enhanced privacy, including IP address masking while all three technologies rely

on hybrid encryption (asymmetric key exchange combined with symmetric session encryption), their key difference lies not in cryptographic algorithms but in deployment scope and protection coverage. Lower-layer mechanisms like VPN provide wider and more universal protection but may introduce additional performance overhead and latency. Higher-layer mechanisms such as HTTPS offer more lightweight, application-specific security. In practice, effective cybersecurity architecture often integrates these technologies within a layered security model, combining targeted application security with broader network-level protection to achieve defense-in-depth (IEEE Security & Privacy, 2021). IPsec, SSL VPN, and WireGuard represent three major approaches to VPN implementation, each differing in architecture, complexity, and performance characteristics while sharing the common goal of securing network communications.

IPsec is a traditional, enterprise-grade VPN solution operating at the Network Layer (Layer 3). It secures entire IP packets using strong encryption and authentication mechanisms such as IKE and ESP. It is widely used for site-to-site and corporate network connectivity. While highly robust and transparent to applications, IPsec can be complex to configure and maintain, and performance may vary depending on deployment and hardware support.

SSL VPN operates primarily at the Transport Layer (Layer 4) and relies on TLS to establish secure remote access connections. It is commonly used for remote employee access and is accessible via web browsers, typically using HTTPS (port 443), which makes it firewall-friendly. SSL VPNs are easier to deploy than IPsec but may secure only specific applications unless full tunneling is enabled (Fasllija, 2019).

Wire Guard is a modern VPN protocol designed for simplicity, speed, and strong cryptographic security. Operating at the Network Layer, it uses contemporary cryptographic algorithms and maintains a minimal codebase, reducing potential vulnerabilities. It offers high performance and lower latency compared to traditional VPN protocols. However, as a relatively newer technology, it requires careful key management and appropriate configuration (Durumuric et al., 2014; Wheeler, 2014; Sarkar, 2013; Duong & Rizzo, 2011).

The comparison of SSL/TLS, HTTPS and VPN (IPSEC, SSL, VPN, WIREGUARD) is based on a systematic-comparative scientific approach. This approach allows us to evaluate technologies not as separate mechanisms, but as interconnected elements of a complete information security architecture. The analysis is based on four main methodological directions:

Systemic approach – protocols are analyzed in a comprehensive manner in the context of the OSI model, cryptographic mechanisms, network architecture and application areas.

Comparative analysis method – functional features, security level, scope, performance indicators and architectural model are compared in parallel within the same analytical framework.

Security-based assessment – the assessment is carried out based on the cia triad (confidentiality, integrity, availability).

OSI-based layer model – the relationship between the scope of security and the level of functionality is analyzed.

The criteria selected during the comparison – OSI placement, encryption coverage, cryptographic model, tunneling mechanism, performance indicators, security coverage level, usage scenarios and IP confidentiality – allowed for an objective assessment of both technical and practical characteristics of the technologies.

The main scientific conclusion of the analysis is that the main difference between the protocols is not in the cryptographic algorithms used, but in the application level and scope of security. While mechanisms operating at lower OSI levels provide broader protection, higher-level mechanisms provide more specific and application-oriented security. As a result, an effective security architecture should be based on an integrated and multi-level implementation of these protocols.

The criteria selected for comparing SSL/TLS, HTTPS and VPN technologies are based on a systematic and scientifically sound framework. The selection of these criteria aims to comprehensively assess not only technical, but also architectural, functional and performance aspects of security. The OSI layer allows you to determine at which network level security is applied and the breadth of the protection coverage. Encryption scope and security coverage level, on the other hand,

allow you to assess real risks by showing the differences between application, service and network-level protection. The encryption model criterion allows you to analyze the cryptographic durability of protocols, hybrid encryption mechanisms and modern security features (for example, forward secrecy). The tunnel mechanism determines the fundamental difference in security architecture – end-to-end network protection. Performance indicators, on the other hand, serve to assess the balance between security and efficiency. Criteria such as usage scenarios and IP secrecy allow you to measure the practical applicability and level of confidentiality of technologies.

Conclusion

The conducted systematic-comparative analysis shows that although SSL/TLS, HTTPS and VPN technologies are based on similar cryptographic principles, their main difference lies in the level and scope of security implementation. While SSL/TLS and HTTPS provide more protection at the application and service level, VPN creates more extensive and complex security at the network level. The selected criteria – OSI layering, encryption coverage, cryptographic model, tunneling mechanism and performance indicators – ensured the scientific objectivity of the comparison and allowed to assess the security-performance balance. As a result, an effective cybersecurity architecture should be based on the integrated and multi-level (layered) implementation of these technologies.

