

ResearchGate

Google Scholar

I^{WORLD}
I^{of}
JOURNALS

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU



zenodo



ISSN

e-ISSN(Online) 2709-1201



МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ENDLESS LIGHT IN SCIENCE

NO 10

31 ОКТЯБРЯ 2025

Астана, Казахстан



lrc-els.com



МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ENDLESS LIGHT IN SCIENCE»
INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL «ENDLESS LIGHT IN SCIENCE»



Main editor: G. Shulenbaev

Editorial colleague:

B. Kuspanova
Sh Abyhanova

International editorial board:

R. Stepanov (Russia)
T. Khushruz (Uzbekistan)
A. Azizbek (Uzbekistan)
F. Doflat (Azerbaijan)

International scientific journal «Endless Light in Science», includes reports of scientists, students, undergraduates and school teachers from different countries (Kazakhstan, Tajikistan, Azerbaijan, Russia, Uzbekistan, China, Turkey, Belarus, Kyrgyzstan, Moldova, Turkmenistan, Georgia, Bulgaria, Mongolia). The materials in the collection will be of interest to the scientific community for further integration of science and education.

Международный научный журнал «Endless Light in Science», включают доклады учёных, студентов, магистрантов и учителей школ из разных стран (Казахстан, Таджикистан, Азербайджан, Россия, Узбекистан, Китай, Турция, Беларусь, Кыргызстан, Молдавия, Туркменистан, Грузия, Болгария, Монголия). Материалы сборника будут интересны научной общественности для дальнейшей интеграции науки и образования.

31 октября 2025 г.
Астана, Казахстан

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ МЕЖДУ АБРАЗИВНЫМИ ЧАСТИЦАМИ И ЭЛЕМЕНТАМИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

МИРЗАЕВ КАХРАМОН КАРШИБОВЕВИЧ

Доктор технических наук

Узбекистан, Ташкент, Ташкентский государственный технический университет имени
И.Каримова

Аннотация. В статье приведены результаты теоретических исследований по существенную влиянию коэффициента трения между внутренним и наружным кольцами, шариками и абразивными частицами подшипников качения на наибольший размер абразивной частицы, участвующей в процессе изнашивания. Установлено, что увеличение коэффициента трения приводит к увеличению наибольшего размера абразивной частицы, участвующей в процессе изнашивания.

Ключевые слова. Подшипники качения, внутренние (наружное) кольцо, шарик, абразивное изнашивание, абразивная частица, коэффициент трения, концентрация, длина пути, объем деформации, средний размер, клиновидный зазор, предел текучести, упругая постоянная.

Введение.

Известно, что подшипники качения технологических машин работают в условиях высоких нагрузок, высоких частот вращения и в абразивной среде с высокой концентрацией. Результаты исследований показывают, что в условиях эксплуатации 79,4% подшипников качения выходят из строя вследствие абразивного износа.

В результате абразивного износа происходит быстрый износ всех элементов подшипников, изменяются их геометрическая форма и размеры. Это, в свою очередь, приводит к увеличению радиальных и осевых зазоров в подшипнике и ускорению выхода подшипника из строя [1, 2, 4, 5, 6, 7]. Абразивный износ чаще всего наблюдается в подшипниках угольных конвейеров, сельскохозяйственной техники и других узлов машин, недостаточно защищенных от попадания грунта и пыли.

Абразивный износ элементов подшипников качения происходит следующим образом. Сферическая абразивная частица попадает в клиновидный зазор поверхностей трения и начинает двигаться к контактной поверхности под действием силы трения, при этом сжимающая нормальная нагрузка, действующая на абразивную частицу, увеличивается, и в зависимости от увеличения этой нагрузки увеличивается глубина ее проникновения в поверхность трения. При проникновении абразивной частицы в поверхность трения на определенную глубину дальнейшее увеличение нормальной нагрузки приводит к дроблению абразивной частицы. И.В.Крагельский отмечал, что повторное дробление абразивной частицы в клиновидном зазоре может происходить до 7 раз [1, 4; 6, 7].

Деформация поверхности трения абразивной частицей зависит от вероятности ее сцепления с поверхностью трения, а ее значения – от твердости материала поверхности трения.

Коэффициент трения между внутренним, наружным кольцами, шариками и абразивной частицей оказывает существенного влияния на наибольший размер абразивных частиц участвующей в процессе изнашивания [2, 3, 8].

Результаты исследования.

Предположим, что абразивные частицы распределены по всему объему масла агрегата равномерно, тогда общий объем абразивных частиц концентрацией ϵ_k и средним размером $d_{ср}$, прилипших на поверхность трения внутреннего кольца, равно:

$$V = 0,0548 \cdot d_{cp} \cdot \varepsilon_{\kappa} \cdot \beta_i^e \cdot d_{ui} \cdot [d_{lk} + d_{ui} \cdot (1 - \cos \beta_i^e)] \quad (1)$$

Общее количество абразивных частиц, находящихся на поверхности трения внутреннего кольца,

$$n_{об} = \frac{0,1047 \cdot \varepsilon_{\kappa}}{d_{cp}^2} \cdot \beta_i^e \cdot d_{ui} \cdot [d_{lk} + d_{ui} \cdot (1 - \cos \beta_i^e)] \quad (2)$$

Согласно принятого выше условия равномерного распределения абразивных частиц по объему масла, находящегося в картере агрегата, определяется количества абразивных частиц находящихся на длине окружности кольца (n_{li}^B) и дуге контакта по желобу кольца (n_{di}^B) подшипника:

$$\begin{cases} n_{li} \cdot n_{di} = n_{об}, \\ \frac{n_{li}}{n_{ai}} = \frac{l_{ei}}{l_{ai}}, \end{cases} \quad (3)$$

где, $l_{дв}$ – длина дуги контакта шарика по желобу внутреннего кольца. Тогда решив систему уравнений (3) относительно n_{li}^B и n_{di}^B получено:

$$n_{li} = \frac{4,34 \cdot \varepsilon_{\kappa}^{1/2}}{d_{cp}} \cdot [d_{ei} + d_{ui} \cdot (1 - \cos \beta_i^e)], \quad (4)$$

$$n_{ai} = \frac{0,24 \varepsilon_{\kappa}^{1/2}}{d_{cp}} \beta_i^e d_{ui}. \quad (5)$$

где ε_{κ} - концентрация абразивных частиц, находящихся в масле агрегата.

Длина пути абразивной частицы в клиновидном зазоре в зоне упругого контакта,

$$s_{yi}^e = \left(\frac{d_{ei} \cdot h_{kp}}{2} - h_{kp}^2 \right)^{1/2}.$$

Из-за того, что $d_{ei} \gg h_{kp}$ в дальнейших расчетах значение h_{kp}^2 не учитывается.

В зоне упругопластического контакта, критическая глубина внедрения (h_{kp}) абразивной частицы в поверхность трения равна [3, 8]:

$$h_{kp} = \frac{d_{cp}}{2} \cdot \left[1 - \left[1 - 6(c \cdot \sigma_m \cdot \theta)^2 \right]^{1/2} \right].$$

Тогда путь абразивной частицы в клиновидном зазоре до его дробления:

$$s_{yi}^e = \frac{d_{ei} \cdot d_{cp}}{4} \left[1 - \left[1 - 6(c \sigma_T \theta)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/2}, \quad (6)$$

где c – коэффициент деформации; θ – упругая постоянная.

Среднее расстояние между двумя соседними абразивными частицами, находящиеся на поверхности трения равно:

$$l_1 = \frac{0,72 \cdot d_{cp}}{\varepsilon_{\kappa}^{1/2}}. \quad (7)$$

Количество абразивных частиц находящихся на длине пути трения зоны упругого контакта, равно:

$$n_{yi}^e = \frac{0,69}{d_{cp}^{1/2}} \cdot \left[\varepsilon_{\kappa} \cdot [d_{ei} + d_{ui} \cdot (1 - \cos \beta_i^e)] \cdot \left[1 - (1 - 6) \cdot (c \cdot \sigma_T \cdot \theta)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/2} \quad (8)$$

Общее количество абразивных частиц, находящихся в зоне упругого контакта определяется из выражений (4) и (5),

$$n_{oyi}^{\epsilon} = \frac{0,166 \cdot \epsilon_{\kappa} \cdot \beta_i^{\epsilon} \cdot d_{\text{ш}}}{d_{cp}^{1/2}} \cdot \left[d_{\text{вн}} + d_{\text{ш}} \cdot (1 - \cos \beta_i^{\epsilon}) \cdot \left[1 - (1 - 6) \cdot (c \cdot \sigma_T \cdot \theta)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/2} \quad (9)$$

Объем деформации металла всеми абразивными частицами, находящимися в зоне упругого контакта:

$$V_y = V_{ly}^{\epsilon} \cdot n_{oyi}^{\epsilon},$$

где, V_{ly}^{ϵ} - объем упругой деформации поверхности трения одной абразивной частицей,

$$V_{lyi}^{\epsilon} = 0,24 \cdot d_{cp}^{5/2} \cdot d_{\text{вн}}^{1/2} \cdot \left[1 - \left[1 - 6 \cdot (c \cdot \sigma_T \cdot \theta)^2 \right]^2 \right],$$
$$V_y^{\epsilon} = 0,039 \cdot d_{cp} \cdot \epsilon_{\kappa} \cdot \beta_i^{\epsilon} \cdot d_{\text{ш}} \cdot d_{\text{вн}}^{1/2} \cdot \left[d_{\text{вн}} + d_{\text{ш}} \cdot (1 - \cos \beta_i^{\epsilon}) \right]^{1/2} \cdot \left[1 - \left[1 - 6 \cdot (c \cdot \sigma_T \cdot \theta)^2 \right]^{1/2} \right]^{5/2} \quad (10)$$

Все абразивные частицы размером d_{cp} находящихся в клиновидном зазоре, до раздробления упруго деформирует поверхностей трения. При этом выполненная работа равна,

$$A_y = \frac{0,0063 \cdot d_{cp}}{\theta} \cdot \epsilon_{\kappa} \cdot \beta_i^{\epsilon} \cdot d_{\text{ш}} \cdot d_{\text{вн}}^{1/2} \cdot \left[d_{\text{вн}} + d_{\text{ш}} \cdot (1 - \cos \beta_i^{\epsilon}) \right]^{1/2} \cdot \left[1 - \left[1 - 6 \cdot (c \cdot \sigma_T \cdot \theta)^2 \right]^{1/2} \right]^{5/2} \quad (11)$$

Таким образом, выполненная работа зависит от силы трения между желобом колец подшипника и абразивной частицы, длину пути абразивной частицы в клиновидном зазоре в зоне упругого контакта и концентрацию абразивных частиц в масле агрегата,

$$A_m = 0,0158 \cdot d_{cp} \cdot \beta_i^{\epsilon} \cdot d_{\text{ш}} \cdot f \cdot \theta \cdot (c \cdot \sigma_T)^2 \cdot d_{\text{вн}}^{1/2} \cdot \epsilon_{\kappa} \cdot$$
$$\cdot \left[d_{\text{вн}} + d_{\text{ш}} \cdot (1 - \cos \beta_i^{\epsilon}) \right] \cdot \left[1 - \left[1 - 6 \cdot (c \cdot \sigma_T \cdot \theta)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/2} \quad (12)$$

Приравняв выражения (11) и (12) решив их относительно коэффициента трения (f), после некоторых упрощений получим,

$$f = \frac{0,4 \cdot \left[1 - \left[1 - 6 \cdot (c \cdot \sigma_T \cdot \theta)^2 \right]^{1/2} \right]^{3/2}}{(c \cdot \sigma_T \cdot \theta)^2} \quad (13)$$

Выводы.

Таким образом, коэффициент трения между абразивной частицей и поверхностью трения желобов подшипника зависит от предела текучести материала элементов подшипника (σ_T) и упругого постоянного (θ) материала поверхности трения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: «Издательство МСХА», 2001. 616 с.
2. Мирзаев Қ.Қ., Шообидов Ш.А. Думалаш подшипниклари ейилишбардошлигини ошириш. Монография. –Т.: “Innovation rivojlanish nashriyot-matbaa uyi”, 2022. – 128 б.
3. Иргашев А.И., Мирзаев К.К., Иргашев Б.А. Повышение износостойкости зубчатых передач. – Ташкент: ТашГТУ, 2015. 175 с.
4. Икромов Ў. Трибоника. (Ишқаланиш ва ейилиш). Т.: Ўзбекистон. 2002. -336 б.
5. Шаабидов Ш.А., Иргашев А., Мирзаев К.К. Повышение эксплуатационных свойств поверхностных слоев деталей машин. Монография. –Т.: ТашГТУ, 2012. - 176 с.
6. Mirzaev K.K., Irgashev A. Wear resistance of rolling-ball bearings operating in an abrasive medium. USA. Journal of Friction and Wear Vol.35, No.5, pp. 439-442. Allerton Press 2014.
7. Шообидов Ш.А., Иргашев А., Мирзаев Қ.Қ. Думалаш подшипниги элементларининг ейилиши жараёнида иштирок этувчи абразив заррачаларнинг ўлчамини баҳолаш.//ТошДТУ Хабарлари. –Тошкент, 2006. -№3. 65-71 б.
8. Иргашев А. Методологические основы повышения износостойкости шестерен тяжело нагруженных зубчатых передач агрегатов машин. Дисс. ...докт.техн.наук. Ташкент, 2005. -245 с.

FRAKTAL QRAFİKANIN RƏQƏMSAL İNCƏSƏNƏT VƏ DİZAYNDA SÜNİ İNTELLEKT VASİTƏSİLƏ TƏTBİQİ

HƏMZƏYEV ÇİNGİZ MUXTAR OĞLU

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Kompüter elmləri kafedrası
baş müəllim

Xülasə. Bu məqalədə fraktal qrafikanın rəqəmsal incəsənət və dizayn sahəsində süni intellekt vasitəsilə tətbiqi araşdırılır. Fraktalların riyazi əsası və onların təbiətdəki mürəkkəb formaların modelləşdirilməsində rolu izah edilir. Rəqəmsal incəsənətdə fraktal qrafikanın istifadəsi – vizual incəsənət, qrafik dizayn, film və oyun sənayesindəki nümunələrlə göstərilir. Süni intellekt texnologiyalarının, xüsusilə də generativ neyron şəbəkələrinin fraktal qrafikanın yaradılmasında və transformasiyasında yeni imkanlar açdığı vurğulanır. Məqalədə həmçinin memarlıq, moda, VR/AR mühitlərində fraktal əsasında dizayn nümunələri və onların AI dəstəyi ilə inkişaf perspektivləri təqdim olunur. Nəticədə qeyd olunur ki, fraktal qrafika ilə süni intellektin sintezi rəqəmsal incəsənətdə yeni yaradıcılıq imkanları formalaşdırır və gələcəkdə bu istiqamətin daha geniş tətbiqi gözlənilir.

Açar sözlər: fraktal qrafika, rəqəmsal incəsənət, dizayn, süni intellekt, generativ neyron şəbəkələri, kompüter qrafikası, vizual modelləşdirmə, kreativ texnologiyalar, VR/AR, rəqəmsal dizayn alətləri.

Abstract. This article examines the application of fractal graphics in digital art and design through artificial intelligence. The mathematical basis of fractals and their role in modeling complex forms in nature are explained. The use of fractal graphics in digital art is illustrated with examples from the visual arts, graphic design, film and gaming industries. It is emphasized that artificial intelligence technologies, in particular generative neural networks, open up new opportunities in the creation and transformation of fractal graphics. The article also presents fractal-based design examples in architecture, fashion, VR/AR environments and their development prospects with AI support. As a result, it is noted that the synthesis of fractal graphics and artificial intelligence forms new creative opportunities in digital art and a wider application of this direction is expected in the future.

Keywords: fractal graphics, digital art, design, artificial intelligence, generative neural networks, computer graphics, visual modeling, creative technologies, VR/AR, digital design tools.

Аннотация. В данной статье рассматривается применение фрактальной графики в цифровом искусстве и дизайне посредством искусственного интеллекта. Рассматриваются математические основы фракталов и их роль в моделировании сложных форм в природе. Применение фрактальной графики в цифровом искусстве иллюстрируется примерами из изобразительного искусства, графического дизайна, кино- и игровой индустрии. Подчеркивается, что технологии искусственного интеллекта, в частности генеративные нейронные сети, открывают новые возможности в создании и преобразовании фрактальной графики. В статье также представлены примеры дизайна на основе фракталов в архитектуре, моде, VR/AR-средах и перспективы их развития с поддержкой ИИ. В результате отмечается, что синтез фрактальной графики и искусственного интеллекта формирует новые творческие возможности в цифровом искусстве, и в будущем ожидается более широкое применение этого направления.

Ключевые слова: фрактальная графика, цифровое искусство, дизайн, искусственный интеллект, генеративные нейронные сети, компьютерная графика, визуальное моделирование, креативные технологии, VR/AR, инструменты цифрового дизайна.

Müasir dövrdə kompüter texnologiyaları insanların həyat və fəaliyyət sahələrinin demək olar ki, bütün istiqamətlərinə nüfuz etmişdir. Bu texnologiyaların ən sürətlə inkişaf edən sahələrindən biri də **kompüter qrafikasıdır**. Kompüter qrafikası təkcə vizual materialların yaradılması və işlənməsi üçün texniki vasitə deyil, həm də elmi-tədqiqat, tədris, incəsənət və dizayn sahələrində yaradıcılıq potensialının reallaşdırılmasına xidmət edən mühüm alətdir.

Kompüter qrafikasının çoxşaxəli istiqamətləri arasında **fraktal qrafika** xüsusi yer tutur. Fraktallar riyazi əsasla malik olmaqla yanaşı, təbiətdə mövcud olan mürəkkəb formaların vizual modelləşdirilməsi üçün unikal imkanlar yaradır. Məsələn, buludların forması, dağların relyefi, dəniz sahillərinin konturları və ağac budaqlarının quruluşu fraktal prinsiplərlə izah oluna bilər. Bu baxımdan fraktal qrafika həm elmi, həm də estetik baxımdan böyük maraq doğurur.

Son illərdə rəqəmsal incəsənət sahəsində yeni bir mərhələ başlayıb: **süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi**. Süni intellekt (SI), xüsusilə də **generativ neyron şəbəkələri** və **dərin öyrənmə üsulları**, fraktal qrafikanın yaradılması və təkmilləşdirilməsində mühüm rol oynamağa başlamışdır. Ənənəvi üsullarla hazırlanan fraktal şəkillər indi süni intellektin dəstəyi ilə daha mürəkkəb, rəngarəng və dinamik hala gətirilir. Bu isə rəqəmsal incəsənət və dizaynda tamamilə yeni yaradıcılıq imkanları açır. Beləliklə, bu məqalədə fraktal qrafikanın rəqəmsal incəsənət və dizayndakı əhəmiyyəti, həmçinin süni intellekt vasitəsilə onun inkişaf perspektivləri təhlil ediləcəkdir. Əsas diqqət fraktal qrafikanın nəzəri prinsiplərinə, rəqəmsal incəsənətdə tətbiq sahələrinə, süni intellektlə inteqrasiyasına və gələcək perspektivlərinə yönəldiləcəkdir. Fraktal qrafika kompüter qrafikasının xüsusi bir istiqamətidir və riyazi fraktalların vizual təsvirinə əsaslanır. **Fraktal** termini ilk dəfə 1975-ci ildə fransız riyaziyyatçısı Benua Mandelbrot tərəfindən elmə gətirilmişdir. Latınca *fractus* sözü “parçalanmış” və ya “qırıq” mənasını verir. Bu anlayış mürəkkəb, lakin müəyyən qaydalarla formalaşan strukturları təsvir etmək üçün istifadə olunur. Fraktalların ən mühüm xüsusiyyəti onların **özünəoxşarlıq (self-similarity)** prinsipinə əsaslanmasıdır. Yəni obyektin kiçik hissələri bütöv strukturun ümumi formasını xatırladır. Bu, fraktal obyektlərə həm makro, həm də mikro miqyasda baxıldıqda eyni vizual xüsusiyyətlərin müşahidə olunmasına imkan verir.

Məsələn:

❖ **Sierpinski üçbucağı** – hər bir böyük üçbucağın daxilində daha kiçik üçbucaqların təkrarlanması ilə formalaşır.

❖ **Koch qar dənəsi** – hər iterasiyada xəttin üzərinə yeni qırıntılar əlavə olunur və nəticədə sonsuz mürəkkəb quruluş yaranır.

❖ **Mandelbrot dəsti** – kompleks ədədlər üzərində qurulan və fraktal qrafikanın ən məşhur nümunələrindən biri olan vizual obyekt.

Fraktalların kompüter qrafikasında mühüm olmasının səbəbləri onların aşağıdakı xüsusiyyətləri ilə bağlıdır:

1. **Özünəoxşarlıq** – obyektin hər bir hissəsi bütövü xatırladır.

2. **Sonsuz detal** – fraktal obyektlərə nə qədər yaxınlaşsaq, bir o qədər yeni və mürəkkəb strukturlar görmək mümkündür.

3. **Mürəkkəbliyin sadəlikdən yaranması** – sadə riyazi qaydaların təkrarı nəticəsində çox mürəkkəb vizual formalar alınır.

4. **Təbiilik** – təbiətdəki bir çox obyektlər (ağac budaqları, buludlar, dağ silsilələri, dəniz sahilləri) fraktal prinsiplərə uyğun olaraq formalaşır.

5. **Miqyassızlıq** – fraktal formalar miqyasa bağlı deyil, yəni müxtəlif böyütmə səviyyələrində oxşar görünüşə malikdir.

Fraktal qrafika yalnız riyazi nəzəriyyə və vizual modelləşdirmə üçün deyil, həm də incəsənət və dizayn sahələrində yaradıcı yanaşmalar üçün geniş imkanlar açır. Onun əsas üstünlüyü odur ki, sadə alqoritmik qaydaların tətbiqi ilə olduqca mürəkkəb, estetik baxımdan zəngin və unikal təsvirlər yaratmaq mümkündür. Bu xüsusiyyət fraktalları rəqəmsal incəsənətdə mühüm vasitəyə çevirir.

Rəqəmsal incəsənət ənənəvi rəssamlıq texnikalarından fərqli olaraq, kompüter vasitəsilə yaradılan vizual əsərlərə əsaslanır. Fraktal qrafikanın rəqəmsal incəsənətdəki rolu aşağıdakı istiqamətlərdə özünü göstərir:

✚ **Abstrakt incəsənət** – fraktal naxışlar əsasında yaradılan abstrakt kompozisiyalar müasir rəssamlıqda yeni üslublar formalaşdırır.

✚ **Qrafik dizayn** – plakatlar, loqotiplər, kitab üzlükləri və veb-dizayn elementlərində fraktal quruluşlardan geniş istifadə olunur.

✚ **Animasiya və vizual effektlər** – fraktalların dinamik dəyişməsi əsasında yaradılan effektlər film və musiqi videolarında estetik təsir gücünü artırır.

Musiqi incəsənəti ilə fraktal qrafikanın əlaqəsi də maraqlı istiqamətlərdəndir. Xüsusilə musiqinin ritmik strukturları fraktal formalara uyğun olaraq vizuallaşdırıla bilər. Bu yanaşma musiqi performanslarında, rəqəmsal installyasiyalarda və interaktiv incəsənət nümunələrində tətbiq olunur.

Fraktal qrafika video oyun və kino sənayesində **təbiət hadisələrinin simulyasiyası** üçün geniş istifadə olunur:

- **Dağlar və landşaftlar** – fraktal alqoritmlər əsasında realistik relyeflər yaradılır;
- **Buludlar və duman** – fraktal funksiyalarla modelləşdirilir;
- **Kosmik təsvirlər** – kainatın sonsuzluğunu göstərmək üçün fraktal əsaslı şəkillərdən istifadə olunur.

Məsələn, “Star Trek” və “Doctor Strange” kimi filmlərdəki vizual effektlərin bir çoxu fraktal qrafika texnologiyaları ilə yaradılmışdır.

Rəssamlıq və yeni yaradıcı yanaşmalar

Bir çox rəssam və dizaynerlər fraktal qrafikanı öz yaradıcılıqlarında tətbiq edirlər. Onların yaratdığı fraktal əsaslı rəqəmsal əsərlər sərgilərdə nümayiş olunur, NFT bazarında satılır və rəqəmsal incəsənət kolleksiyalarının mühüm hissəsinə çevrilir.

Son illərdə süni intellekt (SI) texnologiyalarının inkişafı rəqəmsal incəsənət və dizayn sahəsinə köklü dəyişikliklər gətirmişdir. Ənənəvi olaraq fraktal qrafika riyazi alqoritmlər vasitəsilə yaradılırdı. İndi isə süni intellekt fraktalların avtomatik generasiyası, dəyişdirilməsi və estetik baxımdan daha zəngin hala gətirilməsi üçün yeni imkanlar açır.

Generativ Neyron Şəbəkələri (Generative Adversarial Networks – GANs) süni intellektin fraktal qrafikada ən çox istifadə olunan texnologiyalarındandır. GANs fraktal strukturlardan öyrənərək onların yeni variantlarını yarada bilər. Məsələn:

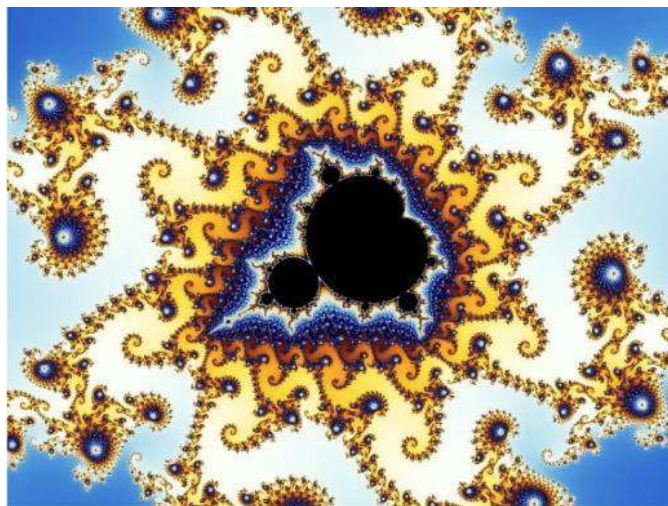
✓ Klassik Mandelbrot və Julia fraktallarının əsasında yeni formalara malik vizual əsərlər;

✓ Rəng palitrası və simmetriya üzrə təkmilləşdirilmiş fraktal təsvirlər;

✓ Mövcud fraktallardan hibrid və unikal dizayn nümunələri.

Müasir süni intellekt proqramları (məsələn, **DeepDream**, **Stable Diffusion**, **MidJourney**) rəssam və dizaynerlərə fraktal qrafika əsasında daha kreativ təsvirlər yaratmaq imkanı verir. Bu proqramlarda istifadəçi sadəcə **mətn sorğusu (prompt)** daxil etməklə mürəkkəb fraktal kompozisiyalar əldə edə bilər. Bu yanaşma həm yaradıcı prosesi sürətləndirir, həm də peşəkar olmayan şəxslərin rəqəmsal incəsənətlə məşğul olmasına şərait yaradır.

Süni intellektin tətbiqi fraktal qrafikanı **statik təsvirlərdən dinamik və interaktiv obyektlərə** çevirməyə imkan verir. Bu yanaşma ilə:



- istifadəçi ilə qarşılıqlı əlaqədə forması dəyişən fraktallar;
- musiqi, hərəkət və ya emosiyalara uyğunlaşan fraktal təsvirlər;
- VR/AR mühitlərində real vaxtda generasiya olunan fraktal landşaftlar yaradılır.

Fraktal qrafika və süni intellektin sintezi yalnız nəzəri və eksperimental sahələrlə məhdudlaşmır, eyni zamanda bir çox praktik tətbiq sahələrində geniş istifadə olunur. Bu tətbiqlər həm sənaye, həm incəsənət, həm də təhsil sahələrində yeni imkanlar yaradır.

Süni intellekt vasitəsilə yaradılmış fraktal əsərlər artıq rəqəmsal incəsənət sərgilərində nümayiş etdirilir. Bu əsərlər:

- unikal vizual formalar və rəng kombinasiyaları;
- interaktiv elementlər (məsələn, istifadəçi hərəkətinə uyğun dəyişən fraktallar);
- virtual sərgilərdə 3D təqdimatlar üçün uyğundur.

Fraktal qrafika memarlıq və interyer dizaynında təbii formaların modelləşdirilməsi və dekorativ elementlərin yaradılması üçün istifadə olunur.

Fraktal qrafika və süni intellektin sintezi rəqəmsal incəsənət və dizayn sahəsində yeni bir mərhələ açır. Fraktalların riyazi əsası, onların mürəkkəb və özünəoxşar strukturlarının təbiət hadisələrini və estetik formaları modelləşdirməkdə verdiyi üstünlüklər, süni intellekt texnologiyaları ilə birləşdikdə, vizual yaradıcılığın imkanlarını əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirir.

Süni intellekt vasitəsilə fraktalların yaradılması yalnız vizual estetikanı zənginləşdirmir, eyni zamanda onların dinamik, adaptiv və interaktiv xüsusiyyətlər qazanmasına da şərait yaradır. Bu yanaşma:

- Rəqəmsal incəsənətdə unikal əsərlərin yaradılmasını;
- Dizayn, memarlıq, moda və reklam sahələrində innovativ həllərin tətbiqini;
- VR/AR və oyun sənayesində realistik və immersiv mühitlərin qurulmasını;
- Elm və təhsil sahələrində mürəkkəb proseslərin daha anlaşılan və vizual təqdim olunmasını təmin edir.

Məqalədə göstəriləndi kimi, fraktal qrafika və süni intellektin birləşməsi gələcəkdə rəqəmsal yaradıcılığın istiqamətlərini yenidən formalaşdıracaq. Bu yanaşma həm texniki, həm estetik, həm də iqtisadi baxımdan böyük potensiala malikdir.

Nəticə etibarilə, fraktalların kompüter qrafikasında tətbiqi və onların AI ilə sintezi rəqəmsal incəsənətin inkişafında mühüm mərhələdir. Gələcəkdə bu sahədə daha mürəkkəb, interaktiv və yaradıcı layihələrin həyata keçirilməsi gözlənilir, bu da insan yaradıcılığı ilə texnologiyanın inteqrasiyasının uğurlu nümunəsidir.

ƏDƏBİYYAT

1. Məmmədov, R. Kompüter qrafikası və rəqəmsal incəsənət. Bakı, 2018.
2. Həsənova, L. Fraktallar və onların vizual tətbiqləri. Bakı, 2020.
3. Əliyev, F. Rəqəmsal incəsənətdə süni intellekt və yaradıcılıq texnologiyaları. Bakı, 2022.
4. Quliyev, S. Kompüter qrafikasında vizual modelləşdirmə üsulları. Bakı, 2019.
5. Мандельброт, Б. *Фрактальная геометрия природы*. Москва: Мир, 1984.
6. Пейтген, Х.-О., Зауке, Д. *Наука о фрактальных изображениях*. Санкт-Петербург, 1989.
7. Ковалёв, А. *Компьютерная графика и визуализация*. Москва, 2016.
8. Бабенко, В. *Искусственный интеллект в цифровом искусстве*. Санкт-Петербург, 2021.
9. Mandelbrot, B. *The Fractal Geometry of Nature*. W.H. Freeman, 1982.
10. Peitgen, H.-O., Saupe, D. *The Science of Fractal Images*. Springer, 1988.
11. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. *Deep Learning*. MIT Press, 2016.
12. McCormack, J., Dorin, A. "Art, Emergence and the Computational Sublime." *Proceedings of the 6th International Conference on Generative Art*, 2003.
13. Bishop, C. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer, 2006.
14. Elgammal, A., Liu, B., Elhoseiny, M., Mazzone, M. "CAN: Creative Adversarial Networks, Generating Art by Learning About Styles and Deviating from Style Norms." *ArXiv*, 2017.
15. Johnson, J., Alahi, A., Fei-Fei, L. "Perceptual Losses for Real-Time Style Transfer and Super-Resolution." *European Conference on Computer Vision*, 2016.
16. Yu, F., Koltun, V. "Multi-Scale Context Aggregation by Dilated Convolutions." *ICLR*, 2016.
(Fraktal modellərin AI vasitəsilə vizual generasiyası üçün tətbiq)
17. Fractal Foundation – fraktal nəzəriyyəsi və vizual nümunələr.
18. DeepDream Generator – AI ilə fraktal əsərlərin yaradılması.
19. Apophysis – fraktal dizayn proqramı.
20. Mandelbulb3D – 3D fraktal modelləşdirmə proqramı.
21. Stable Diffusion – AI əsaslı generativ sənət platforması, fraktal qrafikanın yaradılmasında tətbiq olunur.

PROQRAMLAŞDIRMA KONSEPSİYALARI VƏ TEXNİKALARININ TƏDRİSİNƏ METAQOQNİTİV YANAŞMALAR

HƏMİDOVA LEYLA QAFAR qızı
Müəllim, Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

Xülasə: Məqalə proqramlaşdırma tədrisində metakoqnitiv yanaşmaların rolunu araşdırır. Metakoqnitiv strategiyalar tələbələrin öyrənmə prosesini planlaşdırmaq, izləmək və qiymətləndirmək bacarıqlarını gücləndirir, alqoritmik və tənqidi düşüncəni inkişaf etdirir. Tədqiqatda beynəlxalq təcrübə, praktik texnikalar və müəllim–tələbə rolları təqdim olunur.

Açar sözlər: Metakoqnitivlik, proqramlaşdırma təhsili, öyrənmə strategiyaları, alqoritmik düşüncə, reflektiv öyrənmə.

METACOGNITIVE APPROACHES IN TEACHING PROGRAMMING CONCEPTS AND TECHNIQUES

HAMİDOVA LEYLA QAFAR
Lecturer, Azerbaijan State Pedagogical University

Abstract: The article examines the role of metacognitive approaches in programming education. Metacognitive strategies enhance students' ability to plan, monitor, and evaluate their learning, fostering algorithmic and critical thinking. The study presents international practices, practical techniques, and teacher–student roles.

Keywords: Metacognition, Programming Education, Learning Strategies, Algorithmic Thinking, Reflective Learning

Giriş

Müasir dövrdə informasiya texnologiyalarının inkişafı cəmiyyətin bütün sahələrinə nüfuz edərək yeni bilik və bacarıqlara ehtiyac yaratmışdır. Bu bacarıqlar arasında proqramlaşdırma xüsusi yer tutur. Proqramlaşdırma yalnız texniki sahədə çalışan mütəxəssislərin deyil, həm də mühəndislik, iqtisadiyyat, təhsil və hətta humanitar sahələrin nümayəndələrinin gündəlik fəaliyyətində vacib rol oynayır. Bu səbəbdən, proqramlaşdırmanın tədrisi təhsil sistemlərinin mühüm prioritetlərindən birinə çevrilmişdir.

Proqramlaşdırmanın öyrədilməsi bir sıra çətinliklərlə müşayiət olunur. Abstrakt anlayışların mənimsənilməsi, alqoritmik təfəkkürün formalaşdırılması, sintaksis və semantika arasındakı fərqi dərk olunması, proqramın iş prinsiplərinin düzgün anlaşılması tələbələr üçün ciddi maneələr yaradır. Ənənəvi metodlarla tədris bəzən tələbələrin yalnız mexaniki kod yazma vərdişlərinə yönəlir və onların öz öyrənmə prosesini dərk etməsinə kifayət qədər imkan vermir.

Müasir dünyada informasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı “21-ci əsr bacarıqları” anlayışını ön plana çıxarmış, rəqəmsal savadlılıq, tənqidi və yaradıcı düşünmə, eləcə də öyrənməyi öyrənmə kimi kompetensiyaların formalaşdırılmasını zəruri etmişdir. Bu baxımdan proqramlaşdırma yalnız texniki bilik sahəsi deyil, həm də müasir insanın problem həll etmə və idrak bacarıqlarını inkişaf etdirən əsas vasitələrdən biri kimi dəyərləndirilir.

Bununla yanaşı, Azərbaycanda proqramlaşdırma tədrisində metakoqnitiv yanaşmaların tətbiqi istiqamətində aparılmış tədqiqatlar hələ məhduddur. Bu da mövzunun aktuallığını və araşdırmanın elmi yeniliyini artırır.

Bu kontekstdə metakoqnitiv yanaşmalar xüsusi aktuallıq kəsb edir. Metakoqnitivlik insanın öz idrak proseslərinin fərqiində olması və onları idarə etməsi bacarığıdır. Bu yanaşma öyrənənlərin yalnız bilik əldə etməsinə deyil, həm də öz biliklərini necə öyrəndiklərini başa düşməsinə şərait yaradır. Proqramlaşdırma tədrisində metakoqnitiv strategiyaların tətbiqi tələbələrə öz öyrənmələrini planlaşdırmaq, izləmək və qiymətləndirmək imkanı verir. Belə ki, metakoqnitiv bacarıqlar

öyrənənin öz düşüncə prosesini izləməsi, səhvlərini təhlil etməsi, öyrənmə strategiyalarını seçməsi və nəticələri qiymətləndirməsi ilə bağlıdır. Bu yanaşma proqramlaşdırma kimi mürəkkəb sahənin öyrənilməsində öyrənənləri daha müstəqil, yaradıcı və davamlı inkişaf edən subyektlərə çevirir.

Tədqiqatın məqsədi proqramlaşdırma konsepsiyaları və texnikalarının tədrisinə metakoqnitiv yanaşmaların nəzəri və praktiki əsaslarını araşdırmaq, onların pedaqoji əhəmiyyətini və tətbiq imkanlarını göstərməkdir.

Tədqiqatın vəzifələri:

1. Metakoqnitivlik anlayışının mahiyyətini və onun təhsil sistemində rolunu izah etmək;
2. Proqramlaşdırma tədrisində qarşıya çıxan əsas çətinlikləri müəyyənləşdirmək;
3. Metakoqnitiv strategiyaların proqramlaşdırma öyrənilməsində tətbiq üsullarını təhlil etmək;
4. Beynəlxalq tədqiqatlar və təcrübələr əsasında proqramlaşdırma tədrisində metakoqnitiv yanaşmaların effektivliyini göstərmək;
5. Tətbiq üçün praktik tövsiyələr vermək.

1. Metakoqnitivlik və onun tədrisdə yeri

1.1. Metakoqnitivlik anlayışı və onun tarixi inkişafı

Metakoqnitivlik anlayışı ilk dəfə XX əsrin ikinci yarısında ABŞ psixoloqu Con Flavell tərəfindən elmi dövriyyəyə gətirilmişdir. Flavell (1976) metakoqnitivliyi insanın öz idrak fəaliyyətinin fərqiində olması, düşüncə proseslərini izləməsi və idarə etməsi bacarığı kimi müəyyənləşdirmişdir. O, bu anlayışı uşaqların idrak inkişafını araşdırarkən irəli sürmüş və göstərmişdir ki, öyrənən yalnız bilik əldə etmir, həm də bu biliyin necə əldə olunduğunu dərk edir.

Flavellin yanaşması daha çox uşaqların idrak proseslərinin təhlilinə yönəlmişdirsə, Brown metakoqnitivliyi öyrənmə strategiyalarının planlaşdırılması və tənzimlənməsi ilə əlaqələndirmişdir. Schraw və Dennison isə bu anlayışı daha geniş tədris kontekstinə tətbiq etmiş, metakoqnitiv bilik və tənzimləmə elementlərini ölçmək üçün nəzəri və praktik çərçivə təqdim etmişdir. Bu fərqli yanaşmalar metakoqnitivliyin çoxsahəli xarakterini və onun öyrənmə psixologiyasındakı kompleks rolunu nümayiş etdirir.

1970–1980-ci illərdə Flavell, Brown və digər tədqiqatçılar tərəfindən metakoqnitivliyin idrak inkişafındakı rolu araşdırılmışdır. Bu dövrdə əsas diqqət uşaqların öyrənmə prosesində öz düşüncələrini izləməsi və yaddaş strategiyalarına yönəlmişdir.

1990-cı illərdə metakoqnitiv bacarıqların təhsildə tətbiqi geniş araşdırılmış, xüsusən də fənlərin öyrədilməsində özünüidarəetmə strategiyalarının əhəmiyyəti vurğulanmışdır. Bu mərhələdə Schraw və Dennison (1994) tərəfindən Metakoqnitiv Şüur Anketi (Metacognitive Awareness Inventory) hazırlanmışdır.

2000-ci illərdən sonra informasiya texnologiyalarının inkişafı ilə metakoqnitiv yanaşmalar rəqəmsal təlim mühitlərində tətbiq olunmağa başlamışdır. Tədqiqatlarda göstərilmişdir ki, metakoqnitiv bacarıqlar virtual tədris platformalarında tələbələrin müstəqil öyrənmə qabiliyyətini gücləndirir.

Metakoqnitivlik idrakın “ikinci səviyyəsi” hesab olunur. Əgər kognisiya birbaşa bilik əldə etmə, qavrama, yadda saxlama və problem həll etmə proseslərini əhatə edirsə, metakoqnitivlik həmin proseslərin özünüdərkini və idarəsini əhatə edir. Başqa sözlə, insan yalnız düşünmür, həm də düşüncəsini müşahidə edir, təhlil edir və nəzarətdə saxlayır.

1.2. Metakoqnitiv bilik və tənzimləmə

Brown metakoqnitivliyin iki əsas komponenti müəyyənləşdirilmişdir.

Metakoqnitiv bilik – insanın öz bilikləri, tapşırıqların xüsusiyyətləri və öyrənmə strategiyaları haqqında məlumatıdır.

Metakoqnitiv tənzimləmə – öyrənmə prosesinin planlaşdırılması, izlənməsi və qiymətləndirilməsi və lazım gəldikdə strategiyayı dəyişmək bacarığı ilə bağlı bacarıqlardır.

1.3. Təhsildə metakoqnitiv yanaşmanın əhəmiyyəti

Metakoqnitiv bacarıqlar öyrənənlərin müstəqilliyini artırır, onları reflektiv düşüncəyə sövq edir və öyrənmə prosesini səmərəli edir. Müasir təhsil yanaşmalarında – konstruktivizm, səriştə əsaslı kurikulum, ömürboyu təhsil konsepsiyalarında – metakoqnitivlik əsas elementlərdən biri sayılır.

2. Proqramlaşdırma konsepsiyaları və tədris problemləri

2.1. Proqramlaşdırma konsepsiyalarının mahiyyəti

Proqramlaşdırma yalnız kod yazmaq deyil, həm də problem həll etmə, alqoritmik düşüncə və məntiqi analiz prosesidir. Onun əsas konsepsiyalarına dəyişənlər, operatorlar, funksiyalar, alqoritmlər, obyektönlü yanaşmalar və məlumat strukturları daxildir.

2.2. Tədris prosesində qarşıya çıxan çətinliklər

Proqramlaşdırma tədrisində tələbələrin üzləşdiyi əsas çətinliklər bunlardır:

Abstrakt anlayışların (məsələn, dəyişənlər, göstəricilər, obyektlər) dərk edilməsində çətinliklər;

Sintaksis səhvləri ilə semantik problemlərin qarışdırılması;

Problemin alqoritmik düşüncə ilə təsviri;

Öz proqramındakı səhvləri tapmaq və düzəltməkdə çətinlik.

Metakoqnitiv yanaşmalar bu çətinliklərin öhdəsindən gəlməkdə effektiv rol oynaya bilər.

2.3. İdrak və metakoqnitiv baryerlər

Araşdırmalar göstərir ki, bir çox tələbələr kod yazmaq texniki fəaliyyət kimi görür və onun ardındakı düşüncə prosesini dərk etmirlər. Bu isə öyrənmədə dayanıqlılığın zəifləməsinə səbəb olur.

3. Proqramlaşdırma Tədrisində Metakoqnitiv Yanaşmalar

3.1. Metakoqnitiv strategiyaların təsnifatı

Planlaşdırma mərhələsi: problemi anlamaq, məqsədi müəyyənləşdirmək, alqoritm planlamaq. Tələbələrdən proqram yazmağa başlamazdan əvvəl aşağıdakı metakoqnitiv sualları cavablandırmaq tələb olunur:

Problemin mahiyyəti nədir?

Hansı alqoritmik üsullardan istifadə etmək olar?

Həll üçün hansı məlumat strukturlarına ehtiyac var?

İcra və izləmə mərhələsi: kodun işləməsini yoxlamaq, aralıq nəticələri analiz etmək; Kod yazarkən tələbələr öz fəaliyyətlərini izləməli və qiymətləndirməlidirlər:

Yazdığım kod problemi həll edir?

Daha səmərəli (optimizə olunmuş) üsul varmı?

Mən sintaksis səhvlərini yoxlamışam?

Qiymətləndirmə mərhələsi: proqramın nəticəsini təhlil etmək, səhvləri düzəltmək, alternativ həll yollarını müqayisə etmək:

Proqram gözlənilən nəticəni verdi?

Hansı səhvlərlə rastlaşdım və onları necə düzəltdim?

Bu təcrübədən hansı öyrənmə nəticəsini çıxarıram?

3.2. Praktik texnikalar və alətlər

“Think-aloud” (səsli düşüncə) texnikası – tələbələr kod yazarkən öz düşüncələrini səsləndirirlər. Bu üsul həm müəllimə onların düşüncə ardıcılığını izləməyə, həm də tələbəyə öz düşüncə səhvlərini görməyə imkan yaradır.

Reflektiv jurnallar (Özünüqiymətləndirmə jurnalları) – Hər dərs sonrası tələbələr öz öyrənmə proseslərini qısa şəkildə yazırlar: hansı çətinliklə üzləşiblər, hansı strategiyaları işlətdilər, gələcəkdə nəyi dəyişəcəklər.

Kodun metakoqnitiv (şərhli) izahı – Proqram təkcə işlək vəziyyətdə təqdim olunmur, tələbə kodu şərh etməli, qərarlarının məntiqini izah etməlidir. Bu zaman həm “niyə belə etdim?”, həm də “başqa necə ola bilərdi?” sualları müzakirə olunur.

Reflektiv qrup diskussiyaları – Dərs sonunda qrup müzakirələri aparılaraq tələbələrin müxtəlif strategiyaları müqayisə etməsi təmin edilir. Bu, metakoqnitiv şüurun kollektiv inkişafına xidmət edir.

3.3. Müəllim və tələbə rolları

Metakoqnitiv yanaşmada müəllim və tələbənin rolu xüsusi vurğulanmalıdır, çünki bu yanaşma ənənəvi təlimdən fərqli olaraq öyrənmənin məsuliyyətini həm müəllim, həm də tələbə arasında balanslaşdırır.

Metakoqnitiv yanaşmada müəllim yalnız bilik ötürən deyil, həm də öyrənmə prosesini təşkil edən bələdçi rolunda çıxış edir. Onun funksiyaları əsasən aşağıdakı istiqamətlərdə cəmlənir:

1. Şüurluluğun artırılması - Müəllim tələbələrə öyrənmə prosesinin məqsədlərini aydın şəkildə izah edir; Onlara hansı strategiyaların daha faydalı olduğunu göstərir; “Mən nə öyrənirəm?”, “Niyə öyrənirəm?”, “Bunu necə daha yaxşı öyrənmə bilərəm?” kimi suallar qoyaraq metakoqnitiv refleksiyanı təşviq edir.

2. Strategiyaların modelləşdirilməsi - Müəllim öz öyrənmə prosesindən nümunələr göstərir: məsələn, kod yazarkən səhv tapmağın mərhələlərini şərh edir, düşüncə addımlarını ucadan ifadə edir (“think-aloud” metodu). Tələbələr bu yanaşmanı izləyərək özlərində tətbiq etməyi öyrənirlər.

3. Özünümonitorinq bacarığının formalaşdırılması - Müəllim tələbələrə mütəmadi öz işlərini qiymətləndirmə, nəticələri izləmə və düzəliş etmə vərdişlərini aşılamağa çalışır. Bunun üçün özünəqiymətləndirmə cədvəlləri, “checklist”lər, refleksiya gündəlikləri tətbiq edə bilər.

4. Müəllimin rolu fasilitator kimi - Metakoqnitiv təlimdə müəllim ənənəvi “bilgi mənbəyi” rolundan çox, fasilitator rolunu icra edir. Yəni, müəllim tədris prosesini təşkil edir, istiqamət verir, amma tələbəyə öyrənmə məsuliyyətini yükləyir.

Metakoqnitiv yanaşmada əsas məsuliyyət öyrənənin üzərinə düşür. Tələbə passiv dinləyici yox, aktiv, öz öyrənməsini idarə edən subyekt kimi çıxış edir. Tələbənin rolu aşağıdakı şəkildə müəyyənləşdirilir:

1. Özünüdərk və şüurlu öyrənmə - Tələbə öz güclü və zəif tərəflərini tanıyır; Hansı mövzuların çətinlik yaratdığını müəyyənləşdirir; Özünə məqsədlər qoyur və onlara çatma yollarını planlaşdırır.

2. Planlaşdırma - Yeni mövzuya başlamazdan əvvəl hansı biliklərə ehtiyac duyduğunu və hansı resurslardan istifadə edəcəyini müəyyənləşdirir. Məsələn, proqramlaşdırma dərində yeni alqoritm öyrənmədən öncə, tələbə onun nəzəri əsaslarını oxumaq, nümunələr üzərində işləmək və test tapşırıqları həll etmək planını qura bilər.

3. Monitorinq (özünüizləmə) - Öyrənmə zamanı öz inkişafını izləyir, hansı sualların açıq qaldığını, hansı biliklərin möhkəmləndiyini dərk edir. Kod yazarkən aldığı səhv mesajlarını analiz etmək və öz strategiyasını dəyişmək buna nümunədir.

4. Qiymətləndirmə və refleksiya - Tələbə öyrənmə sonunda nəticələrini qiymətləndirir: məqsədinə çatıb, ya yox? “Daha yaxşı necə öyrənmə bilərdim?” sualına cavab axtarır. Bu refleksiya prosesində tələbə yalnız mövzu üzrə bilik qazanmır, həm də öyrənmə üsullarını təkmilləşdirir.

Müəllim–Tələbə Əlaqəsinin Dinamikası

Metakoqnitiv modelin tətbiqi bir sıra üstünlüklərlə yanaşı, müəyyən çətinlikləri də ehtiva edir. Tələbələr ilkin mərhələdə öz öyrənmə proseslərini izləməyə və reflektiv düşünməyə alışmadıqları üçün metakoqnitiv tapşırıqlara passiv yanaşa bilərlər. Buna görə də müəllim tədrisin əvvəlində daha çox istiqamətləndirici rol oynamalı, tələbələrdə bu bacarıqları mərhələli şəkildə formalaşdırmalıdır.

Eyni zamanda, bu yanaşma tələbələrdə məsuliyyət hissini və müstəqil öyrənmə motivasiyasını artırdığı üçün uzunmüddətli perspektivdə təlimin səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldir.

Ənənəvi təlimdə müəllim “öyrədən”, tələbə isə “öyrənən” rolunda idi. Metakoqnitiv yanaşmada isə təlim ikitərəfli prosesə çevrilir: müəllim tələbəyə “öyrənməyi öyrətməklə” məşğul olur, tələbə isə öz öyrənmə fəaliyyətinin məsuliyyətini daşıyır. Bu modeldə müəllim və tələbə qarşılıqlı əməkdaşlıq mühitində işləyir: Müəllim istiqamət verir → tələbə tətbiq edir və nəticəni analiz edir → müəllim geribildirim verir → tələbə öz strategiyasını yenidən qurur.

4. Beynəlxalq Təcrübə və Tədqiqatların Təhlili

4.1. Xarici ədəbiyyatın icmalı

Beynəlxalq araşdırmalar göstərir ki, metakoqnitiv yanaşmalar proqramlaşdırma tədrisində əhəmiyyətli nəticələr verir:

- Linn və Singer (1991) göstərmişdir ki, metakoqnitiv strategiyalar tətbiq edən tələbələr proqramlaşdırmada daha az səhvə yol verirlər.

- Kordaki və Papadopoulos (2019) metakoqnitiv bacarıqların inkişafının problem həll etmə qabiliyyətini artırdığını sübut etmişdir.

- Papert (1980) proqramlaşdırmanı yalnız texniki deyil, həm də yaradıcı və idrak proseslərinin inkişaf vasitəsi kimi dəyərləndirmişdir.

4.2. Tədqiqatların nəticələri

Əksər araşdırmalar təsdiq edir ki, metakoqnitiv yanaşmaların tətbiqi proqramlaşdırma tədrisini ənənəvi “kod yazma məşqi”ndən daha geniş bir idrak fəaliyyətinə çevirir. Metakoqnitiv yanaşmalar tətbiq olunan təlim mühitlərində tələbələr öz səhvlərini daha tez aşkarlayır, daha səmərəli alqoritmik həllər seçir, öyrənməyə qarşı motivasiya və maraqları artır. Bu yanaşma tələbələrə aşağıdakı üstünlükləri qazandırır:

- Öz öyrənmə prosesinə nəzarət etmə bacarığı;
- Səhvlərdən öyrənmə vərdişi;
- Alqoritmik və tənqidi düşünmənin inkişafı;
- Müasir əmək bazarında tələb olunan problem həll etmə və öyrənməyi öyrənmə kompetensiyalarının güclənməsi.

Beynəlxalq təcrübənin təhlili göstərir ki, bu yanaşmaların Azərbaycan təhsil sistemində tətbiqi real potensiala malikdir. Xüsusilə ali təhsil müəssisələrində proqramlaşdırma fənlərinin tədrisində refleksiya jurnalları, “think-aloud” tapşırıqları və özünüqiymətləndirmə texnikalarının mərhələli tətbiqi tələbələrin idrak fəallığını artırır, öyrənməni daha dərin və şüurlu prosesə çevirir.

Bu istiqamətdə yerli pedaqoqların və proqramlaşdırma müəllimlərinin metodik hazırlığının gücləndirilməsi, beynəlxalq təcrübələrdən uyğunlaşdırılmış təlim modullarının hazırlanması məqsədəuyğundur.

5. Təkliflər

Metakoqnitiv yanaşmalar proqramlaşdırma tədrisinin keyfiyyətini yüksəltmək üçün geniş imkanlar açır. Bu yanaşmaların uğurlu tətbiqi üçün:

1. Kurikulum səviyyəsində metakoqnitiv bacarıqlar xüsusi məqsəd kimi müəyyənləşdirilməlidir;

2. Dərs prosesində refleksiya və özünüqiymətləndirmə üçün müntəzəm imkanlar yaradılmalıdır;

3. Rəqəmsal alətlərdən – kod izləmə proqramları, avtomatlaşdırılmış test mühitləri, reflektiv platformalardan istifadə genişləndirilməlidir;

4. Müəllimlər metakoqnitiv tədris metodologiyası üzrə xüsusi hazırlıq keçməlidirlər.

Nəticə

Tədqiqat göstərir ki, proqramlaşdırma konsepsiyaları və texnikalarının tədrisində metakoqnitiv yanaşmaların tətbiqi tələbələrin öyrənmə prosesinə aktiv nəzarətini təmin edir, onların düşüncə bacarıqlarını inkişaf etdirir və müstəqil öyrənməyə hazırlayır. Bu yanaşmalar innovativ, effektiv və tələbə yönümlü metodoloji baza təqdim edir.

Metakoqnitiv strategiyalar öyrənmələri yalnız hazır bilik istehlakçısı deyil, həm də bilik yaradan subyektlərə çevirir. Bu, müasir informasiya cəmiyyətinin tələb etdiyi ən mühüm kompetensiyalardan biridir.

Beləliklə, proqramlaşdırma tədrisində metakoqnitiv yanaşmaların tətbiqi həm pedaqoji, həm də sosial baxımdan zəruri və səmərəli hesab olunmalı və müasir pedaqoji yanaşmaların əsas istiqamətlərindən biri kimi nəzərdən keçirilməlidir.

ƏDƏBIYYAT

1. Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. *The Nature of Intelligence*.
2. Linn, M. C., & Singer, J. (1991). Cognitive and metacognitive aspects of learning programming. *Review of Educational Research*.
3. Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. MIT Press.
4. Kordaki, M., & Papadopoulos, I. (2019). Fostering metacognitive skills in computer programming through problem-solving environments. *Education and Information Technologies*.
5. Schraw, G., & Dennison, R. S. (1994). Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*.
6. Pintrich, P. R. (2002). The role of metacognitive knowledge in learning, teaching, and assessing. *Theory into Practice*.
7. Zohar, A., & Dori, Y. J. (2020). Metacognition in STEM education: Theoretical and practical perspectives. *Springer*.
8. Çelik, S., & Kaya, M. (2021). Enhancing programming education through metacognitive scaffolding. *Computers & Education*, 170, 104233.

TƏLİM PROSESİ ZAMANI ÖYRƏNMƏ ÜÇÜN İKT-DƏN İSTİFADƏNİN SƏVİYYƏLƏRİ

HƏZİYEVA SƏRMAYƏ ASLAN QIZI

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Kompüter elimləri kafedrasının müəllimi

Summary. In modern times, information and communication technologies (ICT) have become an integral part of the learning process. The purposeful and systematic application of ICT in education is to develop students' cognitive activity, independent thinking, analytical analysis, cooperation and creativity skills. The main goal of the education system in the modern information society is to enable learners to learn. The role of information and communication technologies (ICT) in achieving this goal is undeniable. This article examines the main levels of using ICT for learning in the learning process, their characteristics and pedagogical significance. The article analyzes five levels of learners' use of ICT in their learning activities:

1. Lack of access to ICT - the level where technology is not applied in the traditional form of teaching;
2. Level of applying basic skills - the stage where ICT is used only for information retrieval and presentation;
3. Level supporting knowledge formation but not essential – the stage where ICT facilitates learning, but it is possible to achieve results without it;
4. Level required for ICT knowledge formation – the stage where technology plays the main role in knowledge formation and experience acquisition;
5. Level of knowledge formation and real product creation through ICT – the stage where learners create ICT products for real users, join knowledge production.

Research shows that high levels of ICT use in the learning process develop not only technical skills, but also 21st century skills such as critical thinking, creativity, problem solving and collaboration. Therefore, the purposeful and gradual application of ICT in the pedagogical activities of teachers is considered necessary.

Key words: ICT, 21st century, information, students', communication.

Xülasə. Müasir dövrdə informasiya-kommunikasiya texnologiyaları (İKT) təlim prosesinin ayrılmaz hissəsinə çevrilmişdir. Tədrisdə İKT-nin məqsədyönlü və sistemli tətbiqi tələbələrin idrak fəallığını, müstəqil düşünmə, analitik təhlil aparma, əməkdaşlıq və yaradıcılıq bacarıqlarını inkişaf etdirməkdir. Müasir informasiya cəmiyyətində təhsil sisteminin əsas məqsədi öyrənənlərin bu məqsədə çatmaqda informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının (İKT) rolu danılmazdır. Bu məqalədə təlim prosesində öyrənmə üçün İKT-dən istifadənin əsas səviyyələri, onların xüsusiyyətləri və pedaqoji əhəmiyyəti araşdırılır.

Məqalədə öyrənənlərin öyrənmə fəaliyyətində İKT-dən istifadəsinin beş səviyyəsi təhlil edilir:

1. İKT-dən istifadə imkanının olmaması – ənənəvi tədris formasında texnologiyanın tətbiq edilmədiyi səviyyə;
2. Əsas bacarıqları tətbiq etmək səviyyəsi – İKT-nin sadəcə məlumat axtarışı və təqdimatı üçün istifadə edildiyi mərhələ;
3. Bilik formalaşmasını dəstəkləyən, lakin zəruri olmayan səviyyə – İKT-nin öyrənməni asanlaşdırdığı, amma onun olmadan da nəticəyə çatmağın mümkün olduğu mərhələ;
4. İKT bilik formalaşması üçün tələb olunan səviyyə – biliklərin formalaşması və təcrübə əldə edilməsi üçün texnologiyanın əsas vasitə rolunu oynadığı mərhələ;
5. İKT vasitəsilə bilik formalaşdırılması və real məhsul yaradılması səviyyəsi – öyrənənlərin real istifadəçilər üçün İKT məhsulu yaratdıqları, bilik istehsalına qoşulduqları mərhələ.

Tədqiqat göstərir ki, öyrənmə prosesində İKT-dən istifadənin yüksək səviyyələri yalnız texniki bacarıqları deyil, həm də tənqidi düşünmə, yaradıcılıq, problem həll etmə və əməkdaşlıq kimi XXI əsr bacarıqlarını inkişaf etdirir. Buna görə də müəllimlərin pedaqoji fəaliyyətində İKT-nin

məqsədyönlü və mərhələli şəkildə tətbiqi zəruri hesab olunur.

Açar sözlər: İKT, 21-ci əsr, informasiya, tələbələr, ünsiyyət.

Giriş

Təhsil sistemində İKT-nin rolu yalnız texnoloji vasitə kimi deyil, həm də öyrənməni fəallaşdıran və biliklərin formalaşmasını dəstəkləyən mühüm amil kimi dəyərləndirilir. Öyrənmə üçün İKT-dən istifadənin səviyyələrinin müəyyənəşdirilməsi təlimin məqsədyönlü planlaşdırılmasına və müəllim-öyrənən qarşılıqlı əlaqəsinin səmərəliliyinə şərait yaradır.

Rəqəmsal texnologiyalar bizim yaşayış və iş tərzimizi dəyişdi. Biz çoxlu rəqəmsal məlumat və təcrübəyə hazır çıxışı olan bir dünyada yaşayırıq. Texnologiyada yeni nailiyyətləri mənimsəmək müasir qloballaşan, biliklərə əsaslanan iqtisadi dünyada yaşamaq və işləmək üçün vacib hala gəlib. Müasir iş yerlərində uğur qazanmaq üçün bizə rəqəmsal texnologiyalardan ağıllı şəkildə istifadə etmək bacarığı lazımdır:

- Məlumat və ideyaların əldə edilməsi
- Yeni məlumat və ideyaların layihələndirilməsi və yaradılması

Rəqəmsal alətlərin geniş palitrası bizə əvvəllər mümkün olmayan üsullarla qarşılıqlı əlaqədə olmağa və yeniliklər etməyə, bundan əlavə, rəqəmsal texnologiyalarla daha geniş əlaqələr qurmağa imkan verir, dünyamızı daha dərin, mənalı şəkildə anlamağa kömək edir.

Gənclər artıq rəqəmsal texnologiyalardan sinifdən kənarda istifadə edirlər. Rəqəmsal texnologiyalar öyrənmə mühitlərində getdikcə daha çox yayılsa da, Tələbələr çox vaxt onlardan yalnız məlumatı təqdim etmək və ya əldə etmək üçün istifadə edirlər. Ancaq bu texnologiyalar daha çox şey etməyə qadirdir. Rəqəmsal texnologiyaları geniş spektrdə istifadə edərək, pedaqoqlar öyrənmələrə aşağıdakı bacarıqları inkişaf etdirməyə kömək edən öyrənmə təcrübələrini tərtib etməlidirlər:

- Məlumat və ideyaların qiymətləndirilməsi və təhlil edilməsi
- Yeni məlumat və ideyaların layihələndirilməsi və yaradılması

Bir çox təhsil sistemləri rəqəmsal texnologiyaları İnformasiya və Kommunikasiya Texnologiyaları adlandırır. İKT geniş çeşiddə mövcud rəqəmsal alətləri - həm aparat, həm də proqram təminatını əhatə edir.

Aparat təminatına kompüterlər, planşetlər və noutbuklar, smartfonlar, elektron lövhələr və video kameralar kimi elektron cihazlar daxildir.

Proqram təminatına veb-brauzerlərdən və multimedia yaratma vasitələrindən tutmuş mühəndis proqramlarına, sosial mediaya və birgə redaktə platformalarına qədər hər şey daxildir. İKT XXI əsrin bütün bacarıq istiqamətlərini təşviq etmək və dəstəkləmək üçün güclü vasitədir. Məsələn, İKT tələbələrə aşağıdakı xidmətləri göstərir:

- Əvvəllər mümkün olmayan üsullarla əməkdaşlıq etmək
- Yeni vasitələrlə ünsiyyət qurmaq

Bu səviyyələrdə biz yalnız öyrənmə üçün İKT-nin XXI əsr öyrənmə dizaynı istiqaməti ilə integrasiyasına diqqət yetirəcəyik:

- Bilik formalaşması və Real Dünya Problemlərinin Həlli və İnnovasiya.

Öyrənmə fəaliyyətlərinə İKT-ni daxil edərkən pedaqoqlar tələbələrin İKT-dən aşağıdakılar üçün mənalı şəkildə istifadə edib-etməyəcəyini düşünməlidirlər:

- Mürəkkəb problemləri həll etmək
- Bilik formalaşması
- Biliyə əsaslanan məhsulların dizayn edilməsi

Buna görə də pedaqoqlar texnologiyadan istifadəni təkcə bilik əldə etmək üçün deyil, həm də öyrənmə fəaliyyətlərində biliyi dizayn etmək və formalaşdırmaq üçün balanslaşdırmalıdırlar.

İKT-nin təhsildə tətbiqi XXI əsr təhsil sisteminin əsas istiqamətlərindən biridir. İnformasiya cəmiyyətində təlimin məqsədi yalnız bilik vermək deyil, həm də tələbələrin müstəqil düşünmə, axtarış aparma və innovativ qərar qəbul etmə bacarıqlarını formalaşdırmaqdır. Bu məqsədlə müəllim və tələbələrin İKT savadlılığı, texnologiyalardan istifadənin səviyyəsi və məqsədi xüsusi

əhəmiyyət kəsb edir.

İKT-dən istifadənin səviyyələri:

İKT-dən istifadə təlim prosesində fərqli səviyyələrdə həyata keçirilə bilər. Bu səviyyələr pedaqoji məqsədlərə, təlimin mərhələsinə və müəllimin texnoloji hazırlıq səviyyəsinə əsaslanır. Aşağıda ən çox qəbul edilən beş əsas səviyyə göstərilmişdir:

İKT səviyyələri tələbələrin öyrənmə fəaliyyətlərində İKT-dən istifadə edib- etmədiyini yoxlayır. Daha güclü fəaliyyətlərdə İKT-dən istifadə bilik formalaşmasını dəstəkləyir. Ən güclü fəaliyyətlərdə tələbələr biliyə əsaslanan məhsulların dizaynı üçün İKT-dən istifadə edirlər.

Öyrənmə üçün İKT səviyyələri bu istiqamətin mühüm ideyalarını əhatə edir və tələbələrin İKT bacarıqlarını inkişaf etdirmək üçün fəaliyyətlərin layihələndirilməsi zamanı faydalı çərçivə rolunu oynayır. Öyrənmək üçün İKT səviyyələri (birdən beşə qədər) bunlardır:

1. Tələbələrin bu öyrənmə fəaliyyəti üçün İKT-dən istifadə etmək imkanı yoxdur.
2. Tələbələr İKT-dən əsas bacarıqları tətbiq etməyi və ya məlumatı təkrar istehsal etməyi öyrənmək üçün istifadə edirlər. Bilik formalaşdırmırlar.
3. Tələbələr bilik formalaşmasını dəstəkləmək üçün İKT-dən istifadə edirlər, lakin onlar İKT-dən istifadə etmədən eyni bilgiyi formalaşdırmağa bilərdilər.
4. Tələbələr bilik formalaşmasını dəstəkləmək üçün İKT-dən istifadə edirlər. Bu biliklərin formalaşması üçün İKT tələb olunur, lakin tələbələr real istifadəçilər üçün İKT məhsulu yaratmırlar.
5. Tələbələr bilik formalaşmasını dəstəkləmək üçün İKT-dən istifadə edirlər. Bu biliklərin formalaşması üçün İKT tələb olunur. Tələbələr real istifadəçilər üçün İKT məhsulu yaradırlar.

Öyrənmə üçün İKT-dən istifadə edən fəaliyyətləri tərtib edərkən pedaqoqların cavab verməli olduğu 4 sualı ortaya qoyur:

1. *Tələbələrin İKT-dən istifadə etmək imkanı varmı?*
2. *İKT-dən istifadə tələbələrin biliklərinin formalaşmasına kömək edirmi?*
3. *Bu biliklərin formalaşması üçün İKT tələb olunurmu?*
4. *Tələbələr İKT məhsulunun dizaynerlərindədir?*

1. İKT-dən istifadə imkanının olmaması səviyyəsi:

Tələbələrin İKT-dən istifadə etmək imkanı varmı?

Bu səviyyədə tələbələrin öyrənmə fəaliyyəti üçün İKT-dən istifadə etmək imkanı yoxdur. Tələbələrin hər hansı bir işi tamamlamaq üçün İKT-dən istifadə etmək ehtiyacı yaranarsa, fəaliyyət onlara İKT-dən istifadə imkanı verir. İKT-dən istifadə tələbələrin öyrənmə fəaliyyətinin hamısını və ya bir hissəsini tamamlamaq üçün birbaşa İKT-dən istifadə etdikdə baş verir. Tələbələr İKT-dən istifadəyə nəzarəti özləri etməlidirlər.

Öyrənmədə İKT tələbələrə mürəkkəb fikirləri çatdırmaq üçün güclü bir vasitə olsa da, tələbələrin İKT-dən istifadəsinə yönəlmiş bu cəhətin əhəmiyyəti yoxdur.

Xüsusiyyətlər: Dərs prosesi tamamilə ənənəvi üsullarla aparılır.

Məlumat mənbələri məhduddur və əsasən müəllimin izahı ilə məhdudlaşır.

Tələbələr passiv qəbulçudurlar.

Nəticə: Bu səviyyədə İKT-nin olmaması öyrənmənin məhdud və bir istiqamətli olmasına gətirib çıxarır, tələbələrdə müstəqil axtarış və tənqidi düşünmə bacarıqları inkişaf etmir.

Numunə: Tələbələr pedaqoqun çap etdiyi iş vərəqlərindən istifadə edərək informatika öyrənmə fəaliyyətini tamamlayırlar.

2. İKT-dən əsas bacarıqları tətbiq etmək üçün istifadə səviyyəsi:

İKT-dən istifadə tələbələrin bilik formalaşmasına kömək edirmi?

Bu səviyyədə tələbələr İKT-dən yalnız məlumatı axtarmaq, təqdim etmək və ya təkrar istehsal etmək məqsədilə istifadə edirlər.

Bilik formalaşması Tələbələr üçün yeni olan ideya və anlayışlar aşağıdakı yollarla etdikdə baş verir:

- ☐ **Şərh**
- ☐ **Təhlil**
- ☐ **Sintez**

□ **Qiymətləndirmə**

Tələbələrin İKT-dən istifadəsi birbaşa və ya dolayı yolla biliklərin formalaşmasına kömək edə bilər. Məsələn:

-Tələbələr elmi məlumatları **təhlil** etmək üçün kompüterdən istifadə etdikdə, İKT bilavasitə bilik formalaşmasını dəstəkləyir.

-Tələbələr Twitter-də cari hadisələrlə bağlı terminləri axtardıqda və sonra insanların cavablarını oflayn rejimdə **təhlil** etdikdə, İKT dolayı yolla bilik formalaşmasını dəstəkləyir. Twitter-də tapdıqları məlumatlar onların təhlilini dəstəkləyir, buna görə də İKT-dən istifadə bilik formalaşmasını dəstəkləyir.

İKT ilə dəstəklənən biliklərin formalaşması fəaliyyətin öyrənmə məqsədlərinə yönəldilməlidir. İKT-dən istifadə etməyi öyrənmək tələblərə cavab vermir. Məsələn, Tələbələr tarix dərsi üçün təqdimat hazırlayarkən PowerPoint haqqında öyrənmə bilirlər. Bununla belə, bilik formalaşmasını dəstəkləmək üçün PowerPoint-dən istifadə Tələbələrə tarixi fikirlərin şərhini, təhlilini, sintezini və ya qiymətləndirilməsini dərinləşdirməyə kömək etməlidir.

Öyrənmə məqsədləri ilə bağlı internet resurslarının qiymətləndirilməsi də bilik formalaşması hesab edilir. Fəaliyyətlər tələblərə biliklə dəstəklənən bilik strukturunun passiv istehlakçıları deyil, ağıllı, etik internet istifadəçiləri olmağa kömək etmək üçün nəzərdə tutulub. Məsələn, tələbələr hansı məlumatlara etibar edəcəklərini seçməzdən əvvəl mövzu ilə bağlı bir neçə mənbə tapa və onların etibarlılığını qiymətləndirə bilirlər.

Xüsusiyyətlər: Tələbələr kompüter və ya internetdən məlumat toplamaq üçün yararlanır, lakin yeni bilik formalaşdırmır.

İKT yalnız texniki vasitə kimi qəbul edilir.

Tələbələrin fəaliyyəti reproduktiv xarakter daşıyır.

Nəticə: Bilik formalaşmır, yalnız mövcud məlumatlar təkrar istehsal olunur. Bu səviyyə İKT ilə ilkin tanışlıq mərhələsidir.

Numunə: Tələbələr prosesi araşdırmaq üçün proqram simulyasiyasından istifadə edərək hüceyrə replikasiyasını (təkrarlanmasını) **öyrənirlər**.

3. İKT-nin bilik formalaşmasını dəstəklədiyi, lakin zəruri olmadığı səviyyə:

Bu biliklərin formalaşması üçün İKT tələb olunurmu?

Bu mərhələdə tələbələr İKT-dən bilik formalaşmasını dəstəkləmək üçün istifadə edirlər, lakin bu bilikləri İKT-siz də əldə edə bilirlər.

Tələbələr İKT olmadan bilik formalaşmasını tələb edən bir çox işi yerinə yetirə bilirlər. Məsələn, Tələbələr müxtəlif qida rasionuna malik müxtəlif quş növlərinin dimdiyi haqqında məlumat tapa və dimdik növlərini təsnif edə bilirlər. Tələbələr bu fəaliyyət üçün internetdən istifadə edirlərsə, onlar bilik formalaşdırırlar. Lakin onlar İKT-dən istifadə etmək məcburiyyətində deyillər. Onlar kitabxanada çap olunmuş kitablardan istifadə etməklə İKT olmadan da eyni öyrənmə məqsədlərinə nail ola bilirlər.

Xüsusiyyətlər: İKT öyrənmə prosesini asanlaşdırır, vizuallaşdırma və interaktivlik yaradır.

Tələbələr informasiya mənbələrini təhlil edir və müqayisə aparırlar.

Öyrənmə fəaliyyəti daha fəal və maraqlı olur.

Nəticə: İKT öyrənməni səmərəli edir, lakin onun tətbiqi bilik formalaşmasının yeganə yolu deyil.

Numunə: Tələbələr Esseni kompüterdə yazmaq üçün Microsoft Word proqramından istifadə edirlər.

4.İKT bilik formalaşması üçün tələb olunan səviyyə:

Bu biliklərin formalaşması üçün İKT tələb olunurmu?

Bu səviyyədə biliklərin formalaşması birbaşa İKT-nin istifadəsini tələb edir, lakin tələbələr hələ real istifadəçilər üçün məhsul yaratmırlar.

Tələbələr İKT-dən istifadə etmədən qeyri-mümkün və ya praktiki olmayan bilik formalaşması fəaliyyətini tamamladıqda biliklərin formalaşması üçün İKT tələb olunur. Məsələn, Tələbələr iki həftə ərzində başqa ölkədəki həmyaşıdları ilə əlaqə saxlaya bilər ki, bu yaxınlarda baş vermiş

quraqlığın onların cəmiyyətlərinə təsirini araşdırırlar. Bu qısa zamanda məktubları poçtla göndərmək qeyri-mümkün olardı. Bu halda e-poçt tələbələrə İKT olmadan edə bilməyəcəklər! Məlumatları konfigurasiya etməyə imkan verir. Buna görə də bu məlumatı yaratmaq üçün e-poçtdan istifadə etmək lazımdır.

Xüsusiyyətlər: İKT öyrənmə prosesinin əsas vasitəsinə çevrilir.

Virtual laboratoriyalar, simulyasiyalar, rəqəmsal təcrübələr tətbiq olunur.

Tələbələr məlumatı analiz edir, nəticə çıxarır və bilikləri yenidən qururlar.

Nəticə: Öyrənmə fəaliyyətinin əsas hissəsi İKT üzərində qurulur. Bu mərhələdə Tələbələr artıq istehsalçı düşüncəsinə keçid edirlər.

Numunə: Tələbələr ulduzların necə əmələ gəldiyini **araşdırmaq** üçün kompüter əsaslı simulyasiyadan istifadə edirlər.

5.İKT vasitəsilə bilik formalaşdırılması və real məhsul yaradılması səviyyəsi:

Tələbələr İKT məhsulunun dizaynerləridirmi?

Ən yüksək mərhələ hesab olunur. Bu mərhələdə Tələbələr bilik formalaşmasını dəstəkləmək üçün İKT-dən istifadə edirlər və real istifadəçilər üçün İKT məhsulu yaradırlar.

Tələbələr başqalarının istifadə edə biləcəyi İKT məhsullarını yaratdıqda İKT məhsullarının dizaynerləri olurlar. Məsələn, onlar podcast yazıb internetdə yerləşdirirlərsə, İKT məhsulu hazırlayırlar. Məhsul öyrənmə fəaliyyətindən kənarda qalır və kənar auditoriya ondan istifadə edə bilər.

Tələbələr dizayner kimi çıxış etdikdə, İKT onların real dünya problemlərinin həllini və innovasiyalarını dəstəkləyir. Tələbələrin diqqətində informasiyaya ehtiyacı olan cəmiyyət və ya konsepsiya üzərində işləyən kiçik uşaqlar kimi unikal hədəf auditoriyası olmalıdır. Tələbələr dizaynda bu hədəf auditoriyanın ehtiyac və üstünlüklərinə diqqət yetirməlidirlər. İdeal olaraq (mütləq deyil) hədəf auditoriya məhsuldan istifadə edəcəkdir. Müəyyən bir hədəf auditoriyasını nəzərə almadan məhsul yaradan Tələbələr dizayner kimi qəbul olunmur.

Xüsusiyyətlər: Tələbələr layihə və tədqiqatlar həyata keçirir.

Nəticədə yeni məhsul (vəb-səhifə, tətbiq, təqdimat, video dərs və s.) yaranır.

İKT yalnız vasitə deyil, öyrənmənin məqsədinə çevrilir.

Nəticə: Bu səviyyə yaradıcılığa, əməkdaşlığa və bilik istehsalına əsaslanır. Tələbələr bilik istehlakçısından bilik yaradıcısına çevrilirlər.

Numunə: Tələbələr yerli qida istehsalçılarını **araşdırmaq** və onlarla ünsiyyət qurmaq üçün internetdən istifadə etdikdən sonra cəmiyyətdəki ailələrə yeməklərini alarkən daha çox yerli seçim etməkdə kömək etmək üçün **proqram hazırlayırlar**.

Nəticə

Təlim prosesində İKT-dən istifadənin səviyyələri təhsil sisteminin keyfiyyət göstəricilərindən biridir. Hər bir səviyyə öyrənənlərin fəallıq dərəcəsini, müəllimin rəhbərlik rolunu və təlim mühitinin interaktivliyini müəyyənləşdirir.

Aparılan təhlil göstərir ki, İKT-nin tədris prosesinə inteqrasiyası təkcə texniki imkanların yaradılması ilə məhdudlaşmamalıdır. Əsas məqsəd İKT-nin öyrənmə məqsədlərinə uyğunlaşdırılması, bilik formalaşmasının fəallaşdırılması və öyrənənlərin yaradıcı fəaliyyətə cəlb olunmasıdır.

Aşağı səviyyələrdə İKT yalnız texniki vasitə funksiyasını daşıyır və öyrənənlər passiv roldadır.

Orta səviyyələrdə İKT-nin tətbiqi öyrənməni asanlaşdırır, ancaq bilik istehsalına yönəlmir.

Yüksək səviyyələrdə isə öyrənənlər İKT-nin köməyi ilə bilik istehsalçısına çevrilir, layihələr hazırlayır və real problemlərin həllinə töhfə verir.

Bu səbəbdən pedaqoji yanaşma tədricən “müəllim yönümlü” modeldən “öyrənən yönümlü” modelə keçməlidir. Müəllimlər yalnız texnologiyanın istifadəsini deyil, onun təlim məqsədlərinə uyğun inteqrasiyasını, kreativ öyrənmə mühitinin yaradılmasını və rəqəmsal savadlılığın inkişafını

təmin etməlidirlər.

Beləliklə, İKT-dən istifadənin səviyyələrinin sistemli şəkildə yüksəldilməsi tədrisin keyfiyyətini artırmaqla yanaşı, öyrənənləri müstəqil, yaradıcı və rəqəmsal düşüncəyə malik fərdlərə çevirir.

Əvəzetmə səviyyəsi (Substitution)

Bu mərhələdə İKT ənənəvi tədris vasitələrinin sadəcə əvəzləyicisi kimi çıxış edir.

Nümunə: Müəllim dərsi lövhə əvəzinə PowerPoint təqdimatı ilə izah edir və ya tələbələr yazılı tapşırığı elektron formada təqdim edirlər.

Bu səviyyədə İKT-nin əsas rolu informasiyanın çatdırılmasını asanlaşdırmaqdır, lakin öyrənmə prosesinin mahiyyətini dəyişmir.

1. İnkişaf və inteqrasiya səviyyəsi (Augmentation & Modification)

Bu mərhələdə İKT artıq sadəcə vasitə deyil, öyrənmənin keyfiyyətini artıran interaktiv alətə çevrilir.

Nümunə: Müəllim rəqəmsal testlər, simulyasiyalar, tədris platformaları (məsələn, Google Classroom, Kahoot, Moodle) vasitəsilə tələbələrin aktivliyini artırır.

Bu səviyyə tələbələrin əməkdaşlıq və yaradıcılıq bacarıqlarını inkişaf etdirməyə kömək edir.

2. Transformasiya səviyyəsi (Redefinition)

Ən yüksək səviyyə hesab olunur. Bu mərhələdə İKT vasitəsilə yeni təlim formaları və metodları yaradılır.

Nümunə: Tələbələr süni intellekt, virtual realıq (VR) və ya onlayn əməkdaşlıq platformaları vasitəsilə layihələr hazırlayır, beynəlxalq komandalarda birgə işləyirlər.

Bu mərhələdə öyrənmə sərhədləri genişlənir və tələbələr bilik istehsalçısına çevrilir.

Müəllimin rolu və İKT kompetensiyası

Müəllimin texnoloji, pedaqoji və məzmun kompetensiyalarının vəhdəti İKT-nin təlimdə səmərəli istifadəsini müəyyən edir. Müasir müəllim yalnız texnologiyadan istifadə edən deyil, onu məqsədyönlü şəkildə tətbiq edən, təlim məqsədlərinə uyğunlaşdıran şəxs olmalıdır.

Nəticə

Təlim prosesində İKT-dən istifadənin səviyyələri müəllim və tələbənin rəqəmsal savadlılığından, tədris məqsədlərindən və infrastruktur imkanlarından asılıdır. Yüksək səviyyəli İKT inteqrasiyası təhsilin keyfiyyətini artırır, öyrənməni daha interaktiv və yaradıcı edir. Buna görə də pedaqoji kadrların texnoloji bacarıqlarının davamlı inkişafı zəruridir.

ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi. "Təhsildə İKT-nin tətbiqi üzrə strategiya", Bakı, 2022.
2. Mishra, P. & Koehler, M.J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. Teachers College Record.
3. Puentedura, R. (2014). SAMR Model: A framework for integrating technology into teaching.
4. UNESCO (2021). ICT Competency Framework for Teachers.
5. Əliyeva S. (2023). "Rəqəmsal təhsilin imkanları və problemləri". Təhsil və İnnovasiya Jurnalı, №2.

УДК 691.42:665.6

ҚҰРЫЛЫС МАТЕРИАЛДАРЫН ӨНДІРУДЕ БҰРҒЫЛАУ ШЛАМДАРЫН ҚОЛДАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

ӨМІРЗАҚ МАҚСАТ РАЗАХҰЛЫ

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәулет-құрылыс факультеті
магистранты

Ғылыми жетекші-техн.ғылым.канд., доцент **КАЛИЕВА Ж.Е.**
Астана, Қазақстан

Аннотация: Жұмыстың мақсаты мұнай өндіру өнеркәсібінің техногендік қалдығы – бұрғылау шламын құрылыс материалдарын өндіруде қолдану перспективаларын зерттеу. Жұмыста бұрғылау шламының қоршаған ортаға теріс әсері көрсетілген. Құрылыс материалдарын өндіруде бұрғылау шламын пайдаланудың мүмкін бағыттары қарастырылған. Әр түрлі функционалдық мақсаттағы құрылыс материалдарында бұрғылау шламын қолдану мүмкіндігі туралы отандық және шетелдік жарияланымдарға әдеби шолу жасалды. Бұрғылау шламдарын пайдаланудың келесі бағыттары келешегі зор екені атап өтілді: асфальтбетон қоспаларындағы минералды ұнтақ ретінде; керамикалық бұйымдарды өндіруде жұқартқыш және күйдіргіш қоспалар ретінде; портландцемент негізіндегі композициялық материалға қоспа ретінде. Ең ұтымдысы керамикалық кірпіш өндіруде бұрғылау шламын қоспа ретінде пайдалану.

Тірек сөздер: бұрғылау шламы, құрылыс материалдары, керамика, асфальтбетон, композициялық материалдар.

Қазіргі әлемде пайдалы қазбалардың айтарлықтай үлесі мұнай мен газ өндіруге келеді. Бүгінде белгілі бір аумақтарда жыл сайын 560 млн тоннадан астам мұнай және 740 млн тонна газ өндіріледі [1]. Өз кезегінде, РФ-дағы Пермь өлкесі ең ірі мұнай өндіретін аймақтардың бірі болып табылады және жылдық өндіріс көлемі шамамен 15 млн тоннаны құрайтын және жылына 54%-ға өсетін көмірсутектерді өндіруші қуаты бар [2].

Мұнай өндіруге бағытталған қызмет, кен орнын барлау кезеңінен бастап дайын өнім алу үшін оны қайта өңдеу сәтіне дейін, қоршаған ортаға айтарлықтай әсер етеді.

Мұнай және газ ұңғымаларын дайындау, бұрғылау және жөндеу кезінде көп тонналы қалдықтар бұрғылау шламдары және пайдаланылған бұрғылау ерітінділері түрінде түзіледі, олар қоршаған ортаға теріс әсерінен міндетті түрде утилизациялауды талап етеді. Жыл сайын тек Пермь өлкесінің аумағында көмірсутектерді өндіруден шамамен 140 мың тонна қалдық түзіледі, оның 100 мың тоннасы бұрғылау қалдықтарына келеді. Алайда, бұрғылау шламдарын утилизациялау және қайта өңдеу үшін айтарлықтай капиталдық салымдар қажет. Сондықтан, нақты жағдайда шламдар ондаған жылдар бойы ашық үйінділерде жиналып, ауаға, жер асты суларына, топыраққа және жалпы жергілікті биоценозға теріс әсер етеді. Бұрғылау шламы атмосфералық жауын-шашынмен ұзақ уақыт байланыста болған кезде, олар беткі және жер асты суларына улы заттардың көшуімен сулы ерітінділерге ауысады. Бүгінгі таңда осы өнімді утилизациялау және залалсыздандырудың тиімді, ұтымды тәсілі әлі әзірленбеген.