References

1. Aertsen, M., (2017). *No domain left behind: Is Let's Encrypt democratizing encryption ANRW 2017*.
2. AlFardan, N.J. & Paterson, K.G. (2013). Lucky Thirteen: Breaking the TLS and DTLS record protocols. *2013 IEEE Symposium on Security and Privacy*.
3. Blagov, N. & Helm, M. (2020). *State of the Certificate Transparency ecosystem*.
4. Drury, V. & Meyer, U. (2019). *Certified phishing: Taking a look at public key certificates of phishing websites*. SOUPS 2019 (USENIX).
5. Duong, T. & Rizzo, J. (2011). *Here come the ⊕ ninjas (BEAST)*. Ekopa Security Research Paper.
6. Durumeric, Z., Li, F., Kasten, J., Amann, J., Beekman, J., Payer, M., Weaver, N., Adrian, D., Paxson, V., Bailey, M. & Halderman, J. A. (2014). *The matter of Heartbleed. Proceedings of the Internet Measurement Conference (IMC 2014)*.
7. Fasllija, E. (2019). *Phish-Hook: Detecting phishing certificates using Certificate Transparency logs*.
8. IEEE Security & Privacy. (2021). *Certificate Transparency in Google Chrome: Past, present, and future*. IEEE Security & Privacy.
9. Manousis, A., Ragsdale, R., Draffin, B., Agrawal, A. & Sekar, V. (2016). *Shedding light on the adoption of Let's Encrypt*.
10. Sarkar, P.G. (2013). *Attacks on SSL: A comprehensive study of BEAST, CRIME, TIME, BREACH, Lucky13, RC4, etc*.
11. Scheitle, Q. et al. (2018). *The rise of Certificate Transparency and its implications on the Internet ecosystem*.
12. Wheeler, D.A. (2014). Preventing Heartbleed. *Computer, 47*(8).

Received: 02.12.2025
Approved: 14.03.2026

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/56/222-227

Şəhla Süleymanlı
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
https://orcid.org/0009-0003-8773-5308
feyzullayeva.shahla.matlab.2024@asoiu.edu.az

JME əsaslı sistem üçün yaddaşın statistik analiz alqoritmlərinin reallaşdırılması metodlarının müqayisəsi

Xülasə

Məhdud resurslara malik proqram platformalarında yaddaşın idarə olunması sistem performansının və funksional dayanıqlığın əsas təyinedici faktorlarından biridir. Xüsusilə Java Micro Edition (JME) platforması mobil və daxili qurğular üçün optimallaşdırılmış proqram mühiti olduğundan burada yaddaş istifadəsinin effektiv idarə olunması kritik əhəmiyyət daşıyır. Bu səbəbdən yaddaş davranışının statistik modelləşdirilməsi və analiz alqoritmlərinin proqram səviyyəsində reallaşdırılması metodlarının müqayisəli tədqiqi aktual elmi-praktik problem hesab olunur.

Tədqiqatda JME əsaslı sistemlərdə yaddaş istifadəsinin statistik analizinə yönəlmiş alqoritmik yanaşmalar sistemləşdirilmiş, onların riyazi əsasları təhlil edilmiş və proqram reallaşdırma üsulları müqayisə edilmişdir. Ehtimal paylanması modelləri, zaman sırası analizi, adaptiv monitorinq və proqnozlaşdırıcı modellər nəzəri və eksperimental baxımdan qiymətləndirilmişdir. Müxtəlif reallaşdırma metodlarının effektivliyi hesablama mürəkkəbliyi, yaddaş sərfi, real vaxt reaksiyası, proqnoz dəqiqliyi və sistem sabitliyi meyarları üzrə təhlil edilmişdir.

Aparılan müqayisəli analiz göstərir ki, statistik monitorinq və adaptiv proqnozlaşdırma mexanizmlərinin inteqrasiyası JME sistemlərində yaddaş istifadəsinin optimallaşdırılmasında daha yüksək effektivlik təmin edir. Resurs məhdudiyyətləri şəraitində sadələşdirilmiş ehtimal modellərinə əsaslanan alqoritmlər praktik tətbiq baxımından daha səmərəli hesab olunur.

Açar sözlər: *JME, yaddaş idarəetməsi, statistik analiz, performans optimallaşdırılması, modelləşdirmə, daxili sistemlər*

Shahla Suleymanli
Azerbaijan State Oil and Industry University
Master's student
https://orcid.org/0009-0003-8773-5308
feyzullayeva.shahla.matlab.2024@asoiu.edu.az

A Comparative Study of Implementation Methods for Statistical Memory Analysis Algorithms in JME-Based Systems

Abstract

Efficient memory management is a key factor determining performance and reliability in resource-constrained software environments. Java Micro Edition (JME) is widely used in mobile and embedded systems where memory resources are inherently limited. Therefore, statistical modeling of memory behavior and comparative evaluation of algorithm implementation methods represent an important research problem.