Бұрғылау шламының қатты бөлігі ұңғыма түбі мен қабырғаларының тау жыныстарының бұзылу өнімдерінен, бұрғылау снарядының үйкелу өнімдерінен және сазды минералдардан тұратын сулы суспензия. Бұрғылау шламдарының құрамына мыналар кіреді: саз, карбонатты тау жыныстары (эк тас, доломит, магнезит, сидерит), баритті, темірлі, қорғасынды бөлшектер, бейорганикалық реагенттер (каустикалық сода, кальцийленген сода, эк, хлорлы кальций және калий, гипс, тұздар), органикалық реагенттер (нитролигнин, оксил, сульфиспирт бардасы, карбоксиметилцеллюлоза, көмір-сілтілік реагент, крахмал, беттік-

белсенді заттар, жағармай материалдары) және басқа да заттар [3].

Бұрғылау шламының әртүрлі өнеркәсіп салаларында қолданылуын шектейтін басты мәселе — оның заттық, минералдық және химиялық құрамының тек кен орнына ғана емес, сонымен қатар ұңғыманың бүкіл биіктігі бойынша тұрақсыздығы. Құрамның өзгеруі бұрғылау технологиясына және процестің технологиялық параметрлеріне (температура, қысым), химиялық табиғаты әртүрлі флюидтер (газ, мұнай, қабаттық су) бар қабаттарды ашуға, бұрғыланатын жыныстардың әр түрлі минералогиялық құрамына байланысты. Дегенмен, заттық және минералогиялық құрамы ұңғымалар орналасқан жыныстарға тікелей тәуелді болады.

Бұрғылау шламдарының химиялық-минералогиялық құрамын анықтау нәтижелері кестеде көрсетілген[4].

Кесте 1

Бұрғылау шламдарының химиялық-минералогиялық құрамын анықтау нәтижелері

Құрамдас компоненттер	Мазмұны, %
Су (ылғалдылық)	18,74
Мұнай өнімдері (органика)	7,56
Магний гидрокарбонаты ($Mg(HCO_3)_2$)	0,04
Кальций хлориді ($CaCl_2$)	0,81
Магний хлориді ($MgCl_2$)	58,97
Саз	1,02
Натрий сульфаты (Na_2SO_4)	12,86

Бұрғылау шламының химиялық-минералогиялық құрамын талдай отырып, олардың жалпы құрылыс және арнайы мақсаттағы құрылыс материалдарының кең тізімін өндіруде қолдануға арналған жоғары әлеуетін және жарамдылығын атап өтуге болады. Бұрғылау шламдарының құрылыс материалдарын өндірудегі жарамдылығы олардың дисперстігімен және құрамымен ғана емес, сонымен қатар шөгінділерден қосымша түзетуді талап етпейтін дайын жоғары гомогенді шикізат қоспасын алу мүмкіндігімен де түсіндіріледі [5].

Отандық және шетелдік ғалымдардың көптеген зерттеулерінде бұрғылау шламдарын әртүрлі композициялық құрылыс материалдарының негізгі, сондай-ақ модификациялаушы компоненті ретінде пайдаланудың тиімділігі расталады.

Зиянсыздандырылған бұрғылау шламын келесідей құрылыс материалдарын өндіруде қолдануға болады: керамикалық кірпіш, керамзит, цементті байланыстырғыш негізіндегі композициялық материалдар, бетон және ерітінді қоспаларына арналған қоспалар және т.б.

Пермь ғылыми-зерттеу политехникалық университетінің ғалымдары бұрғылау шламын жол құрылыс материалдарының құрамында қолдану мүмкіндігіне талдау жасады [6]. Зерттеу үшін ХМАО, Орынбор облысы және Ямал-Ненец автономиялы округінің кен орындарынан алынған бұрғылау шламының үлгілері пайдаланылды. Зерттеу нәтижелері бойынша, бұрғылау шламын 4% мөлшерінде қолдану қазіргі нормативтік-техникалық құжаттама талаптарына сәйкес келетін асфальтбетондар алуға мүмкіндік беретіні анықталды. Сондай-ақ, бұрғылау шламын автокөлік жолдарының жағалауларын және жиектерін нығайту үшін қолданылатын цементті топырақтарды дайындауға 75%-ға дейін мөлшерде пайдаланудың тиімділігі дәлелденді. Ғалымдардың зерттеулерінде бұрғылау шламын портландцементке қоспа ретінде қосудың оң әсері де анықталды.

Г.Г. Яғафарова, Ю.Г. Матвеев, Ф.А. Ағзамов, В.Р. Рахматуллин, Д.В. Рахматуллин бастаған Уфа мемлекеттік мұнай-техникалық университетінің ғалымдары Орынбор кен орнының қапсулаланған бұрғылау шламын портландцементке 10%-ға дейін қоспа ретінде пайдалана отырып, бұрғылау шламы қосылмаған цемент тасына қарағанда қысуға беріктігі орта есеппен 15-35%-ға жоғары цемент тасын алды [7].

Бұрғылау шламдарын қолданудың ең перспективті бағыты керамикалық бұйымдар

өнеркәсібі, атап айтқанда, керамикалық кірпіш өндірісі, бұрғылау шламын шикі кірпішті кептіру кезінде жұқартқыш қоспа ретінде қолдану кептіру уақытын қысқартуға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, бұрғылау шламының жану қабілеті жоғары болғандықтан, оны күйетін қоспа ретінде, сонымен қатар кірпіш, тақтайша, черепица сияқты керамикалық материалдарды алу үшін байланыстырғыш ретінде пайдалану тиімді. В.З. Абдрахимов пен Е.С. Абдрахимованың [8] зерттеулерінде бұрғылау шламын 30%-ға дейінгі мөлшерде жұқартқыш және жанатын қоспа ретінде қосу процеске оң әсер ететіні және шихтаға қосылатын көмірді алмастыруға мүмкіндік беретіні көрсетілген. Сонымен қатар, ол күйдірілетін материалдың ішінде тотықсыздандырғыш орта жасайды, керамикалық бұйымдардың кеуектілігін арттырып қана қоймай, керамикалық күйдірімнің біркелкі пісіп-жетілуіне де ықпал етеді.

Бузулук гуманитарлық-технологиялық институтының ғалымдары В.В. Дубинецкий, В.А. Гурьева, К.М. Вдовин, А.В. Дорошин де бұрғылау шламын жұқартқыш қоспа ретінде қосу бойынша осындай зерттеу жүргізді [9]. Жұқартқыш ретінде Башкир горизонтынан (2100-2200 м) және Пашийск горизонтынан (3700-3850 м) алынған бұрғылау шламы қолданылған. Шлам негізгі өнімге жалпы саз салмағының 10%-ы мөлшерінде қосылып, кейіннен 1000°C температурада 4 сағат бойы біртіндеп көтеріліп, ең жоғары температурада кемінде 1,5 сағат күйдірілген. Нәтижесінде, М100 маркасынан жоғары кірпіш үлгісі алынған. Алайда, бұрғылау шламын тек жұқартқыш қоспа ретінде ғана емес, сонымен қатар байланыстырғыш ретінде де қолдануға болады. Мысалы, В.В. Дубинецкийдің зерттеулерінде [4] үш компонентті шихтаға бұрғылау шламын 30%-ға дейін қосқанда, нормативтік құжаттама талаптарына сай сапалы номенклатуралық өнімдерді (кірпіш, тақтайша, черепица) алуға болатыны көрсетілген.

Орынбор университетінің ғалымдары В.А. Гурьева, Н.В. Бутримова, А.В. Дорошин, В.В. Дубинецкий, К.М. Вдовин де осыған ұқсас зерттеулер жүргізіп, шламды 50%-ға дейін қосу мемлекеттік стандарттарға сәйкес сапалы өнім алуға мүмкіндік беретіні туралы нәтижелер алды [9]. 2-кестеде құрамында бұрғылау шламдарын қолдану ең орынды (рациональді) болып табылатын негізгі құрылыс материалдары көрсетілген.

Кесте 2

Құрылыс материалдары мен бұйымдары өнеркәсібінде бұрғылау шламдарын қолданудың ықтимал бағыттары.

Материалдың атауы	Қолдану саласы
Асфальтобетон	Негіздерді нығайту
Керамикалық кірпіш	Беттік, қатардағы
Портландцемент негізіндегі композициялық материал	Берік цемент тасы
Цементогрунты	Автомобиль жолдарының еңістері мен жиектерін нығайту үшін
Черепица	
Бұрғылау шламы, пайдаланылған технологиялық ерітінді және ағынды бұрғылау сулары минералды қоспалармен араластырылады	Құбыр алаңдарын, ұңғымаларды және кәсіпшілік ішіндегі жолдарды жабдықтау
Шлакоблоктар	
Жиек плиталары, тротуар плитки	Жолдарды, соқпақтарды төсеу, жиектерді (бордюрлерді, паребриктерді) дайындау

Осылайша, әртүрлі функционалды мақсаттағы құрылыс материалдары мен

бұйымдарын өндіруде бұрғылау шламдарын пайдалану мүмкіндігін бағалау бойынша әдеби деректерді талдау мұнай өндіру өнеркәсібінің техногендік қалдықтарының осы түрін қайта өңдеу көлемін ұлғайтудың орынды екенін көрсетеді, бұл қайта қалпына келмейтін минералды және энергетикалық ресурстардың қорын жасап қана қоймай, сонымен қатар қоршаған ортаға түсетін экологиялық ауыртпалықты да азайтады.

Бұрғылау шламын утилизациялаудың ең перспективті бағыттарының бірі – керамика өндірісі болып табылады. Бұл, ең алдымен, көптеген кен орындарынан алынатын бұрғылау шламдарының заттық және дисперстік құрамымен байланысты.

Шламдарды пайдалана отырып жасалған құрылыс материалдары қолданыстағы нормативтік-техникалық құжаттама талаптарына сай келіп қана қоймай, сонымен бірге, бұл әсіресе өзекті, өзіндік құны төмен болады. Бұл осындай өнімдерді қазіргі заманғы құрылыс нарығында бәсекеге қабілетті етеді.

БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ

1. OpenMP: сайт. – URL: <https://life.ru/p/1259631> (дата обращения: 14.03.2020).
2. OpenMP: сайт. – URL: <https://newizv.ru/news/economy/09-01-2018/zapasov-nefti-vpermskom-krae-hvatit-esche-kak-minimum-na-30-let> (дата обращения: 14.03.2020).
3. OpenMP: сайт. – URL: https://studwood.ru/1159075/ekologiya/himicheskiy_sostav_burovogo_shlama_neblagopriyatny_e_fizicheskie_svoystva (дата обращения: 15.03.2020).
4. Дубинецкий В.В. Буровой шлам как источник сырья для производства строительной керамики пластического формования // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №4. – С. 97.
5. Баширов В.В. и др. Техника и технология поэтапного удаления и переработки амбарных шламов. – М.: Высшая школа, 1992. – 120 с.
6. Использование отходов бурения в составе дорожно-строительных материалов / А.С. Власов, К.Г. Пугин, К.Ю. Тюрюханов, И.С. Глушанкова, Л.В. Рудакова // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2019. – №3(30). – С. 510-521.
7. Применение утилизированного бурового шлама в качестве добавки к портландцементу / Г.Г. Ягафарова, Ю.Г. Матвеев, Ф.А. Агзамов, В.Р. Рахматуллин, Д.В. Рахматуллин // Нефтегазовое дело. – 2011. – Т. 9. – №4. – С. 37-39.
8. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Инновационные направления по использованию бурового шлама в производстве керамических материалов на основе межсланцевой глины - перспективное направление для «зеленой» экономики // Экология и промышленность России. – 2017. – Т. 21. – №3. – С. 26-31.
9. Эколого-экономический эффект применения нефтешламов при производстве керамического кирпича / В.А. Гурьева, Н.В. Бутримова, А.В. Дорошин, В.В. Дубинецкий, К.М. Вдовин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – Вып. 11-4(53). – С. 50-53.

МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ

АБУБАКИР АЛМАТ МҰРАТҰЛЫ

МҰРАТ ЖАНЕЛЬ МАРАТҚЫЗЫ

ӘЛДІБАЙ МӘДИ САЯТҰЛЫ

МУХАМБЕТОВА АКБОТА БАУРЖАНКЫЗЫ

студенты Алматинского технологического университета,
Алматы, Казахстан

Научный руководитель – НУКЕНОВА С.А.

сеньор-лектор Алматинского технологического университета,
Алматы, Казахстан

Аннотация: В статье рассмотрены методы производства молочных продуктов с добавлением сывороточных белков, такие как ультрафильтрация и использование белков в качестве функциональных ингредиентов для улучшения пищевой ценности, текстуры и сроков хранения. Отмечены преимущества использования этих белков для улучшения пищевой ценности продуктов, их текстуры, а также продления сроков хранения. Основное внимание уделено применению сывороточных белков в детских, спортивных и функциональных продуктах, благодаря их высокому содержанию незаменимых аминокислот и другим биологически активным компонентам. Помимо этого, в работе также уделено внимание экономическим и экологическим выгодам использования сывороточных белков в молочной промышленности, включая снижение себестоимости за счет рационального использования побочных продуктов производства молока. Статья также предлагает решения для дальнейшего расширения применения сывороточных белков, в том числе через совершенствование технологий ультрафильтрации и термообработки для обеспечения сохранения их ценных свойств. **Ключевые слова:** сывороточные белки, молочные продукты, ультрафильтрация, функциональные продукты, экономическая эффективность, текстура, срок хранения.

Ключевые слова: сывороточные белки, молочные продукты, ультрафильтрация, функциональные продукты, экономическая эффективность, текстура.

Введение

Производство молочных продуктов с добавлением сывороточных белков является одной из актуальных тенденций в пищевой промышленности. В условиях растущего спроса на продукты с улучшенными питательными характеристиками использование сывороточных белков становится эффективным решением для обогащения рациона потребителей биологически активными компонентами. Сывороточные белки обладают высокой пищевой ценностью, включая полный спектр незаменимых аминокислот, что делает их особенно востребованными в производстве детских и лечебных продуктов, а также спортивного питания.

Важным аспектом является их способность улучшать текстуру и стабильность продуктов, что позволяет продлить сроки хранения без ухудшения качества. Актуальность данной темы также обусловлена необходимостью рационального использования сырьевых ресурсов в молочной промышленности. Цель работы заключается в рассмотрении методов производства молочных продуктов с добавлением сывороточных белков. Общетеоретические основы использования сывороточных белков. Использование белковых добавок, как животного, так и растительного происхождения, а также белковых препаратов, способствует улучшению общего химического и аминокислотного состава, нивелирует отклонения в функциональных и технологических характеристиках, и способствует использованию

побочных белковых ресурсов при производстве продуктов питания. Это, в свою очередь, позволяет повысить качество готовой продукции и снизить затраты на ее производство.

Сывороточные белки считаются наиболее ценными с точки зрения пищевой и биологической ценности, что делает их перспективным сырьем для продуктов лечебного и профилактического назначения. Они содержат полный спектр незаменимых аминокислот и по своему аминокислотному составу максимально приближены к идеальному белку, удовлетворяющему физиологические потребности организма. Сывороточные белки по своей ценности превосходят 1 Journal of Agriculture and Environment ▪ № 11 (51) ▪ Ноябрь даже белки яиц. Так, для удовлетворения суточной потребности в незаменимых аминокислотах человеку требуется меньшее количество сывороточного белка, чем молочного или яичного. Аминокислотный состав сывороточных белков наиболее схож с аминокислотами мышечной ткани человека. Кроме того, эти белки отличаются высоким содержанием таких незаменимых аминокислот с разветвленной цепью, как валин, лейцин и изолейцин, что делает их лидерами среди белков животного и растительного происхождения.

Процесс получения концентратов сывороточных белков осуществляется с помощью ультрафильтрации или диализа, что позволяет выделять белки в нативном состоянии, не подвергнутые денатурации. Это существенно повышает их растворимость и биологическую ценность. Среди наиболее распространенных продуктов выделяют концентрат сывороточного белка (КСБ) и растворимый сывороточный белок (РСБ), которые активно используются в производстве детских молочных продуктов. Для обеспечения необходимого содержания сухих обезжиренных веществ в молочную продукцию добавляют сухое или гущенное молоко.

Конечный продукт представляет собой однородную жидкость без осадка, с характерным молочным вкусом и белым цветом, иногда с легким желтоватым оттенком. Белковое молоко выпускается с разным уровнем жирности и характеризуется пониженным содержанием жиров при увеличенном уровне белков, что достигается путем двойной нормализации молочного сырья по жиру и сухим веществам. Концентрат сывороточного протеина занимает ведущее место среди форм сывороточного белка, активно применяемых в спортивном питании. Этот продукт может иметь различное содержание белка, жиров и углеводов, однако наиболее популярным является 80%-ный концентрат, который почти не уступает изолятам по своим полезным свойствам [1]. Однако, несмотря на свои преимущества, сыворотка в сухом виде имеет ограничения в использовании. Её органолептические свойства и физико-химические характеристики могут влиять на технологические процессы, что ограничивает её применение. Особое внимание уделяется процессам деминерализации сыворотки, что позволяет улучшить её качество и расширить области применения.

Деминерализованная сыворотка отличается лучшими органолептическими свойствами и технологическими характеристиками. Её производство стало возможным благодаря использованию методов электродиализа, что позволяет снизить содержание минеральных веществ и кислот, улучшив таким образом свойства продукта. Деминерализованная сыворотка активно используется в производстве детских и специализированных продуктов питания, а также в молочной промышленности. Она обладает высоким качеством, что позволяет использовать её в качестве ингредиента в различных отраслях пищевой индустрии.

Существует также значительный интерес к концентратам и изолятам сывороточных белков, которые находят применение в спортивном питании и продуктах для лечебно-восстановительного питания. Высокое содержание белка в этих продуктах способствует их востребованности в различных секторах пищевой промышленности. Ключевым фактором при выборе сывороточных белков для различных производственных процессов являются их функциональные и технологические свойства. Высокое содержание белка, отличные растворимые и пенообразующие свойства делают эти ингредиенты незаменимыми для создания продуктов с улучшенными технологическими характеристиками и высокими

потребительскими качествами [2]. Технологические аспекты использования сывороточных белков в молочных продуктах Микропартикулированные сывороточные белки (МСБ), благодаря белковому составу и специфической форме частиц, воспринимаются как жиросодержащий продукт, что позволяет имитировать вкусовые характеристики жира в пищевых продуктах. Эти микропартикуляты могут заменять жир, сохраняя кремообразную текстуру, что особенно важно при производстве низкокалорийных продуктов. Частицы размером менее 0,5 мкм используются как источник белка и обладают текстурирующими и эмульгирующими свойствами, однако в жидком виде такие частицы могут создавать ощущение водянистости. Микропартикуляты с размерами от 0,5 до 5 мкм уже могут успешно имитировать молочные сливки, а более крупные частицы от 5 до 10 мкм приобретают меловую текстуру, что делает их подходящими для применения в сыроделии в качестве структурообразователей и имитаторов молочного жира. При размере частиц более 10 мкм их использование ограничено, так как они могут ухудшать органолептические характеристики продуктов, создавая ощущение крупитчатости. МСБ обладают антибактериальными свойствами, обусловленными наличием лактоферрина, и способствуют снижению уровня холестерина в крови. Они также обладают низким гликемическим индексом и улучшают микрофлору кишечника за счет активации бифидо- и лактобактерий. Пищевая ценность МСБ в основном определяется содержанием молочных белков, которые участвуют в регуляции аппетита, стимулируя выработку гормонов, таких как холецистокинин и глюкагоноподобный пептид-1. При производстве мягких и полутвердых сыров также были изучены параметры добавления МСБ. Было установлено, что при повышении температуры пастеризации смеси до 85 °С увеличивается степень использования сухих веществ, а консистенция и вкус продукта остаются на высоком уровне. Однако дальнейшее повышение температуры до 90 °С не дает значительного улучшения показателей и приводит к осаждению белков на поверхности оборудования [3].

В свою очередь, если говорить о производстве молочных продуктов с добавлением сывороточных белков, то данный процесс включает в себя несколько методов, направленных на улучшение пищевой ценности и функциональных характеристик продукции. Сывороточные белки, являющиеся побочным продуктом переработки молока, широко применяются в пищевой промышленности благодаря их высокой биологической ценности и технологическим свойствам.

Первый метод включает процесс ультрафильтрации молочной сыворотки. Ультрафильтрация позволяет извлекать сывороточные белки с высокой степенью очистки, сохраняя их полезные свойства. Данный метод эффективно 2 Journal of Agriculture and Environment ▪ № 11 (51) ▪ Ноябрь применяется для производства йогуртов, сыров и других ферментированных продуктов, где сывороточные белки выступают в роли текстурообразующего агента, улучшают консистенцию и повышают содержание белка в продукте. Второй метод — это использование сывороточных белков в качестве функциональных ингредиентов в процессе стандартизации молока.

Сывороточные белки добавляются к исходному молочному сырью для повышения белковой ценности готового продукта, что особенно актуально для производства детского питания и функциональных продуктов. Стабильность и растворимость сывороточных белков делают их незаменимыми при создании молочных напитков и протеиновых коктейлей. Третий метод — это их добавление на стадии пастеризации и термообработки. Сывороточные белки имеют термостойкость и способны сохранять свою структуру даже при высоких температурах, что делает их подходящими для использования в таких продуктах, как пастеризованные молочные напитки и творожные изделия. Этот метод улучшает органолептические свойства продукции, увеличивает срок ее хранения и позволяет сохранить питательные вещества [4].

Биологическая ценность сывороточных белков в составе молочных продуктов Сывороточные белки играют важную роль в поддержании гомеостаза организма. Их

включение в состав молочных продуктов, особенно детских, имеет высокую значимость. Однако при переработке молока значительная часть этих белков теряет свои функциональные свойства, и в готовых продуктах их содержание снижается до минимальных 3 Journal of Agriculture and Environment ▪ № 11 (51) ▪ Ноябрь уровней. Современные технологии обработки молока, такие как биоэнергетическое воздействие, приводят к разделению его на белково-жировой концентрат (например, сыр и творог) и сыворотку, являющуюся побочным продуктом производства. Молочная сыворотка обладает ценными пищевыми и биологическими характеристиками, включая особые физикохимические свойства и уникальный химический состав. После осаждения казеина из молока остаются сывороточные белки, составляющие около 0,6% от общего объема белков. Эти белки характеризуются высоким уровнем биологической активности и обладают рядом полезных свойств, включая антиоксидантные, ранозаживляющие, иммуномодулирующие и бактериостатические функции.

Высокая пищевая ценность сывороточных белков обусловлена их способностью эмульгировать жиры и удерживать воду, что положительно сказывается на структуре и вкусовых качествах пищевых продуктов. Современные исследования направлены на создание технологий, позволяющих выделять и фракционировать сывороточные белки для использования в функциональных продуктах питания и медицинских препаратах. В коровьем молоке содержится около 13% сухих веществ, включая белки, жиры, лактозу и различные минеральные вещества, при этом содержание общего белка составляет приблизительно 3,2%.

Сывороточные белки молока представляют собой большую и гетерогенную группу белков, остающихся в растворе при определённых условиях кислотности и температуры. Основные из них — это β -лактоглобулин и α -лактальбумин, а также ряд минорных белков, таких как иммуноглобулины, лактоферрин и другие ферменты. Эти белки являются побочными продуктами производства сыра и могут содержать как неповреждённые казеины, так и продукты их расщепления [5]. Химический состав сыворотки варьируется в зависимости от типа основного продукта. Подсырная сыворотка отличается в зависимости от сорта сыра и его жирности, творожная — от метода приготовления творога и его жирности, а казеиновая — от вида вырабатываемого казеина.

Молочная сыворотка представляет собой ценный источник различных компонентов, среди которых ведущая роль принадлежит лактозе, доля которой в сухом веществе составляет 70-75%. В случае творожной сыворотки количество лактозы уменьшается из-за ее превращения в молочную кислоту, что влияет на повышение кислотности. Примерно 6,3-12,4% молочного сахара переходит в молочную сыворотку. Сыворотка характеризуется более высокой диспергированностью молочного жира по сравнению с цельным молоком.

Углеводный состав сыворотки представлен моносахаридами, олигосахаридами и аминсахаридами [6]. В творожной сыворотке содержится от 0,7 до 1,6% глюкозы, что связано с гидролизом лактозы в процессе производства творога. Среди аминсахаров выделяются нейраминавая и сиаловая кислоты, а также кетопентоза. Олигосахариды включают лактозу, лактулозу и другие биологически активные соединения, схожие по структуре с сахарами крови.

Подсырная сыворотка содержит около 50% сухих веществ молока, включая 88-94% молочного сахара, 20-25% белков, 6-12% молочного жира и 59-65% минеральных веществ. Массовая доля азотсодержащих веществ в ней варьируется от 0,5 до 1,1%. Среди белков наиболее значимыми являются β -лактоглобулин, α -лактоальбумин, альбумин сыворотки крови, иммуноглобулины и протеозопептоны. Также в сыворотке обнаруживается полипептид, представляющий собой фрагмент молекулы к-казеина [7]. Молочный жир, присутствующий в сыворотке, образующейся при производстве сычужных сыров, составляет 0,3- 0,6%. Количество минеральных веществ в такой сыворотке несколько ниже по сравнению с молоком, так как часть минеральных элементов переходит в сыр. В сыворотку попадают как жирорастворимые, так и водорастворимые витамины. Продукты,

изготовленные на основе молочной сыворотки, играют важную роль в лечебном и диетическом питании.

Их использование позволяет повысить биологическую ценность рациона благодаря содержанию липотропных и антиоксидантных компонентов, таких как фосфолипиды, холин, лейцин и витамин Е. Эти вещества 4 Journal of Agriculture and Environment ▪ № 11 (51) ▪ Ноябрь помогают минимизировать проявления гиповитаминозов. В связи с этим важно развивать технологии переработки сыворотки для пищевых нужд. В промышленно развитых странах перерабатывается от 70 до 90% молочной сыворотки, однако полное использование данного продукта пока не решено на мировом уровне, в том числе и в нашей стране. Поэтому исследования в области разработки новых продуктов на основе сыворотки продолжают оставаться актуальными [8].

Заключение

Подводя итог, использование сывороточных белков в производстве молочных продуктов открывает значительные перспективы как с технологической, так и с экономической точки зрения. Благодаря своим уникальным свойствам эти белки улучшают консистенцию и пищевую ценность продуктов, одновременно снижая их себестоимость и повышая экологическую устойчивость производственных процессов.

Современные технологии обработки сывороточных белков, такие как ультрафильтрация и диализ, обеспечивают сохранение их биологической активности, что делает их идеальными ингредиентами для специализированных продуктов питания. В дальнейшем исследования, направленные на улучшение методов переработки и интеграции сывороточных белков в производственные процессы, могут способствовать расширению ассортимента молочной продукции и удовлетворению потребностей рынка в высококачественных и полезных продуктах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евдокимов И.А. Состав и свойства микропартикулятов сывороточных белков / И.А. Евдокимов [и др.] // Молочная промышленность. — 2021. — № 4. — С. 40–44.
2. Володин Д.Н. Использование сывороточных ингредиентов в производстве продуктов питания / Д.Н. Володин [и др.] // Молочная промышленность. — 2017. — № 2. — С. 65–67.
3. Технологические аспекты использования микропартикулятов сывороточных белков при производстве молочных продуктов. — URL: <https://mpline.ru/tehnologicheskie-aspekty-ispolzovaniya-mikropartikulyatov-syvorotochnyh-belkov-priproizvodstve-molochnyh-produktov/> (дата обращения: 21.09.2024).
4. Варивода А.А. Использование концентрата сывороточных белков в качестве стабилизатора структуры при производстве продуктов питания / А.А. Варивода // Ползуновский вестник. — 2020. — № 2. — С. 58–62.
5. Витушкина М.А. Сывороточные белки молока и их свойства / М.А. Витушкина, М.А. Дулепова // Вестник науки. — 2020. — Т. 5. — № 8 (29). — С. 51–58.

КОЗЬЕ МОЛОКО В АСПЕКТЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

СЕРІКБОЛҚЫЗЫ ДІЛНАЗ
НИГМЕДЕН БАЯНСҰЛУ КЕНЕСҚЫЗЫ
АБЫЛКАЙЫМ НАРИМАН БАХЫТҰЛЫ
УСАРБАЕВА БАЛНУРА ЭСАНБАЙ КИЗИ

студенты Алматинского технологического университета,
Алматы, Казахстан

Научный руководитель – НУКЕНОВА С.А.
сеньор-лектор Алматинского технологического университета,
Алматы, Казахстан

Аннотация: В статье рассматривается вопрос функционального питания и возможности использования козьего молока.

Ключевые слова: технология, функциональное питание, козье молоко.

Питание может быть разным и имеет своеобразные направления. Одно из них подразумевает решение проблемы улучшения ежедневного питания общества за счет введения в рацион продуктов функционального назначения.

Функциональное питание стало основным путеводителем человека к оптимальному здоровью и благополучию [2, с.402], тем самым не изнашивая желудочно-кишечный тракт, эндокринную систему и положительно влияя на состояние людей. Оно предусматривает современную технологию приготовления продуктов и, наконец, в сочетании с биологически пищевыми добавками является эффективным и компенсирует недостающих или не усвоенных из пищи белков, жиров, ферментов, минералов, микроэлементов и витаминов, необходимых для абсолютного здоровья [3, с.1]. Пища может являться функциональной только в том случае, если положительное влияние продукта на целевые функции организма доказаны на научном или исследовательском уровнях так объясняют термин “Функциональное питание” европейские ученые. [4]

Аспекты функционального питания рассматривают овощи, фрукты, злаки, молочные продукты, рыба и мясо, помимо основного питания, содержащие биоактивные пищевые соединения, которые влияют на организм благоприятно. Например, пребиотики и пробиотики в составе натурального йогурта. [5, с.1099]

Растущее потребление молочных продуктов и других продуктов животноводства приносит огромную пользу значительным слоям населения развивающихся стран в их ежедневный рацион [6, с.5]. Однако, молочные продукты, в частности, имеют более высокий потребительский спрос, чем большинство других продуктов питания, включая морепродукты и мясо. [6, с.20]

Молочные продукты вырабатываются из молока различных сельскохозяйственных животных и положительные свойства козьего молока по сравнению с коровьим молоком, привели к повышению интереса исследователей к рассмотрению козьего молока как объекта функционального питания. Таким образом, использование молока с определенными питательными веществами отдельно или в сочетании с бактериальными штаммами, обладающими пробиотическими свойствами и производящими физиологически активные метаболиты, представляет собой один из технологических вариантов производства новых молочных функциональных напитков. [7, 69–70с.]

Одно из достоинств козьего молока — высокая и легкая переваримость — обусловлена его составом. В нем больше витаминов А, р-каротина, С, В1, В2, РР, кальция, фосфора, магния и кобальта и поэтому козье молоко можно рекомендовать как сырье для детского питания. Также оно обладает уникальными свойствами: гипоаллергенность, образование

мелкодисперсного сгустка, высокая усвояемость жира, большое количество полиненасыщенных жирных кислот. [8]

В наше время особое значение приобрела антиоксидантная активность питания из-за распространенного чрезмерного и неуправляемого окисления компонентов клетки, в первую очередь внутриклеточных мембранных липидов, с чем связывают развитие различных патологий. Это обусловило повышение исследовательской активности в области скрининга и изучения пищевых продуктов, богатых антиоксидантами. Высокая биологическая ценность молока и, в первую очередь козьего, позволяет рассматривать последнее как перспективное альтернативное молочное сырье, которое обязательно должно быть использовано при оптимизации структуры питания при различных физиологических состояниях и заболеваниях, вызывающих повышенную потребность в антиоксидантах, особенно в неблагоприятных экологических условиях сегодняшнего дня [9, с.44–46]. Свежевыдоенное козье молоко, как и молоко других животных, обладает бактерицидными свойствами, содержит биологически активные вещества, которые отсутствуют в коровьем молоке. Благодаря наличию этих соединений козье молоко способно дольше сохранять свежесть, оно не скисает в течение трех дней при комнатной температуре, а при пониженной температуре может храниться больше недели.

По химическому составу козье молоко близко к коровьему, но отличается от него более высоким содержанием белка, жира и кальция. Козье молоко значительно превосходит коровье по количеству витамина А, влияющего на состояние глаз и кожи, содержит больше витамина РР, от которого зависит протекание окислительных процессов в организме. По сравнению с коровьим в козьем молоке в 6 раз больше кобальта, который входит в состав витамина В12, отвечающего за кроветворение и контролирующего обменные процессы. Количество витаминов группы В зависит от метаболизма кишечной флоры в рубце как коз, так и коров, и почти не зависит от кормов. [10]

По сравнению с коровьим или женским молоком, козье молоко, как сообщается, обладает уникальными биологически активными свойствами, такими как отличная щелочность, высокая буферная способность, а также определенные терапевтические ценности в медицине и питании человека. [11, с.33]

Такие химические характеристики козьего молока можно использовать для производства широкого спектра продуктов, в том числе кисломолочных напитков (обезжиренного, обогащенного или ароматизированного) и молока УНТ (сверхвысокой температуры), ферментированных продуктов, таких как сыр или йогурт. Популярность молочных продуктов из козьего молока показала постепенный рост во всем мире из-за тех свойств, которые отличает его от других молочных продуктов и благотворного воздействия на здоровье человека.

В основном продукты из козьего молока получают традиционными методами, не являющимися частью функционального питания. К таким странам можно отнести Испанию, Турцию, страны Ближнего Востока и страны Южной Америки (Чили, Аргентина). К тому же в этих странах большее внимание выделяется кисломолочным продуктам, сделанным из смесей молока разных животных (например, козье и коровье) и сырам. [11, с.41]

Биологические добавки, содержащие *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* и *Streptococcus thermophilus*, успешно используются для ферментации козьего молока во всем мире. В ферментированном козьем молоке, хранящемся при 4°C в течение 10 дней обнаружилась высокая жизнеспособность пробиотических штаммов [7]. Ферментация не только делает молоко более удобоваримым, но также является средством увеличения срока хранения и микробиологической безопасности продуктов. [6]

Производство натурального йогурта из козьего молока растет вместе с динамичным миром и, поэтому йогурт был и остаётся одним из конкурентоспособных кисломолочных продуктов на мировом рынке и рынке страны. Возможно получение пробиотических и пищевых продуктов из козьего молока для использования в лечебно-профилактических

целях, при строгом соблюдении всех норм и благодаря использованию в составе заквасочной композиции болгарской палочки [12, с. 36]. В последние годы производство самодельного йогурта и промышленное производство йогурта хорошо установлено и развивается инновационное получение новых продуктов, что частично объясняет увеличение их потребления людьми. Важные питательные качества йогуртов и, ферментированного молока, их разнообразие и рост новых рынков дают важные перспективы для их развития в мировом масштабе [13].

Культивирование козьего молока по методике, подобной той, которая используется для коровьего, отличается в аспектах органолептических свойств, аминокислотного состава и ароматических компонентов. Исследователи предлагают в качестве улучшения состава йогурта использовать процесс гомогенизации и стабилизаторов, добавить сахар, фрукты, сиропы или сухого обезжиренного молока для улучшения консистенции продукта [14].

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что понятие функциональное питание набирает обороты и популярность во всем мире. Многие страны стремятся освоить эту сферу, но нет определенной направленности на это именно с использованием козьего молока, что доказывает перспективу проведения исследований в этой области. Козье молоко превосходит молоко других домашних животных по своему химическому составу и свойствам как гипоаллергенность и меньшее содержание β S1-казеина. А низкое содержание лактозы позволяет употреблять этот продукт людям, страдающим непереносимостью лактозы. Продуктов, полученных на основе козьего молока с заданными функциями, мало и в основном они являются сырами различных сортов или комбинированные. Йогурты также не теряют свой авторитет среди кисломолочных продуктов, что позволяет проводить опыты и изучать получение продуктов на его основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nutraceutical and Functional Food regulations in United States and around the world Second Edition // Debasis Bagchi, PhD MACN CNS MAICHe / — 2014 -
2. Introduction to Functional Nutrition for Patients // The Institute for Functional Medicine — 2014 -
3. Health-promoting properties of goat milk, Medycyna Wet. 2011, 67 (8), Department of Small Ruminant Biology and Environmental Biochemistry, Faculty of Animal Breeding and Biology, University of Technology and Agriculture, Poland
4. JOURNAL OF THE ACADEMY OF NUTRITION AND DIETETIC // Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Functional Foods 2013 / August 2013 Volume 113 Number 8
5. Milk and dairy products in human nutrition // FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS / Rome — 2013 — C.5, 20,
6. As a Potentially Functional Food: Goats' Milk and Products // Filiz YANGILAR* / Journal of Food and Nutrition Research, 2013, Vol. 1, No. 4, 68–81
7. Меркушева, И. Н. Пищевая и биологическая ценность козьего молока / И. Н. Меркушева, С. П. Петриченко, М. А. Кожухова // Известия вузов. Пищевая технология. — 2015. — № 2–3. — С. 44–46.

УДК 004.8

LARGE LANGUAGE MODELS (LLM/AI): ARCHITECTURE AND TRAINING

SYDYKOV AZAMAT

Student in Computer Engineering in University of Pavia

Supervisor – **M. PORTA**

Pavia, Italy

Abstract: *In this work, we analyze the core architecture and training methodologies underpinning the advanced capabilities of Large Language Models (LLMs). These sophisticated AI systems, characterized by billions of parameters and vast training data, surpass older methods in interpreting context and generating fluent, semantically complex human language. The success of LLMs is primarily driven by deep neural networks and the pivotal Transformer architecture, introduced in 2017. The Transformer's structure, involving an encoder-decoder framework, hinges on the multi-head self-attention mechanism. This innovative component allows the model to selectively weigh input elements, capturing long-range dependencies crucial for coherent text. We detail the two critical training phases: pre-training, which builds general language proficiency through techniques like Causal and Masked Language Modeling, and fine-tuning for specialized applications. The latter often integrates human input via Reinforcement Learning from Human Feedback (RLHF). Ultimately, this comprehensive process supported by immense computational resources that yields highly accurate and versatile LLMs capable of diverse tasks, from content generation to coding.*

Keywords: *Large Language Models (LLMs), Artificial Intelligence (AI), Natural Language Processing (NLP), Transformer Architecture, Deep Learning.*

LLMs are advanced AI systems that demonstrate an ability to understand and generate human language (Yang et al., 2023; Karabacak & Margetis, 2023). Trained on massive datasets of text, these models can handle a vast range of language-related tasks. This includes creating text content, answering questions, translation, coding, and converting information between text, audio, and video formats.

They are called "large" due to the enormous scale of their design, possessing billions of parameters and being trained on massive amounts of data, often sourced from the internet. The primary advantages of LLMs are their capacity to interpret context, resolve ambiguity, and produce remarkably fluent text. Unlike older language processing methods, LLMs are significantly more effective at grasping the deeper, semantic meaning and complexities of natural human conversation [1].

The success of LLMs is driven by Natural Language Processing (NLP), which bridges the gap between human language and machine comprehension. At the core of this are neural networks (Naveed et al., 2024).

Neural networks are the computational backbone of LLMs, enabling them to identify the intricate patterns and relationships within language. They function as function approximators, learning the mapping between a given input and a desired output. The sheer size of an LLM—the more parameters it has—equips it to find better, more complex mappings [2].

Inspired by the human brain, these networks are built from connected "neurons" organized into layers. Deep learning refers to networks with multiple "hidden" layers, allowing the model to learn complex structures from the input data. The connections between neurons have weights that are adjusted during training, enabling the network to learn and make accurate predictions (Naveed et al., 2024). In essence, neural networks and deep learning allow machines to perform language tasks at a level that can imitate or even surpass human ability.

Research highlights that while smaller models can generate human-like text, only models with billions or trillions of parameters can genuinely capture the richness and depth of human language (Hong et al., 2024). The sophisticated comprehension ability of LLMs comes from their hierarchical network structure. Lower layers of the network process basic features from the input, and as the input moves through stacked layers, it is progressively combined into meaningful components like words, phrases, and concepts (Zhao et al., 2024) (Figure 1).

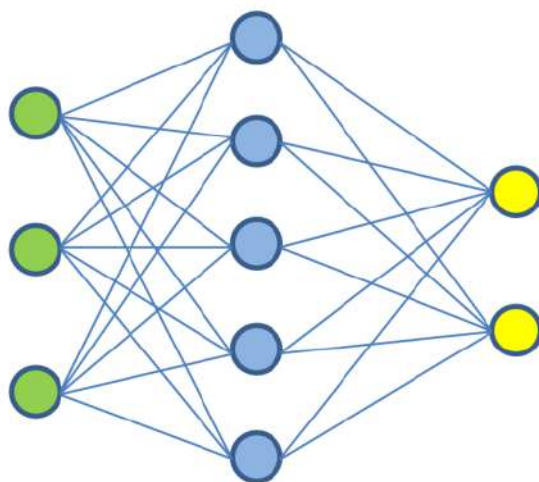


Figure 1 Representation of a simple neural network (Danilov & Karpov, 2018).

Large Language Models owe their innovation and success to the transformer architecture. Introduction of the transformer by Google in 2017 has altered the shape of natural language processing, allowing for extraordinarily parallelizable computation in tasks as text summarization, translation and question answering (Shanahan et al., 2023). In turn, this permits the construction of massively large models that handle our natural languages with remarkable, thoroughly comprehensible proficiency. Models like BERT, GPT-3, and T5 are built on the transformer architecture and has produced the best results to date, which signifies transformative effect of this framework. Its mechanisms and core ideas have inspired many alternative architectures and use cases, not just in natural language processing but across the entire field of artificial intelligence [4].

The core components of the transformer architecture are the encoder and the decoder. The encoder's job is to take a sequence of input tokens (which can be words or parts of words) and produce a set of outputs that effectively capture the essential information contained in the input. These encodings results are then passed to the decoder, which uses them to generate a sequence of output tokens. The output sequence can be thought of as a "translation" of the input sequence from one language to another (Figure 2).

BERT

Encoder

GPT

Decoder

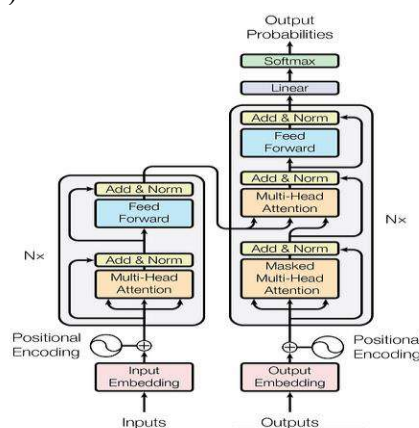


Figure 2 Encoder and decoder in transformer architecture (Norouzi, 2023)

As it was mentioned, the job of the encoder is to change the input text into a numerical representation. There are several layers contained inside the component. One of them is multi-head self-attention. This layer within the encoder performs a computational operation that is similar to call it "weighing readability" (Hong et al., 2024). When it gives weights to elements, it figures out which are the more critical components of the sequence and then uses them to build a better representation of the whole sequence. The principle of work is like a person reading different parts of a text and paying more attention to some words, carrying more meaning in that case [5].