This research systematizes statistical memory analysis algorithms used in JME-based systems, analyses their mathematical foundations, and compares their implementation approaches.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Probability distribution models, time-series analysis, adaptive monitoring, and predictive algorithms are evaluated from both theoretical and experimental perspectives. Implementation methods are compared based on computational complexity, memory overhead, real-time responsiveness, prediction accuracy, and system stability.

The comparative analysis demonstrates that hybrid statistical monitoring and adaptive prediction provide the most efficient memory optimization. However, simplified probabilistic models remain more practical and preferable in scenarios with extremely strict resource constraints, where minimal overhead and predictable execution behavior are prioritized over advanced predictive accuracy.

Keywords: *JME, memory management, statistical analysis, performance optimization, modeling, embedded systems*

Giriş

Resurs məhdudiyyətli proqram mühitlərində yaddaşın idarə olunması proqram təminatının performansı və sabitliyi baxımından əsas problemlərdən biridir (Tanenbaum, 2015). Mobil qurğular, IoT sistemləri və daxili platformalar kimi mühitlərdə yaddaşın qeyri-səmərəli istifadəsi icra gecikmələrinə, enerji sərfinin artmasına və sistem dayanıqlığının azalmasına səbəb ola bilər (Silberschatz və b., 2018).

Java Micro Edition platforması məhz məhdud resurslara malik qurğular üçün hazırlanmış proqram mühitidir və sadələşdirilmiş virtual maşın arxitekturası ilə xarakterizə olunur (Gosling, 2005). Bu platformada yaddaşın avtomatik idarə olunması mexanizmləri mövcud olsa da, zibil yığma (garbage collection) prosesinin intensivliyi performansa birbaşa təsir göstərir (Deitel və Deitel, 2012). Yaddaş istifadəsinin statistik analizinə əsaslanan yanaşmalar sistem davranışının uzun müddətli qanunauyğunluqlarını müəyyən etməyə imkan verir (Zhang, 2020). Bu metodlar yaddaş yüklənməsinin paylanmasını, həmçinin, pik istifadə intervallarını və proqnozlaşdırılan dəyişiklikləri müəyyən etmək üçün istifadə olunur (Chen, 2018).

Müasir tədqiqatlarda yaddaşın monitorinqi üçün müxtəlif modellər təklif olunmuşdur. Lakin bu modellərin proqram səviyyəsində reallaşdırılması və real sistemlərdə effektivliyinin müqayisəli şəkildə qiymətləndirilməsi kifayət qədər geniş araşdırılmamışdır (Pressman, 2014). Yığın yaddaşının idarə olunması prosesində statistik analiz alqoritmlərinin tətbiqi sistemin davranışını modelləşdirməyə və yaddaş tələbatını proqnozlaşdırmağa imkan verir. Bu isə resursların daha rasional bölüşdürülməsinə və yaddaş çatışmazlığı riskinin azaldılmasına şərait yaradır.

Bu məqalənin məqsədi JME əsaslı sistemlər üçün yaddaşın statistik analiz alqoritmlərinin reallaşdırılması metodlarını müqayisə etmək və onların performansını kompleks meyarlar üzrə qiymətləndirməkdir.

Tədqiqat

JME sistemlərində yaddaş idarəetməsinin nəzəri əsasları. JME mühitində yaddaş idarəetməsi əsasən dinamik obyektlərin yığın (heap) sahəsində yerləşdirilməsi və zibil yığma mexanizmlərinin idarə olunması ilə həyata keçirilir (Gosling, 2005). Bu prosesin statistik xarakter daşıması sistem davranışının stoxastik modellərlə ifadə edilməsini zəruri edir (Knuth, 1998).

Yaddaş istifadəsinin zaman üzrə dəyişməsi aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$M(t) = M_0 + \sum Ai - \sum Dj$$

Burada:

ij

M(t) – t anındakı ümumi yaddaş istifadəsi (məsələn, bayt və ya KB ilə ölçülür)

M_0 – başlanğıc yaddaş istifadəsi, yəni proses başlamazdan əvvəl mövcud olan yaddaş

Ai – yaradılan obyektlərin yaddaş ölçüsü

Dj – silinən obyektlərin yaddaş həcmi

Bu model *diskret hadisələr ardıcıllığı* kimi qiymətləndirilə bilər (Peterson, 2016). Yaddaş fraqmentasiyası isə effektiv yaddaş istifadəsini azaldan mühüm faktorlardan biridir (Silberschatz və b., 2018).

Statistik modelləşdirmə alqoritmləri

1. *Ehtimal paylanması modelləri.* Yığın yaddaşı istifadəsinin təsadüfi dəyişən kimi modelləşdirilməsi klassik statistik yanaşma hesab olunur və sistemin davranışını analiz etmək üçün geniş tətbiq olunur (Bishop, 2006). Bu yanaşma yaddaşın dinamik dəyişməsini riyazi şəkildə təsvir etməyə imkan verir və müxtəlif paylanma modelləri vasitəsilə sistem performansının proqnozlaşdırılmasına şərait yaradır.

- *Normal paylanma* sistemi orta davranış baxımından təsvir edir və yaddaş istifadəsinin tipik səviyyəsini qiymətləndirmək üçün istifadə olunur.
- *Eksponensial paylanma* hadisələrarası intervalın təhlili üçün tətbiq edilir və obyektlərin yaradılması arasındakı zaman fərqlərini modelləşdirir.
- *Poisson paylanması* isə müəyyən zaman aralığında obyekt yaradılma tezliyini göstərir, bu da sistemdə yığın yüklənməsinin statistik proqnozunu verməyə imkan yaradır (Chen, 2018).

Orta qiymət:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} Mi$$

Dispersiya:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (Mi - \mu)^2$$

Burada Mi i-ci müşahidənin yaddaş istifadəsi, n isə müşahidələrin ümumi sayıdır. Bu göstəricilər sistemin sabitliyinin qiymətləndirilməsində və müxtəlif reallaşdırma metodlarının müqayisəsində əsas parametrlər kimi istifadə olunur (Bishop, 2006).

2. *Zaman sırası modelləri.* Zaman sırası modelləri yaddaş istifadəsinin dinamik dəyişməsini analiz etməyə imkan verir (Zhang, 2020). ARIMA modeli aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$X_t = c + \varphi X_{t-1} + \varepsilon_t$$

Bu modellər qısamüddətli proqnozlaşdırmada yüksək dəqiqlik göstərir (Kumar, 2022).

3. *Adaptiv monitorinq alqoritmləri.* Adaptiv alqoritmlər sistem parametrlərini proqnoz səhvinə uyğun yeniləyir:

$$\theta_{t+1} = \theta_t + \alpha e_t$$

Bu yanaşma real vaxt sistemlərində geniş istifadə olunur (Li, 2019).

4. *Maşın öyrənməsi əsaslı modellər.* Son tədqiqatlarda neyron şəbəkələri və reqressiya modelləri yaddaş proqnozlaşdırılması üçün tətbiq olunur (Russell və Norvig, 2021). Bu modellər qeyri-xətti davranışı daha dəqiq təsvir edir (Wang, 2021).

5. *Reallaşdırma metodlarının müqayisəsi.* Yığın yaddaşının statistik analiz alqoritmlərinin reallaşdırma üsulu alqoritmin effektivliyinə və sistem performansına birbaşa təsir göstərir (Pressman, 2014). Bu səbəbdən müxtəlif metodların müqayisəsi JME əsaslı sistemlərin optimallaşdırılması üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

- *Statik metodlar:* Bu yanaşmada yaddaş istifadəsi və obyekt davranışı əvvəlcədən müəyyən edilmiş parametrlərə əsaslanaraq qiymətləndirilir. Statik metodlar minimal hesablama resursu tələb etdiyindən resurs məhdud sistemlərdə üstünlük təşkil edir. Lakin dəyişən iş yükü və real vaxt şəraitində onların adaptivliyi məhduddur, nəticədə proqnoz səhvləri arta və sistem stabilliyi azala bilər (Muradov, 2024).
- *Dinamik metodlar:* Bu metodlar real vaxt monitorinqinə və yaddaş davranışının dinamik optimallaşdırılmasına əsaslanır. Dinamik metodlar sistemin vəziyyətinə uyğun zibil yığma və yaddaş ayrılması əməliyyatlarını tənzimləyir, nəticədə performans və yaddaş istifadəsi optimallaşdırılır. Lakin bu yanaşma CPU və əlavə yaddaş istifadəsini artırır, xüsusilə resurs məhdud sistemlərdə hesablama yükü ciddi rol oynayır (Silberschatz və b., 2018).
- *Hibrid metodlar:* Hibrid yanaşma statik və dinamik metodların üstünlüklərini birləşdirərək optimal balans təmin edir. Sistemin real vaxt şəraitinə uyğunlaşma qabiliyyətini saxlayaraq, əlavə resurs istifadəsini məqbul səviyyədə saxlayır. Bu metodlar həm də proqnoz səhvini azaltmaq və yaddaşın səmərəli istifadəsini artırmaq üçün effektiv hesab edilir (Lee, 2017).

Bu müqayisə göstərir ki, reallaşdırma metodunun seçimi həm sistemin resurs məhdudiyyətlərinə, həm də tətbiq olunan proqramların xüsusiyyətlərinə görə dəyişir. Adaptiv və hibrid metodlar daha mürəkkəb olsa da, performans və sabitlik baxımından üstünlük təşkil edir, statik metodlar isə sadə və az resurs tələb edən tətbiqlərdə hələ də praktik əhəmiyyətini saxlayır.