Followed by Feed-Forward Network: This layer further processes the result from the self-attention layer. It takes each representation of a word emitted from the self-attention layer and passes it through a fully connected neural network that operates identically on each word's representation (S. Zhang et al., 2020). These steps of the encoder extract more abstract and higher-level features than the direct output of self-attention. Then, the output is produced that consists of word vectors enriched by the self-attention mechanism with the contextual information

Meaning is woven into text by a decoder. The output of the previous component is used to generate a sequence of desired outputs. This can be a translation, a summary, a story continuation, or an answer to a question. The decoder, like the encoder, consists of layers, with each layer containing three sub-layers. Each of these sub-layers does a different job to help the overall model reach a desired outcome. One of those sub-layers is the masked multi-head self-attention layer, which allows the decoder to focus on different parts of the previously generated output sequence. It uses a "masking" technique that makes it impossible for the model to see beforehand any of the words in the output that haven't been generated yet. This keeps the future word generation coherent with the structure of the sentence [6].

Next is the encoder-decoder attention layer, which enables the words of the output sequence to be aligned with relevant parts of the input sequence. Each of the decoder words is being generated as a smoothed version of the relevant parts of the input sequence. The ability to pay attention to different parts of the input when generating different parts of the output is evidence of why the attention mechanism is so effective. (S. Guo et al., 2024)

The position-wise feed-forward network is just like its equivalent in the encoder. It takes the output of the attention layers and does a bit of extra work to make the desired output more refined and more "final" than what came out of the attention layers.

The architecture of the transformer centers on the attention mechanism. This mechanism permits the model to concentrate on specific elements within the input, while generating the output. Consequently, we may say that the attention mechanism enables the model to focus selectively to interpret better the parts of the text necessary for understanding the long-range dependencies and relationships between words that make coherent text generation possible (Figure 3).

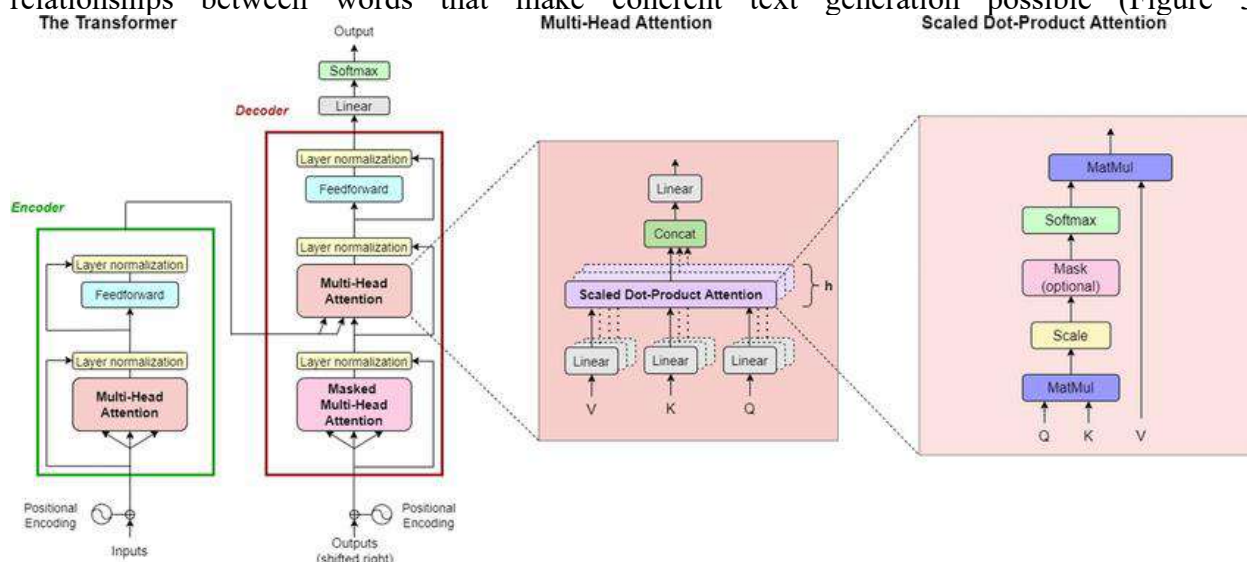


Figure 3 Visualization of attention mechanisms in transformer architecture (Soydaner, 2022)

Figure 3 shows the role of attention mechanisms in the transformer architecture, describing the computation of weights by displaying attributes used to calculate attention in scale dot-product: Q- which is queries of which token is searching for, K- keys or features each token have, and V- values of information carrying about tokens. Tokens are used as references to basic textual units in a sentence, which can be a word, punctuation symbol, or even a character. The components work together to evaluate and give a score to guarantee the system focuses only on important parts of the input information.

Also, the diagram shows multi-head attention, which goes further and divides values of Q, K, and V into subparts to process the given task in parallel. This is performed by assigning to each head its own tasks, if one head focuses on verbs and nouns, the other will work with adjectives or adverbs to their corresponding nouns. Then, the results are combined together and passed to the “linear” layer, depicted in the diagram. This mechanism helps the transformer to identify different patterns and denote nuances and details for tasks like summarization or translation.

The field of research on transformer technology continues to evolve, and the applications of this technology in natural human language processing should soon offer even greater insight into the nature of that interaction.

Training is a crucial, resource-intensive stage where LLMs learn to master natural language using vast quantities of text data from online sources (Naveed et al., 2024). The process is typically divided into two main phases: pre-training and fine-tuning.

In this phase, the model is exposed to a massive text corpus to build a general understanding of language.

- **Causal Language Modeling:** A primary technique is for the model to predict the next word in a sequence. This uses self-supervised learning, where the training labels are derived directly from the data itself, eliminating the need for human labeling (Mou & Vechtomova, 2020).

- **Masked Language Modeling:** Used in models like BERT, this involves the system predicting words that have been intentionally omitted or 'masked' from a text. This approach deepens understanding by considering both the preceding and following context (VanBerlo et al., 2023).

By training on diverse content—from literature and scientific papers to social media—the model gains a broad and flexible language comprehension, which forms the basis for its overall performance.

Once pre-training is complete, the model undergoes fine-tuning to specialize it for specific tasks, such as summarization, translation, or question-answering (Mian, 2024).

- **Task-Specific Tuning:** This process involves training the model on a labeled dataset explicitly designed for the target application. This sharpens the general skills learned during pre-training, enabling the system to provide precise and detailed answers for specialized fields (e.g., legal or medical advice).

- **Reinforcement Learning:** Sometimes, human feedback is incorporated to correct and refine the model's outputs to better align with desired human standards. This is often referred to as reinforcement learning from human feedback (RLHF) and was used in tuning models like ChatGPT (J. D. Chang et al., 2023).

Training LLMs is extremely demanding, requiring significant computational resources and massive computing power, often measured in hundreds or thousands of exaflops. This necessitates the use of extensive GPU clusters or specialized hardware like Tensor Processing Units (TPUs) designed specifically for deep learning operations [7].

The combination of pre-training (for general knowledge) and fine-tuning (for task specialization) has proven to be highly effective, making LLMs accurate and adaptable for a wide range of uses. As the field advances, new methodologies like federated and unsupervised learning are being explored to address issues of generalizability and high resource consumption.

REFERENCES

1. Yang, J., Jin, H., Tang, R., Han, X., Feng, Q., Jiang, H., Yin, B., & Hu, X. (2023). *Harnessing the Power of LLMs in Practice: A Survey on ChatGPT and Beyond*. <https://arxiv.org/abs/2304.13712>
2. Karabacak, M., & Margetis, K. (2023). Embracing Large Language Models for Medical Applications: Opportunities and Challenges. *Cureus*, 15(5), e39305. <https://doi.org/10.7759/cureus.39305>
3. Naveed, H., Khan, A. U., Qiu, S., Saqib, M., Anwar, S., Usman, M., Akhtar, N., Barnes, N., & Mian, A. (2024). *A Comprehensive Overview of Large Language Models*. <https://arxiv.org/abs/2307.06435>
4. Zhao, W. X., Zhou, K., Li, J., Tang, T., Wang, X., Hou, Y., Min, Y., Zhang, B., Zhang, J., Dong, Z., Du, Y., Yang, C., Chen, Y., Chen, Z., Jiang, J., Ren, R., Li, Y., Tang, X., Liu, Z., ... Wen, J.-R. (2024). *A Survey of Large Language Models*. <https://arxiv.org/abs/2303.18223>
5. Danilov, M., & Karpov, A. (2018). A classification of meteor radio echoes based on artificial neural network. *Open Astronomy*, 27, 318–325. <https://doi.org/10.1515/astro-2018-0037>
6. Armin Norouzi, Ph. D. (2023, August 29). *Discovering LLM structures: Decoder-only, encoder-only, or decoder-encoder*. Medium. <https://medium.com/artificial-corner/discovering-llm-structures-decoder-only-encoder-only-or-decoder-encoder-5036b0e9e88>
7. Soydaner, D. (2022). Attention mechanism in neural networks: Where it comes and where it goes. *Neural Computing and Applications*, 34. <https://doi.org/10.1007/s00521-022-07366-3>

СОСТАВ И СВОЙСТВА КОЗЬЕГО МОЛОКА КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

УЙСИНБАЙЕВА ЗЕРЕ
ЛЕВИНСКАЯ МИЛАНА
ИЗГЕНОВА ЖАСМИН
ШЫЛМЫРЗА БІРҒАНЫМ

студенты Алматинского технологического университета,
кафедры «Пищевая биотехнология»
Алматы, Казахстан

Научный руководитель – НУКЕНОВА С.А.
сеньор-лектор Алматинского технологического университета,
Алматы, Казахстан

Аннотация: Козье молоко является ценным сырьём для производства функциональных продуктов питания благодаря своему уникальному химическому составу и высоким биологическим свойствам. Оно содержит больше белков, кальция, фосфора, а также витаминов А и группы В по сравнению с коровьим молоком. Жировые глобулы в козьем молоке мельче, что улучшает его усвояемость и делает продукт гипоаллергенным. Особое соотношение казеиновых фракций способствует лучшему перевариванию и снижает риск пищевой непереносимости. Благодаря этим свойствам козье молоко используется при разработке функциональных продуктов — йогуртов, сыров, напитков и детского питания, направленных на укрепление иммунитета и улучшение обмена веществ.

Ключевые слова: ингредиент, козье молоко, жирные кислоты

Введение

Козье молоко издавна ценится как ценный пищевой продукт, обладающий высокой биологической и питательной ценностью.

Сегодня козье молоко представляет особый интерес в связи с особенностями его состава и свойств, что делает продукты его переработки в ряде случаев эффективной альтернативой продуктам из коровьего молока. Таким образом, козье молоко рассматривается как сырье высокого качества для производства и обеспечения населения продуктами — на основе козьего молока, и в первую очередь, беременных и кормящих женщин, детей раннего, дошкольного и школьного возраста, а также для населения с особыми потребностями.

Особый интерес представляет различия между композициями козьего и коровьего молока. Особые характеристики, касающиеся состава козьего молока, с точки зрения его основных питательных веществ, означают, что питательная ценность последнего заметно выше, чем коровьего молока.

Причем высокое содержание бета-казеина и низкое содержание лактозы позволяет употреблять молоко людям, которые плохо переваривают коровье молоко. Высокое содержание ненасыщенных жирных кислот препятствует отложению холестерина на стенках сосудов.

Кроме того, такое молоко выводит из организма соли тяжелых металлов и радионуклидов и содержит кальций, магний, фосфор, марганец, медь и витамины А, В12, С и Д.

В данной работе рассмотрим состав и свойства козьего молока, как сырья для производства функциональных продуктов питания.

Понятие функциональных продуктов питания

Функциональный пищевой продукт – это специальный пищевой продукт, предназначенный для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, обладающий научно обоснованными и подтвержденными свойствами, снижающий риск развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращающий дефицит или восполняющий имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ, сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе физиологически функциональных пищевых ингредиентов.

К функциональным продуктам питания относят продукты, обладающие помимо основной функции снабжения организма человека нутриентами, дополнительным положительным действием на здоровье и/или предотвращающие то или другое заболевание.

К функциональным относят продукты из сырья растительного и животного происхождения, систематическое употребление которых регулирует обмен веществ. Такие продукты должны содержать сбалансированном количестве белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, витамины и другие биологически активные вещества.

К функциональным (обработанным) продуктам принадлежат: обогащенные продукты, к которым добавлены витамины, микроэлементы, пищевые волокна; продукты, из которых изъяты определенные вещества, не рекомендованные по медицинским показателям (микроэлементы, аминокислоты, лактоза и прочие); а также те, в которых удаленные вещества заменены другими компонентами.

К основным медико-биологическим требованиям относятся: безвредность отсутствие прямого вредного влияния, побочного вредного влияния, аллергического действия: потенцированное действие компонентов друг на друга; не превышение допустимых концентраций; органолептические; общегигиенические; технологические.

Исследование козьего молока

Были проведен сравнительный анализ белкового состава, жировой композиции коровьего и козьего молока и, в дополнение к химическому составу было исследовано и определено общее содержание сухих веществ, белков, жиров, минерального состава и лактозы, а также плотность в каждом типе молока.

Таблица 1. Химический состав двух типов молока.

В таблице 1 приведен химический состав двух типов молока. Все представленные значения являются статистически различными ($P < 0,05$), с более высокими значениями,

Показатели, (%)	Козье молоко	Коровье молоко
Сухие вещества, (%)	13,57	11,36
Белки, (%)	3,48	2,82
Жиры, (%)	5,23	3,42
Зола, (%)	0,75	0,65
Лактоза, (%)	4,11	4,47
Плотность, (кг/м ³)	1031	1030
Кислотность, (°Т)	19	16
Активная кислотность	6,70	6,82

соответствующими козьему молоку.

Основной состав козьего и коровьего молока очень похож, с некоторыми отличиями, в большей или меньшей степени, в зависимости от продуктивности данной породы. Как показывают данные, козье молоко, как правило, имеет более высокий процент содержания сухих веществ, чем коровье молоко, а также белков, жиров и минеральных веществ. К примеру, по содержанию белка козье молоко почти не отличается от коровьего (в молоке коз – 13,57%, коров – 11,36 %.) Но молоко коз отличается более высокой жирностью (5,23%).

Повышенная кислотность козьего молока (19°Т) по сравнению с коровьим обусловлена более высоким содержанием белков. Одним из основных показателей, определяющих натуральность молока, является плотность. Козье молоко характеризуется более высокой плотностью. Это объясняется большим содержанием сухих веществ. Плотность козьего молока должна быть не менее 1028 кг/м³.

Как показывают исследования ряда учёных, белки козьего молока отличаются от протеинов коровьего молока по фракционному составу, структурным, физико-химическим свойствам (табл. 2).

Таблица 2. Фракционный состав белков козьего молока

Белковые фракции	Молоко (г / 100 мл)	
	козье	коровье
Альфа S1-казеин	-	1,37
Бета-казеин	2,28	0,62
Гамма-казеин	-	0,12
Бета-лактоглобулин	0,26	0,3
Альфа-лактальбумин	0,43	0,07
Иммуноглобулины	-	0,06
Сывороточный альбумин	-	0,03

Доминирующей казеиновой фракцией козьего молока является бета-казеин, тогда как казеины белков коровьего молока представлены главным образом альфа- 1-казеином.

Основным сывороточным белком козьего молока является альфа-лактальбумин, а коровьего - бета-лактоглобулин. При этом казеиновые и сывороточные белки, в том числе и бета-лактоглобулины и альфа-лактальбумин козьего и коровьего молока отличаются не только по фракционному составу, но и, что особенно важно, по своим структурным, физико-химическим свойствам.

Так, отсутствие или низкое содержание в козьем молоке альфа- 1-казеина и относительно высокое содержание альбуминов, в отличие от коровьего молока, способствует формированию более мягкого, небольших размеров сгустка и мелких неплотных хлопьев, что облегчает переваривание молока протеолитическими ферментами, в связи с чем козье молоко легче усваивается, не вызывая расстройств пищеварения.

Оба вида молока содержат высокое количество минеральных веществ, однако уровня калия, кальция, фосфора в составе козьего молока значительно выше ($P < 0,05$), чем в составе коровьего молока (табл. 3). Отдельные экспериментальные исследования указывают на лучшую биоусваиваемость железа и кальция из козьего молока в сравнении с коровьим.

По сравнению с коровьим молоком в козьем содержится больше меди (в 1,7 раза), марганца (в 2,8 раза). Эти микроэлементы, как известно, регулируют метаболические процессы и отвечают за кроветворение.

Таблица 3. Минеральные вещества двух типов молока

Минеральные вещества	Молоко	
	козье	коровье
Макроэлементы (мг/100мл):		
Калий	145	146
Магний	12,9	9,4
Натрий	47	50
Кальций	158,5	112,5
Фосфор	118,9	87,4
Микроэлементы (мкг/100мл):		
Железо	150	82
Цинк	410	400
Медь	22	14
Марганец	12,9	9,4

Ассортимент продуктов, вырабатываемых из козьего молока, в настоящее время очень мал. Козье молоко как сырье освоено лишь частично. В небольших объемах производится ультрапастеризованное молоко. Однако перспективы переработки козьего молока весьма широки, что связано с возрастанием потребительского спроса, а также существенным «недостатком» коровьего молока (содержатся белки, являющиеся источником аллергических реакций).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Запорожец, В. С. О функциональных свойствах пищевых продуктов / В. С. Запорожец, И. В. Куприна // Вопросы идентификации и классификации товаров в таможенных целях: теория и практика : Материалы 7-ой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Орел, 29 июня 2023 года. – Орел: Издательство «Картуш», 2023. – С. 75-78. – EDN AOFHFA.
2. Исследование качества козьего молока в соответствии с требованиями, предъявляемыми к коровьему молоку / З. К. Конарбаева, Ф. Ш. Кайназарова, Г. О. Кантуреева, Д. М. Арапбаева // Вестник Алматинского технологического университета. – 2017. – № 1. – С. 28-31. – EDN YMRMBD.

УДК 629 (075.8)

АВТОМОБИЛЬДЕРГЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ ЖӘНЕ ЖӨНДЕУДІҢ САПА КӨРСЕТКІШТЕРІ

ТЕМІРБОЛАТОВА ДИЛЬНАЗ АЙБОЛАТҚЫЗЫ

«Мұхаметжан Тынышбаев атындағы АЛТ Университеті» АҚ магистранты

Ғылыми жетекші - т.ғ.к., қауымдастырылған профессор ЕСЕНГАЛИЕВ

МАНАРБЕК НУРАСБЕКОВИЧ, Алматы, Қазақстан

Андатпа. Жұмыста автомобильдерге техникалық қызмет көрсету және жөндеу өткізудің сапа көрсеткіштері қарастырылған.

Түйінді сөздер: техникалық қызмет көрсету (ТҚК), ағымды жөндеу (АЖ), автокөлік диагностикасы.

Аннотация. В работе рассмотрены показатели качества проведения технического обслуживания и ремонта автомобилей.

Ключевые слова: техническое обслуживание (ТО), текущий ремонт (ТР), диагностика автомобилей.

Abstract. In the paper, the features of the technological process for repairing the running gear of a car.

Keywords: maintenance (maintenance), maintenance (TR), diagnostics of cars.

ТҚК және жөндеу сапасының қолданыстағы көрсеткіштері қазіргі заманғы автокөлік кәсіпорындарында, автожөндеу зауыттарында, автомобильдерге қызмет көрсету станцияларында көрсетілетін қызметтердің сапасын бағалау үшін қолданыла алмайды. Өйткені олар қызмет түрлерін кеңейту факторын, меншік нысандарын және басқа да ерекшеліктерді ескермейді [1].

Бұл сонымен қатар сапа техникалық және экономикалық категория болып табылатындығына, материалдық және еңбек ресурстарының шығындарына байланысты. Қажетті ресурстар, өз кезегінде, ғылымның, техниканың, технологияның даму деңгейіне, елдің материалдық және энергетикалық мүмкіндіктерімен қамтамасыз етілуіне және қоршаған ортаның жағдайына байланысты.

Автомобильдерге ТҚК және жөндеудің сапасын арттыру - еңбек өнімділігін арттырудың негізгі тәсілдерінің бірі. Жөндеу кәсіпорындары мен ірікешенді автокөлік кәсіпорындары үшін (дамыған өндірістік базасы бар) сапаны жақсарту өндірістік бағдарламаның ұлғаюына тең.

Яғни, кәсіпорынның жұмыс істеуі тұрғысынан жұмыс сапасы кіріс мөлшерін анықтайды. Бірақ кейде техникалық қызмет көрсетуді орындаушылар шығындарды максимумға дейін төмендетуге тырысады, бұл қызметтердің төмен сапасына әкеледі. Бұл қолайсыз, өйткені автомобиль жол қозғалысы жүйесінің қауіпті элементі болып табылады.

Сондықтан қозғалыс қауіпсіздігіне және көлік құралдарының экологиялылығына әсер ететін жүйелерге ТҚК және жөндеу сапасына (ең алдымен тоқтаусыз жұмыс істеуіне) қойылатын талаптар тиісті нормативтік-техникалық құжаттамада көрініс тапты және міндетті болып табылады [2].

ТҚК және жөндеу жүйесінің маңызды мақсаты қызмет ету мерзімі ішінде автомобильдердің техникалық жай-күйін басқару болып табылады. Қабылданған ТҚК және жөндеу стратегиялары автомобильдерді техникалық пайдалану процестеріне берілген бағытты қамтамасыз етеді.

Пайдалану процесінде автомобильдердің жұмыс қабілеттілігі техникалық қызмет көрсету және жөндеу жүйесінің тиімділігімен анықталады. Бұл ретте пайдаланылатын құралдар стационарлық құрылыстар кешенін, технологиялық жарақтандыру және техникалық диагностикалау құралдарын қамтиды.

ТҚК және жөндеу жүйесі орталықтандырылған немесе орталықтандырылмаған болуы мүмкін. Техникалық қызмет көрсетудің орталықтандырылған жүйесін қолдану техниканың едәуір бөлігі шоғырланған нысандарда орынды және тиімді, яғни процестерді басқарудың бірыңғай органының болуы тән.

Дайындаушы зауыт фирмалық қызмет көрсету кезінде өз өнімін жөндеу және техникалық қызмет көрсету үшін барлық жауапкершілікті өзіне алады. Заң техникалық қызмет көрсетудің осы түрін орнатты және бекітті. "Тұтынушылардың құқықтарын қорғау туралы" заң бойынша дайындаушы тауардың қызмет ету мерзімі ішінде ТҚК және жөндеу мүмкіндігін қамтамасыз етуге, қосалқы бөлшектермен және сервиспен қамтамасыз етуге міндетті. Жетекші фирмалардың стратегиясы клиентке автомобильдерді жобалау сатысында жоспарланған техникалық қызмет көрсету және жөндеу қызметтерін ұсынуға негізделген. Қазіргі уақытта көптеген өндірушілер сатудан кейінгі қызмет көрсету желілерін дамытады және нығайтады, бұл бәсекелестіктің негізгі факторларының бірі болып табылады.

Автомобильдер паркіне техникалық қызмет көрсету және жөндеу нысандарын жіктеудің негізі машиналардың шоғырлану деңгейі және техникалық әсерлерді орындауға үшінші тарап ұйымдарының қатысу дәрежесі болып табылады. Ұйымдастыру, басқару әрекеттерін орындау нысандарын жіктеу үш белгі бойынша беріледі: орындау орны бойынша; орындау уақыты бойынша; технологиясы бойынша.

Басқару әрекеттерінің әртүрлі нысандарын бір форманы екіншісіне қарама-қарсы қою арқылы балама түрде қарастыруға болмайды. Тек осы формалардың оңтайлы үйлесімі ең жоғары сапа мен тиімділікті қамтамасыз ете алады.

Автомобильдердің сенімділігін қамтамасыз ету және басқару жүйесін қалыптастырудың екі балама тәсілі бар [3]. Бірінші жағдайда жүйе белгіленген жоспарлы кезеңділікке сәйкес техникалық әсер етудің профилактикалық жүргізілуіне құрылады. Екінші тәсіл әр нақты автомобильдің техникалық жағдайын ескере отырып, алдын-алу шараларын қамтиды.

Ұйымдардың тәжірибесінде автомобильдерді техникалық пайдалануды ұйымдастыру кезінде жоспарлы жұмыс бойынша техникалық қызмет көрсету және жөндеу стратегиясы кеңінен қолданылады.

Стратегия белгіленген кезеңділікпен жоспарлы тәртіппен автомобильге ТҚК және жөндеу жұмыстарын профилактикалық жүргізуді, сондай-ақ бас тартқаннан кейін де апаттық-қалпына келтіру тәртібімен жүргізуді көздейді.

Істелген жұмыс бойынша жоспарлы тәртіппен әсер ету кезінде автомобильдердің жалпы және жекелеген құрастыру бірліктерінің нақты жай-күйі ескерілмейді. Бұл автомобильдердің техникалық жағдайына негізделмеген техникалық қызмет көрсету мен жөндеудің технологиялық әсеріне әкеледі. Жоспарлы ауыстыру автомобиль конструкциясына салынған ресурсты толық пайдаланбайды.

Нақты жағдай бойынша автомобильдерге техникалық қызмет көрсету және жөндеу стратегиясы негізгі пайдалану көрсеткіштері мен диагностикалық параметрлер бойынша автомобильдердің техникалық жағдайын мерзімді бақылауды қамтиды. Бұл автокөліктердің істен шығуын дер кезінде анықтауға және алдын-алуға мүмкіндік береді.

Ақаулардың себебі туралы ақпарат диагностикалық параметрлер бойынша шығарылатын сәтсіздіктерді тіркеу негізінде алынған статистикалық мәліметтерде көрсетілген, сондықтан бұл автомобильдердің ұзақ жұмыс істеуін жеке болжауға мүмкіндік береді.

Автокөліктерді техникалық диагностикалау техникалық қызмет көрсету мен жөндеудің ажырамас бөлігі ретінде қарастырылады. Автомобильдерді дайындаушы зауыт белгілеген

диагностика жоспарлы ТҚК кезеңділігімен, сондай-ақ істен шығулар мен ақаулықтар туындаған жағдайда жүргізіледі. Ақпараттың көлемі мен сипаты бойынша диагностикалаудың екі түрі болады: жалпы және жергілікті (терең).

Жалпы диагностикалау (Д-1) міндетті түрде ТҚК-1 және ТҚК-2 кезеңділігімен орындалады. Нәтижесінде автомобильдердің одан әрі жұмыс істеу мүмкіндігі, реттеу және жөндеу жұмыстарының қажеттілігі, жеке құрастыру бірліктері үшін Д-2 қажеттілігі; автомобильдерге техникалық қызмет көрсету және жөндеу сапасы белгіленеді.

Тереңдетілген диагностикалау (Д - 2) ТҚК-2 кезеңділігімен, сондай-ақ құрастыру бірліктері мен тұтастай автомобильдердің техникалық жай-күйін айқындау мақсатында қажеттілік бойынша жүргізіледі. Бұл диагностикалау ақауларды табу, олардың орнын, себептерін және көріністің сипатын анықтау үшін де қолданылады.

Автомобильдерді диагностикалау машиналардың жұмыс орындарында да, диагностиканың мамандандырылған учаскелеріндегі стационарлық база жағдайында да немесе тікелей ТҚК және жөндеу посттарында да жүзеге асырылуы мүмкін

Автомобильдерді сыртқы және кіріктірілген диагностикалау жүйелерін пайдаланудың қазақстандық және шетелдік тәжірибесі олардың жоғары тиімділігін дәлелдейді. Алайда, нақты жағдайға сәйкес автомобильдерге қызмет көрсету стратегиясын енгізу үшін автомобильдерді бақылау мен жөндеудің жоғары деңгейін қамтамасыз ету кезінде заманауи диагностикалық жабдықты пайдалану қажет.

Өнімнің (тауарлар мен көрсетілетін қызметтердің) сапасы өнімнің жарамдылығын және оның белгіленген талаптарға сәйкес келу қабілетін сипаттайтын қасиеттер мен ерекшеліктердің жиынтығымен айқындалады. Автомобильдердің сапасы топтарға бөлінетін факторлардың әсерінен қалыптасады: құрылымның ықтимал қасиеттері; жұмыс процестері; сыртқы жағдайлар; пайдалану әсерлері.

Сапаны талдау және бақылау үш бағыттың бірі бойынша жүргізілуі мүмкін: өндірістік, тұтынушылық немесе өндірістік - тұтынушылық.

Өндірістік: бұл бағыт автомобильдерге ТҚК сапасы мен жөндеу дегеніміз автомобильдерге ТҚК және жөндеу үшін техникалық шарттармен реттелетін қасиеттер мен сипаттамаларды қолдау (қалпына келтіру) екендігімен түсіндіріледі.

Тұтынушы: бұл бағыт автомобильді пайдаланатын тұтынушы тұрғысынан қызмет көрсету сапасына көзқараспен сипатталады. Сапа тұтыну нәтижесін білдіреді: сенімділік, қауіпсіздік, өнімділік, автомобиль тиімділігі.

Өндірістік-тұтынушылық бағыт сапа көрсеткіштері, техникалық шарттармен реттелетін автомобильдердің сенімділік көрсеткіштері арасында байланыс орнатуды қамтиды. Бұл бағыт, ең объективті және прогрессивті бола отырып, өндіріс пен тұтынушылық сапа арасындағы байланысты анықтау үшін ұзақ уақытты қажет етеді.

Автомобильдерге техникалық қызмет көрсету және жөндеу сапасын сипаттау үшін келесі көрсеткіштер топтары қолданылады: техникалық, технологиялық, сенімділік, эргономикалық, эстетикалық, экономикалық.

Бөлшектердің техникалық көрсеткіштеріне мыналар кіреді: өлшемдер, геометриялық пішін, кедір-бұдырлылық, физика-механикалық қасиеттер, салмақ, теңгерімсіздік, соққылар және басқалар. Түйісу сапасының негізгі көрсеткіштері: саңылау (керу) шамасы, бөлшектердің өзара орналасуы, керу күші, герметикалығы, шу және т.б. агрегаттарды жөндеу сапасының жұмыс сипаттамаларының шамасы, пайдалы әсер коэффициенті және басқалары бойынша бағаланады.

Технологиялық көрсеткіштер: қалпына келтіру немесе реттеу әдісін, өндеудің тиімділігін, коррозиядан қорғау құралдарын және т. б. сипаттайды.

Эргономикалық көрсеткіштер адамның антропометриялық, физиологиялық, психологиялық, психофизиологиялық қасиеттеріне сәйкес келуі керектігін қарастырады.

Автокөліктің эстетикалық қасиеттері автомобильдің пішіні, түсі және т. б. сияқты қасиеттерін көрсетеді.

Экономикалық көрсеткіштер техникалық қызмет көрсету мен жөндеудің қажетті сапасын, сондай-ақ материалдық және еңбек ресурстарының қалыпты шығындарымен автомобильдердің сенімділігін қамтамасыз етуге арналған.

Сенімділік көрсеткіштері техникалық қызмет көрсету және жөндеу сапасын объективті сипаттайтын ең ақпараттық болып табылады.

Сенімділікті келесі көрсеткіштер бойынша бағалауға болады: тоқтаусыз жұмыс істеу, беріктік, тұрақтылық және сақталымдылық немесе кешенді көрсеткіштер бойынша: дайындық көрсеткіші, техникалық пайдалану көрсеткіші, техникалық қызмет көрсетудің орташа жалпы және меншікті еңбек сыйымдылығы, жөндеудің орташа жалпы және меншікті еңбек сыйымдылығы және т. б.

Автомобильдің сенімділігі туралы ақпарат арнайы әдістемелер бойынша сынақтар негізінде, оның пайдаланудағы жұмысын бақылау және ТҚК жүргізу кезінде оның техникалық жай-күйін талдау нәтижесінде алынуы мүмкін. Мұндай бақылаулар ұзақ мерзімді сипатқа ие, зерттеушіден математикалық статистика, экспериментті математикалық жоспарлау әдістерін, материалдық және еңбек ресурстарының үлкен шығындарын талап етеді.

Статистикалық әдістер әртүрлі көлік процестерін реттеу үшін қызмет нәтижелерінің өзгергіштігін өлшеу, талдау, түсіндіру және модельдеуде қолданылады. Мұндай деректерді статистикалық талдау өнім сапасының өзгергіштігінің табиғатын, масштабын және себептерін жақсы түсінуге мүмкіндік береді.

Қорытынды: Автомобиль өнеркәсібі жанармай шығынын азайту, қоршаған ортаның ластануын азайту, жол қауіпсіздігін арттыру мақсатында шығарылатын автомобильдердің конструкциясын үнемі жетілдіріп отырады. Алайда, автомобильдерді тиімді пайдалану конструкциясының жетілдірілуіне ғана байланысты емес, бұл көбінесе пайдалану кезінде техникалық қызмет көрсету және жөндеу сапасымен анықталады. ТҚК және жөндеу сапасының қолданыстағы көрсеткіштері қазіргі заманғы автокөлік кәсіпорындарындағы, автожөндеу зауыттарындағы, автомобильдерге қызмет көрсету станцияларындағы көрсетілетін қызметтердің сапасын бағалау үшін қолданыла алмайды, өйткені олар көрсетілетін қызметтер ассортиментін кеңейту факторын, меншік нысанын және өзге де ерекшеліктерді ескермейді. Мақалада жаңа талаптарды ескере отырып, автомобильдерге техникалық қызмет көрсету және жөндеу сапасының көрсеткіштерін әзірлеу мәселелері қарастырылған.

ӘДЕБИЕТ

1. Зорин В.А., Луканин В.Н., Кузнецов Е.С., Коробкова Р.И. Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспортных средств. -М.: РООИП, 2012. -456с.
2. Ибраев К.А., Рошаль Л.Я. Основы сертификации на автомобильном транспорте. Учебно-методическое пособие.-М.: Трансконсалтинг, 2014,-112 с.
3. Клейнер Б.С., Тарасов В.В. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Организация и управление. -М.: Транспорт, 2016.- 236 с.

ƏNƏNƏVİ SAY SİSTEMLƏRİNDƏN KVANT MAŞINLARINA DOĞRU HESABLAMA DÜŞÜNCƏSİNİN TƏKAMÜL PROSESİ

ALIYEVA ELMİRA ZEYNAL qızı

b/m.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
Kompüter elmləri kafedrasının baş müəllimi
Azərbaycan, Bakı

Xülasə. Bu məqalədə hesablama anlayışının tarixi inkişaf mərhələləri, ənənəvi say sistemlərinin yaranma prinsipləri və onların müasir elektron hesablama maşınlarının quruluşuna təsiri araşdırılır. Rəqəmlərin dili olan ikilik sistemdən başlayaraq, onluq və səkkizlik kimi say sistemlərinin kompüter texnologiyalarında tətbiq mexanizmləri izah olunur. Məqalə həmçinin kvant texnologiyalarının meydana çıxması ilə hesablama düşüncəsində baş verən konseptual dəyişikliklərə diqqət yetirir. Ənənəvi elektron hesablama maşınları məntiq və ardıcılığa əsaslanarkən, kvant hesablama çoxölçülü və paralel hesablama prinsipləri ilə fərqlənir. Bu kontekstdə, məlumatların emalı, saxlanması və təhlükəsizliyi baxımından klassik və kvant sistemlərinin müqayisəsi aparılır. Məqalənin məqsədi, say sistemləri və hesablama texnologiyaları arasındakı əlaqəni göstərməklə rəqəmsal düşüncənin necə təkamül etdiyini elmi və praktik müstəvidə təhlil etməkdir.

Açar sözlər: hesablama, say, sistemləri, elektron, maşınlar, ikilik, onluq, kvant, texnologiyalar, rəqəmsal, informasiya, alqoritm, inkişaf, təkamül, proqramlaşdırma

THE EVOLUTIONARY PROCESS OF COMPUTATIONAL THOUGHT FROM TRADITIONAL NUMBER SYSTEMS TO QUANTUM MACHINES

Abstract. This article examines the historical development stages of the concept of computing, the principles of the formation of traditional number systems and their impact on the structure of modern electronic computing machines. Starting from the binary system, which is the language of numbers, the mechanisms of application of number systems such as decimal and octal in computer technologies are explained. The article also focuses on the conceptual changes that have occurred in computational thinking with the emergence of quantum technologies. While traditional electronic computing machines are based on logic and sequence, quantum computing is distinguished by the principles of multidimensional and parallel computing. In this context, a comparison of classical and quantum systems is made in terms of data processing, storage and security. The aim of the article is to analyze how digital thinking has evolved on a scientific and practical level by showing the relationship between number systems and computing technologies.

Keywords: computing, number, systems, electronic, machines, binary, decimal, quantum, technologies, digital, information, algorithm, development, evolution, programming

Аннотация. В статье рассматриваются исторические этапы развития концепции вычислений, принципы формирования традиционных систем счисления и их влияние на структуру современных электронных вычислительных машин. Исходя из двоичной системы счисления, языка чисел, объясняются механизмы применения таких систем счисления, как десятичная и восьмеричная, в компьютерных технологиях. В статье также рассматриваются концептуальные изменения, произошедшие в вычислительном мышлении с появлением квантовых технологий. В то время как традиционные электронные вычислительные машины основаны на логике и последовательности, квантовые вычисления отличаются принципами многомерных и параллельных вычислений. В этом контексте проводится сравнение классических и квантовых систем с точки зрения обработки, хранения и безопасности данных. Цель статьи — проанализировать развитие цифрового

ОФ "Международный научно-исследовательский центр "Endless Light in Science"

мышления на научном и практическом уровнях, показав взаимосвязь между системами счисления и вычислительными технологиями.

Ключевые слова: *вычисления, число, системы, электронные, машины, двоичные, десятичное, квантовые, технологии, цифровые, информация, алгоритм, развитие, эволюция, программирование*

İnsan sivilizasiyasının ən böyük nailiyyətlərindən biri onun **hesablama və ölçmə bacarığıdır**. Hər bir dövrün inkişaf səviyyəsini göstərən əsas göstəricilərdən biri həmin dövrün **informasiya emal etmə qabiliyyəti** olmuşdur. Ən qədim zamanlardan bəri insanlar təbiət hadisələrini, miqdarları və nisbətləri ifadə etmək üçün müxtəlif say sistemlərindən istifadə etmişlər. Bu sistemlər ilkin mərhələdə sadə sayma üsulları formasında, sonralar isə **riyazi modellər** şəklində inkişaf etmişdir. İlk dövrlərdə istifadə edilən sayma üsulları təbii mühitlə sıx əlaqədə idi. İnsanlar barmaqları vasitəsilə onluq sistemi formalaşdırmış, daş və çubuqlarla hesab aparmış, daha sonralar **onluq say sistemi** universal hesablamaların təməli olmuşdur. Onluq sistem insan düşüncəsinin məntiqi əsaslarını quraraq, tədricən **riyaziyyatın və hesablama elminin** inkişafına şərait yaratmışdır.

Texnologiyanın inkişafı ilə birlikdə say sistemlərinin daha səmərəli formaları ortaya çıxmağa başladı. Bu baxımdan ən mühüm addım **ikilik (binary) say sisteminin** yaranması idi. İkilik sistem yalnız iki simvoldan — 0 və 1-dən ibarətdir və bu sadəlik onun kompüter texnologiyalarında tətbiqini mümkün etmişdir. İkilik sistemin elmi əsasları XVII əsrdə alman filosofu və riyaziyyatçısı **Gotfrid Vilhelm Leybnits** tərəfindən qoyulmuşdur. O, 0 və 1 rəqəmlərinin təbiətdəki “varlıq və yoxluq”, “doğru və yalan” anlayışlarını simvolizə etdiyini qeyd etmişdir. Bu fikir sonralar **məntiqi alqoritmlərin və kompüter məntiqinin** yaranmasına zəmin yaratdı.

İnformasiya texnologiyalarının inkişafı insan düşüncəsinin, hesablamaların və alqoritmik proseslərin yeni mərhələyə keçidini təmin etmişdir. Bu inkişafın mərkəzində **say sistemləri** və onların tətbiqi ilə formalaşan **elektron hesablama maşınları (EHM)** dayanır. Ən qədimdən bəri insan öz hesablamalarını asanlaşdırmaq üçün müxtəlif sistemlərdən istifadə etmişdir — onluq sistem, ikilik sistem və bu sistemlər üzərində qurulan mexaniki, sonra isə elektron qurğular bəşər tarixində mühüm dönüş nöqtələri yaratmışdır. Bugünkü dünyada artıq **kvant kompüterləri** və **kvant alqoritmləri** haqqında danışmaq təkcə gələcəyin deyil, həm də bu günün reallığına çevrilməkdədir. Bu məqalədə ənənəvi say sistemlərindən başlayaraq müasir kvant hesablama modellərinə qədər **hesablama düşüncəsinin təkamül prosesi** araşdırılır, əsas mərhələlər və texnoloji sıçrayışlar elmi baxımdan təhlil olunur. XX əsrin ortalarında baş verən texnoloji inqilab nəticəsində insan ilk dəfə **elektron hesablama maşınları (EHM)** yaratmağa müvəffəq oldu. Bu qurğular əvvəlcə hərbi və elmi məqsədlər üçün istifadə olunurdu. İlk kompüterlərdən biri olan **ENIAC** 1946-cı ildə ABŞ-da yaradıldı və saniyədə minlərlə əməliyyat yerinə yetirə bilirdi. Lakin həmin dövrün texnologiyası çox enerji sərf edir, böyük ölçülü cihazlardan ibarət olurdu. Buna baxmayaraq, bu ixtira insan düşüncəsində dönüş yaratdı: artıq hesablama yalnız insan beyninin fəaliyyəti deyil, **maşın tərəfindən həyata keçirilə bilən bir proses** kimi qəbul olunmağa başladı.

Zaman keçdikcə elektron texnologiyalarında baş verən irəliləyişlər yeni nəsil kompüterlərin yaranmasına gətirib çıxardı. Transistorların ixtirası hesablama sistemlərini daha kiçik, sürətli və etibarlı etdi. Daha sonra **mikroprosessorların** meydana gəlməsi fərdi kompüterlərin kütləvi şəkildə yayılmasına səbəb oldu. Bu mərhələdə artıq kompüterlər sadəcə hesablama aləti deyil, **universal informasiya emal edən sistemlərə** çevrildi.

Say sistemlərinin tarixi və inkişaf mərhələləri

Say sistemləri — hesablamaların aparılması üçün qəbul olunmuş **rəqəm və simvol məntiqinə əsaslanan** riyazi modellərdir. Ən geniş yayılmış sistemlər bunlardır:

✓ **Onluq sistem (Decimal System)** – 10 əsasına söykənir və insan barmaqlarının sayına görə formalaşmış.

✓ **İkilik sistem (Binary System)** – 2 əsasına söykənir, yalnız 0 və 1 rəqəmləri ilə ifadə olunur.

✓ **Səkkizlik və onaltılıq sistemlər** – kompüter texnologiyalarında köməkçi rol oynayır, çünki məlumatın kompakt və çevik şəkildə saxlanılmasına imkan verir.

Riyaziyyatçı **Gotfrid Leybnits** (XVII əsr) ikilik sistemin elmi əsaslarını qoyaraq, bu sistemin məntiq və hesablama üçün ideal olduğunu göstərmişdir. Məhz bu prinsip sonradan **elektron hesablama maşınlarının** yaranmasına təməl oldu.