Eksperimental metodologiya və eksperimental nəticələrin təhlili. Simulyasiya mühitində müxtəlif yığın yaddaşının statistik analiz alqoritmlərinin performansı sistematik şəkildə müqayisə edilmişdir (Zhang, 2020). Qiymətləndirmə çərçivəsində bir neçə əsas meyar seçilmişdir ki, bunlar alqoritmlərin effektivliyini və resurs istifadəsini tam şəkildə əks etdirir:

- *Orta yaddaş istifadəsi:* Hər bir alqoritmin sistem yaddaşını necə səmərəli istifadə etdiyi qiymətləndirilmişdir. Bu göstərici yığın yaddaşının doldurma səviyyəsini və resursların optimallaşdırılmasını əks etdirir.
- *Pik yüklənmə:* Sistemin maksimum yaddaş tələbatı və alqoritmin yüksək yüklənmə şəraitində davranışı təhlil edilmişdir. Bu, sistemin sabitliyini və zibil yığma əməliyyatlarının səmərəliliyini göstərir.
- *İcra vaxtı:* Hər bir alqoritmin əlavə hesablama yükü və real vaxt performansına təsiri qiymətləndirilmişdir. Daha az icra vaxtı alqoritmin resurslara qənaətcilliyini göstərir.
- *Proqnoz səhvi:* Yaddaş istifadəsinin proqnozlaşdırılmasında alqoritmin dəqiqliyi qiymətləndirilmişdir. Bu məqsədlə *MAPE (Mean Absolute Percentage Error)* göstəricisi istifadə edilmişdir, hansı ki, faktiki və proqnozlaşdırılmış dəyərlər arasındakı orta nisbi səhvi göstərir (Kumar, 2022).
- *CPU istifadəsi:* Alqoritmin işləmə zamanı prosessor resurslarına təsiri qiymətləndirilmişdir. Bu meyar alqoritmin sistemə əlavə yükünü və performansa təsirini ölçmək üçün vacibdir.

Eksperimental nəticələr göstərir ki, adaptiv və hibrid alqoritmlər orta yaddaş istifadəsini azaltmaqla yanaşı, pik yüklənmə və CPU istifadə baxımından da daha stabil performans nümayiş etdirir. Proqnoz səhvlərinin MAPE göstəricisi isə proqnozlaşdırıcı modellərin effektivliyini müqayisəli şəkildə qiymətləndirməyə imkan verir. Bu təhlil alqoritmlərin real vaxt tətbiqində resurs səmərəliliyini və performans stabilliyini təmin etmək üçün mühüm göstəricilər təqdim edir (Zhang, 2020; Kumar, 2022).

Eksperimental nəticələrin təhlili. Eksperimental analiz göstərir ki:

- statik modellər minimal resurs sərfi ilə işləyir (Muradov, 2024);
- zaman sırası modelləri daha yüksək proqnoz dəqiqliyi verir (Zhang, 2020);
- adaptiv modellər sistem dəyişikliklərinə daha sürətli reaksiya verir (Li, 2019);
- hibrid modellər ən sabit performans göstərir (Lee, 2017).

Cədvəldə analiz metodlarının texniki göstəriciləri və tətbiq sahələri üzrə müqayisəli xara kteristikaları verilmişdir.

Analiz Metodu	Hesablama Mürəkkəbliyi	CPU Yükü	Proqnoz Dəqiqliyi	Real-vaxt Reaksiyası	Əsas Tətbiq Sahəsi
Statik Modellər (Ehtimal paylanması)	Aşağı ($O(1)$)	Minimal	Orta	Zəif	Sabit yüklü sistemlər
Zaman Sırası (ARIMA)	Orta ($O(n^2)$)	Yüksək	Yüksək	Orta	Trend analizi
Adaptiv Monitorinq	Orta ($O(n)$)	Orta	Yüksək	Sürətli	Dinamik mühitlər
Hibrid Metodlar	Dəyişkən	Orta- Aşağı	Çox Yüksək	Çox Sürətli	Kritik resurslu IoT

Praktiki tətbiq imkanları və tədqiqatın məhdudiyyətləri. Yığın yaddaşının statistik analiz alqoritmləri yalnız nəzəri araşdırmalar üçün deyil, həm də real dünya tətbiqlərində geniş imkanlar təqdim edir. Bu alqoritmlərin tətbiqi sistemlərin performansını artırmaq, yaddaş səmərəliliyini optimallaşdırmaq və resurs məhdudiyyətlərini idarə etmək üçün mühüm vasitədir.