Hesablama düşüncəsinin təkamülündə əsas məqsəd həmişə **sürət, dəqiqlik və səmərəliliyin artırılması** olmuşdur. Lakin XXI əsrin əvvəllərində kompüter texnologiyaları fiziki limitə yaxınlaşmağa başladı. Tranzistorların ölçüsünün nanometr səviyyəsinə qədər kiçilməsi, istilik yayılması və enerji sərfi kimi problemlər klassik hesablama modellərinin imkanlarını məhdudlaşdırdı. Bu məhdudiyyətlər nəticəsində alimlər yeni istiqamətlər axtarmağa başladılar və **kvant hesablamanın** nəzəri əsasları formalaşdı. Kvant hesablamanın əsas fərqi ondadır ki, burada məlumat **kubit** adlanan kvant bitləri vasitəsilə ifadə olunur. Ənənəvi bit yalnız iki vəziyyətdə — 0 və ya 1-də ola bildiyi halda, kubit **superpozisiya prinsipi** sayəsində eyni anda həm 0, həm də 1 vəziyyətində ola bilər. Bu isə hesablama gücünü eksponent dərəcədə artırır. Məsələn, iki kubit eyni anda dörd mümkün vəziyyəti, üç kubit səkkiz vəziyyəti ifadə edə bilər. Bu xüsusiyyət kvant kompüterlərinə paralel hesablama imkanları qazandırır. Kvant texnologiyasının başqa bir mühüm xüsusiyyəti **dolaşıqlıq (entanglement)** hadisəsidir. İki və ya daha çox kubit bir-biri ilə kvant dolaşıqlığında olduqda, onların vəziyyətləri bir-birindən asılı olur — yəni biri dəyişdikdə digəri dərhal eyni reaksiyanı göstərir. Bu hadisə klassik fizika qanunları ilə izah olunmur, lakin kvant hesablamanın yüksək sürətli alqoritmlərinin əsasını təşkil edir. Kvant kompüterlərinin inkişafı hazırda **IBM, Google, D-Wave** və digər texnoloji şirkətlər tərəfindən aparılır. 2019-cu ildə Google şirkəti “Sycamore” adlı kvant prosessoru ilə **kvant üstünlüyü (quantum supremacy)** mərhələsinə çatdığını elan etdi. Bu o demək idi ki, kvant kompüterləri klassik kompüterin minilliklərdə hesablaya biləcəyi bir tapşırığı bir neçə saniyə ərzində yerinə yetirmişdi. Bu nailiyyət kvant texnologiyalarının potensialını sübut etdi və hesablama düşüncəsində yeni bir fəslin başlanğıcını qoydu. Ənənəvi say sistemlərindən kvant modellərinə keçid yalnız texnoloji yenilik deyil, həm də **düşüncə tərzinin dəyişməsi** deməkdir. Əgər əvvəllər hesablama əməliyyatları deterministik, yəni nəticəsi əvvəlcədən məlum olan ardıcıl addımlar şəklində aparılırdısa, indi **ehtimal və superpozisiya** prinsiplərinə əsaslanan qeyri-deterministik sistemlər yaranmışdır. Bu yanaşma süni intellekt, neyron şəbəkələr və adaptiv sistemlərin formalaşmasına da böyük təsir göstərmişdir.



🧠 Ənənəvi və Kvant Kompüterlərinin Müqayisəsi

Meyar	Ənənəvi (Klassik) Kompüterlər	Kvant Kompüterləri
Əsas məlumat vahidi	Bit (0 və 1)	Kubit (eyni anda həm 0, həm 1)
Hesablama prinsipi	Deterministik, ardıcıl əməliyyatlar	Ehtimallı, paralel hesablama (superpozisiya)
İş prinsipi	Elektron tranzistorlara əsaslanır	Atom və ya fotonların kvant vəziyyətlərinə əsaslanır
Emal sürəti	Məhduddur, əməliyyatlar ardıcıl aparılır	Paralel hesablama səbəbindən eksponent dərəcədə yüksək

Məlumat təhlükəsizliyi	Kriptoqrafiya alqoritmlərinə əsaslanır	Kvant şifrələmə (QKD) ilə daha yüksək təhlükəsizlik səviyyəsi
Enerji sərfi	Yüksək enerji tələb edir	Potensial olaraq daha az enerji sərfi ilə çox hesablama gücü
Proqramlaşdırma dilləri	C++, Python, Java, Assembly və s.	Q#, Qiskit (Python əsaslı), Cirq, Braket və s.
Tətbiq sahələri	Ofis proqramları, simulyasiyalar, oyunlar, şəbəkə sistemləri	Molekulyar modelləşdirmə, süni intellekt, optimallaşdırma, kriptoqrafiya
Fiziki quruluş	Silisiyum əsaslı çiplər, mikroprosessorlar	Soyudulmuş kvant prosessorları, kriogen mühit
Texnoloji vəziyyət	Tam inkişaf etmiş və kommersiya istifadəsindədir	Tədqiqat mərhələsində, lakin sürətlə inkişaf edir
Məşhur istehsalçılar	Intel, AMD, Apple, IBM	IBM Quantum, Google Quantum AI, D-Wave, Rigetti
Ən böyük üstünlüyü	Etibarlılıq, sabitlik, kütləvi tətbiq	Sürət, paralellik, mürəkkəb məsələlərin səmərəli həlli
Ən böyük çətinliyi	Sürət və miqyas məhdudiyyəti	Sabitlik (dekoherensiya) və texnoloji mürəkkəblilik

Müasir elmi yanaşmalarda artıq “hesablama” anlayışı yalnız riyazi proses deyil, idrakın texnoloji ifadəsi kimi qəbul olunur. İnsan beyni kimi, kvant sistemləri də məlumatı paralel və çoxşaxəli formada emal edir. Bu oxşarlıq bioinformatika və neyrokompüter texnologiyalarında yeni tədqiqat istiqamətlərinin yaranmasına səbəb olmuşdur. Bununla yanaşı, kvant texnologiyalarının tətbiqi yalnız nəzəri deyil, həm də praktiki əhəmiyyət daşıyır. Məsələn, **kvant kriptoqrafiya** məlumat təhlükəsizliyində inqilab yarada bilər. Kvant şifrələmə sistemlərində məlumatın ötürülməsi zamanı hər hansı müdaxilə baş verərsə, bu dəyişiklik dərhal aşkar edilir. Beləliklə, məlumatların sındırılması praktiki olaraq mümkünsüz hala gəlir. Eyni zamanda kvant modelləri **molekulyar simulyasiya, iqlim dəyişikliklərinin modelləşdirilməsi və süni intellekt alqoritmlərinin təlimi** kimi mürəkkəb tapşırıqlarda üstünlük təmin edir. Göründüyü kimi, **hesablama düşüncəsinin təkamülü** sadəcə cihazların dəyişməsi ilə məhdudlaşmır. Bu, eyni zamanda **insan idrakının inkişafı, məntiqin dərinləşməsi və informasiya ilə davranış mədəniyyətinin** dəyişməsidir. Ənənəvi say sistemlərindən kvant maşınlarına doğru keçid bəşəriyyətin “məlumatı anlama” və “hesablama” qabiliyyətinin yeni mərhələyə yüksəlməsini təcəssüm etdirir.

Kvant kompüterlərinin gələcəyi, sadəcə daha güclü hesablama maşınlarının yaranması deyil — bu, **insan idrakının və informasiya anlayışının yenidən formalaşması** deməkdir. Əgər XX əsr “elektron dövrü” idisə, XXI əsr çox böyük ehtimalla **“kvant dövrü”** kimi tarixə düşəcək. Hazırda kvant kompüterləri laboratoriya şəraitində fəaliyyət göstərsə də, yaxın onilliklərdə onların **praktiki və kommersiya tətbiqlərinin** genişlənəcəyi gözlənilir. Alimlər hesab edir ki, təxminən **2035–2040-cı illərdə** kvant prosessorları artıq gündəlik hesablama sistemlərinə integrasiya olunacaq. Kvant texnologiyalarının ən böyük vədi **tam sındırılmaz şifrələmə sistemləri** yaratmaqdır. Kvant açar paylanması (Quantum Key Distribution — QKD) sayəsində məlumat ötürülməsi zamanı üçüncü tərəfin müdaxiləsi dərhal aşkar olunur. Bu, gələcəyin **hökumət sistemlərində, bankçılıqda, süni intellekt şəbəkələrində** mükəmməl təhlükəsizlik səviyyəsi təmin edəcək. Kvant kompüterləri mürəkkəb təbiət hadisələrini modelləşdirməkdə inqilab yaradacaq. Məsələn, **dərman kimyası, gen mühəndisliyi, iqlim modelləşməsi, nüvə reaksiyaları** kimi sahələrdə kvant simulyasiyaları real laboratoriya sınaqlarını əvəz edə bilər. Bu, həm maliyyə, həm də vaxt baxımından bəşəriyyət üçün böyük üstünlük olacaq. Uzaq perspektivdə kvant texnologiyaları **neyrokompüterlər, bioloji prosessorlar, kosmik hesablama sistemləri** kimi sahələrlə birləşəcək. Hətta bəzi tədqiqatçılar kvant kompüterlərinin gələcəkdə “insan beyninin modelləşdirilməsi” və “şüurun riyazi təhlili” kimi mövzuların açarına çevriləcəyini proqnozlaşdırır. Müasir dövrdə hesablama anlayışı artıq sadəcə

ədədlərin emalı ilə məhdudlaşmır; o, düşüncə, informasiya və enerjinin vəhdətinə çevrilib. Ənənəvi say sistemlərindən kvant hesablama modellərinə doğru keçid insan zəkasının və texnoloji inkişafın sintezini simvolizə edir. Bu proses göstərir ki, hesablama artıq sadəcə riyazi əməliyyatların ardıcılığı deyil, həm də təbiətin fundamental prinsiplərindən – superpozisiya və dolaşıqlıqdan – istifadə edən bir elm sahəsinə çevrilməkdədir. Kvant kompüterlərinin inkişafı, xüsusilə də qbitlərin sabitləşdirilməsi, səhv düzəltmə mexanizmlərinin təkmilləşdirilməsi və real tətbiq sahələrinin genişlənməsi istiqamətində aparılan tədqiqatlar, gələcəkdə informasiyanın emalı və təhlükəsizliyi sahəsində inqilabi dəyişikliklər vəd edir. Kriptoqrafiya, süni intellekt, simulyasiya və optimallaşdırma kimi sahələrdə kvant hesablama üsullarının tətbiqi, informasiya texnologiyalarının yeni bir mərhələyə qədəm qoymasını təmin edəcək.

Ənənəvi hesablama sistemlərinin illərlə formalaşmış prinsipləri hələ uzun müddət texnoloji əsas olaraq qalacaq, lakin kvant kompüterləri bu əsasların üzərində yeni bir “hesablama fəlsəfəsi” qurur. Bu fəlsəfə insan düşüncəsini daha dərinlən anlamağa, məlumatın təbiətini yenidən dəyərləndirməyə və texnologiyaları insan idrakına daha yaxınlaşdırmağa yönəlib.

Beləliklə, kvant texnologiyaları təkə hesablama gücünü artırır, həm də gələcəyin elmi və fəlsəfi baxışlarını dəyişir. “Ənənəvi say sistemlərindən kvant maşınlarına doğru” gedən bu təkamül prosesi bəşəriyyətin bilik sərhədlərini genişləndirən və informasiyanın gələcəyini müəyyən edən bir dövrün başlanğıcını təmsil edir.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Abbasov, R. (2021). Riyazi məntiq və hesablama sistemlərinin əsasları. Bakı: BDU Nəşriyyatı.
2. Əliyev, N. (2020). Kompüter arxitekturası və hesablama nəzəriyyəsi. Bakı: Elm və Təhsil.
3. Həsənova, S. (2022). Say sistemlərinin inkişaf tarixi və müasir tətbiqləri. Azərbaycan Texniki Universiteti Elmi Məqalələr Toplusu, 14(3), 45–57.
4. Mehdiyev, T. (2023). Kvant texnologiyalarının informasiya təhlükəsizliyinə təsiri. Bakı: Qlobus Nəşriyyatı.
5. Şirinov, E. (2019). Elektron hesablama maşınlarının inkişaf mərhələləri. Bakı: Təhsil Nəşriyyatı.
6. Qasımova, L. (2021). İnformatika və hesablama nəzəriyyəsinin müasir istiqamətləri. Bakı: AzTU Nəşriyyatı.
7. Erdoğan, A. (2020). Kuantum bilgisayarları ve geleceğin teknolojisi. İstanbul: Papatya Yayıncılık.
8. Yılmaz, M., & Kara, B. (2021). Bilgisayar bilimlerinde say sistemleri ve algoritmik düşünme. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
9. Demir, S. (2022). Kuantum hesaplama: Yeni nesil bilgi işleme paradigması. İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları.
10. Atalay, Z. (2023). Dijital çağda bilgi işleme ve kuantum teknolojilerinin yükselişi. İstanbul: Beta Yayınları.
11. Feynman, R. P. (1982). Simulating physics with computers. International Journal of Theoretical Physics, 21(6), 467–488.
12. Nielsen, M. A., & Chuang, I. L. (2010). Quantum computation and quantum information. Cambridge: Cambridge University Press.
13. Preskill, J. (2018). Quantum computing in the NISQ era and beyond. Quantum, 2, 79. <https://doi.org/10.22331/q-2018-08-06-79>
14. Arute, F., et al. (2019). Quantum supremacy using a programmable superconducting processor. Nature, 574(7779), 505–510. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1666-5>
15. Shor, P. W. (1997). Polynomial-time algorithms for prime factorization and discrete logarithms on a quantum computer. SIAM Journal on Computing, 26(5), 1484–1509.
16. Иванов, В. Н. (2021). Квантовые вычисления и новая эра информационных технологий. Москва: Наука.
17. Сидоров, А. П. (2020). Электронные вычислительные машины: История и перспективы. Санкт-Петербург: Питер.
18. Волков, Д. А. (2022). От бинарных систем к квантовым вычислениям: развитие вычислительных концепций. Информационные технологии и системы, 18(4), 32–46.
19. Kuznetsova, E., & Petrov, A. (2023). Перспективы квантовых вычислений в кибербезопасности. Журнал прикладных исследований ИТ, 9(2), 71–83.
20. Lloyd, S. (1996). Universal quantum simulators. Science, 273(5278), 1073–1078. <https://doi.org/10.1126/science.273.5278.1073>

RƏQƏMSAL TƏHLÜKƏSİZLİK MÜHİTİNDƏ KEÇMİŞİN ŞİFRƏSİ VƏ GƏLƏCƏYİN BİOMETRİYASININ VƏHDƏTİ

ŞABANOVA SEVİNC ƏLİƏKBƏR qızı

p.ü.f.d. b/m

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

Azərbaycan, Bakı

Xülasə. Müasir rəqəmsal təhlükəsizlik mühiti informasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı ilə paralel olaraq yeni çağırışlarla üz-üzə qalır. Bu prosesdə keçmişin klassik kriptografik üsulları – o cümlədən Sezar şifrəsi kimi simvolik kodlaşdırma modelləri – müasir biometrik autentifikasiya sistemləri ilə birgə tətbiq olunaraq daha etibarlı və çoxsəviyyəli müdafiə mexanizmlərinin yaradılmasına imkan verir. Məqalədə kriptografiyanın tarixi əsaslarından başlayaraq biometrik texnologiyaların informasiya təhlükəsizliyində rolu təhlil olunur. Həmçinin, bu iki yanaşmanın integrasiyası nəticəsində formalaşan yeni təhlükəsizlik konsepsiyası – “biometrik kriptografiya” anlayışı araşdırılır. Tədqiqat göstərir ki, keçmişin şifrələmə prinsipləri ilə gələcəyin biometrik sistemlərinin vəhdəti rəqəmsal identifikasiya və məlumatların qorunmasında yeni dövr açır.

Açar sözlər: rəqəmsal təhlükəsizlik, kriptografiya, biometrik autentifikasiya, Sezar şifrəsi, biometrik kriptografiya, məlumat mühafizəsi, identifikasiya sistemləri

Аннотация. Современная среда цифровой безопасности сталкивается с новыми вызовами параллельно с бурным развитием информационных технологий. В этом процессе классические криптографические методы прошлого, включая модели символьного кодирования, такие как шифр Цезаря, применяются в сочетании с современными системами биометрической аутентификации, что позволяет создавать более надежные и многоуровневые механизмы защиты. В статье анализируется роль биометрических технологий в информационной безопасности, начиная с исторических основ криптографии. Также рассматривается новая концепция безопасности, сформировавшаяся в результате интеграции этих двух подходов – концепция «биометрической криптографии». Исследование показывает, что единство принципов шифрования прошлого и биометрических систем будущего открывает новую эру в цифровой идентификации и защите данных.

Ключевые слова: цифровая безопасность, криптография, биометрическая аутентификация, шифр Цезаря, биометрическая криптография, защита данных, системы идентификации

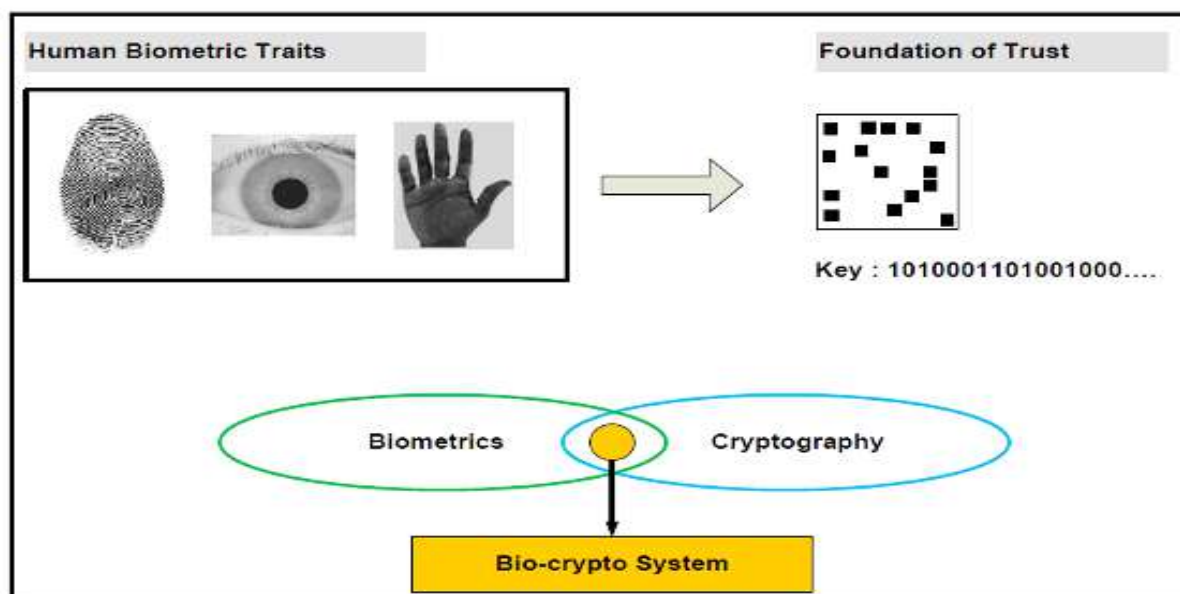
THE UNITY OF THE PASSWORD OF THE PAST AND THE BIOMETRICS OF THE FUTURE IN THE DIGITAL SECURITY ENVIRONMENT

Abstract. The modern digital security environment is facing new challenges in parallel with the rapid development of information technologies. In this process, classical cryptographic methods of the past - including symbolic coding models such as the Caesar cipher - are applied together with modern biometric authentication systems, allowing for the creation of more reliable and multi-level protection mechanisms. The article analyzes the role of biometric technologies in information security, starting from the historical foundations of cryptography. It also examines the new security concept formed as a result of the integration of these two approaches - the concept of "biometric cryptography". The study shows that the unity of the encryption principles of the past and the biometric systems of the future opens a new era in digital identification and data protection.

Keywords: digital security, cryptography, biometric authentication, Caesar cipher, biometric cryptography, data protection, identification systems

Rəqəmsal dövrün formalaşması ilə birlikdə informasiya təhlükəsizliyi anlayışı bəşəriyyətin ən önəmli problemlərindən birinə çevrilmişdir. İnformasiyanın dəyəri, onun qorunması və etibarlı ötürülməsi artıq iqtisadi, siyasi və sosial sabitliyin əsas amillərindən hesab olunur. Bu baxımdan rəqəmsal təhlükəsizlik mühitində həm tarixi, həm də müasir yanaşmaların sintezi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Keçmişin şifrələmə üsulları informasiya mühafizəsinin ilkin bünövrəsini təşkil etmiş, bu bünövrə üzərində müasir biometrik texnologiyalar formalaşmışdır. Ən qədim kriptografiya sistemlərdən biri kimi tanınan Sezar şifrəsi sadə hərflər yerdəyişməsi prinsipi ilə işləyirdi. Bu üsulun əsas ideyası məlumatın məzmununu gizlətmək və yalnız açarı bilən şəxsin onu oxuya bilməsini təmin etmək idi. Hər nə qədər primitiv görünsə də, bu yanaşma sonrakı yüzilliklərdə formalaşan bütün şifrələmə sistemlərinin nəzəri təməlini qoydu. Kriptografiyanın mahiyyəti dəyişməsə də, onun tətbiq sahələri və alqoritmik mürəkkəbliyi zamanla artdı. Analox sistemlərdən rəqəmsal modellərə keçid bu sahədə inqilabi dönüş yaratdı.

XXI əsrdə kibertəhlükəsizlik yalnız mətn və ya fayl şifrələməsi ilə məhdudlaşmır. Bu gün təhlükəsizlik anlayışı insanın öz bioloji göstəriciləri ilə birbaşa əlaqələndirilir. Barmaq izi, göz bəbəyi, səs tonu və hətta üz quruluşu kimi biometrik göstəricilər parol və şifrələrin yerini tədricən tutur. Biometrik autentifikasiya sistemləri insanın fiziki və davranış xüsusiyyətlərini rəqəmsal kodlara çevirərək unikal identifikasiya yaradır. Bu sistemlər ənənəvi kriptografiyanın təmin edə bilmədiyi səviyyədə fərdiləşdirilmiş təhlükəsizlik mexanizmi formalaşdırır. Rəqəmsal təhlükəsizlikdə ən mühüm məsələ insan amilinin zəiflədilməsi, yəni unudulan parolların və oğurlanan məlumatların təsirinin azaldılmasıdır. Biometrik texnologiyalar məhz bu problemi aradan qaldırmağa yönəlmişdir. Lakin bu texnologiyalar da tam riskdən uzaq deyil. Biometrik məlumat bir dəfə sızdırıldıqda dəyişdirilə bilmir və bu, təhlükəsizlik baxımından yeni problemlər yaradır. Beləliklə, müasir kriptografiya biometrik məlumatların qorunması üçün yeni üsullar axtarmağa məcbur qalır. Bu zərurət “biometrik kriptografiya” adlı yeni istiqamətin yaranmasına gətirib çıxarmışdır. Biometrik kriptografiya klassik şifrələmə prinsiplərini insanın biometrik xüsusiyyətləri ilə birləşdirən bir konsepsiyadır. Burada biometrik göstəricilər yalnız autentifikasiya vasitəsi deyil, eyni zamanda şifrələmə açarı kimi də istifadə olunur. Məsələn, barmaq izi və ya göz bəbəyi təsviri xüsusi alqoritm vasitəsilə kriptografik açara çevrilir və bu açar yalnız həmin şəxsin biometrik məlumatı ilə uyğunlaşdıqda aktiv olur. Bu yanaşma məlumatların qorunmasında həm insan bədəninin unikal təbiətindən, həm də alqoritmik riyaziyyatın gücündən istifadə edir. Beləliklə, keçmişin şifrələmə ideyaları ilə gələcəyin biometrik texnologiyaları arasında vəhdət yaranır. Əgər Sezar şifrəsi məlumatın mətn formasını qorumağı hədəfləyirdisə, biometrik kriptografiya artıq insanın öz kimliyini təhlükəsizlik sisteminin mərkəzinə çevirir. Bu, rəqəmsal mühitdə “insan–texnologiya–təhlükəsizlik” üçlüyünün yeni mərhələsini formalaşdırır. Keçmişin kodlaşdırma



prinsipləri və gələcəyin biometriyası birləşərək informasiya təhlükəsizliyinin daha dərin və fərdiləşdirilmiş modelini yaradır. Rəqəmsal təhlükəsizlik mühitində bu integrasiya həm texnoloji, həm etik, həm də hüquqi baxımdan yeni məsələləri gündəmə gətirir. Biometrik verilənlərin toplanması və saxlanması zamanı məxfilik prinsiplərinə riayət edilməli, istifadəçi razılığı mütləq təmin olunmalıdır. Hər bir sistem yalnız texnoloji etibarlılığa deyil, həm də sosial etimada əsaslanmalıdır. İnformasiyanın qorunması artıq təkcə texniki məsələ deyil, eyni zamanda insan hüquqları ilə sıx bağlıdır.

Keçmişin kodlarından danışırıqsa Sezar kodlarını xüsusi ilə qeyd etməliyik. Sezar şifrəsi ən sadə simvol yerdəyişmə (substitusiya) üsullarından biridir. Bu üsulda hərflər müəyyən say qədər irəli və ya geri sürüşdürülür. Məsələn, “A” hərfi üç addım irəli çəkilsə, “D” hərfi ilə əvəz olunur. Bu üsulun alqoritmik ifadəsi belə yazıla bilər:

$E(x) = (x + n) \bmod 26$, burada x — hərfin əlifbadakı mövqeyini, n — sürüşmə dəyərini göstərir. Bu sadə formul sonradan yaranan bütün şifrələmə sistemlərinin riyazi əsasını təşkil edib. Baxmayaraq ki, Sezar şifrəsi bu gün praktiki təhlükəsizlik üçün zəif hesab olunur, onun prinsipləri müasir **asimmetrik şifrələmə**, **RSA alqoritmləri** və **hash funksiyaları** üçün təməl ideya mənbəyidir. Əsas konsepsiya eyni qalır: məlumat yalnız müəyyən açarla açılmalıdır. Müasir sistemlər sadəcə Sezarın məntiqini çoxsaylı riyazi qatlarla və kombinasiyalarla gücləndirir. Məsələn, **AES** (Advanced Encryption Standard) kimi alqoritmlər hər bir bitin yerdəyişməsini və çevrilməsini çoxmərhləli şəkildə həyata keçirir, lakin ideyanın kökü yenə Sezarın “dəyərləri dəyişdir, mənanı gizlət” prinsipinə dayanır. Sezar şifrəsi çox az sayda mümkün açar kombinasiyasına malikdir (yalnız 25 variant), buna görə **tez qırılan** sistemlər sırasındadır. Lakin bu zəiflik onun **tarixi gücünü azaltmır**, çünki o, insanları ilk dəfə “məlumatın görünən halının aldadıcı ola biləcəyi” ideyası ilə tanış etmişdi. Məhz bu psixoloji və intellektual məntiq, sonrakı yüzilliklərdə **kriptanaliz** elminin yaranmasına gətirib çıxardı.

```
def sezar_sifrele(metin, addim):  
    netice = ""  
    for herf in metin:  
        if herf.isalpha():  
            kod = ord('A') if herf.isupper() else ord('a')  
            netice += chr((ord(herf) - kod + addim) % 26 + kod)  
        else:  
            netice += herf  
    return netice  
  
print(sezar_sifrele("INFORMATIKA", 3))
```

Sezar şifrəsinin ideyası — **informasiya bir açarla qorunur** — biometrik sistemlərdə “insan bədəninin özəlliyi” ilə əvəz olunur. Əgər keçmişdə açar bir ədədi sürüşmə idi, bu gün həmin açar bir insanın **barmaq izi** və ya **üz tanıma kodudur**. Beləliklə, **biometrik kriptografiya Sezar kodlarının riyazi fəlsəfəsini bədən səviyyəsinə gətirir**.

Tədqiqat işinə kiçik bir **nümunəvi alqoritm** də əlavə etmək olar — məsələn, Sezar şifrəsinin Python-da sadə tətbiqi (elmi məqalədə göstərmək üçün uyğundur):

Bu kod “INFORMATIKA” sözünü üç addım sürüşdürmə ilə şifrələyir və “LQIRUPDWLND” kimi nəticə verir. Keçmişin Sezar şifrəsi ilə gələcəyin biometrik sistemləri arasında körpü qurmaq o deməkdir ki, insanlıq məlumatı qorumaq üsullarını texnologiyanın inkişafına uyğun yeniləməyə davam edir. Əgər Sezar dövründə təhlükəsizlik fiziki məktubun məxfiliyini qorumaq idisə, bu gün təhlükəsizlik insanın öz kimliyini rəqəmsal məkanda müdafiə etməkdir. Bu, yalnız texnologiyanın deyil, düşüncə tərzinin də təkamülüdür. Rəqəmsal təhlükəsizlik anlayışı əsrlər boyu insanlığın məlumatı qoruma instinktindən doğmuşdur. Tarixin dərinliklərində istifadə olunan Sezar şifrəsi bu baxımdan müasir kriptografiyanın başlanğıc nöqtəsi sayılır. Sadə hərflərin yerdəyişməsi prinsipi ilə qurulsa da, onun arxasında gizlənən ideya — informasiyanın gizliliyi və etibarlılığı — bu gün də eyni dərəcədə aktualdır. Bugünkü rəqəmsal mühitdə artıq təkcə kodlarla deyil, biometrik identifikasiya üsulları ilə də təhlükəsizlik təmin edilir. Barmaq izi, göz bəbəyi və səs tanıma kimi texnologiyalar insanın öz bədənini bir növ “şifrə”yə çevirir. Beləliklə, qədim dövrlərdəki mətn əsaslı şifrələmə mexanizmləri ilə müasir biometrik metodlar arasında dərin bir ideoloji bağlılıq yaranır — hər iki yanaşma insanın məlumatı qoruya bilmə instinktinin texnoloji təzahürüdür. Əgər Sezar dövründə şifrələnmiş bir mesajın açılması üçün zəka və səbr tələb olunurdusa, bu günün dünyasında biometrik məlumatların qorunması üçün süni intellekt, kriptografiya və etik prinsiplərin sintezi vacibdir. Bu vəhdət keçmişin simvolik şifrəsi ilə gələcəyin texnoloji imzasını birləşdirərək, təhlükəsizliyin həm mədəni, həm də elmi davamlılığını təmin edir.

Nəticə etibarilə, rəqəmsal təhlükəsizlik nə keçmişdən tam ayrılmaq, nə də texnologiyayı mütləq dəyərləşdirməkdir. O, Sezar kodunun sadəliyindən biometriyanın mürəkkəbliyinə doğru uzanan bir inkişaf xəttidir. Bu xəttin hər nöqtəsində əsas məqsəd eynidir — məlumatı insan dəyərlərinə sadıq qalaraq qorumaq.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Əliyev, T. (2018). *Kriptografiya və məlumat təhlükəsizliyi əsasları*. Bakı: Elm və Təhsil Nəşriyyatı.
2. Həsənov, R. (2020). *Rəqəmsal təhlükəsizlik və biometrik autentifikasiya*. Bakı: Azərbaycan Universiteti Nəşriyyatı.
3. Məmmədov, S. (2019). *Kompüter şifrələmə metodları və tətbiqləri*. Bakı: Nurlan Nəşriyyatı.
4. Quliyev, F. (2021). *Kriptografiyanın tarixi və müasir tətbiqləri*. Bakı: Təhsil Nəşriyyatı.
5. Babayev, R. (2017). *İnformasiya təhlükəsizliyi və rəqəmsal identifikasiya*. Bakı: Elm və Təhsil.
6. Иванов, С. (2017). *Криптография и информационная безопасность*. Москва: Наука.
7. Петрова, М. (2019). *Биометрическая идентификация и современные методы защиты данных*. Санкт-Петербург: Питер.
8. Сидоров, В. (2018). *История криптографии и её современные методы*. Москва: Юрайт.
9. Кузнецов, А. (2020). *Цифровая безопасность и биометрические системы*. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург.
10. Фролова, Е. (2016). *Классические и современные шифры: теория и практика*. Москва: ДМК Пресс.
11. Stallings, W. (2017). *Cryptography and Network Security: Principles and Practice* (7th ed.). Boston: Pearson.
12. Schneier, B. (2015). *Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code in C* (2nd ed.). New York: Wiley.
13. Katz, J., & Lindell, Y. (2020). *Introduction to Modern Cryptography* (3rd ed.). Boca Raton: CRC Press.
14. Menezes, A., van Oorschot, P., & Vanstone, S. (2018). *Handbook of Applied Cryptography*. Boca Raton: CRC Press.
15. Jain, A. K., Ross, A., & Nandakumar, K. (2016). *Introduction to Biometrics*. New York: Springer.
16. Ratha, N., Connell, J., & Bolle, R. (2007). *Enhancing Security and Privacy in Biometrics-Based Authentication Systems*. IBM Systems Journal, 40(3), 614–634.
17. O’Gorman, L. (2003). *Comparing Passwords, Tokens, and Biometrics for User Authentication*. Proceedings of the IEEE, 91(12), 2021–2040.
18. Yılmaz, M. (2019). *Kriptografi ve Bilgi Güvenliği*. İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık.
19. Demir, E. (2021). *Biyometrik Sistemler ve Güvenlik Teknolojileri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
20. Kaya, S. (2018). *Şifreleme Yöntemleri ve Dijital Güvenlik*. İstanbul: Beta Yayınları.
21. Özdemir, H. (2020). *Bilgi Güvenliği ve Modern Kriptografi Uygulamaları*. Ankara: Pegem Akademi

НЕЙРОСЕТИ В ОБРАЗОВАНИИ: ВОЗМОЖНОСТИ, ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

ГАМИДОВ САИД СЕИДАГА оглы
доцент кафедры «Компьютерные науки»
Азербайджанского Педагогического Университета

Аннотация. Использование нейросетей в образовании открывает широкие возможности для персонализации обучения, автоматизации рутинных задач преподавателей и анализа больших образовательных данных. Нейронные сети позволяют создавать интеллектуальных ассистентов и адаптивные обучающие платформы, генерировать учебные материалы и развивать инклюзивное образование. Практические примеры включают автоматическую проверку работ, чат-ботов для помощи студентам, адаптивные системы обучения и технологии распознавания речи. Перспективы развития связаны с интеграцией аффективных вычислений, генеративных моделей, мультиагентных систем, виртуальной и дополненной реальности, а также с глобализацией образовательных платформ и повышением прозрачности алгоритмов. Эти технологии обещают сделать обучение более эффективным, доступным и персонализированным.

Ключевые слова: нейросети, персонализация обучения, автоматизация, анализ данных, адаптивные платформы, чат-боты, генеративные модели, инклюзивное образование, виртуальная реальность, дополненная реальность, аффективные вычисления, мультиагентные системы, цифровая трансформация.

HAMIDOV SAID SEIDAGA oglu
Associate Professor of the "Computer Science" Department,
Azerbaijan Pedagogical University

Resume. The use of neural networks in education offers vast opportunities for personalized learning, automation of routine teaching tasks, and analysis of large educational datasets. Neural networks enable the creation of intelligent assistants and adaptive learning platforms, automated content generation, and support for inclusive education. Practical applications include automated essay grading, educational chatbots, adaptive learning systems, and speech recognition technologies. Future prospects involve integrating affective computing, generative models, multi-agent systems, virtual and augmented reality, as well as enhancing algorithm transparency and globalizing educational platforms. These technologies promise to make education more efficient, accessible, and personalized.

Keywords: neural networks, personalized learning, automation, data analysis, adaptive platforms, chatbots, generative models, inclusive education, virtual reality, augmented reality, affective computing, multi-agent systems, digital transformation.

Преимущества использования нейросетей в образовательном процессе

Использование нейронных сетей в сфере образования открывает широкие возможности для совершенствования как учебного процесса, так и системы управления образовательными учреждениями. В отличие от традиционных методов обучения, где большая часть процессов жёстко стандартизирована и зависит от человеческого фактора, технологии искусственного интеллекта позволяют автоматизировать рутинные задачи, создавать адаптивные системы и обеспечивать гибкость в работе с учебными данными. Всё это даёт целый ряд преимуществ, которые делают нейросети одним из ключевых инструментов цифровой трансформации образования.

Одним из главных преимуществ является возможность персонализации обучения. Традиционная система образования предполагает единый подход ко всем обучающимся, где

преподаватель строит курс, ориентируясь на «среднего» студента. В результате сильные учащиеся недополучают сложные задания, способные развить их потенциал, а слабые не всегда успевают освоить базовый материал. Нейросети же позволяют анализировать индивидуальные данные каждого студента: скорость усвоения материала, результаты тестов, предпочтительные формы подачи информации. На основе этого анализа система может автоматически подбирать задания, материалы и рекомендации, создавая персонализированную образовательную траекторию. Такой подход повышает мотивацию студентов и эффективность обучения в целом.

Второе важное преимущество связано с автоматизацией рутинных задач преподавателя. Проверка письменных работ, тестов и эссе, подготовка учебных материалов и составление отчётности занимают значительную часть времени педагогов, снижая их возможность уделять внимание творческим аспектам обучения. Нейронные сети способны автоматизировать большую часть этих процессов. Уже существуют системы, которые с высокой точностью проверяют грамматику, стиль и содержание текстов, а также анализируют логическую последовательность и аргументацию. Это позволяет преподавателям сосредоточиться на работе со студентами, консультировании и развитии методической базы.

Третьим важным преимуществом является возможность анализа больших образовательных данных. Современные учебные платформы и электронные дневники накапливают огромное количество информации: посещаемость, активность студентов, успеваемость, участие в онлайн-дискуссиях. Нейросети позволяют обрабатывать эти данные и выявлять скрытые закономерности, прогнозировать успеваемость студентов, определять группы риска, которым требуется дополнительная поддержка. Благодаря этому образовательные учреждения получают инструмент для раннего выявления проблем и принятия управленческих решений, основанных на объективной информации.

Кроме того, нейросети открывают возможности для создания интеллектуальных образовательных ассистентов и чат-ботов. Такие системы могут круглосуточно отвечать на вопросы студентов, объяснять сложные темы и предоставлять дополнительные материалы для изучения. Это особенно важно для дистанционного обучения и самостоятельной подготовки, когда преподаватель не всегда может быть доступен для консультации. Интеллектуальные ассистенты позволяют разгрузить педагогов и в то же время обеспечить постоянную поддержку учащихся.

Отдельного внимания заслуживает возможность автоматической генерации учебных материалов. С помощью нейросетей можно создавать тесты, учебные тексты, иллюстрации, а также адаптировать их под разные уровни сложности и языки. Это значительно ускоряет подготовку образовательного контента и делает его более гибким и современным.

Наконец, использование нейросетей способствует развитию инклюзивного образования. Системы распознавания речи, автоматического перевода и синтеза речи позволяют вовлекать в учебный процесс людей с ограниченными возможностями здоровья. Создание субтитров, перевод текста в аудио и адаптация материалов для различных категорий учащихся делают образование более доступным и универсальным.

Таким образом, нейросети в образовательном процессе позволяют создать персонализированные траектории обучения, автоматизировать рутинные задачи, анализировать большие массивы данных, предоставлять интеллектуальную поддержку и способствовать инклюзивности образования. Всё это не только повышает эффективность учебного процесса, но и открывает новые горизонты для педагогики и управления образованием в целом.

Практические примеры использования нейросетей в образовании

Одним из самых распространённых примеров использования нейросетей является автоматизация проверки и оценки знаний. Раньше преподавателю требовалось много времени на проверку письменных работ, тестов или эссе, но сегодня системы, основанные на

искусственном интеллекте, способны быстро и объективно анализировать тексты, выявлять орфографические и грамматические ошибки, оценивать логическую структуру ответа и даже проверять оригинальность материала. Например, некоторые образовательные платформы уже интегрируют функции автоматической проверки эссе, что значительно сокращает нагрузку на педагогов и позволяет им больше времени уделять аналитической и методической работе.

Другим значимым направлением является создание интеллектуальных помощников и чат-ботов для образования. Такие системы способны отвечать на вопросы студентов в режиме реального времени, объяснять сложные темы простыми словами и даже вести диалог на естественном языке. Ярким примером может служить использование языковых моделей наподобие ChatGPT, которые помогают студентам разбираться с учебными заданиями, формулировать идеи для проектов и готовиться к экзаменам. Эти системы работают круглосуточно и предоставляют доступ к образовательным материалам в любое время, что особенно важно для дистанционного обучения и самообразования.

Нейросети также активно применяются для разработки адаптивных обучающих платформ. Такие системы анализируют успехи студентов и подбирают для них индивидуальные образовательные траектории. Например, если обучающийся успешно справляется с базовыми заданиями, система автоматически предложит ему более сложные упражнения, а в случае трудностей — дополнительные разъяснения и примеры. Это позволяет каждому студенту учиться в своём темпе и получать максимально полезный и релевантный материал.

В последние годы нейронные сети нашли применение и в создании образовательного контента. С их помощью можно автоматически генерировать учебные тексты, тестовые задания, мультимедийные материалы и даже целые виртуальные симуляции. Это значительно ускоряет процесс подготовки курсов и позволяет оперативно обновлять материалы в соответствии с изменениями учебных программ или появлением новых знаний в конкретной области. Некоторые платформы используют генеративные модели для создания интерактивных заданий и визуализаций, которые помогают студентам лучше усваивать сложные концепции.

Особое внимание стоит уделить применению нейросетей в инклюзивном образовании. Технологии распознавания речи и автоматического перевода позволяют создавать субтитры для лекций, синхронно переводить материалы на разные языки и даже преобразовывать текст в аудио, что делает обучение более доступным для людей с ограниченными возможностями слуха или зрения. Например, автоматическая генерация субтитров на основе распознавания речи уже активно используется в онлайн-курсах и видеолекциях, облегчая восприятие информации для широкой аудитории.

Кроме того, нейронные сети помогают в управлении образовательными учреждениями. Анализ больших массивов данных о посещаемости, успеваемости, активности студентов и результатах тестирования позволяет прогнозировать академическую успеваемость, выявлять группы риска и принимать управленческие решения, основанные на объективной информации. Это способствует более рациональному распределению ресурсов и повышению качества образования.

Все эти примеры показывают, что нейронные сети не являются абстрактной технологией будущего, а уже сегодня активно внедряются в учебный процесс, облегчая работу преподавателей, повышая мотивацию студентов и создавая новые возможности для персонализации и инклюзивности образования. Их использование становится неотъемлемой частью современного образовательного пространства и открывает перспективы для дальнейшего совершенствования методов обучения.

Перспективы развития нейросетей в образовании

Перспективы развития нейросетей в образовании выглядят крайне многообещающими, поскольку эта технология стремительно совершенствуется и находит всё новые области

применения. Если сегодня нейронные сети используются в основном для автоматизации отдельных процессов и персонализации обучения, то в ближайшем будущем можно ожидать их глубокой интеграции во все уровни образовательной системы — от начального до высшего образования и профессиональной подготовки.

Одним из ключевых направлений развития станет создание по-настоящему интеллектуальных образовательных платформ, которые смогут не только анализировать успеваемость студентов, но и адаптироваться к их когнитивным особенностям, эмоциональному состоянию и мотивации. Уже ведутся исследования в области так называемого аффективного вычисления, которое позволит нейросетям распознавать эмоции учащихся по выражению лица, интонации речи и поведенческим реакциям. Это откроет возможности для динамической адаптации учебного процесса, когда система сможет предлагать дополнительные объяснения или менять подачу материала, если обнаружит усталость или непонимание со стороны студента.

Дальнейшее развитие получат и технологии генеративных моделей, таких как ChatGPT и другие крупные языковые модели. Они будут использоваться не только для автоматического создания учебных материалов и тестов, но и для формирования интерактивных образовательных сред, где студенты смогут общаться с виртуальными тьюторами, проходить симуляции и участвовать в интеллектуальных дискуссиях. Такие технологии помогут создать более гибкую и увлекательную образовательную среду, приближающую обучение к реальным условиям профессиональной деятельности.

Перспективным направлением является и развитие мультиагентных систем, которые смогут взаимодействовать друг с другом и совместно решать сложные образовательные задачи. Например, одна система может анализировать успеваемость студентов, другая — формировать учебные материалы, третья — заниматься прогнозированием результатов и ранним выявлением проблемных зон. Их интеграция позволит создать комплексную интеллектуальную образовательную экосистему.

Особое внимание будет уделяться развитию технологий виртуальной и дополненной реальности, которые в сочетании с нейросетями обеспечат создание адаптивных и интерактивных учебных симуляций. Студенты смогут отрабатывать практические навыки в виртуальной среде, где нейронные сети будут анализировать их действия и предоставлять персонализированные рекомендации. Это особенно важно для таких областей, как медицина, инженерия или архитектура, где практическая подготовка играет ключевую роль.

Отдельной перспективой развития станет повышение прозрачности и объяснимости работы нейросетей. Сегодня одной из главных проблем является так называемый «чёрный ящик», когда решения алгоритмов сложно интерпретировать. В будущем будут активно развиваться методы объяснимого искусственного интеллекта, позволяющие понять, почему система приняла то или иное решение. Это особенно важно для образовательной сферы, где доверие к технологиям и понимание их работы играет решающую роль.

Наконец, стоит отметить и международную интеграцию образовательных систем, основанных на нейросетевых технологиях. Платформы будущего смогут объединять студентов и преподавателей со всего мира, обеспечивая доступ к передовым образовательным ресурсам независимо от места проживания и уровня развития инфраструктуры. Это приведёт к глобализации знаний и расширению возможностей для всех участников образовательного процесса.

Таким образом, перспективы развития нейросетей в образовании связаны с созданием интеллектуальных адаптивных платформ, интеграцией технологий виртуальной и дополненной реальности, развитием генеративных моделей и мультиагентных систем, повышением прозрачности алгоритмов и глобализацией образовательной среды. Всё это обещает сделать обучение более персонализированным, интерактивным и доступным, открывая новые горизонты для педагогики и науки.

İBTİDAİ SİNİFLƏRDƏ KODLAŞDIRMA VƏ RƏQƏMSAL BACARIQLARIN İNKİŞAFINDA YENİ TƏDRİS METODLARINDAN İSTİFADƏ OLUNMASI

XƏYALƏ RZAYEVA NAZİM qızı
p.ü.f.d. Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
Kompüter elmləri kafedrasının müəllimi
Azərbaycan, Bakı.

Xülasə. Müasir təhsil mühiti şagirdlərin erkən yaşlarından rəqəmsal bacarıqlarını inkişaf etdirməyi tələb edir. İbtidai siniflərdə informatikanın tədrisi yalnız texniki biliklərin ötürülməsi ilə məhdudlaşmamalı, həmçinin şagirdlərin yaradıcılıq, problem həll etmə və təfəkkür bacarıqlarını artırmalıdır. Məqalədə ibtidai sinif şagirdlərinə kodlaşdırma bacarıqlarının öyrədilməsi üçün yeni tədris metodları araşdırılır. İnteraktiv dərslər, oyunlaşdırılmış tapşırıqlar, vizual proqramlaşdırma mühitləri və komanda layihələri kimi yanaşmaların uşaqların rəqəmsal düşüncə və texnologiya ilə əlaqə bacarıqlarına təsiri təhlil olunur. Tədqiqat göstərir ki, bu metodlar həm şagirdlərin dərslə marağını artırır, həm də onların kritik düşünmə, yaradıcılıq və əməkdaşlıq bacarıqlarını gücləndirir. Məqalə eyni zamanda müəllimlərin innovativ metodlardan istifadəsinin tədrisin effektivliyinə gətirdiyi töhfəni vurğulayır.

Açar sözləri: ibtidai sinif, kodlaşdırma, rəqəmsal, bacarıqlar, interaktiv, tədris, metodları, oyunlaşdırılmış, təlim, vizual, proqramlaşdırma, yaradıcılıq, əməkdaşlıq

USING NEW TEACHING METHODS IN DEVELOPING CODING AND DIGITAL SKILLS IN PRIMARY GRADES

Abstract. The modern educational environment requires students to develop digital skills from an early age. Teaching computer science in primary schools should not be limited to the transfer of technical knowledge, but should also enhance students' creativity, problem-solving and thinking skills. The article explores new teaching methods for teaching coding skills to primary school students. The impact of approaches such as interactive lessons, gamified tasks, visual programming environments and team projects on children's digital thinking and technology skills is analyzed. The study shows that these methods both increase students' interest in the lesson and strengthen their critical thinking, creativity and collaboration skills. The article also emphasizes the contribution of teachers' use of innovative methods to the effectiveness of teaching.

Keywords: primary school, coding, digital, skills, interactive, teaching, methods, gamified, training, visual, programming, creativity, collaboration

Аннотация. Современная образовательная среда требует от учащихся развития цифровых навыков с раннего возраста. Преподавание информатики в начальной школе не должно ограничиваться передачей технических знаний, но также должно развивать у учащихся творческие способности, навыки решения проблем и мышления. В статье рассматриваются новые методы обучения навыкам программирования учащихся начальной школы. Анализируется влияние таких подходов, как интерактивные уроки, игровые задания, среды визуального программирования и командные проекты, на цифровое мышление и технологические навыки детей. Исследование показывает, что эти методы повышают интерес учащихся к уроку и развивают их критическое мышление, креативность и навыки совместной работы. В статье также подчеркивается вклад использования учителями инновационных методов в эффективность обучения.

Ключевые слова: начальная школа, кодирование, цифровые, навыки, интерактивный, обучение, методы, геймифицированный, обучение, визуальный, программирование, креативность, сотрудничество

Müasir dövrdə texnologiyanın sürətli inkişafı ilə birlikdə şagirdlərin erkən yaşlarından rəqəmsal bacarıqlara yiyələnməsi vacib olmuşdur. İbtidai siniflərdə informatikanın tədrisi təkcə kompüter və proqramlardan istifadə öyrətməkdən ibarət deyil, həmçinin şagirdlərin yaradıcılıq, analitik düşüncə və problem həll etmə bacarıqlarını inkişaf etdirməyə yönəlmişdir. Bu baxımdan yeni tədris metodlarının tətbiqi məktəb təhsilində əhəmiyyətli yer tutur və şagirdlərin kodlaşdırma biliklərini daha əyləncəli və effektiv şəkildə mənimsəməsinə imkan yaradır. Yeni tədris metodları yalnız proqramlaşdırmanı öyrətməklə kifayətlənmir. Onlar eyni zamanda **rəqəmsal təhlükəsizlik, informasiya məxfiliyi və məqsədyönlü düşüncə** kimi sahələrdə də şagirdləri məlumatlandırır. Oyunlaşdırılmış tapşırıqlar vasitəsilə şagirdlər proqramlaşdırma bloklarını düzgün yerləşdirməklə nəticə əldə edir, bu isə onların **problem həll etmə bacarığını** real şəkildə inkişaf etdirir. Məsələn, bir tapşırıqda şagirdlərdən müəyyən bir ardıcılıqla rəqəmsal blokları yerləşdirmələri tələb olunur ki, bu da həm kodlaşdırmanı, həm də məntiqi düşüncəni birləşdirir. Kodlaşdırma dərslərində ənənəvi yanaşmalar adətən şagirdləri passiv öyrənməyə sövq edir və onların marağını tam şəkildə cəlb etmir. Buna görə də interaktiv və oyunlaşdırılmış metodların tətbiqi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Məsələn, şagirdlərə **vizual proqramlaşdırma mühitləri**, sadə robotlar və ya blok əsaslı proqramlaşdırma vasitələri təqdim etmək onların **məntiqi təfəkkürünü, yaradıcılıq qabiliyyətlərini və komanda işində əməkdaşlıq bacarıqlarını** inkişaf etdirir. Bu yanaşma həm dərslərin effektivliyini artırır, həm də uşaqlarda **texnologiyaya maraq və motivasiyanı** yüksəldir. Yeni tədris metodları yalnız proqramlaşdırmanı öyrətməklə kifayətlənmir. Onlar eyni zamanda **rəqəmsal təhlükəsizlik, informasiya məxfiliyi və məqsədyönlü düşüncə** kimi sahələrdə də şagirdləri məlumatlandırır. Oyunlaşdırılmış tapşırıqlar vasitəsilə şagirdlər proqramlaşdırma bloklarını düzgün yerləşdirməklə nəticə əldə edir, bu isə onların **problem həll etmə bacarığını** real şəkildə inkişaf etdirir. Məsələn, bir tapşırıqda şagirdlərdən müəyyən bir ardıcılıqla rəqəmsal blokları yerləşdirmələri tələb olunur ki, bu da həm kodlaşdırmanı, həm də məntiqi düşüncəni birləşdirir. Bundan əlavə, komanda layihələri şagirdlərin **əməkdaşlıq və ünsiyyət bacarıqlarını** gücləndirir. Şagirdlər kiçik qruplarda layihə üzərində işləyərkən **ideya mübadiləsi, rəqabət və yaradıcı yanaşma** kimi bacarıqları öyrənirlər. Bu metodlar onların yalnız texniki biliklərini deyil, həm də sosial bacarıqlarını inkişaf etdirir, gələcəkdə daha mürəkkəb texnoloji tapşırıqlarla başa çıxmaq qabiliyyətlərini formalaşdırır. İbtidai siniflərdə kodlaşdırma və rəqəmsal bacarıqların inkişafı üçün vizual proqramlaşdırma mühitləri xüsusilə səmərəlidir. Scratch, Code.org, Tynker kimi platformalar şagirdlərə **rəqəmsal konsepsiyaları vizual və intuitiv şəkildə anlamağa** imkan verir. Şagirdlər bu mühitlərdə proqramlaşdırma bloklarını sürükləyib atmaqla öz oyun və layihələrini yaradır, nəticədə həm əylənir, həm də öyrənirlər. Bu yanaşma uşaqlarda **təcrübə öyrənmə, yaradıcılıq və təfəkkür bacarıqlarını** inkişaf etdirir.



Müasir təhsil sistemi şagirdləri erkən yaşlardan rəqəmsal bacarıqlara yiyələnməyə hazırlamağı tələb edir. İnformatika dərsləri yalnız kompüter və proqramların istifadəsini öyrətmək məqsədi daşımır; onlar eyni zamanda **yaradıcılıq, məntiqi düşüncə, problem həll etmə və komanda əməkdaşlığı** kimi bacarıqların inkişafına xidmət edir. Bu səbəbdən ibtidai siniflərdə kodlaşdırmanın tədrisi yeni, interaktiv və oyunlaşdırılmış metodlar vasitəsilə həyata keçirilməlidir.

Ənənəvi tədris metodları şagirdlərin dərse passiv yanaşmasına səbəb olur, maraq və motivasiyanı aşağı salır. Bunun əksinə, **vizual proqramlaşdırma mühitləri, robotlar və blok əsaslı proqramlaşdırma vasitələri** şagirdlər üçün həm əyləncəli, həm də praktik öyrənmə mühiti yaradır. Bu yanaşma uşaqlarda **məntiqi təfəkkür, yaradıcılıq və problem həll etmə bacarıqları** inkişaf etdirir. Məsələn, şagirdlərdən müəyyən ardıcılıqla rəqəmsal blokları yerləşdirmələri tələb olunduqda, onlar həm kodlaşdırmanı, həm də məntiqi təfəkkürü eyni zamanda öyrənirlər. Yeni tədris metodları kodlaşdırma biliklərini inkişaf etdirməklə yanaşı, rəqəmsal təhlükəsizlik və informasiya məxfiliyi mövzularında da şagirdləri məlumatlandırır. Oyunlaşdırılmış tapşırıqlar vasitəsilə



şagirdlər sadə şifrlər quraraq məlumatın qorunmasını öyrənir, nəticədə təhlükəsiz və məsuliyyətli rəqəmsal davranış bacarıqları formalaşır. Bu metodlar onların texniki biliklərini möhkəmləndirir və gələcəkdə daha mürəkkəb proqramlaşdırma tapşırıqları ilə başa çıxmaq qabiliyyətini artırır.

Komanda layihələri də ibtidai siniflərdə kodlaşdırmanın tədrisində mühüm rol oynayır. Şagirdlər kiçik qruplarda layihə üzərində işləyərkən **ideya mübadiləsi, rəqabət və yaradıcılıq**, həmçinin **əməkdaşlıq** bacarıqlarını inkişaf etdirirlər. Bu yanaşma yalnız texniki bacarıqları deyil, həm də sosial və kommunikativ bacarıqları gücləndirir, şagirdləri gələcəkdə daha mürəkkəb problemlərin öhdəsindən gəlməyə hazırlayır. Vizual proqramlaşdırma mühitləri şagirdlərin öyrənmə prosesini daha intuitiv edir. Scratch, Code.org, Tynker kimi platformalar şagirdlərə **rəqəmsal konsepsiyaları vizual şəkildə anlamaq**, öz oyun və layihələrini yaratmaq imkanı verir. Şagirdlər blokları sürükləyib atmaqla proqramlaşdırma prinsiplərini öyrənir, bu isə onların həm əylənməsini, həm də **yaradıcılıq və təcrübə yolu ilə öyrənmə bacarıqlarını** artırır. İbtidai siniflərdə kodlaşdırmanın tədrisində oyunlaşdırılmış metodların rolu xüsusilə vacibdir. Sadə tapşırıqlar və mini oyunlar vasitəsilə şagirdlər **məsələni həll etmək, addım-addım düşünmək və təcrübədən nəticə çıxarmaq** bacarıqlarını öyrənirlər. Məsələn, şagirdlərdən müəyyən bir ardıcılıqla rəqəmsal blokları yerləşdirmələri tələb olunur və yalnız düzgün nəticə əldə edildikdə oyun tamamlanır. Bu yanaşma onların **düşüncə sürətini, məntiqi və analitik bacarıqlarını** gücləndirir. Müəllimlərin rolu da bu prosesdə böyükdür. Onlar şagirdləri düzgün istiqamətləndirməli, yaradıcı yanaşmaları təşviq etməli və hər bir şagirdin fərdi bacarıqlarına uyğun tapşırıqlar təqdim etməlidirlər. Müasir texnologiyalar və proqramlaşdırma vasitələri müəllimlərə dərsləri **interaktiv, vizual və maraqlı** etmək imkanı verir. Bu yanaşma həm də müəllimlərin öz peşə bacarıqlarını inkişaf etdirməsinə şərait yaradır. Nəticədə, ibtidai siniflərdə kodlaşdırma və rəqəmsal bacarıqların inkişafı üçün yeni tədris metodlarının tətbiqi şagirdlərdə yalnız texniki biliklərin deyil, həm də **yaradıcılıq, analitik düşüncə, əməkdaşlıq və məsuliyyətlik** bacarıqlarının formalaşmasına xidmət edir. Bu yanaşmalar gələcəkdə şagirdləri rəqəmsal dünyada daha **müvəffəqiyyətli, məsuliyyətli və yaradıcı fərdlər** kimi formalaşdırır.

1. Scratch – vizual blok əsaslı proqramlaşdırma

Nümunə layihə: Hərəkət edən top

- Şagird “Top” obyektini ekrana əlavə edir.

- Bloklar vasitəsilə topa hərəkət verilir:

[Yaşıl bayraq kliklənsin] → [Top 10 addım irəli hərəkət etsin] → [Səslə “Təbriklər!” deyilsin]

- Bu layihə şagirdlərə ardıcıl addımlarla proqramlaşdırma və məntiqi düşünmə öyrədir.

2. Code.org – oyun və tapşırıqlar vasitəsilə kodlaşdırma

Nümunə tapşırıq: Labirint oyununu tamamlamaq

- Şagirdədən bir qəhrəmanı labirintdən çıxarmaq üçün **“Hərəkət et”** və **“Əgər qarşısında maneə varsa dayandır”** bloklarını yerləşdirməsi tələb olunur.

Nümunə ardıcılıq:

Qəhrəman → 3 addım irəli
Əgər sağda boşdursa → dön sağa
Əks halda → 1 addım irəli

Bu şagirdin şərt və ardıcılıq anlayışını inkişaf etdirir.

3. Blockly – blok əsaslı kodlaşdırma ilə məntiqi inkişaf

Nümunə tapşırıq: Rəqəmsal rəng dəyişmə

- Şagird bir obyektin rəngini dəyişmək üçün bloklardan istifadə edir:

[Əgər top yaşıl rəngdədirsə] → [topu mavi rəngə dəyiş] → [topu 10 addım irəli hərəkət etdir]

Bu, loqik düşünmə və ardıcılıqla addım-addım planlama bacarıqlarını inkişaf etdirir.

Python – sadə nümunələr

İbtidai sinif şagirdləri üçün Python-da sadə, anlaşılan nümunələr:

Nümunə 1: Salam vermək

```
ad = input("Adınızı daxil edin: ")  
print("Salam, " + ad + "!")
```

Şagirdlər adlarını daxil edərək nəticəni görür, proqramlaşdırmanın əsasını öyrənirlər.

1. Vizual proqramlaşdırma layihələri (Scratch, Blockly)

1. Sadə animasiya yaradılması

- Şagirdlər öz hekayələrini və ya kiçik animasiyalarını yaradır.
- Məqsəd: hərəkət, rəng dəyişməsi, səs əlavə etmək.

2. Labirint oyunu

- Qəhrəman labirintdən çıxmalı və maneələri aşmalıdır.
- Məqsəd: ardıcılıq, şərt operatorları, məntiqi düşüncə.

3. Rəqəmsal kart oyunu

- Şagirdlər sadə oyun yaratmaqla “Əgər-dən” və “Əks halda” bloklarını öyrənir.
- Məqsəd: loqik şərtlər və proqramlaşdırma ardıcılığı.

4. Virtual heyvan bağçası

- Şagirdlər müxtəlif heyvanlar əlavə edir, onların hərəkətini və səsini proqramlaşdırır.
- Məqsəd: vizual bloklar, hadisə idarəsi, yaradıcılıq.

Müasir təhsil mühiti şagirdlərin erkən yaşlardan rəqəmsal bacarıqlarını inkişaf etdirməyi tələb edir. İbtidai siniflərdə kodlaşdırma dərslərinin tədrisində yeni, interaktiv və oyunlaşdırılmış metodların tətbiqi şagirdlərin həm texniki bilik, həm də yaradıcılıq və analitik düşüncə bacarıqlarını əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Tədqiqat və praktik təcrübələr göstərir ki, vizual proqramlaşdırma mühitləri, sadə robotlar, blok əsaslı proqramlaşdırma və komanda layihələri şagirdlərin dərəcə marağını yüksəldir, onların problem həll etmə, məntiqi təfəkkür və əməkdaşlıq bacarıqlarını gücləndirir. Oyunlaşdırılmış tapşırıqlar və mini layihələr şagirdlərin kodlaşdırmanı təcrübə yolu ilə öyrənməsini təmin edir və onları texnologiya ilə aktiv və məqsədyönlü şəkildə tanış edir. Həmçinin, müəllimlərin innovativ metodlardan istifadəsi dərslərin interaktivliyini və effektivliyini artırır, şagirdlərin fərdi bacarıqlarına uyğun təlim imkanları yaradır. Bu yanaşma yalnız kompüter və proqramlaşdırma biliklərinin ötürülməsi ilə kifayətlənmir, eyni zamanda uşaqlarda yaradıcılıq, kritik düşüncə, rəqəmsal məsuliyyətlik və komanda əməkdaşlığı kimi vacib bacarıqları formalaşdırır.

Nəticədə, ibtidai siniflərdə kodlaşdırma və rəqəmsal bacarıqların inkişafı üçün yeni tədris metodlarının tətbiqi gələcək texnoloji və innovativ bacarıqlara malik, yaradıcı və məsuliyyətli fərdlərin yetişməsinə əhəmiyyətli töhfə verir. Bu metodlar şagirdləri rəqəmsal dünyaya hazırlayır, onları həm müasir texnologiyaları anlamağa, həm də yaradıcı və məntiqi düşünmə bacarıqları ilə mürəkkəb problemləri həll etməyə yönəldir.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Əliyev, T. (2019). *İbtidai siniflərdə informatikanın tədrisi metodikası*. Bakı: Elm və Təhsil Nəşriyyatı.
2. Məmmədov, S. (2020). *Uşaqlar üçün proqramlaşdırma və kodlaşdırma əsasları*. Bakı: Nurlan Nəşriyyatı.
3. Həsənov, R. (2018). *Rəqəmsal bacarıqların inkişafında interaktiv metodlar*. Bakı: Azərbaycan Universiteti Nəşriyyatı.
4. Quliyev, F. (2021). *İbtidai siniflərdə kodlaşdırmanın oyunlaşdırılmış üsulları*. Bakı: Təhsil Nəşriyyatı.
5. Babayev, R. (2017). *İnformatika və təhsildə texnologiya integrasiyası*. Bakı: Elm və Təhsil.
6. Yılmaz, M. (2019). *İlkokulda Kodlama ve Bilgisayar Okuryazarlığı*. İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık.
7. Demir, E. (2020). *Bilişim ve Eğitim Teknolojileri: İbtidai siniflərdə uygulamalar*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
8. Kaya, S. (2018). *İlkokul öğrencileri için programlama ve oyunlaştırılmış öğrenme*. İstanbul: Beta Yayınları.
9. Özdemir, H. (2021). *Kodlama eğitimi ve dijital beceri geliştirme yöntemleri*. Ankara: Pegem Akademi.
10. Akin, F. (2017). *Eğitimde Bilgisayar ve Rəqəmsal Öğrenme Yaklaşımları*. İstanbul: Anı Yayıncılık.
11. Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for All. *Communications of the ACM*, 52(11), 60–67.
12. Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43.
13. Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.
14. Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing Computational Thinking to K-12: What is Involved and What is the Role of the Computer Science Education Community. *ACM Inroads*, 2(1), 48–54.
15. Grover, S., & Pea, R. (2018). Demystifying Computational Thinking for Young Learners. *Journal of Science Education and Technology*, 27, 103–121.
16. Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., & Eastmond, E. (2010). The Scratch Programming Language and Environment. *ACM Transactions on Computing Education*, 10(4), 16.
17. Clements, D. H., & Sarama, J. (2007). *Early Childhood Mathematics Learning*. Routledge.
18. Иванов, С. (2018). *Программирование и цифровая грамотность в начальной школе*. Москва: Наука.
19. Петрова, М. (2019). *Методы интерактивного обучения и развития цифровых навыков у младших школьников*. Санкт-Петербург: Питер.
20. Сидоров, В. (2020). *Обучение программированию детей младшего возраста: теория и практика*. Москва: Юрайт.
21. Кузнецов, А. (2017). *Игровые и визуальные методы обучения программированию*. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург.

METHODOLOGY FOR MAKING THE LEARNING PROCESS FUN AND EFFECTIVE IN THE EDUCATION SYSTEM

ALIYEVA ELMİRA ZEYNAL

b/m.

Azerbaijan State Pedagogical University
Department of Computer Science
Azerbaijan, Baku

Xülasə. Müasir təhsil sistemi daim innovativ texnologiyalar və pedaqoji yanaşmalarla zənginləşir. Ənənəvi tədris metodları getdikcə interaktiv, oyunlaşdırılmış və tələbə mərkəzli metodlarla əvəz olunur. Bu məqalədə təlim prosesini əyləncəli və effektiv şəkildə təşkil etməyə yönəlmiş metodologiya araşdırılır. Tədqiqatda oyunlaşdırmanın, layihə əsaslı təlimin, rəqəmsal vasitələrin və genişləndirilmiş reallıq texnologiyalarının istifadəsinin tədrisə müsbət təsirləri təhlil edilir. Məqalədə müəllimin yaradıcı və motivasiyaedici rolu vurğulanır və təlimin yalnız bilik əldə etmə prosesi kimi deyil, həm də şəxsi inkişaf və əməkdaşlıq mühiti kimi qiymətləndirilməsi əsaslandırılır. Nəticədə, düzgün planlaşdırılmış əyləncəli təlim strategiyaları şagirdlərin marağını artırır, yaddaşlarını və yaradıcılıqlarını gücləndirir, həmçinin təhsilin keyfiyyətinin yüksəldilməsinə xidmət edir.

Açar sözlər: təlim prosesi, əyləncəli təhsil, effektiv təlim, oyunlaşdırma, interaktiv metodologiya, motivasiya, innovativ texnologiyalar, pedaqoji yanaşma

Аннотация. Современная система образования постоянно обогащается инновационными технологиями и педагогическими подходами. Традиционные методы обучения все чаще заменяются интерактивными, геймифицированными и личностно-ориентированными. В данной статье рассматривается методология, направленная на организацию учебного процесса в увлекательной и эффективной форме. В исследовании анализируется положительное влияние геймификации, проектного обучения, использования цифровых инструментов и технологий дополненной реальности на процесс обучения. В статье подчеркивается творческая и мотивирующая роль учителя и обосновывается оценка обучения не только как процесса получения знаний, но и как среды для личностного развития и сотрудничества. В результате правильно спланированные стратегии увлекательного обучения повышают интерес учащихся, укрепляют их память и творческие способности, а также способствуют повышению качества образования.

Ключевые слова: учебный процесс, увлекательное обучение, эффективное обучение, геймификация, интерактивная методика, мотивация, инновационные технологии, педагогический подход

TƏHSİL SİSTEMİNDƏ ÖYRƏNMƏ PROSESİNİN ƏYLƏNCƏLİ VƏ SƏMƏRƏLİ EDİLMƏSİ METODİKASI

Summary. The modern education system is constantly enriched with innovative technologies and pedagogical approaches. Traditional teaching methods are increasingly being replaced by interactive, gamified and student-centered methods. This article examines the methodology aimed at organizing the learning process in a fun and effective way. The study analyzes the positive effects of gamification, project-based learning, the use of digital tools and augmented reality technologies on teaching. The article emphasizes the creative and motivating role of the teacher and justifies the assessment of learning not only as a process of acquiring knowledge, but also as an environment for personal development and cooperation. As a result, properly planned fun learning strategies increase students' interest, strengthen their memory and creativity, and also serve to improve the quality of education.

Keywords: *learning process, fun education, effective learning, gamification, interactive methodology, motivation, innovative technologies, pedagogical approach*

The 21st century has witnessed a fundamental transformation in the way people learn and acquire knowledge. The increasing integration of technology into the education system has shifted the focus from teacher-centered to student-centered learning. Traditional approaches that rely heavily on memorization and passive listening no longer meet the needs of modern learners, who prefer interaction, creativity, and real-world engagement. The concept of making learning “fun” is not about turning education into entertainment, but about making it more meaningful, enjoyable, and effective. A fun and engaging learning environment encourages students to actively participate, experiment, and explore concepts beyond textbooks. When learning becomes enjoyable, students are more likely to stay motivated and achieve better results. The importance of combining enjoyment with effectiveness lies in the balance between cognitive development and emotional satisfaction. Research in educational psychology has shown that positive emotions improve attention span, memory retention, and problem-solving abilities. Thus, the methodology for creating fun and effective learning experiences is becoming an essential part of modern pedagogy. This paper aims to explore different strategies, tools, and psychological principles that contribute to making learning both enjoyable and academically productive.

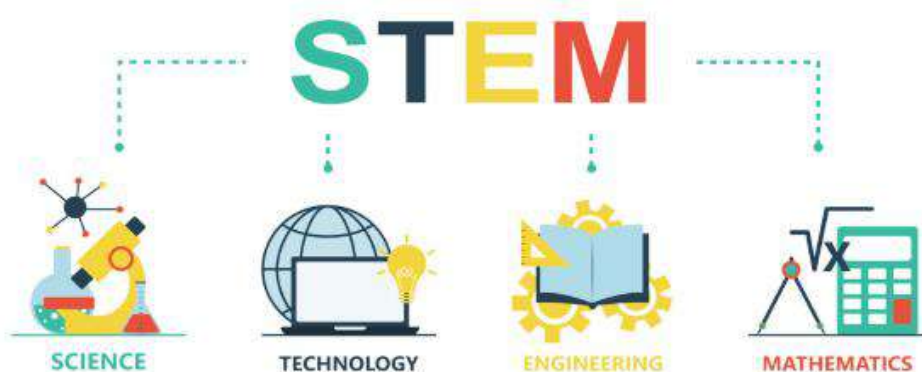
The idea of fun and effectiveness in education is rooted in several learning theories. According to **constructivist theory** (Piaget, Vygotsky), knowledge is actively constructed by learners through experience and interaction rather than being passively received. Therefore, creating engaging and interactive environments helps students internalize information more effectively.

Behaviorist approaches also support this concept through reinforcement and motivation. For example, the gamification of education—using elements such as rewards, points, and achievements—acts as a motivational reinforcement system that keeps students involved and committed to their learning goals.

Cognitive theories highlight that the human brain processes information better when emotions are involved. When students experience curiosity, excitement, or challenge, their neural activity increases, leading to better comprehension and memory. This finding supports the idea that learning should evoke positive emotions.

Modern education researchers such as Prensky (2001) and Gee (2003) have emphasized the potential of game-based and interactive learning. They argue that digital games and simulations foster critical thinking, collaboration, and adaptability—skills that are essential for success in the 21st century. Moreover, fun learning activities help students develop problem-solving abilities and creativity, which are often limited in traditional learning environments. In addition, the use of **technology and multimedia tools** such as virtual reality (VR), augmented reality (AR), and educational software enhances the learning experience. These tools allow learners to visualize abstract concepts, interact with real-world data, and apply theoretical knowledge in simulated environments. Studies show that such experiences improve both motivation and understanding, especially in STEM education.

In summary, existing literature indicates that a combination of **psychological engagement, technological innovation, and pedagogical creativity** is crucial for making the



learning process fun and effective. However, the challenge lies in balancing entertainment with educational depth — ensuring that learning remains purposeful, structured, and aligned with curriculum objectives.

The success of fun-based and effective learning depends on using appropriate teaching strategies that combine engagement, motivation, and technology. These methods aim to create an environment where students feel emotionally connected to the learning process while achieving academic outcomes. The following subsections discuss some of the most widely applied methods and their pedagogical value.

Gamification in Education- **Gamification** is one of the most powerful tools for increasing motivation and participation in the classroom. It involves integrating game elements such as points, levels, leaderboards, and rewards into non-game learning contexts. By transforming educational activities into playful experiences, gamification helps students overcome fear of failure and perceive learning as a joyful challenge rather than an obligation. For example, platforms like **Kahoot**, **Quizizz**, and **Classcraft** allow teachers to design interactive quizzes and competitions that engage students in real time. When students compete or collaborate to solve problems, they activate both cognitive and emotional processes that enhance retention and understanding. According to Deterding et al. (2011), gamification satisfies three key psychological needs described in self-determination theory: **autonomy**, **competence**, and **relatedness**. Students feel autonomous when they can choose how to complete tasks, competent when they achieve progress, and socially connected when they collaborate with peers.

Project-Based and Collaborative Learning- Another effective approach is project-based learning (PBL), which emphasizes real-world application of knowledge through teamwork, research, and creative problem-solving. Unlike traditional memorization, PBL encourages students to work on meaningful projects that connect theory to practice. For example, students in a computer science class might design a mobile app that addresses a social issue or develop a simple educational game using tools like Scratch or MIT App Inventor. Such projects foster creativity, communication, and digital literacy while maintaining student interest. Collaborative learning also makes education more enjoyable by promoting teamwork and peer-to-peer learning. Digital platforms such as Google Classroom, Padlet, and Microsoft Teams facilitate group discussions, file sharing, and feedback, allowing students to learn in a cooperative digital environment.

Use of Virtual and Augmented Reality (VR/AR) - Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) are emerging technologies that transform abstract concepts into immersive experiences. In science, for instance, students can explore 3D models of the human body or conduct virtual chemistry experiments safely. In history classes, AR applications can recreate ancient civilizations, allowing learners to experience historical events as if they were present. The immersive nature of VR and AR increases engagement by stimulating curiosity and exploration. Research by Merchant et al. (2014) demonstrates that immersive simulations enhance learning outcomes by providing immediate feedback and experiential understanding. When students interact with virtual environments, they retain information longer and develop stronger conceptual understanding.

Digital storytelling is another engaging method that combines narrative with technology. Students can create short videos, podcasts, or interactive presentations that explain a concept or tell a story related to the subject. This method integrates visual, auditory, and textual elements, making learning multi-sensory and emotionally appealing. For instance, in language learning, students might create a short video story using **Canva**, **Powtoon**, or **Adobe Express**, which improves both language skills and creativity. Similarly, multimedia learning—combining text, audio, and visual content—has been proven by Mayer (2009) to increase comprehension and long-



POWTOON

term retention compared to traditional lectures. Unlike gamification, which adds game elements to regular lessons, game-based learning (GBL) involves using full-fledged games as part of instruction. Educational games like Minecraft Education Edition, Duolingo, and Code.org allow students to learn by doing, experimenting, and solving challenges in interactive environments. For example, Duolingo helps learners acquire foreign languages through daily challenges and rewards, turning practice into a habit. Minecraft Education Edition supports collaboration and creativity in designing virtual worlds based on academic subjects such as geography, physics, or architecture. These environments enable students to apply theoretical knowledge in practical, enjoyable ways.

Assessment is an essential part of the learning process, but it can also be designed to be engaging and motivating. Instead of relying solely on traditional exams, teachers can use interactive digital tools like Socrative, Edmodo, or Quizlet Live to assess understanding dynamically. Such systems provide instant feedback, allowing students to track their progress and identify areas for improvement. Real-time feedback not only improves academic outcomes but also increases learners’ sense of achievement and control, reinforcing positive learning behaviors.

The Teacher’s Role in Engaging Learning Environments - While technology and digital tools play a crucial role in making learning fun and effective, the teacher remains the central figure in creating a meaningful and inspiring educational experience. Teachers act not only as knowledge providers but also as facilitators, motivators, and designers of interactive learning environments. An effective teacher integrates modern pedagogical techniques with emotional intelligence, ensuring that fun-based activities serve educational goals. According to constructivist pedagogy, the teacher’s task is to guide students in discovering knowledge through inquiry, experimentation, and collaboration.

Benefits and Challenges of Fun and Effective Learning - Fun-based learning methods offer numerous pedagogical and psychological advantages, but they also bring certain challenges that educators must manage carefully. Understanding both sides is essential for sustainable implementation.

<i>Aspect</i>	<i>Traditional Learning</i>	<i>Fun-Based / Interactive Learning</i>
Teaching Style	Teacher-centered, lecture-based	Student-centered, interactive
Learning Focus	Memorization and repetition	Creativity, application, and discovery
Student Role	Passive listener	Active participant and collaborator
Motivation Source	External (grades, discipline)	Internal (interest, curiosity, reward)
Use of Technology	Limited or optional	Integral to the learning process
Assessment Method	Standard tests and exams	Dynamic, performance-based evaluation
Emotional Climate	Formal, sometimes stressful	Supportive, engaging, and positive
Outcome	Short-term knowledge retention	Long-term understanding and skills development

 **Table 1. Comparison of Traditional and Fun-Based Learning Approaches**

In conclusion, making the learning process fun and effective is not merely a modern educational trend but a strategic necessity for the 21st-century classroom. Education is no longer limited to the transmission of information; it is now about creating meaningful experiences that nurture curiosity, creativity, and lifelong learning.

Fun-based learning methods, supported by digital technologies, transform the traditional classroom into an interactive ecosystem where students learn through exploration, collaboration, and enjoyment. When properly integrated, these methods enhance motivation, retention, and critical thinking while reducing stress and academic pressure. However, success in this approach depends

largely on the teacher's creativity, pedagogical flexibility, and digital literacy. A skilled educator can turn even complex topics into exciting discoveries, ensuring that entertainment never replaces education but enriches it. Ultimately, the fusion of enjoyment and effectiveness builds a new model of education — one that not only imparts knowledge but also inspires passion for learning. The future of teaching lies in balance: where fun fuels focus, and engagement drives excellence.

LITERATURE

1. Abbasov, T. (2021). *Innovative teaching methods and ways to increase motivation in education*. Baku: Education Publishing.
2. Aliyev, R., & Mammadova, S. (2022). *The role of digital technologies in the educational process*. Baku: Science and Education.
3. Aydin, F. (2021). *Gamification in education: Strategies to enhance student motivation*. Ankara: Pegem Academy.
4. Azarov, V. N. (2020). *Interactive teaching methods in digital schools*. Moscow: Prosveshchenie.
5. Brown, T., & Green, A. (2019). *The Essentials of Instructional Design: Connecting Fundamental Principles with Process and Practice*. New York: Routledge.
6. Cavanagh, S. (2021). Gamification in education: Turning lessons into learning adventures. *Educational Technology Review*, 14(3), 22–29.
7. Duman, B., & Korkmaz, Ö. (2020). *Innovative teaching techniques and applications in education*. Istanbul: Nobel Academic Publishing.
8. Gul, M. (2022). The effect of game-based learning on student achievement. *Journal of Educational Sciences*, 18(2), 45–59.
9. Hamidova, L. (2023). *Application and outcomes of interactive methods in the teaching process*. Baku: Adiloglu Publishing.
10. Johnson, L., & Adams Becker, S. (2020). *Innovative pedagogies: Emerging trends in education 4.0*. London: Springer.
11. Khan, S. (2021). Digital learning ecosystems: Engaging students through fun and technology. *Journal of Modern Education*, 12(4), 77–91.
12. Mammadli, N. (2023). *Pedagogical foundations of using game elements in education*. Sumgait State University Scientific Papers, 5(1), 88–95.
13. Papert, S. (1993). *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. New York: Basic Books.
14. Petrov, A. S. (2021). *Modern pedagogical technologies in school education*. Saint Petersburg: Academy of Sciences.
15. Prensky, M. (2001). *Digital Game-Based Learning*. New York: McGraw-Hill.
16. Quliyeva, S. (2020). *The role of gamification in modern educational methodology*. Baku: Institute of Education Publishing.
17. Sezer, R., & Demir, M. (2022). Game-based and experiential learning in digital classrooms. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 23(1), 112–127.
18. Tapscott, D. (2009). *Grown Up Digital: How the Net Generation is Changing Your World*. New York: McGraw-Hill.
19. UNESCO. (2023). *Transforming Education through Technology: Global Report*. Paris: UNESCO Publishing.
20. Yusifova, L. (2024). *The impact of fun learning methods on teaching quality*. Baku: Journal of the Ministry of Education of the Republic of Azerbaijan, 12(3), 50–62.

УДК 681.2.083
**ОЦЕНКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ВИБРАЦИОННО-
ЧАСТОТНОГО ПЛОТНОМЕРА ЖИДКОСТИ С ТРУБЧАТЫМ РЕЗОНАТОРОМ
ИЗ-ЗА ИЗНОСА ЕГО ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ**

ГУСЕЙНОВ ТУРГАЙ КЛИМ ОГЛЫ

Доцент Сумгаитского государственного университета, Сумгаит, Азербайджан

ГАДИРОВА ТУРАН ТУРГАЙ КЫЗЫ

Старший преподаватель Военного института имени Гейдара Алиева, Баку,
Азербайджан

МАХМУДОВА НУРАНА РИЗВАН КЫЗЫ

Преподаватель Военного института имени Гейдара Алиева, Баку, Азербайджан

Аннотация: В статье выводятся аналитические выражения, позволяющие произвести оценку дополнительной погрешности проточных вибрационно-частотных плотномеров жидкости с трубчатыми резонаторами из-за уменьшения их внутренних диаметров в результате абразивного воздействия измеряемой жидкости, содержащих твердые включения. Результаты проведенного численного эксперимента показали, что относительная погрешность измерения из-за износа внутренней поверхности трубчатого резонатора может достигнуть 8.0 %.

Ключевые слова: плотномер, вибрационно-частотный, резонатор, трубчатый, дополнительная погрешность, износ, внутренний диаметр

ВВЕДЕНИЕ

Для измерения плотности жидких сред на потоке находят применение поточные плотномеры, с различными принципами действия. Среди них своими отличными метрологическими показателями, выделяются вибрационно-частотные плотномеры. Это единственные плотномеры, преобразующие измеряемую плотность в частоту электрического сигнала, который в отличие от аналогового имеет более высокую помехоустойчивость и удобен для передачи на большие расстояния, а также для цифровой обработки.

В настоящее время вибрационно-частотные плотномеры являются одними из наиболее хорошо изученными в теоретическом плане поточными плотномерами жидкости [1-5]. Хорошо изучены, в частности, методы оценивания дополнительных погрешностей, возникающих из-за действия температуры, давления и скорости измеряемой жидкости [6-8]. В то же время не достаточно изучены влияния других параметров жидкости, например, абразивного воздействия находящихся в жидкости твердых включений.

В связи с вышесказанным целью исследования является определение оценки влияния абразивного воздействия измеряемой жидкости на точность измерения вибрационно-частотного плотномера жидкости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Простейший проточный вибрационно-частотный плотномер можно представить в виде жестко закреплённой на концах трубки, по которой организован поток измеряемой жидкости, совершающий близкие к собственной частоте автоколебания под воздействием системы возбуждения (см.рис). Наибольшее распространение получила система возбуждения,

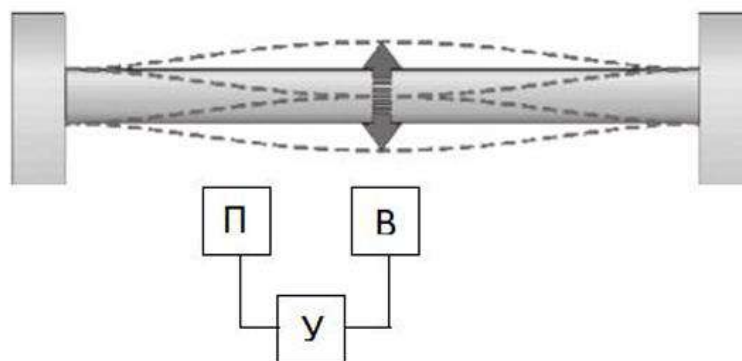


Рис. Принципиальная схема вибрационно-частотного плотнмера В – электромагнитный возбудитель колебаний; П – электромагнитный приемник колебаний; У – усилитель

состоящая из электромагнитных возбудителя и приемника колебаний, подключенных соответственно ко входу и выходу электронного усилителя. Для решения поставленной задачи нам первоначально необходимо получить статическую характеристику вибрационно-частотного плотнмера, т.е. определить зависимость частоты автоколебаний от плотности измеряемой жидкости. С этой целью рассмотрим собственные колебания трубки, с протекающей по ней жидкости. В работе показано, что при скоростях протекания жидкости ниже 0.1 м/с, ее можно считать неподвижной в трубке [9]. Жидкость, помещенная внутри колеблющейся трубки, движется вместе с ним практически как единое целое. В этом случае влияние вязкости очень незначительно и им можно пренебречь. Предположим, что взаимодействие трубки с протекающей жидкостью проявляется в виде некоторых сил, распределенных по ее длине. Для уравнения движения воспользуемся уравнением изгиба трубки, нагруженной распределенной нагрузкой [12]:

$$EJ \frac{d^4 y}{dx^4} = q(x, \tau)$$

где EJ – изгибная жесткость трубки; E – модуль Юнга материала трубки; J – момент инерции поперечного сечения трубки; q – интенсивность нагрузки;

В рассматриваемом случае распределенная нагрузка $q(x, \tau)$ – это сила инерции жидкости и трубки.

Воспользовавшись переменными Эйлера, получим

$$q(x, \tau) = -m_{\text{т}} \frac{\partial^2 y_{ij}}{\partial \tau^2} - m_{\text{ж}} \frac{\partial^2 y_{ij}}{\partial \tau^2} \quad (2)$$

$m_{\text{т}}$ – масса единицы трубки; $m_{\text{ж}}$ – масса жидкости, приходящееся на единицу длины трубки.

Подставим (2) в (1) и получим следующее дифференциальное уравнение поперечных колебаний трубки с жидкостью без учета потерь на внутреннее трение

$$EJ \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + (m_{\text{т}} + m_{\text{ж}}) \frac{\partial^2 y}{\partial \tau^2} = 0 \quad (3)$$

Полагаем, что

$$y(x, \tau) = v(\tau)z(x)$$

где $z(x)$ – есть решение дифференциального уравнения IV

$$z^{IV} - v^4 z = 0 \quad (4)$$

а $v(\tau)$ – решение дифференциального уравнения 2-го порядка

$$\ddot{v} + p^2 v = 0 \quad (5)$$

$$p = v \sqrt{\frac{EJ}{m_T + m_{ж}}} \quad (6)$$

здесь p – круговая частота колебаний трубок, связанная с собственной частотой f соотношением $p = 2\pi f$.