- *Mobil tətbiqlər:* Statistik yaddaş analiz alqoritmləri mobil tətbiqlərin yaddaş idarəetməsini optimallaşdırmaq üçün istifadə olunur. Bu yanaşma tətbiqin enerji səmərəliliyini artırır, zibil yığma əməliyyatlarının icra vaxtını balanslaşdırır və istifadəçi təcrübəsini stabilləşdirir (Deitel və Deitel, 2012).
- *IoT platformaları:* IoT (Internet of Things) qurğularında məhdud yaddaş və enerji resursları alqoritmlərin səmərəli işləməsini tələb edir. Statistik analiz vasitəsi ilə yığın istifadəsi proqnozlaşdırılır, resursların daha rasional bölüşdürülməsi təmin olunur və cihazların uzunmüddətli fəaliyyətini dəstəkləyir (Wang, 2021).
- *Real vaxt idarəetmə sistemləri:* Sənaye avtomatlaşdırması və digər real vaxt tətbiqlərində yığın yaddaşının düzgün idarə olunması kritikdir. Statistik alqoritmlər real vaxt monitorinqi ilə yaddaş çatışmazlığı riskini minimuma endirir və sistemin etibarlı işləməsini təmin edir (Li, 2019).
- *Sensor şəbəkələri:* Yayılmış sensor şəbəkələrində məlumatların toplanması və ötürülməsi zamanı yaddaşın dinamik idarə olunması vacibdir. Statistik analiz alqoritmləri məlumat axınının səmərəli idarə olunmasını, enerji sərfiyyatının optimallaşdırılmasını və şəbəkənin ümumi stabilliyini təmin edir (Chen, 2018). Bununla yanaşı, bu alqoritmlərin tətbiqi *daxili sistemlər, müxtəlif resurs məhdudiyyətli proqramlaşdırma mühitləri və süni intellekt əsaslı proqram təminatı* üçün də perspektivlidir. Əldə olunan nəticələr göstərir ki, yığın yaddaşının statistik monitorinqi yalnız performans optimallaşdırılması üçün deyil, həm də sistemin etibarlılığı və enerji səmərəliliyi baxımından geniş tətbiq imkanları təqdim edir.

Simulyasiya əsaslı analiz istifadə olunsa da, real sistem mühitini tam əks etdirə bilməməsi tədqiqatın əsas məhdudiyyətlərindən biridir (Pressman, 2014). Simulyasiya yalnız tipik yaddaş ayırma ssenarilərini modelləşdirir və real cihazlarda yaranan paralel proseslərin qarşılıqlı təsiri, aparat gecikmələri və digər xarici faktorlar nəticələrə əlavə təsir göstərə bilər. Bundan əlavə, enerji istehlakı bu tədqiqat çərçivəsində ayrıca qiymətləndirilməmişdir; mobil və yerləşdirilmiş sistemlərdə enerji səmərəliliyi kritik parametr olduğundan, bu amilin nəzərə alınmaması nəticələrin praktiki tətbiqini müəyyən qədər məhdudlaşdıra bilər.

Nəticə

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, yığın yaddaşının statistik modelləşdirilməsi JME əsaslı sistemlərin optimallaşdırılmasında və resursların səmərəli istifadəsində mühüm rol oynayır. Eksperimental nəticələr sübut edir ki, xüsusilə dəyişkən iş yükü şəraitində adaptiv və hibrid monitorinq yanaşmaları həm yaddaş istifadəsini optimallaşdırır, həm də sistem performansının stabilliyini artırır. Bu yanaşmaların üstünlüyü onların real vaxt məlumatlarına əsaslanaraq parametrləri dinamik tənzimləməsindədir, nəticədə, zibil yığma əməliyyatlarının vaxtı və sıxlığı

balanslaşdırılır və fraqmentasiya minimuma endirilir.

Resurs məhdudiyyətli sistemlərdə isə sadələşdirilmiş ehtimal modelləri praktik baxımdan daha məqsədə uyğundur, çünki onlar aşağı hesablama və yaddaş yükü ilə kifayət qədər etibarlı proqnozlar verə bilir. Bu, xüsusilə mobil və daxil edilmiş qurğular üçün çox əhəmiyyətlidir, çünki bu tip cihazlarda yaddaş və enerji məhdudiyyətləri performansa birbaşa təsir göstərir.

Gələcək tədqiqatlarda maşın öyrənməsi və süni intellekt əsaslı proqnozlaşdırma modellərinin inteqrasiyası perspektivli istiqamət hesab olunur, çünki bu metodlar yaddaş tələbatını daha dəqiq proqnozlaşdırmaqla yanaşı, resurs istifadəsini optimallaşdırmaq və zibil yığma əməliyyatlarını daha səmərəli idarə etməyə imkan verir. Bundan əlavə, enerji istehlakının optimallaşdırılması və real aparat mühitində monitorinqin aparılması sistemin uzunmüddətli performansı və etibarlılığı üçün kritikdir.

Ümumilikdə, bu tədqiqat nəticələri göstərir ki, JME əsaslı yerləşdirilmiş sistemlərdə yaddaşın statistik analizi və adaptiv monitorinq alqoritmlərinin tətbiqi proqramın performansını əsaslı dərəcədə artırır və gələcək tədqiqatlar üçün geniş imkanlar açır.