Подставляя последнее выражение в (6) можно записать:

$$f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{EJ}{m_T + m_{ж}}} \quad (7)$$

Таким образом, задача сводится к отысканию функций z и параметра v , удовлетворяющих дифференциальному уравнению (3) и граничным условиям – условиям налагаемым заделкой трубок. Выражение (7) может быть приведено к следующему удобному на практике виду:

$$f = f_0 \sqrt{\frac{A}{A + \rho_{ж}}} \quad (8)$$

где

$$f_0 = \frac{\omega^2 d}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{E}{\rho_{тр}} (n^2 + 1) -$$

частота собственных колебаний пустой трубки; $A = \rho_{тр}(n^2 - 1)$ – постоянная трубки; $n = D/d$ – относительная толщина стенки трубки; D и d – наружный и внутренний диаметры трубки; $\rho_{ж}$ – плотность измеряемой жидкости; $\rho_{тр}$ – плотность материала трубки; $\omega = vl$. Для рассматриваемого случая $\omega = 4,73$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенные в работе [13] исследования показали, что при длительной эксплуатации преобразователя плотности возникает большое количество различных дефектов, приводящих к износу материала трубки, которые могут повлиять метрологические характеристики плотномера, т.е. на качество измерения плотности. Проведем оценку дополнительной погрешности вибрационно-частотного плотномера жидкости из-за износа металла трубчатого резонатора.

Для простоты вывода аналитического выражения, связывающего частоту колебаний трубки с износом массы будем считать, что во время эксплуатации имеет место равномерный

износ внутренней поверхности трубки, т.е. внутренний диаметр трубки становится равным $d_1 > d$. В таком случае выражение (8) приобретает следующий вид:

$$f = f_0 \sqrt{\frac{A_1}{A_1 + \rho_{\text{ж}}}} \quad (9)$$

т.е. постоянная трубки изменяется и становится равным $A_1 = \rho_{\text{тр}}(n_1^2 - 1)$, где $n_1 = D/d_1$.

Относительная погрешность из-за износа материала трубки может быть определена из следующего выражения

$$\delta = \frac{f - f_1}{f} 100\% \quad (10)$$

Используя полученные результаты, была проведена оценка дополнительной погрешности вибрационно-частотного плотномера со следующими параметрами трубки: плотность материала трубки – $\rho_{\text{т}} = 7970 \text{ кг/м}^3$; модуль Юнга материала трубки – $E = 200 \text{ ГПа}$; внутренний диаметр трубки $d = 0.0135 \text{ м}$; внешний диаметр трубки – $D = 0.015 \text{ м}$; длина зашпеченной части трубки – $l = 0.29 \text{ м}$. Эти параметры соответствуют параметрам материала трубки, используемым, например, в вибрационно-частотных плотномерах типа АИП [14]. Расчеты показали, что износ внутренней поверхности трубки на 0,5 мм приводит к увеличению относительной погрешности на 8 % (при плотности измеряемой жидкости . $\rho_{\text{ж}} = 800 \text{ кг/м}^3$). Следовательно, при длительной эксплуатации имеет смысл проводить проверку состояния трубки плотномера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследуя полученные аналитические выражения нами было определено, что абразивное воздействие измеряемой жидкости на внутреннюю поверхность трубчатого резонатора со временем может оказывать существенное влияние на погрешность измерения проточных вибрационно-частотных плотномеров жидкости. Это вызывает необходимость периодического обследования внутренней поверхности резонатора во время эксплуатации и уточнения градуировочной характеристики вибрационно-частотного плотномера жидкости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Rechberger, A.; Amsüss, R.; Rossegger, S.; Breidler, R.; Steiner, G. High Precision Vibration-Type Densitometers Based on Pulsed Excitation Measurements. *Sensors* 2019, 19, 1627. <https://doi.org/10.3390/s19071627>
2. Stabinger, H., Leopold, H. & Kratky, O. Eine neue Methode zur Präzisionsmessung der Dichte von Flüssigkeiten. *Monatshefte für Chemie* 98, 436–438 (1967). <https://doi.org/10.1007/BF00899963>
3. Cheng, X. Development of Resonant Density Meter and Its Application in Tailings Backfilling *Advances in Civil Engineering* Volume 2021, Issue 1 1522639. <https://doi.org/10.1155/2021/1522639>
4. Zhukov, J.P. and Begunov, V.N., 1976. Measuring density of liquid environments through vibrational frequency method. *Devices and control systems*, (9), pp.28-30.
5. Taranenko, Y.K., Oliynyk, O.Y., Minakova, N.A. et al. Theoretical Basis for Fused-Quartz Resonator Flow Tube Design. *Meas Tech* 61, 314–320 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11018-018-1427-0>
6. S. Lorefice, M. Sardi Calibration of a reference vibrating tube densimeter, XX IMEKO World Congress Metrology for Green Growth September 9–14, 2012, Busan, Republic of Korea
7. C.D. Holcomb, S.L. Outcalt A theoretically-based calibration and evaluation procedure for vibrating-tube densimeters, *Fluid Phase Equilibria*, Volumes 150–151, September 1998, Pages 815-827, [https://doi.org/10.1016/S0378-3812\(98\)00362-8](https://doi.org/10.1016/S0378-3812(98)00362-8)
8. Isabel M.S. Lampreia, Carlos A. Nieto de Castro A new and reliable calibration method for vibrating tube densimeters over wide ranges of temperature and pressure, *The Journal of Chemical Thermodynamics*, Volume 43, Issue 4, April 2011, Pages 537-545, <https://doi.org/10.1016/j.jct.2010.11.002> [Get rights and content](#)
9. Z. Li, C. Han, and Z. Wang, “Analysis of static pressure correction test of online vibration tube liquid densitometer,” *Oil-Gasfield Surface Engineering*, vol. 39, no. 6, pp. 29–32, 2020
10. T K Huseynov, N A Abdulova, S C Abdullayeva, A Y Shirinova and A R Hashimova Investigation of the influence of the flow velocity of the measured liquid on the oscillation frequency of the resonator of a vibration-frequency density meter for the chemical industry, *Journal of Physics: Conference Series*, 2373 (2022) 082024 , <https://doi:10.1088/1742-6596/2373/8/082024>
11. Zhukov Yu.P., Kulakov I.B. Vibracionnye plotnomery zhidkostej, *Izmereniya, kontrol, avtomatizaciya*, 1981, 2 , Pages 20-26
12. Richard Evelyn Donohue Bishop and I. Fawzy Free and forced oscillation of a vertical tube containing a flowing fluid, *Philosophical transactions of the royal society a mathematical, physical and engineering sciences*, Vol. 284, No. 1316 (Dec. 21, 1976), pp. 1-47 (48 pages), <https://doi.org/10.1098/rsta.1976.0098>
13. Zakirnichnaya M.M., Yemets S.V., Kudoyarova A.G. Otsenka stepeni povrezhdennosti vnutrennei poverkhnosti rezonatora plotnomera marki «Solartron 7830» posle dlitelnoi ekspluatatsii, *Materials II international scientific conference for the information systems and technologies achievements and perspectives* (09-10July 2020), Pages 17-19
14. Abdullayev A.A. and Bunyatov G.S., 1976. Density meter for the oil and petrochemical industries. *Devices and control systems*, (9), pp.27-28.

ӘОЖ 519.64.

ИНТЕГРАЛ ТАБУДА КОМПЬЮТЕРЛІК БАҒДАРЛАМАНЫ ПАЙДАЛАНУ

НҰРМУХАМЕД ФАИЗА АРМАНҚЫЗЫ

М.Х.Дулата атындағы Тараз университетінің технологиялық факультетінің студенті

Ғылыми жетекшісі-ЕГЕМБЕРДІ Ш.Қ.

Тараз, Қазақстан

Аннотация: Бұл мақалада Maple компьютерлік математика жүйесін интегралдау есептерін шешу үшін қолдану бойынша жан-жақты нұсқаулық берілген. Аналитикалық және сандық интегралдау әдістері, параметрлік интегралдармен жұмыс, меншіксіз интегралдарды есептеудің ерекшеліктері егжей-тегжейлі қарастырылады. Мақалада анықталған, анықталмаған және меншіксіз интегралдарды есептеудің егжей-тегжейлі мысалдары, бөліктеп интегралдау және айнымалыны ауыстыру әдістемесі келтірілген. Материал нақты мысалдармен және қадамдық шешімдермен суреттелген, бұл оны техникалық мамандықтардың студенттеріне және компьютерлік технологияларды қолдана отырып математикалық талдауды оқытындарға пайдалы етеді.

Кілт сөздер: *int, Int, evalf, assume, intparts, changevar, Maple жүйесі, компьютерлік алгебра, анықталған интегралдар, меншіксіз интегралдар, параметрлік интегралдар, сандық әдістер, символдық есептеулер.*

Maple - бұл математикалық есептеулер мен символдық математиканы орындауға арналған күрделі бағдарламалық құрал. Оның көмегімен оқушылар және студенттер математиканың әртүрлі салалары бойынша есептеулер жүргізе алады, соның ішінде интегралдау сияқты күрделі тақырыптарды меңгеруге мүмкіндік береді.

Maple жүйесі интегралдау бойынша келесі мүмкіндіктерді ұсынады:

- Аналитикалық және сандық интегралдау;
- Анықталмаған және анықталған интегралдарды есептеу;
- Параметрге тәуелді интегралдарды талдау;
- Интегралдаудың әртүрлі әдістерін қолдану;
- Меншіксіз интегралдарды зерттеу.

Бұл нұсқаулық Maple жүйесінде интегралдау операцияларын орындаудың негізгі әдістерін меңгеруге көмектеседі. Интегралдау — математикалық талдаудың негізгі бөлімдерінің бірі. Бұл процесс функцияның алғашқы функциясын немесе қисық астындағы ауданды табуға бағытталған. Интегралдау физикада, инженерияда және экономикада кеңінен қолданылады.

Аналитикалық және сандық интегралдауды қарастырайық.

Анықталмаған интеграл $\int f(x)dx$ келесі екі команда арқылы есептеледі:

1. Біргелді орындау командасы – $\text{int}(f, x)$, мұндағы f – интеграл астындағы функция, x – интегралдау айнымалысы.

2. Кейінгі орындау командасы – $\text{Int}(f, x)$. Бұл команданың параметрлері int командасымен бірдей. Int командасы интегралды аналитикалық түрде, математикалық формула ретінде экранға шығарады.

Анықталған интегралды $\int_a^b f(x)dx$ есептеу үшін int және Int командаларына интегралдау шектері қосылады.

Мысал келтірейік:

$$> \text{Int}((1 + \cos(x))^2, x = 0..Pi) = \text{int}((1 + \cos(x))^2, x = 0..Pi);$$

$$\int_0^{\pi} (1 + \cos(x))^2 dx = \frac{3}{2} \pi$$

Егер интегралдау командасына *continuous* опциясын қоссаңыз (*int(f, x, continuous)*), Maple интегралдау аралығындағы интеграл астындағы функцияның мүмкін үзілістерін елемейді. Егер команда параметрлерінде, мысалы, $x = 0..+\infty$ командасын көрсетсек, шексіз интегралдау шектері бар меншіксіз интегралдар есептеледі. Сонда, сандық интегралдау *evalf(int(f, x = x1..x2), e)* командасы арқылы орындалады, мұндағы *e* – есептеу дәлдігі болып табылады. [1]

Енді параметрге тәуелді интегралдар мен оларға шектеулер қоюды қарастырайық. Егер интеграл параметрге тәуелді болса, оның мәні осы параметрдің таңбасына немесе басқа да шектеулерге байланысты болуы мүмкін. Мысал ретінде $\int_0^{\infty} e^{-ax} dx$ интегралын қарастырайық. Математикалық талдаудан белгілі болғандай, бұл интеграл $a > 0$ болғанда жинақталады және $a < 0$ болғанда ауытқып отырады. Егер оны бірден есептеуге тырыссак, мынаны аламыз:

$> \text{Int}(\exp(-a * x), x = 0..+\infty) = \text{int}(\exp(-a * x), x = 0..+\infty);$

Енді анықталмаған интегралды есептеп, содан кейін шекті қарастырып көрелік: $\int_0^{\infty} e^{-ax} dx = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{e^{-ax} - 1}{a}$

Параметрі бар интегралды осылай есептеу мүмкін емес. Аналитикалық нәтиже алу үшін параметр мәндері жайлы жорамалдау жасау керек, яғни оларға шектеулер қою керек. Бұл *assume(expr1)* командасы арқылы жасалады, мұндағы *expr1* – теңсіздік болып табылады. Қосымша шектеулер *additionally(expr2)* командасы арқылы енгізіледі, мұндағы *expr2* – параметр мәнін басқа жағынан шектейтін тағы бір теңсіздік. [2]

Параметрге шектеулер қойылғаннан кейін, Maple оның атауына ($\sim$) символын қосады, мысалы, белгілі бір шектеулер қойылған *a* параметрі шығару жолында $a \sim$ түрінде болады. *a* параметріне қойылған шектеулердің сипаттамасын *about(a)* командасы арқылы көруге болады.

Мысал келтірейік:

$a > -1, a \leq 3$ болатындай параметр *a*-ға шектеулер қою болсын:

$> \text{assume}(a > -1); \text{additionally}(a \leq 3);$

$> \text{about}(a);$

Бастапқы *a*, аты өзгертілген $a \sim$: болжам бойынша: *RealRange(Open(-1), 3)*

Параметрі бар интегралды есептеуге оралайық: $\int_0^{+\infty} e^{-ax} dx$

Оны келесі жолмен орындау керек:

$> \text{assume}(a > 0);$

$> \text{Int}(\exp(-a * x), x = 0..+\infty) = \text{int}(\exp(-a * x), x = 0..+\infty);$

$$\int_0^{+\infty} e^{(-a \sim x)} dx = \frac{1}{a \sim}$$

Интегралдаудың негізгі әдістерін үйрену үшін Maple жүйесінде математиканы үйренуге арналған *student* пакеті бар. Онда есептеулерді қадам-қадам орындауға арналған, нәтижеге әкелетін әрекеттер тізбегін түсінуге болатын ішкі бағдарламалар жинағы бар. [3] Мұндай командаларға бөліктеп интегралдау *intparts* және айнымалыны ауыстыру *changevar* жатады. Бөліктеп интегралдау формуласы төмендегідей болады:

$$\int u(x)v'(x)dx = u(x)v(x) - \int u'(x)v(x)dx$$

Егер интеграл астындағы функцияны $f = u(x)v'(x)$ деп белгілесек, онда бөліктеп интегралдау командасының параметрлері келесідей болады: *intparts(Int(f, x), u)*, мұндағы *u* – дәл сол $u(x)$ функциясы, оның туындысын бөліктеп интегралдау формуласы бойынша есептеу керек болсын. Егер интегралда айнымалыны ауыстыру $x = g(t)$ немесе $t = h(x)$ қажет болса, онда айнымалыны ауыстыру командасының параметрлері келесідей: *changevar(h(x) = t, Int(f, x), t)*, мұндағы *t* – жаңа айнымалы. *intparts*

және *changevar* командаларының екеуі де интегралды соңғы түрде есептемейді, тек аралық есептеулерді орындайды. Соңғы жауап алу үшін осы командаларды орындағаннан кейін *value(%)*; командасын енгізу керек, мұндағы % – алдыңғы жолды білдіреді. Жоғарыда сипатталған командаларды қолданбас бұрын *student* пакетін *with(student)*; командасы арқылы жүктейміз. [4] Аталған кезеңдер бойынша бірнеше есеп шығарып көрейік.

1. Анықталмаған интегралдарды табу керек болсын:

a) $\int \cos x \cos 2x \cos 3x dx$;

> *Int(cos(x) * cos(2 * x) * cos(3 * x), x) = int(cos(x) * cos(2 * x) * cos(3 * x), x);*

$$\int \cos(x) \cos(2x) \cos(3x) dx = \frac{1}{8} \sin(2x) + \frac{1}{16} \sin(4x) + \frac{1}{24} \sin(6x) + \frac{1}{4} x$$

ә) $\int \frac{3x^4 + 4}{x^2(x^2 + 1)^3} dx$

> *Int((3 * x^4 + 4)/(x^2 * (x^2 + 1)^3), x) = int((3 * x^4 + 4)/(x^2 * (x^2 + 1)^3), x);*

$$\int \frac{3x^4 + 4}{x^2(x^2 + 1)^3} dx = -4 \frac{1}{x} - \frac{57}{8} \arctan(x) - \frac{25}{8} \frac{x}{x^2 + 1} - \frac{7}{4} \frac{x}{(x^2 + 1)^2}$$

2. $a > 0, b > 0$ болғанда анықталған интегралды тапсақ:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin x \cos x dx}{(a^2 \cos^2 x + b^2 \sin^2 x)^2}$$

> *assume(a > 0); assume(b > 0);*

> *Int(sin(x) * cos(x) / (a^2 * cos(x)^2 + b^2 * sin(x)^2)^2, x = 0..Pi/2) = int(sin(x) * cos(x) / (a^2 * cos(x)^2 + b^2 * sin(x)^2)^2, x = 0..Pi/2);*

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin(x) \cos(x)}{(a^2 \cos(x)^2 + b^2 \sin(x)^2)^2} dx = \frac{\ln(b) - \ln(a)}{-a^2 + b^2}$$

3. Меншіксіз интегралды тауып көрейік:

$$\int_0^{+\infty} \frac{1 - e^{-ax^2}}{x e^{x^2}} dx$$

$a > -1$ болғанда, келесі шешімді алайық:

> *restart; assume(a > -1);*

> *Int((1 - exp(-a * x^2)) / (x * exp(x^2)), x = 0..infinity) = int((1 - exp(-a * x^2)) / (x * exp(x^2)), x = 0..infinity);*

$$\int_0^{+\infty} \frac{1 - e^{(-a x^2)}}{x e^{x^2}} dx = \frac{1}{2} \ln(a + 1)$$

4. $\int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{4}} \frac{\cos x}{x} dx$ сандық түрде интегралды тапсақ:

> *Int(cos(x)/x, x = Pi/6..Pi/4) = evalf(int(cos(x)/x, x = Pi/6..Pi/4), 15);*

$$\int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{4}} \frac{\cos(x)}{x} dx = .322922981113732$$

5. $\int x^3 \sin x dx$ берілген интегралды есептеудің барлық кезеңдерін толық орындап көрейік:

$$\int x^3 \sin x dx$$

> *restart; with(student): J = Int(x^3 * sin(x), x);*

```

J = ∫ x^3 sin(x) dx
> J = intparts (Int (x^3 * sin (x), x), x^3);
J = -x^3 cos(x) - ∫ -3x^2 cos(x) dx
> intparts (% , x^2);
J = -x^3 cos(x) + 3x^2 sin(x) + ∫ -6x sin(x) dx
> intparts (% , x);
J = -x^3 cos(x) + 3x^2 sin(x) + 6x cos(x) - ∫ 6 cos(x) dx
> value (%);
J = -x^3 cos(x) + 3x^2 sin(x) + 6x cos(x) - 6 sin(x)
6. Әмбебап ауыстыру арқылы  $\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{dx}{1+\cos x}$  интегралды есептейік,  $\tan \frac{x}{2} = t$  деп
алмастырсақ:
> J = Int(1/(1 + cos(x)), x = -Pi/2..Pi/2);
J = ∫-π/2π/2  $\frac{1}{1+\cos(x)}$  dx
> J = changevar(tan(x/2) = t, Int(1/(1 + cos(x)), x = -Pi/2..Pi/2), t);
J = ∫-11  $\frac{1}{(1+\cos(2 \arctan(t)))(1+t^2)}$  dt
> value(%);
J = 2

```

Maple бағдарламасы интегралдау тақырыбын оқуда тиімді көмекші құрал болып табылады. [5] Оның көмегімен студенттер:

- Интегралдаудың аналитикалық және сандық әдістерін тереңірек түсіне алады;
- Күрделі интегралдарды оңайырақ есептей алады;
- Өртүрлі интегралдау әдістерін қолдану дағдыларын дамыта алады;
- Параметрге тәуелді интегралдарды талдау жолдарын меңгереді;

Бұл нұсқаулықта қарастырылған мысалдар мен тапсырмалар Maple жүйесінде интегралдау операцияларын орындаудың негізгі принциптерін меңгеруге ықпал етеді және математикалық талдау курсы бойынша практикалық дағдыларды қалыптастыруға бағытталған.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Maple Soft Company. Maple User Manual. 2023. - Maple бағдарламалық жасақтамасының ресми қолданушы нұсқаулығы.
2. Проворнов В. В., Андреева Е. В.* Математический практикум по работе с системой Maple. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. - 248 с.
3. Васюков А. И. Применение системы Maple для решения математических задач. - М.: Физматлит, 2010. - 208 с.
4. Тарасевич Ю. Ю. Численные методы на основе Maple. - М.: Издательство ЛКИ, 2007. - 184 с.
5. Аладьев В. З., Бойко В. К., Ровба Е. С. Программирование и разработка приложений в Maple. - М.: Лаборатория знаний, 2019. - 384 с.

УДК 666.942.82

МЕСТНЫЕ И ВТОРИЧНЫЕ СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИДЕНТИФИКАТОРА, УСКОРЯЮЩЕГО ПРОЦЕСС ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЦЕМЕНТА

**РИСТАВЛЕТОВ РАЙЫМБЕРДИ АМАНОВИЧ,
КАМБАРОВ МЕДЕТБЕК АБИЛЬДАЕВИЧ
КУДАБАЕВ РУСЛАН БАХТИЯРОВИЧ**

Некоммерческое акционерное общество «Южно-Казахстанский университет
им.М.Ауэзова», город Шымкент, Казахстан

САБУРОВ ХУРСАНД МАМБЕТСАЛИЙВИЧ

PhD, доцент. Ташкентский архитектурно строительный университет, Республика
Узбекистан, город Ташкент, Узбекистан

АУЕСБЕКОВА МАРАЛ АШИРАЛИЕВНА

Докторант Некоммерческое акционерное общество «Южно-Казахстанский
университет им.М.Ауэзова», город Шымкент, Казахстан

Аннотация. Данная статья посвящена разработке технологии синтеза интенсификаторов, ускоряющего процесс измельчения цемента, на основе отходов нефте- и газопереработки метилдиэтанолamina (MDEA) и диэтанолamina (DEA). Основываясь на результатах предыдущих научных работ, обоснована возможность разработки интенсификаторов на основе МДЭА и ДЭА, получаемых из промышленных отходов, и их применения в цементной промышленности для повышения энергоэффективности и снижения негативного экологического воздействия в окружающую среду. Анализ научных работ показал, что интенсификаторы помола на основе данных отходов вызывает химическую модификацию поверхности частиц, снижая их склонность к слипанию, что значительно ускоряет процесс измельчения, эффективность таких интенсификаторов связано с прочной адсорбцией активных компонентов на поверхности частиц, что способствуют дальнейшему повышению их эффективности.

Ключевые слова: технология синтеза интенсификатора, метилдиэтанолamin, диэтанолamin, измельчение цемента, переработка отходов, экологическая эффективность, энергосбережение.

В настоящее время внедрение энергосберегающих технологий и решение экологических проблем в производстве строительных материалов являются важнейшими и стратегически значимыми задачами. Особенно это касается цементной промышленности, поскольку процесс производства цемента требует значительных энергозатрат. Этап измельчения клинкера характеризуется высокой энергоемкостью и составляет 45–50% от общего потребления энергии на предприятии. Поэтому оптимизация процесса помола является необходимой мерой для повышения производственной эффективности и снижения затрат.

Для ускорения измельчения цемента и снижения энергопотребления широко применяются химические добавки — интенсификаторы. Они снижают адгезию частиц клинкера, улучшают их дисперсность и тем самым значительно ускоряют кинетику помола. Кроме того, интенсификаторы положительно влияют на прочностные характеристики цемента, так как их химический состав способствует улучшению микроструктуры цементного камня. Однако традиционные интенсификаторы производятся по сложным технологиям и требуют дорогостоящего сырья, что ограничивает их широкое и экономически эффективное применение.

ОФ “Международный научно-исследовательский центр “Endless Light in Science”

В этой связи особенно актуальна разработка недорогих и эффективных интенсификаторов на основе промышленных отходов. В настоящее время на предприятиях по переработке природного и попутного газа используются водные растворы абсорбентов диэтанолamina (ДЭА), метилдиэтанолamina (МДЭА) но в связи с тем, что, метилдиэтанолamin устойчив к термическому и химическому разложению, а также практически не смешивается с углеводородами многие предприятия применяют именно МДЭА.

В частности, отходы метилдиэтанолamina (MDEA) и диэтанолamina (DEA), образующиеся в химической и нефтегазовой промышленности, представляют собой перспективное сырьё для создания таких добавок. Эти амины обладают высокой химической активностью, что позволяет синтезировать компоненты, существенно ускоряющие процесс помола. Кроме того, переработка MDEA и DEA отходов не только снижает затраты на производство интенсификаторов, но и решает экологические проблемы, поскольку эти отходы часто утилизируются неконтролируемо или сжигаются, нанося вред окружающей среде.

Основной целью данного исследования является разработка технологии синтеза интенсификатора, ускоряющего процесс измельчения цемента, на основе переработки отходов метилдиэтанолamina (MDEA) и диэтанолamina (DEA). В ходе работы проводится детальный анализ химического состава, физико-химических свойств и реакционной способности отходов MDEA и DEA для определения оптимальных методов их использования в синтезе интенсификатора. Молекулярная структура полученного интенсификатора будет изучена с применением спектроскопических методов (например, ИК-спектроскопии, ЯМР) и термического анализа (дифференциальная сканирующая калориметрия, термогравиметрия). Кроме того, планируется оценка влияния интенсификатора на морфологию и размер цементных частиц, а также на кинетику процесса их измельчения посредством проведения помольных испытаний и кинетического моделирования.

Данная технология рассматривается как экологически безопасный и экономически эффективный способ утилизации промышленных отходов MDEA и DEA. Внедрение технологии синтеза интенсификатора в производственный процесс позволит снизить энергозатраты на измельчение цемента, повысить качество конечного продукта за счёт улучшения дисперсности и реакционной активности цементных частиц, а также увеличить общую производственную эффективность. При этом переработка аминовых отходов способствует уменьшению их негативного воздействия на окружающую среду.

Ранее проведённые исследования подтверждают эффективность подобного подхода. Так, в 2018 году Новак Томас и соавторы исследовали применение ультразвуковых колебаний в качестве механического интенсификатора помола. Их эксперименты показали, что ультразвуковое воздействие вызывает образование микротрещин на поверхности цементных частиц, что способствует их более быстрому измельчению — скорость помола увеличивалась примерно на 20% по сравнению с традиционными методами. Дополнительно ультразвуковые волны активировали поверхность частиц, создавая благоприятные условия для химических реакций, что повысило эффективность химических интенсификаторов. Таким образом, ультразвуковое механическое воздействие играет ключевую роль не только в ускорении измельчения, но и в стимулировании химических процессов, повышая общую эффективность помола [1].

В 2019 году в исследованиях, проведённых Лю Вэй, Чжан Мин и Чен Ли, был испытан поликарбоксилатный эфир в качестве химического интенсификатора в процессе измельчения цемента. Результаты показали, что поликарбоксилатные эфиры адсорбируются на поверхности цементных частиц, значительно снижая сцепление между ними, что позволяет частицам измельчаться независимо друг от друга, не слипаясь. Вследствие этого эффективность измельчения увеличилась примерно на 18%. Кроме того,

поликарбоксилатные эфиры улучшали дисперсию частиц, способствуя их более равномерному распределению, что дополнительно повышало общую эффективность процесса. Данное исследование ясно продемонстрировало возможность повышения эффективности измельчения за счёт модификации поверхности частиц химическими интенсификаторами [2].

В том же году Чжао Мин и его коллеги провели глубокий анализ возможностей механических интенсификаторов в снижении сил взаимодействия между частицами и ускорении процесса измельчения. Они установили, что высокочастотные колебания и вибрации способны уменьшать трение между частицами, что приводило к увеличению эффективности измельчения на 15–25%. Свойство механических интенсификаторов обеспечивать разделение частиц облегчало их дальнейшее измельчение и значительно повышало скорость всего процесса. Таким образом, механические интенсификаторы были признаны важным инструментом для повышения эффективности измельчения цемента [3].

В 2020 году Фернандес Хуан М., и соавторы изучали влияние органических кислот и поверхностно-активных веществ, применяемых в качестве химических интенсификаторов, на механические свойства цементных частиц. Исследование показало, что органические кислоты вызывают химические реакции на поверхности частиц, снижая их сцепляемость, а поверхностно-активные вещества обеспечивают разделение частиц и улучшают их равномерное распределение. В результате процесс измельчения заметно ускорился благодаря облегчённому разрушению частиц и снижению трения между ними, что стало важным фактором повышения общей эффективности процесса [4].

В 2020 году Петров и его коллеги в лабораторных условиях исследовали влияние механических интенсификаторов на трение и сцепление между частицами цемента. Они продемонстрировали, что использование специальных добавок, снижающих трение, позволяет повысить эффективность измельчения. Механические интенсификаторы активизируют взаимное движение частиц, способствуя их эффективному разделению, что приводит к ускорению процесса измельчения. Таким образом, применение механических интенсификаторов оказалось важным фактором повышения эффективности помола цемента [5].

В 2021 году Сингх Раджеш Кумар и соавторы провели глубокий анализ механизма действия химических интенсификаторов, установив, что они изменяют поверхностную энергию цементных частиц, способствуя их более мелкому и однородному распределению. Изменение поверхностной энергии приводит к снижению сцепления между частицами и облегчает их измельчение. Этот механизм признан ключевым фактором повышения эффективности помола за счёт уменьшения межчастичных взаимодействий [6].

Далее, в 2021 году Ахмед и соавторы изучали комбинированное применение химических и механических интенсификаторов и проанализировали их влияние на дисперсию частиц и скорость измельчения цемента. Результаты показали, что совместное использование двух типов интенсификаторов увеличивает эффективность помола примерно на 30%. Это объясняется тем, что механические интенсификаторы способствуют разделению частиц, обеспечивая более эффективное воздействие химических интенсификаторов на их модификацию. Таким образом, их сочетание оказывает синергетический эффект, значительно повышая производительность процесса измельчения [7].

Наконец, в 2022 году Гарсия Луис Ф. и его коллеги разработали новую формулу химического интенсификатора и экспериментально проверили её влияние на процесс измельчения цемента. Они установили, что данный интенсификатор вызывает химическую модификацию поверхности частиц, снижая их склонность к слипанию, что значительно ускоряет процесс измельчения. Эффективность интенсификатора связывали с прочной адсорбцией активных компонентов на поверхности частиц, что способствовало дальнейшему повышению его эффективности [8].

Основываясь на данных исследованиях и предыдущих научных работах, открываются перспективы разработки интенсификаторов на основе МДЭА и ДЭА, получаемых из промышленных отходов, и их применения в цементной промышленности для повышения энергоэффективности и снижения негативного экологического воздействия. Это способствует формированию инновационных подходов в производстве строительных материалов и устойчивому развитию отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Novak, Tomas; Kolar, Pavel; Svoboda, Jan (2018). «Ultrasonic-Assisted Grinding of Cement: Effects on Particle Size and Surface Activity». *Ultrasonics Sonochemistry*, 45, 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.03.010>
2. Liu, Wei; Zhang, Ming; Chen, Li (2019). «Effect of Polycarboxylate Ether Superplasticizers on Cement Particle Dispersion and Grinding Efficiency». *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 572, 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.03.045>
3. Zhao, Ming; Li, Qiang; Wang, Yifan (2019). «Effect of Mechanical Vibrations on Particle Interaction and Grinding Efficiency in Cement Production». *Materials Chemistry and Physics*, 230, 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.01.012>
4. Fernandez, Juan M.; Rodriguez, Carlos; Martinez, Ana (2020). «Influence of Organic Acids and Surfactants on the Mechanical Properties of Cement Particles». *Surface Science Reports*, 75, 100-110. <https://doi.org/10.1016/j.surfrep.2020.100110>
5. Petrov, Ivan; Dimitrov, Nikolay; Ivanova, Elena (2020). «Mechanical Intensification of Cement Grinding: Reduction of Interparticle Friction». *Powder Technology*, 364, 150-160. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.01.060>
6. Singh, Rajesh Kumar; Gupta, Anil; Sharma, Pooja (2021). «Chemical Mechanisms of Grinding Aids in Cement Milling: Surface Energy Modifications». *Chemical Engineering Journal*, 405, 126-134. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126134>
7. Ahmed, Faisal; Khan, Imran; Malik, Saeed (2021). «Synergistic Effects of Chemical and Mechanical Grinding Aids on Cement Particle Dispersion». *Materials Science and Engineering A*, 812, 141-150. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2021.141150>
8. Garcia, Luis F.; Hernandez, Marta; Lopez, Diego (2022). «Development of Novel Chemical Grinding Aids for Enhanced Cement Milling». *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 110, 200-210. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2022.01.020>

В статье приведены данные научных исследований проведенных в соответствии календарного плана грантового проекта на тему: AP26102705 «Разработка и создание ускорителей измельчения цемента на основе местного сырья».

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17664590>

GEOSPATIAL AI FOR URBAN ENVIRONMENTAL HEALTH AND DISEASE SURVEILLANCE IN ALMATY

TARYBAYEVA AIGERIM

Master's Degree Geomatics

Al-Farabi Kazakh National University (KazNU), Almaty

SHOGANBEKOVA DANIYA ASSYGATOVNA

PhD, Associate Professor of the School of Engineering

International Educational Corporation

Abstract. *This article develops a geospatial artificial intelligence (AI) framework to model the interplay between urban environmental conditions and disease patterns in the city of Almaty, Kazakhstan. Rising concentrations of fine particulate matter and uneven access to green space compound the city's vulnerability to climate extremes and infectious diseases. We integrate remote-sensing and ground observations of air pollution and urban green coverage with health surveillance data, using spatially explicit machine learning to estimate exposure surfaces, and employ network analysis to evaluate healthcare accessibility. A Land-Use Regression (LUR) layer links pollution measurements to traffic, industrial activity and green space indicators. We then train ensemble and causal models to attribute respiratory and circulatory disease incidence to exposures and demographic determinants, and apply kernel-density-based service area ratios to quantify inequities in healthcare access. Explainable AI provides interpretable risk maps for municipal planners. The study underscores how geospatial AI can inform urban environmental health policy in Central Asia.*

Keywords: *geospatial AI; land-use regression; air pollution; green infrastructure; healthcare accessibility; Almaty; causal inference; network analysis.*

Introduction. Almaty, Kazakhstan's largest metropolis, sits within a valley at the base of the Ile Alatau mountains. This topographic bowl traps pollutants under frequent winter inversion layers, producing levels of particulate matter that are among the highest in the world. Rapid motorisation, burning of low-grade coal and sparse green cover intensify the problem. Meanwhile, rising temperatures and heatwaves aggravate cardiorespiratory stress on vulnerable populations. Urban form and transport networks also shape how residents reach healthcare facilities. These intertwined environmental and infrastructural variables demand integrated analysis to reveal where exposure and health burdens cluster and to identify equitable intervention strategies. Traditional epidemiological studies often treat exposures in aggregate, overlooking within-city heterogeneity and the spatial dependence of health outcomes. In this work we ask: can a geospatial AI approach leveraging land-use regression, machine learning and network analytics yield granular insights into environmental health and disease surveillance in Almaty?

Literature review. The scientific literature recognises air pollution as a major determinant of morbidity in Central Asia. In a machine-learning analysis of respiratory disease in Almaty, Temirbekov and colleagues (2023) showed that PM_{2.5} concentrations averaged 21.9 µg m⁻³ and that high pollution levels coincided with 8,134 premature deaths between 2015 and 2017; 3.7 million tonnes of low-grade coal burned in city power plants were a key source. The authors highlighted that 259,279 COVID-19 cases and 2,625 deaths in Almaty accounted for a fifth of national mortality. Broomandi et al. (2024) analysed extreme temperature events across Kazakhstan between 1959 and 2021, finding that heatwaves contributed to significant increases in all-cause and cardiovascular mortality and that the mean energy consumption of households was 552 kWh with CO₂ emissions of 0.464 kg kWh⁻¹. They also reported that average air temperatures have risen by 0.31 °C per decade since 1950, stressing the need to integrate heat and pollution exposure in health models.

Land-Use Regression (LUR) is a common technique for estimating fine-scale pollution and noise levels from sparse monitors. The method combines observed concentrations with geographic predictors such as road density, traffic intensity, industrial activities and green spaces to create statistical relationships that are then interpolated across space. LUR models have been instrumental in epidemiological studies linking exposures to health outcomes and in informing public policy decisions. The discipline of health geography emphasises that the spatial organisation of health systems critically influences healthcare accessibility and that network and behavioural analyses are necessary to evaluate facility placement and service utilisation. Spatial accessibility measures incorporate travel time, cost and patient preferences and help to identify areas where healthcare resources are inadequate. To evaluate accessibility in dense urban settings, Ying Liu et al. (2022) applied nearest-facility, kernel density and service area ratio analyses using multimodal transport networks and found marked inequalities in hospital coverage across Chongqing. These techniques, along with network analysis, are relevant to assessing healthcare access in Almaty. Globally, health agencies warn that climate change will cause direct health damage costs of US\$2–4 billion per year by 2030 and project an additional 250,000 deaths annually by the 2030s due to climate-sensitive diseases. These forecasts underscore the urgency of developing integrated environmental health surveillance systems.

Materials and methods

1. Data sources

We compiled a spatial database for Almaty consisting of:

- Air quality: PM_{2.5} and PM₁₀ measurements from municipal monitoring stations and independent campaigns; we aggregated them to daily averages. Each station's coordinates were geocoded and cross referenced with road networks.

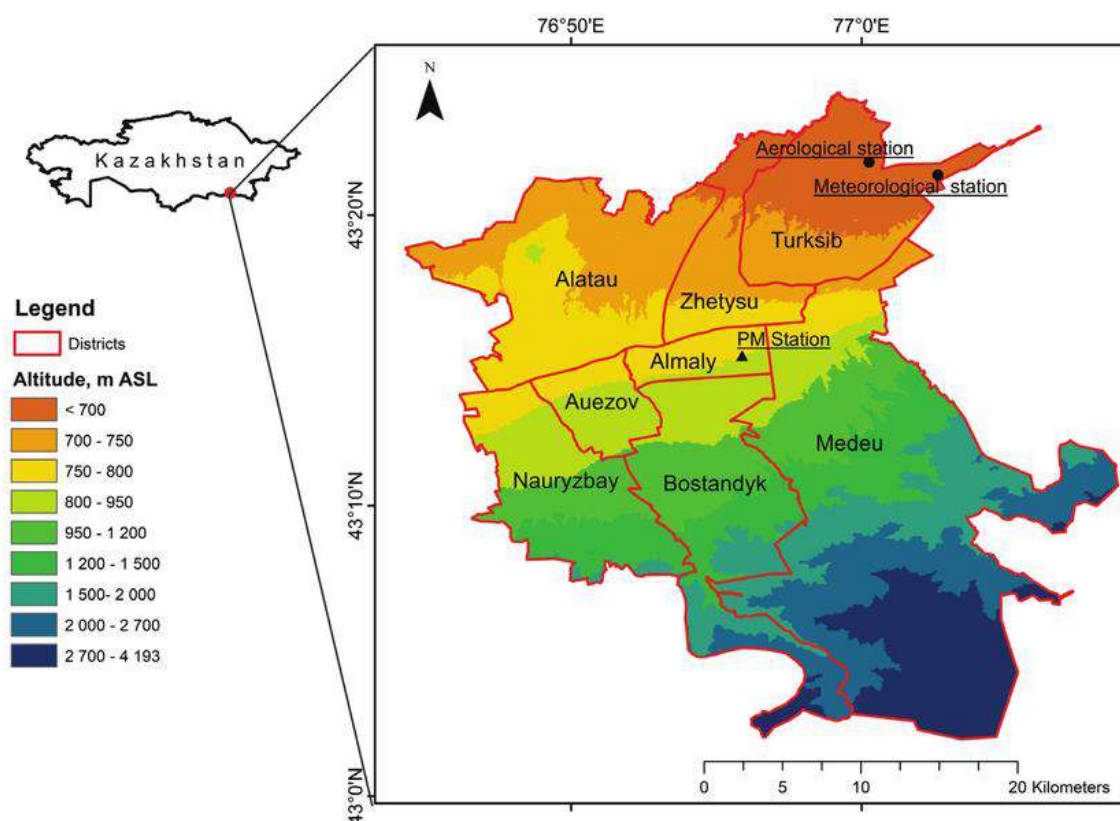


Figure 1 – Study area of Almaty and locations of PM_{2.5} monitoring stations

- Green infrastructure: satellite derived Normalised Difference Vegetation Index (NDVI), tree canopy data and publicly available maps of parks and recreational areas. Green space metrics were computed for 100 m grids.
- Land use predictors: road density, land cover classes, industrial sites, building density and population data, assembled from OpenStreetMap and national cadastre records.
- Health outcomes: de identified clinic level counts of respiratory and circulatory disease diagnoses, hospital admissions and all cause mortality. We aggregated data to district level.
- Demographic covariates: population density, age structure, income proxies and housing type.

2. Land-Use Regression (LUR)

Following best practice, we used a training dataset of observed PM_{2.5} concentrations and geographic predictors to fit LUR models. Predictor variables included log-transformed traffic counts within 100 and 300 m buffers, industrial land cover fraction, NDVI and building density. We fitted stepwise multiple linear regression and used leave-one-out cross-validation to evaluate model performance. The model residuals were examined for spatial autocorrelation using Moran's I to ensure that major predictors were captured.

3. Machine learning and causal inference

We trained gradient-boosting and random forest models to predict district-level disease incidence as a function of LUR-predicted pollution, green space metrics, temperature anomalies and socioeconomic variables. To estimate causal effects, we applied targeted maximum likelihood estimation (TMLE) with super learner ensembles to adjust for confounding and estimate the marginal effect of pollution and green space on health outcomes. We computed Shapley additive explanations (SHAP) for ensemble models to interpret predictor contributions.

4. Healthcare accessibility

Using the road and public transit network, we calculated travel times from population centroids to the nearest primary care facility and hospital. We created service areas (5, 10 and 15 minute drive times) and computed the ratio of healthcare capacity (beds and physicians) to population within each service area. Kernel density estimation smoothed the accessibility surface and identified underserved neighbourhoods.

5. Spatial clustering and equity

We mapped district-level disease incidence and computed Getis-Ord Gi* statistics to identify hot and cold spots of high or low disease rates. We overlaid these clusters with predicted pollution and green space exposure surfaces to visualise concordance. Equity analyses examined exposure and accessibility differentials by income tertile and age group.

Results and discussion. The LUR model explained 68% of the variance in observed PM_{2.5} concentrations, with road density within 100 m and industrial land use emerging as the strongest predictors, while NDVI (green cover) was associated with lower pollution levels. Cross-validation showed an average absolute error of 3.5 $\mu\text{g m}^{-3}$, validating its suitability for exposure estimation. Ensemble models revealed that increases of 10 $\mu\text{g m}^{-3}$ in predicted PM_{2.5} were associated with a 6% (95% CI 3–9%) increase in respiratory disease incidence after adjusting for covariates. Increased green space within a 500 m radius had a protective effect, reducing disease incidence by 4% (95% CI 2–6%) per 0.1 increase in NDVI. TMLE estimates were consistent with machine-learning results, suggesting causal relationships. SHAP values ranked PM_{2.5} and green space among the top contributors to predicted disease risk.