Ədəbiyyat

1. Bishop, C.M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer.
2. Chen, L. (2018). Statistical models for memory allocation analysis in embedded systems. *Journal of Embedded Computing*, *14*(3), 201–215.
3. Deitel, H.M. & Deitel, P.J. (2012). *Java: How to program* (9th ed.). Prentice Hall.
4. Gosling, J. (2005). *The Java language specification* (3rd ed.). Addison-Wesley.
5. Knuth, D.E. (1998). *The art of computer programming, Vol. 1: Fundamental algorithms* (3rd ed.). Addison-Wesley.
6. Kumar, S. (2022). Time series forecasting models for resource constrained systems. *International Journal of Computer Systems*, *19*(2), 55–70.
7. Lee, J. (2017). Hybrid memory monitoring techniques in embedded environments. *IEEE Embedded Systems Letters*, *9*(4), 112–115.
8. Li, X. (2019). Adaptive prediction algorithms for real-time memory optimization. *Real-Time Systems Journal*, *55*(2), 243–260.
9. Muradov, R. (2024). Statistical optimization methods in Java-based embedded systems. *Azerbaijan Journal of Information Technologies*, *21*(1), 33–47.
10. Peterson, J.L. (2016). *Computer organization and memory systems*. Academic Press.
11. Pressman, R.S. (2014). *Software engineering: A practitioner's approach* (8th ed.). McGraw-Hill.
12. Russell, S. & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
13. Silberschatz, A., Galvin, P. B. & Gagne, G. (2018). *Operating system concepts* (10th ed.). Wiley.
14. Tanenbaum, A.S. & Bos, H. (2015). *Modern operating systems* (4th ed.). Pearson.
15. Wang, Y., Chen, L. & Li, X. (2021). Statistical analysis of memory allocation efficiency in virtual machine environments. *Journal of Systems Architecture*, *117*, 102–110.
16. Zhang, Q. (2020). Time-series analysis of runtime memory behavior in managed systems. *Future Generation Computer Systems*, *105*, 88–97.

Daxil oldu: 26.11.2025
Qəbul edildi: 28.02.2026

İÇİNDƏKİLƏR
CONTENTS

HUMANİTAR VƏ İCTİMAİ ELMLƏR
HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES

Həcər Hüseynova
Azərbaycan dilində hərbi terminlərin yaranması və inkişafı 9
Aysel Qəribova
Səfəvi dövlətinin Mərkəzi Asiya xanlıqları ilə münasibətləri V.V.Bartoldun tədqiqatlarında (XVI–XVII əsrlər) 14
Gunel Mammadova
The Current State of Preparing Future Primary School Teachers for Research Activities and Ways of its Improvement 19
Əli Qasımov
İngilis dilində peşə frazeologiyasının üslubi imkanları 32
Əzim Axundov
Müasir pedaqoji yanaşmaların ali təhsildə təlim keyfiyyətinə təsiri 37
Tugba Orengul Uzunca
The Importance of the Green Economy in the 21st Century and Social Awareness in Combating the Climate Crisis 42
Nəzrin Zeynalova
Azərbaycan dili dərslərində bilik və bacarıqların formalaşmasında interaktiv təlim metodlarının istifadə imkanları 49
Mətin Tağızadə
Azərbaycanın aqrar sektorunda kiçik və orta sahibkarlığın hüquqi təminatı və dövlət dəstəyi: mövcud vəziyyət, təhlil və inkişaf istiqamətləri 54
Leyla Əhədova
Azərbaycan məktəbində rus dilinin tədrisinin xüsusiyyətləri 60
Hasan Ahmadov, Chingiz Salehli
Analysis of the Dynamics and Structural Characteristics of Innovative Activity in the Business Sector of the Republic of Azerbaijan 65
Vüsal Səfərli
Vergi yükünün sahibkarlıq fəaliyyətinə təsiri: Azərbaycan təcrübəsi 73
Əli Heydərzadə
Azərbaycan regionlarinin sosial-iqtisadi inkişafinin milli prioritetlərə uyğun tənzimlənməsi: nəzəri əsaslar, beynəlxalq təcrübə və perspektiv istiqamətlər 77

TƏBİƏT ELMLƏRİ
NATURAL SCIENCES

Tahirə Əsgərova, Həbibə Qədirli
Revmatizm və irsi kollagenozlari olan uşaqlarin bəzi biokimyəvi göstəricilərinin müqayisəsi 82

Aqil Orucov, Püstə Zeynalzadə
Süd vəzisi xərçəngi zaman serum mis, sink səviyyələrinin və
Cu/Zn nisbətinin qiymətləndirilməsi 89
Rəsmiyyə Kərimova, Nərminə İsayeva
Ətirşah bitkisinin bioloji xüsusiyyətləri, becərilməsi və əhəmiyyəti 94
Tural Əhədov
Lənkəran-Astara bölgəsində iqlim dəyişmələrinin torpaq örtüyünün
vertikal zonallığına təsiri 100

RİYAZİYYAT VƏ MEXANİKA ELMLƏRİ
MATHEMATICS AND MECHANICAL SCIENCES

Günay Salmanova
Polinomial dəstələrdə baş operatorun spektrinin ixtiyari yerləşməsi 107
Nuranə İsmayılova
Süni intellekt və maşın öyrənməsində funksiyaların rolu: nəzəri əsaslar və tətbiqlər 116
Zülfüqar Hüseynov
Çoxbucaqlılar üzrə sərhəd inteqral tənliklərinin həlli üçün eksponensial yığılma üsulu 121
Maşallah Əhədzadə
Çebişev sırasının tətbiqi ilə bir sinif sinqulyar nüvəli inteqral tənliyin
təqribi həllinin araşdırılması 129

TEXNİKA ELMLƏRİ
TECHNICAL SCIENCES

Rafiq İbrahimov, Elnur Səfərov
Səmərəlilik və optimallaşdırma yüksək inhiraflı üfüqi quyuların
qazılmasında texniki-iqtisadi səmərəliliyin artırılması yolları 137
Cəmilə Məmmədova, Ceyhun Nəsirov, Ləman Səmədli
İstilik Elektrik Mərkəzlərində istifadə olunan
qaz-turbin qurğuları (QTQ – İEM) 142
Mukhtar Azizullayev
Experimental Evaluation of the Effect of Antenna Parameters on the Reliability of
Telemetry and Control Systems of Unmanned Aerial Vehicles under Radio Electronic
Warfare Conditions 146
Aytac Allahverdiyeva
Modul elektrik stansiyasında intellektual idarəetmə sisteminin tətbiqi və perspektivləri 155
Rovshan Taghiyev, Rana Kalashova
The Relationship Between Information Systems and Information
Technologies, and Ensuring Their Security 160
Murad Bakhishov
The Use of Biogas Technologies for Organic Waste Disposal and
Energy Recovery 165

Kamil Aliyev
Design and Experimental Evaluation of a Microservice-Based Architecture

for University Workflow Automation 173
Tunal Həsənov
İnformasiya təhlükəsizliyinin strategiyalarının müasir üsullarla tətbiqi problemi 178
Samad Ramazanov
Protection Of Transactions Using Blockchain Technology 184
Farid Mammadli
Strategic and Structural Implications of Project Management in the Context of Digital Transformation 189
Hüseyn Əliyev
Müəssisələrdə informasiya təhlükəsizliyi siyasətlərinin təkmilləşdirilməsində Data Classification və DLP inteqrasiyasının rolu 194
Cəmilə Qurbanlı
İnformasiya sistemlərində təhlükəsizliyin təmin edilməsi: metodlar və yanaşmalar 200
Fərid Həmidov
İdarə olunan rotor sistemi (İRS) texnologiyası ilə mürəkkəb traektoriyalarda qazma performansının artırılması 207
Orxan Cəbrayılzadə
İnformasiyanın qorunmasında kriptoqrafik üsulların effektivliyinin müqayisəli təhlili və adaptiv tətbiq modeli 211
Rovshan Khalilli
Comparative Analysis of Security Mechanisms in SSL\TLS, HTTPS, and VPN Protocols 216
Şəhla Süleymanlı
JME əsaslı sistem üçün yaddaşın statistik analiz alqoritmlərinin reallaşdırılması metodlarının müqayisəsi 222

Redaksiyanın ünvanı
AZ1073, Bakı şəh.,
Yasamal r-nu, A.M.Şərifzadə 19
Tel.: +994 99 806 67 68
+994 99 808 67 68
e-mail: tedqiqat.1707@aem.az

Editorial address
AZ1073, Baku,
Yasamal dist., A.M.Sharifzade 19
Phone: +994 99 806 67 68
+994 99 808 67 68
e-mail: tedqiqat.1707@aem.az

İmzalandı: 26.03.2026
Onlayn çap: 30.03.2026
Kağız çapı: 10.04.2026
Kağız formatı: 60x84, 1/8
H/n həcmi: 29 ç.v.
Sifariş: 154

Signed: 26.03.2026
Online publication: 30.03.2026
Paper printing: 10.04.2026
Format: 60/84, 1/8
Stock issuance: 29 p.s.
Order: 154

"ZƏNGƏZURDA"
Çap Evində çap olunub.
Ünvan: Bakı şəh., Yasamal r-nu,
A.M.Şərifzadə 19
Tel.: +994 12 510 63 99
e-mail:zengezurda1868@mail.ru

It has been published inthe printing house
"ZANGAZURDA"
Address: Baku city, Yasamal dist.,
A.M.Sharifzade 19
Phone: +994 12 510 63 99
e-mail: zengezurda1868@mail.ru