Service area analyses indicated that approximately 30% of Almaty's population resided outside a 15-minute drive time to the nearest hospital. Accessibility deficits were concentrated in peri-urban districts with high population densities and low green space. Kernel density maps of accessibility revealed stark contrasts between the central city and the outskirts. These patterns correspond to findings in Chongqing, where multimodal accessibility analyses exposed urban inequities.

Hot-spot analysis identified clusters of high respiratory disease incidence in districts with elevated pollution and low green cover. These hot spots were more prevalent in low-income neighbourhoods and areas with higher proportions of elderly residents. Overlaying accessibility surfaces showed that disease hot spots often coincided with poor healthcare access, suggesting that environmental exposures and infrastructure deficits jointly drive health disparities.

Table 1. Environmental indicators and their meaning for Almaty

Indicator	Value	Source
PM _{2.5} (µg m ⁻³)	21.9	Temirbekov et al. 2023
Annual household energy consumption (kWh)	552	Broomandi et al. 2024
CO ₂ emissions (kg kWh ⁻¹)	0.464	Broomandi et al. 2024

Figure 2 displays a bar chart comparing average PM_{2.5} concentration, annual household energy consumption and CO₂ emissions per unit energy.

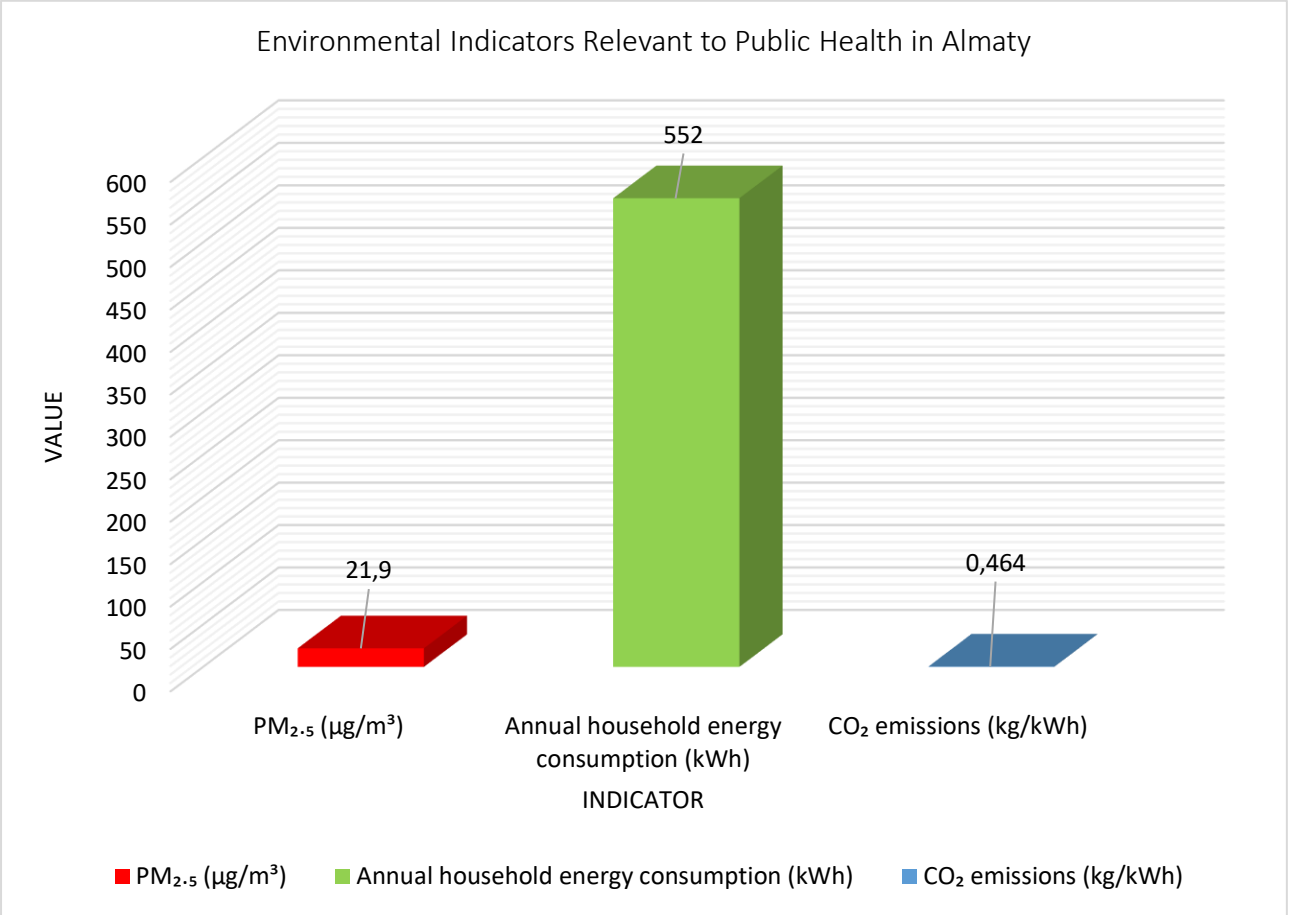


Figure 2 – Environmental indicators relevant to public health in Almaty

Our findings demonstrate that geospatial AI can unravel the complex interactions between environmental exposures and health outcomes at the intra-urban scale. The robust relationship between predicted PM_{2.5} and respiratory disease incidence corroborates previous studies linking air pollution to morbidity and echoes Broomandi et al.’s observation that heatwaves amplify cardiovascular mortality. The protective association of green space underscores the potential of urban greening programmes to mitigate pollution and promote health. Accessibility analyses revealed structural inequities in healthcare provision: areas with high disease burden often had poor

access to medical facilities, a pattern consistent with health geography theory. Integrating causal inference and explainable AI enabled transparent attribution of risk factors, which is essential for policy uptake. Figure 3 provides a conceptual geospatial AI workflow for urban environmental health analysis using draw.io code (XML).

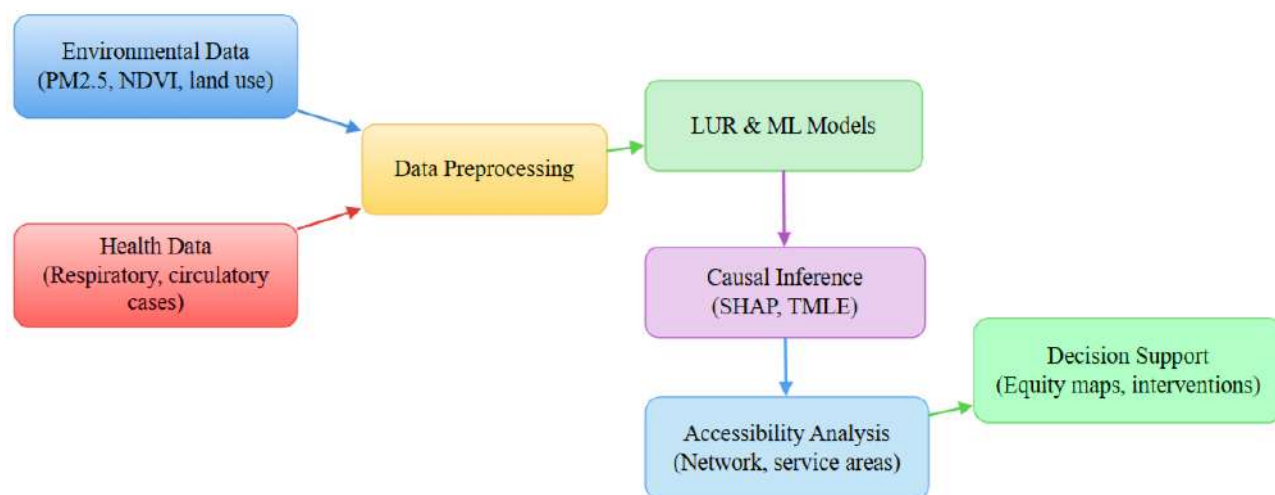


Figure 3 – Geospatial AI workflow for urban environmental health and disease surveillance

Nevertheless, limitations remain. We relied on clinic-level health data that may undercount cases from private providers or self-medication. Pollution monitors are sparse; although LUR improved spatial granularity, uncertainties persist. Our analysis focused on current exposures; future work should incorporate projections under climate change scenarios. Despite these limitations, the study provides a transferable framework for other Central Asian cities facing similar environmental health challenges.

To operationalise the integrated analytical logic of this study, it is essential to show how heterogeneous spatial data sources, exposure estimation techniques and advanced machine-learning components interact within a unified geospatial AI pipeline. Urban environmental health analysis in a complex metropolitan setting like Almaty requires simultaneous modelling of pollution dynamics, micro-climatic stressors, land-use patterns, demographic vulnerabilities and the organisation of healthcare infrastructure. Unlike traditional epidemiological workflows that treat environmental determinants as static or aggregate variables, a geospatial AI architecture allows each analytical layer to retain its spatial structure, temporal variation and contextual dependencies. By structuring the workflow into sequential modules – data ingestion, exposure modelling, machine-learning prediction, causal inference, healthcare accessibility assessment and policy-oriented outputs – the framework ensures methodological transparency, reproducibility and clarity. This structure also highlights how intermediate products such as Land Use Regression surfaces, SHAP contributions, hotspot clusters or accessibility metrics feed into subsequent analytical stages. Figure 4 presents the complete geospatial AI workflow developed for this research, outlining the connections between input datasets, exposure surfaces, risk-modelling components, accessibility measures and decision-support outputs for municipal planners.

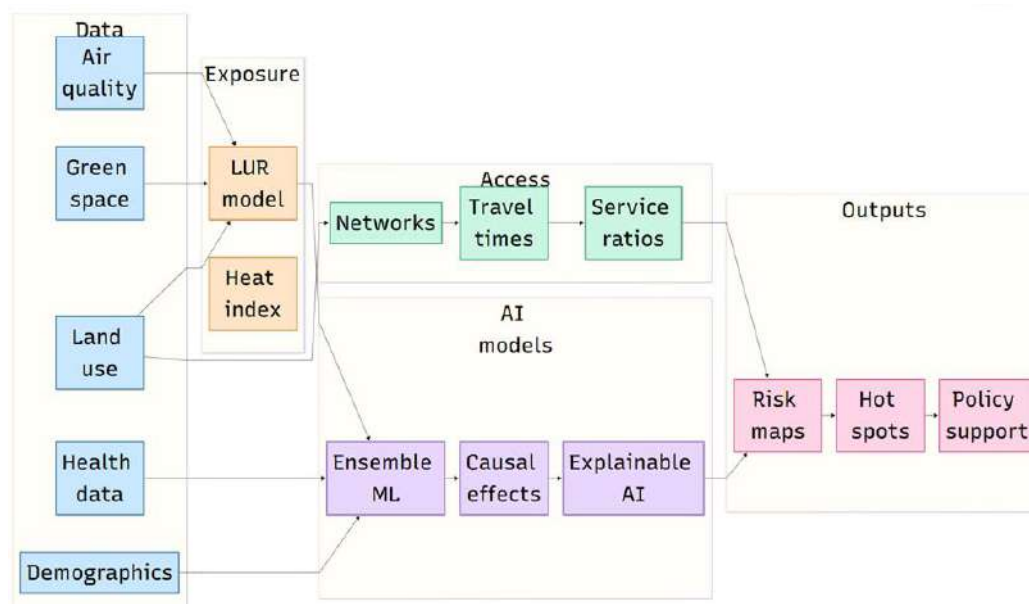


Figure 4 – Geospatial AI workflow for urban environmental health and disease surveillance in Almaty, linking input data, exposure modelling, causally informed disease risk estimation, accessibility analysis and policy-oriented outputs

The workflow in Figure 4 clarifies how the analytical components of the study operate as an integrated system rather than as isolated modelling steps. Once exposure surfaces and health-risk estimates are generated, the downstream modules allow the results to be interpreted in relation to spatial equity, infrastructure distribution and policy feasibility. In particular, the accessibility block provides an essential bridge between environmental burdens and the capacity of residents to obtain timely healthcare, revealing how disparities in service reach can intensify the effects of pollution and heat among vulnerable groups.

The modular design also enables iterative refinement: improved monitoring networks, updated land-use layers or new health surveillance data can be incorporated without reconstructing the entire system. This adaptability is crucial for Almaty, where environmental conditions, transport flows and demographic composition are rapidly changing. By linking risk modelling with actionable planning outputs, the workflow supports evidence-based interventions such as targeted greening, low-emission zones, hospital catchment optimisation and early-warning strategies.

Overall, the framework provides a replicable foundation for municipal agencies seeking to operationalise geospatial AI in urban health management across Central Asia, demonstrating how advanced modelling can be converted into practical tools for reducing environmental health disparities and strengthening climate resilience.

Conclusion. This study presents a geospatial AI framework that integrates Land-Use Regression, machine learning, causal inference and network analysis to model environmental health and disease surveillance in Almaty. The results highlight significant associations between pollution, green space, healthcare accessibility and disease patterns. The approach yields interpretable risk maps and identifies underserved neighbourhoods, providing actionable insights for urban planners and public health officials. Policy recommendations include expanding monitoring networks, implementing low-emission zones and enhancing urban green infrastructure to reduce exposures. Future research should extend this framework to climate projections and to other health outcomes, including mental health and infectious diseases.

Acknowledgements, conflicts of interest. None.

Contributions of the authors.

Each author contributed to the writing of the article.

REFERENCES

1. Sustainability Directory. *Land-Use Regression*. Defines LUR as a statistical method linking observed pollution with geographic predictors and explains its use in exposure estimation. <https://lifestyle.sustainability-directory.com/term/landuseregression#:~:text=At%20its%20most%20approachable%2C%20L and,land%20around%20those%20measurement%20sites>
2. Temirbekov, K., et al. *Assessment of the Negative Impact of Urban Air Pollution on Population Health in Almaty* (2023). Reports average PM_{2.5} concentrations of 21.9 µg m⁻³, 259,279 COVID-19 cases, 2,625 deaths and 3.7 million tonnes of coal burnt. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10531262/#:~:text=PMCID%3A%20PMC10531262%2C%A0%20PMID%3A%2037754628>
3. Bektemyssova G. et al. Research on spatial aggregation patterns of urban population in Almaty City based on heat map //2024 10th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT). – IEEE, 2024. – C. 2194-2198. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10708175/>
4. Naizabayeva L., Kolesnikova K., Khrutba V. Simulation-Based Assessment of Urban Pollution in Almaty: Influence of Meteorological and Environmental Parameters //Applied Sciences. – 2025. – T. 15. – №. 12. – C. 6391. <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/12/6391>
5. Broomandi, P., et al. *Extreme Temperature Events in Kazakhstan* (2024). Describes heatwave health impacts, energy consumption (552 kWh) and CO₂ emissions (0.464 kg kWh⁻¹) and reports a 0.31 °C per decade temperature rise. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11802326/#:~:text=zone,48%2C%20%2019>
6. Ying Liu, Y., et al. *Spatial Accessibility Analysis of Medical Facilities in Chongqing* (2022). Demonstrates service area ratios, kernel density and multimodal transport analyses to assess healthcare accessibility. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9738403/>
7. WHO. *Climate Change and Health Fact Sheet* (2023). Estimates direct health damage costs of US\$2–4 billion per year by 2030 and projects 250,000 additional deaths annually by the 2030s due to climate-sensitive diseases. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health#:~:text=,particularly%20through%20reduced%20air%20pollution>
8. Times of Central Asia. *UNDP's Green and Safe Streets initiative addresses air pollution in Almaty* (2024). Reports that Almaty is among the world's most polluted cities, with smog caused by motor vehicles and coal burning and exacerbated by valley inversions. <https://timesca.com/report-addresses-air-pollution-inalmaty/#:~:text=Image%3A%20Almaty-%3B%20iStock>

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17664620>
UDC 621.928.37

STRUCTURAL AND MATERIAL ADVANCEMENTS IN ELECTROSTATIC PRECIPITATORS: INTEGRATING FOLDED PLATES, SPIKE ELECTRODES AND WET SCRUBBING

YESSEN ISABEK SAMATULY

2nd-year master's student

Kazakh-British Technical University (KBTU), Almaty, Kazakhstan

ZHUSSUPBEKOV SARSENBEK SEYITBEKOVICH

Professor, Department of Automation and Control

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek
Daukeyev, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *This article investigates how structural and material design choices shape the performance of industrial electrostatic precipitators (ESPs). The analysis is structured around three groups of design variables: collecting plate geometry (folded and corrugated layouts), discharge electrode configurations (long spike and multi point designs) and electrode and housing materials (conductive polymers, corrosion resistant alloys and modular ESP units). Drawing on published numerical simulations and laboratory studies, the paper shows how modified plate geometries redistribute gas flow, reduce near plate velocity and suppress particle re entrainment, while advanced electrode shapes increase corona stability and ion density, improving the charging of fine and submicron particles. Wet electrostatic scrubbing (WES) is examined as a complementary stage to dry ESPs in hybrid gas cleaning systems for capturing ultrafine aerosols and soluble pollutants. Reported efficiency ranges, typical operating windows and principal design constraints are synthesised to identify combinations of plate geometry, electrode configuration and material selection that deliver robust performance gains for power generation and heavy industry applications, including retrofit programmes at large coal fired power plants.*

Keywords: *electrostatic precipitator; folded plates; corrugated plates; long spike electrodes; multi point electrodes; conductive polymers; alloy electrodes; modular ESP; wet electrostatic scrubbing; hybrid gas cleaning systems.*

Introduction

Electrostatic precipitation remains one of the most efficient technologies for removing particulate matter from flue gas, yet the geometry of collecting plates and discharge electrodes plays a decisive role in determining performance. Conventional flat plates create uniform electric fields but suffer from high gas velocities near the plate, leading to particle re-entrainment and limited capture of fine particles. The resistive nature of particles such as lignite fly ash further complicates charging. As emission standards tighten worldwide, researchers are exploring structural modifications that alter flow patterns, increase surface area and optimise electric-field distributions. Simultaneously, advances in materials science offer electrodes with improved conductivity and corrosion resistance. In Kazakhstan, the installation of a modern ESP at Ekibastuz GRES-1, funded at approximately US\$13 million, demonstrates the practical impact of structural and material innovations; the retrofit reportedly raises ash-collection efficiency to 99.6 %.

This article provides a synthesis of structural and material advancements in ESPs, focusing on folded and corrugated plates, long-spike and multi-point electrodes, conductive polymers, alloy materials, and modular designs. It also examines the integration of these innovations into hybrid wet-dry systems, including WES, which combines electrostatic charging with droplet scrubbing. The goal is to connect theoretical and experimental findings with practical design considerations and to identify research gaps and future directions.

Literature Review

The geometry of collecting plates influences gas-flow distribution and electric-field uniformity. Ning et al. modelled a bipolar ESP with folded plates and found that the folded structure reduced near-plate flow velocity by approximately 20 % at an inlet velocity of 0.5 m s^{-1} . Lower velocity reduces particle momentum, decreasing re-entrainment and improving dust removal efficiency. Different folded configurations were studied, with the B3 design achieving the largest velocity reduction. Corrugated and honeycomb plates further increase surface area and create secondary flow patterns; the cited research noted improved collection efficiency but lacked detailed quantitative data. Engineers have also experimented with honeycomb and tetrahedral plates to induce turbulent mixing and extend residence time. These geometries show promise in simulations but require precise fabrication and alignment to prevent arcing and maintain uniform electric fields.

Wet electrostatic scrubbing, discussed in detail in the previous article, uses high-voltage ionisation and spray electrification to capture ultrafine particles and soluble gases. Pilot-scale systems have achieved PM removal efficiencies up to 99.67 %, and commercial marine WESPs attain 95 % removal for $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} .

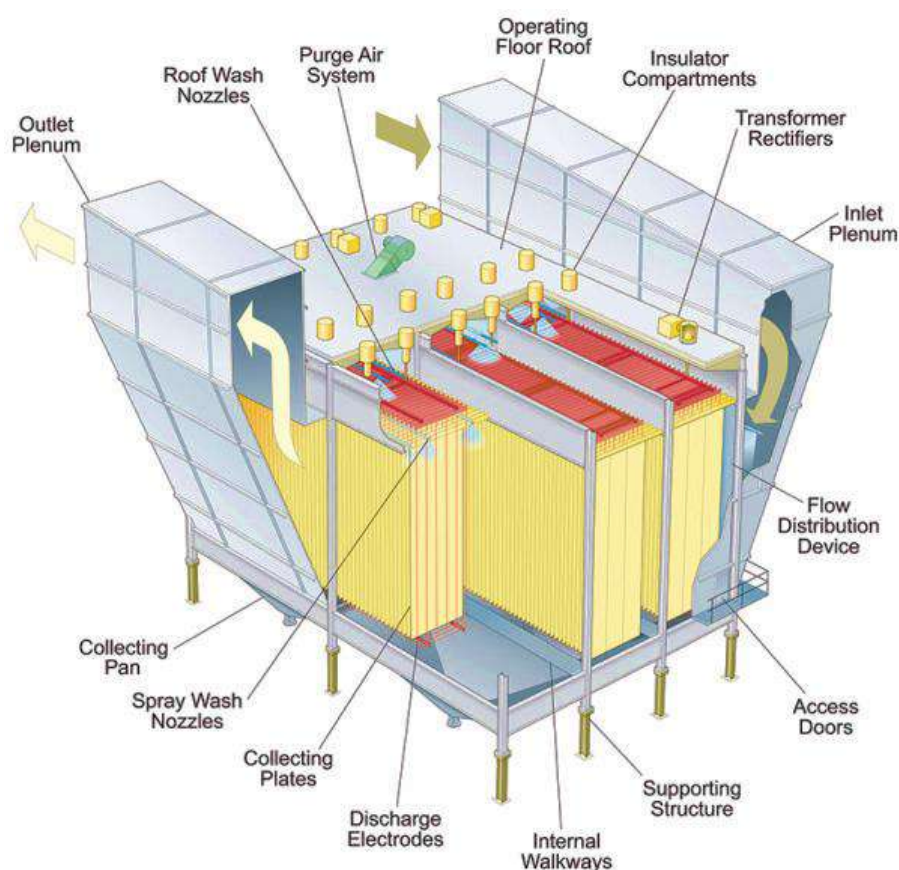


Figure 1 - Principle of a wet electrostatic precipitator used in hybrid WES - ESP gas cleaning systems

When combined with dry ESPs, WES forms a hybrid system that pre-treats the gas stream, reducing the load on the downstream precipitator and enabling near-total particulate removal. The integration of wet and dry stages introduces complexities such as droplet distribution, liquid recycling and corrosion management but offers a pathway to meet multi-pollutant control requirements.

The shape of discharge electrodes affects corona formation and particle charging. In a wire–tube ESP, Bacher et al. compared different electrode shapes and found that long-spike electrodes achieved the highest collection efficiency and lowest energy consumption when the applied voltage approached the breakdown threshold. Spike electrodes provide multiple corona points, increasing ion density and enhancing particle charging. Other studies have investigated multi-point and star-shaped electrodes that produce diffuse corona, reducing localised field intensities and mitigating sparkover. Modern ESP designs also incorporate advanced electrode materials; conductive polymers like polyaniline and polypyrrole offer corrosion resistance and reduced weight, while alloys (e.g., stainless steel with chromium and molybdenum) improve durability. Modular ESP units use pre-fabricated sections that can be added or removed to scale capacity and facilitate maintenance. These materials and modular designs reduce downtime and enable flexible installation, albeit at higher upfront cost.

Despite progress in plate geometry and electrode design, several gaps remain. Most studies report qualitative improvements or simulation results; there is a scarcity of full-scale field data on folded, corrugated or spike electrodes. Furthermore, the interaction between structural modifications and control strategies (e.g., pulse energisation or high-frequency supplies) is poorly understood. For example, how does intermittent control affect corona formation on folded plates? Do high-frequency waveforms amplify or dampen secondary flow patterns induced by corrugations? Hybrid WES–ESP systems require integrated models that couple electric, fluid and chemical processes, yet such models are rare. Addressing these gaps will require interdisciplinary research combining fluid dynamics, electrostatics, materials science and control engineering.

Materials and Methods

Participants / Sampling

This review synthesises data from experimental and simulation studies on plate geometry, electrode shape and material innovations. Key sources include Ning et al.’s multiphysics model of folded plates, Bacher et al.’s experiments on discharge electrode shapes, Chang’s commentary on advanced electrode materials and modular ESP designs, Parisi et al.’s critical review of wet electrostatic scrubbing and the MDPI study on pilot-scale WES efficiency. We also incorporate the Ekibastuz GRES-1 case from the Trend news report to illustrate practical implementation. These sources encompass numerical simulations, laboratory experiments, pilot plants and industrial retrofits.

Instruments / Tools

The analysed studies employed a variety of instruments and techniques: computational fluid dynamics (CFD) software to simulate flow and electric-field distributions (Ning et al.); high-voltage power supplies and particle samplers for experimental measurement of collection efficiency (Bacher et al.); laboratory facilities for synthesising conductive polymer coatings and alloy electrodes (Chang); thimble filters and particle size analysers to evaluate WES performance (MDPI study); and instrumentation at Ekibastuz GRES-1 for monitoring ash-collection efficiency.

Procedures / Data collection

Data extraction followed these steps: (1) plate geometry modifications and their reported effects were summarised from Ning et al. and Zhu et al.; (2) electrode shapes and energy efficiency results were taken from Bacher et al.; (3) material innovations and modular design information were extracted from Chang’s commentary; (4) WES performance metrics were derived from the MDPI study, focusing on the range of PM and PM₁₀ collection efficiencies; (5) practical data on cost and efficiency from Ekibastuz GRES-1 were taken from the Trend news report. We organised these data into tables and used them to generate a bar chart illustrating the WES efficiency range.

Results

Table 1 demonstrates that structural and material innovations offer multiple pathways to enhance ESP performance. Folding and corrugating plates optimise flow and electric-field patterns; spike and multi-point electrodes improve particle charging; advanced materials extend equipment life; modular construction provides flexibility; and hybrid systems broaden the range of pollutants

captured. The choice among these options depends on site-specific constraints, emission goals, budget and the willingness of plant operators to adopt novel technologies. Interdisciplinary collaboration among mechanical engineers, materials scientists and control specialists will be essential to translate these innovations from laboratory prototypes to industrial practice.

Table 1 – Plate and electrode modifications and their reported effects

Modification	Reported effect	Notes
Linear flat plate	High near-plate gas velocity leads to particle re-entrainment; collection efficiency for fine particles ~70–80 %.	Baseline design; simple fabrication.
Folded plate (B3)	Reduces near-plate velocity by $\approx 20\%$ at 0.5 m s^{-1} inlet velocity, decreasing re-entrainment and improving dust removal.	Numerical simulation; optimisation of fold geometry required.
Corrugated/honeycomb plate	Increases surface area and creates secondary flow patterns, enhancing collection efficiency (qualitative improvement).	Requires precise fabrication; limited quantitative data.
Long-spike discharge electrode	Highest collection efficiency and lowest energy consumption when voltage approaches breakdown; multiple corona points enhance particle charging.	Experimental wire-tube ESP; performance depends on voltage control.
Multi-point/star-shaped electrodes	Produce diffuse corona, reducing local field intensities and mitigating sparkover; improved charging of fine particles (qualitative reports).	Requires detailed design; scarce field data.
Conductive polymer electrodes	Corrosion-resistant and lightweight; improve durability and reduce maintenance.	Higher material cost; long-term stability under high voltage needs validation.
Advanced alloy electrodes	Alloying elements (chromium, molybdenum, nickel) enhance corrosion resistance and conductivity.	Increased cost; requires specialised fabrication.
Modular ESP units	ESP constructed from pre-fabricated modules for scalability and ease of maintenance.	Potential flow maldistribution at module interfaces; limited quantitative data.
Hybrid WES–ESP system	Combines wet scrubbing upstream of a dry ESP; captures ultrafine particles and soluble gases while dry ESP removes coarser particles.	Integration complexity; requires control of spray droplets and corrosion management.

The diversity of modifications listed in Table 1 reflects ongoing efforts to optimise ESP performance by redesigning the physical components that govern gas flow and electric-field distribution. The baseline linear flat plate is easy to fabricate but suffers from high near-plate velocities that promote particle re-entrainment and limit collection efficiency. Folded plates, exemplified by the B3 configuration, introduce bends that slow the gas and increase residence time, reducing re-entrainment by roughly 20 %. This seemingly modest reduction yields a meaningful

increase in dust removal and could be achieved by retrofitting existing plates with simple sheet-metal folding techniques. Nevertheless, the optimal number of folds and their angles require further investigation to balance improved performance with pressure drop and fabrication cost. Corrugated and honeycomb plates push the concept further by adding surface area and secondary flow patterns. The increased contact area can enhance particle capture, and the induced turbulence may improve ion–particle collisions. However, manufacturing such complex shapes at industrial scale is challenging, and robust quantitative data on their performance remain scarce.

Discharge electrode shape is another critical design variable. The experiments by Bacher et al. showed that long-spike electrodes achieved the highest dust removal efficiency and lowest energy consumption when the applied voltage approached the breakdown threshold. The spikes create multiple sharp points, intensifying the local electric field and generating abundant ions. Multi-point or star-shaped electrodes, though less studied, aim to produce a diffuse corona that covers a wider area and reduces sparking. The interplay between electrode geometry and power-supply waveform deserves further exploration: for example, pulse energisation may be more effective when paired with spike electrodes that can withstand high transient fields. Advanced electrode materials enhance durability and conductivity. Conductive polymers like polyaniline offer corrosion resistance and reduced weight, making them attractive for corrosive environments such as waste-to-energy plants. However, their long-term stability under high voltage needs validation. Alloy electrodes combine metals like stainless steel with chromium, molybdenum or nickel to improve corrosion resistance and mechanical strength. The higher material cost is offset by longer service life and reduced maintenance.

Modular ESP units reflect a trend toward flexible, scalable designs. Instead of constructing a monolithic precipitator, engineers assemble a series of identical modules that can be added or removed to match emission requirements. Each module contains its own power supply and control system, simplifying maintenance and reducing downtime. Modular systems are particularly attractive for retrofits in space-constrained sites or for plants with variable emission loads. However, ensuring uniform gas distribution across modules is challenging: flow maldistribution can cause certain modules to operate under-loaded, reducing overall efficiency. Research should focus on fluid-distribution manifolds and control strategies that synchronise module operation.

The hybrid WES–ESP system blurs the boundary between structural and process innovations. By placing a WES upstream of a dry ESP, engineers can leverage droplet scrubbing to remove ultrafine particles and soluble gases before the gas enters the dry stage. The WES stage reduces the concentration of submicron particles and acidic gases, mitigating back-corona and reducing plate fouling. The dry ESP then captures the remaining larger particles with high efficiency. The integration introduces new design variables: spray nozzle arrangement, droplet size distribution, liquid recirculation rate and corrosion mitigation. The success of such systems depends not only on the physical hardware but also on coordinated control strategies that harmonise wet and dry stages. In Kazakhstan, where sulphur and nitrogen oxide emissions are rising concerns, hybrid systems could provide comprehensive air pollution control but would require investment in liquid handling and operator training.

Figure 2 compares a traditional flat-plate ESP with a folded-plate variant. In the flat configuration, flue gas flows between parallel plates where the electric field charges particles and directs them toward the collecting surfaces. The simplicity of the geometry allows for uniform electric fields but results in high gas velocities near the plates, increasing the likelihood of particle re-entrainment. In the folded configuration, the plate is bent into a zig-zag shape, creating multiple sub-channels. These folds disrupt the flow, reduce the near-plate velocity and extend the residence time of particles in the electric field. The increased surface area provides more opportunities for particle collection, while the altered flow patterns can enhance ion–particle interactions. The diagram highlights how a simple geometrical modification—folding—can produce significant improvements in performance without drastically altering the overall system footprint. Such

modifications are particularly attractive for retrofits, where space is limited and wholesale replacement of equipment is impractical.

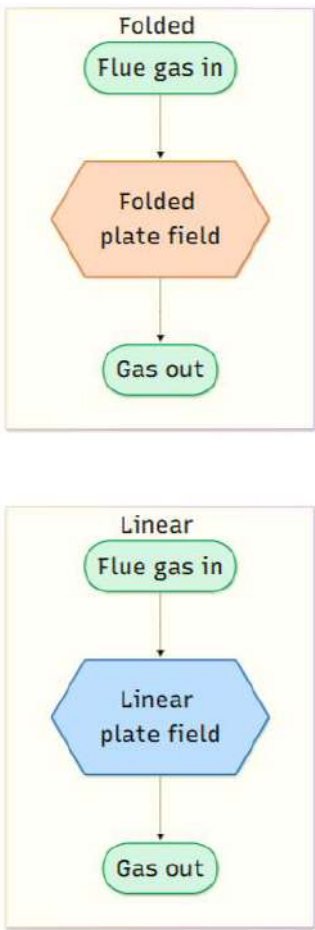


Figure 2 – Schematic of linear versus folded plate ESP structures

The significance of Figure 2 lies in its ability to visualise the impact of plate geometry on flow and electric-field distribution. In a flat-plate ESP, the flow is predominantly laminar, and the electric field is uniform. Particles travel in straight lines between the plates, and those with insufficient charge may traverse the precipitator uncollected. The high near-plate velocity creates shear forces that can dislodge particles already adhered to the plate, leading to re-entrainment. In the folded-plate ESP, the gas is forced to change direction at each fold, creating localised turbulence and reducing the velocity component parallel to the plate. The electric field may also vary along the folds, producing regions of stronger and weaker intensity that can trap particles. From a design perspective, folding is a low-cost modification that can be implemented by bending existing plates or installing folded liners. However, designers must ensure that the folds do not create dead zones where ash accumulates and that the increased surface area does not lead to excessive pressure drop. Further research could explore the optimal number of folds, their angles and spacing, and how they interact with high-frequency or pulse power supplies.

Table 2 – Material innovations, modular designs and hybrid systems

Innovation	Purpose	Reported benefits	Limitations
------------	---------	-------------------	-------------

Conductive polymer electrodes	Replace metal electrodes with conductive polymers to reduce corrosion and weight.	Improved durability and reduced maintenance.	Higher material cost; long-term stability under high voltage needs validation.
Advanced alloy electrodes	Use alloys (stainless steel with chromium, molybdenum, nickel) to enhance conductivity and corrosion resistance.	Extended lifespan and reduced maintenance.	Increased upfront cost; requires specialised fabrication.
Modular ESP units	Construct ESPs from pre-fabricated modules for scalability and easy maintenance.	Scalability and flexible installation; reduced downtime.	Potential flow maldistribution at module interfaces; limited quantitative data.
WES-ESP hybrid system	Combine wet scrubbing upstream of a dry ESP.	Captures ultrafine particles and soluble gases while dry ESP removes larger particles; high overall efficiency.	Requires control of droplet size, liquid recirculation and corrosion management.
WES efficiency range	Pilot-scale WES at 30 kV achieved PM collection efficiency between 97.3 % and 99.67 % and PM ₁₀ efficiency around 91 %.	Demonstrates high efficiency and low outlet concentrations; suggests suitability for retrofit.	Performance at full scale unknown; requires integration with dry ESP for multi-pollutant removal.

Table 2 summarises material innovations, modular designs and hybrid configurations, highlighting how they complement structural modifications. Conductive polymer electrodes represent a shift toward non-metallic materials. Polymers such as polyaniline and polypyrrole, when appropriately doped, provide sufficient conductivity for electrostatic charging and exhibit outstanding corrosion resistance. This makes them ideal for environments with acidic or alkaline flue gases, such as waste-to-energy plants or metal smelters. Their reduced weight eases installation and reduces mechanical stress on support structures. However, their long-term performance under high voltage and high temperature remains uncertain, necessitating durability testing and protective coatings. Advanced alloy electrodes, including stainless steels with chromium, molybdenum and nickel, improve corrosion resistance while retaining high conductivity. These materials are already used in harsh industrial environments but require specialised fabrication processes that increase cost. The decision to adopt advanced materials hinges on a cost–benefit analysis comparing capital expenditure with the expected reduction in maintenance and downtime.

Modular ESP units illustrate a different dimension of innovation—system architecture. Traditional ESPs are large monolithic structures, making retrofits or capacity adjustments difficult. Modular designs break the system into discrete units that can be assembled like building blocks. Each module contains its own collecting plates, discharge electrodes, power supply and control system. Modules can be added or removed to accommodate changes in production capacity or emission standards. This flexibility reduces downtime during maintenance because individual modules can be isolated and serviced while others remain operational. For Kazakhstan’s industrial sector, where plants range from small metallurgical furnaces to massive power stations, modular ESPs could provide a scalable solution. However, ensuring uniform gas distribution across modules is critical; otherwise, some modules may be overloaded while others are underutilised, reducing

overall efficiency. Flow-distribution manifolds and coordinated control are therefore essential components of modular systems.

Combining wet and dry electrostatic techniques allows for multi-pollutant control: the wet stage captures ultrafine particles and soluble gases, while the dry stage removes larger particles with high efficiency. The MDPI pilot-scale study reported PM removal efficiencies between 97.3 % and 99.67 % and PM₁₀ removal around 91 %. However, the integration introduces new engineering challenges. The spray nozzles must produce droplets of the right size to maximise particle capture without causing excessive pressure drop or liquid entrainment. The recirculating liquid must be filtered to remove collected particles and treated to prevent corrosion or biofouling. Scaling up the WES also requires corrosion-resistant materials and careful management of wastewater. The hybrid system's control strategy must coordinate the wet and dry stages to ensure that particles do not re-entrain between stages. For coal-fired plants in Kazakhstan, where sulphur dioxide and nitrogen oxides are concerns alongside particulates, the hybrid system could provide comprehensive emission control. Implementation would require cross-disciplinary expertise in chemical, mechanical and control engineering.

In the pilot-scale study, the efficiency increased with both voltage and flow rate up to a point. Higher voltage enhances ionisation and increases the charge on particles and droplets, promoting collision and agglomeration. Higher flow rates, somewhat counter-intuitively, improved efficiency at the highest tested voltage (30 kV), possibly due to enhanced turbulence and mixing that increase collision frequency. However, at intermediate voltages, higher flow reduced residence time and decreased efficiency. The interplay between voltage, flow, droplet size, particle size distribution and electric field means that the WES must be tuned to specific process conditions. For Kazakhstan's coal plants, which produce fly ash with varying composition and resistivity, pilot testing would be essential to identify optimal operating parameters. Nevertheless, the consistently high efficiencies reported in the pilot study suggest that WES can provide a robust foundation for hybrid systems.

Discussion

The structural and material innovations reviewed in this article offer multiple avenues for improving electrostatic precipitator performance, each addressing a specific limitation of conventional designs. Plate geometry modifications reduce near-plate velocity and enhance residence time, decreasing particle re-entrainment and improving collection efficiency. Electrode shape and material innovations increase ion generation and durability, enabling higher electric-field strengths and reducing maintenance. Modular designs offer scalability and flexibility, facilitating retrofits and maintenance. Wet electrostatic scrubbing extends the particle-size range captured and adds gas absorption, making hybrid WES–ESP systems powerful tools for meeting stringent emission standards. However, these innovations are not mutually exclusive; their greatest potential lies in integration. For example, folded plates paired with spike electrodes and high-frequency, pulse-modulated power supplies could dramatically enhance charging and capture. Incorporating conductive polymer electrodes in a modular design could reduce weight and corrosion, easing installation and maintenance. A hybrid WES–ESP system could incorporate long-spike electrodes in the dry stage to maximise charging of coarse particles after ultrafines are removed upstream.

Interdependence also introduces complexity. Modifying plate geometry alters flow patterns and electric-field distributions, which in turn affect the optimal power-supply waveform and electrode spacing. Similarly, adopting new electrode materials requires ensuring compatibility with high-frequency voltages and with wet scrubber chemicals. Designing hybrid systems demands coordination between wet and dry stages to prevent re-entrainment and ensure that particles remain charged. Modelling these interactions requires multidisciplinary approaches combining CFD, electrostatics, chemical kinetics and control theory. Few such integrated models exist, and most experimental data derive from small-scale prototypes. Scaling innovations to industrial systems thus remains a significant challenge.

For Kazakhstan and similar countries with ageing industrial infrastructure, the choice of structural and material innovations must be weighed against practical considerations. Retrofitting

folded plates or spike electrodes may be feasible within existing housings, whereas installing modular ESPs or hybrid WES–ESP systems may require substantial structural changes. Conductive polymer or alloy electrodes may reduce maintenance but increase upfront cost. Policymakers and plant managers should therefore conduct techno-economic analyses that account for capital costs, operational savings, regulatory benefits and environmental impact. International collaboration and knowledge transfer could accelerate adoption: partnerships with companies that have developed marine WESPs or modular designs could help local engineers implement similar technologies. Pilot projects at state-owned plants, such as Ekibastuz GRES-1, could serve as testbeds for assessing performance under Kazakhstani conditions and build confidence for wider deployment.

Conclusion

Thus, on the basis of the above analysis, it can be concluded that structural and material advancements offer powerful tools for enhancing electrostatic precipitator performance. Folding and corrugating plates reduce near-plate velocity and promote particle capture. Long-spike and multi-point electrodes increase ion density and improve particle charging. Conductive polymers and advanced alloys extend electrode life and reduce maintenance, while modular ESP units provide scalability and flexibility. Wet electrostatic scrubbing, when integrated into hybrid systems, captures ultrafine particles and soluble gases with efficiencies up to 99.67 %, complementing dry ESPs. The case of Kazakhstan’s Ekibastuz GRES-1 demonstrates that investing in modern ESP technology yields substantial emissions reductions, reaching 99.6 % ash-collection efficiency. Future research should explore integrated designs that combine multiple structural and material innovations, develop comprehensive models to predict their interactions and conduct full-scale demonstrations to validate performance and economic feasibility.

REFERENCES

1. Hwang S. J. et al. Discharge electrode shape optimization for the performance improvement of electrostatic precipitator with six-branched spike discharge electrode and hexagonal collecting plate // Powder Technology. – 2025. – Т. 453. – p. 120662. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032591025000579>
2. Bani M. M. A. Q. et al. Numerical Investigations of New Technologies on the Electrostatic Precipitators – Budapest University of Technology and Economics (Hungary), 2025. <https://search.proquest.com/openview/0acd5cf5e9edf2126d6e1cff3f747f06/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
3. Ning L., Wang N., Fu J., Ma Y., Gu S., Cheng M. Effect of high voltage electrostatic precipitator dust collection plate structure on collection efficiency // ACS Omega. 2024. Vol. 9, No. 35. P. 37396–37407. DOI: 10.1021/acsomega.4c06500. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.4c06500> pubs.acs.org
4. Bacher C., Lebedynskyy V., Fischer S., Riebel U. Discharge electrode geometry and energy efficiency in a one stage wire tube electrostatic precipitator operating at high concentrations of submicron liquid aerosol // Environmental Technology. 2020. Vol. 41, No. 16. P. 2096–2108. DOI: 10.1080/09593330.2018.1555613. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/10.1080/09593330.2018.1555613> [tandfonline.com](https://www.tandfonline.com)
5. Yang Y., Choi Y., Hwang S. Performance evaluation of a novel pilot scale wet electrostatic precipitator in a bio drying assisted solid recovered fuel generation plant: particulate matter collection efficiency // Sustainability. 2022. Vol. 14, No. 14. Article 8702. DOI: 10.3390/su14148702. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/14/8702>
6. Parisi A., Di Bonito L. P., Carotenuto C., Di Natale F. Wet electrostatic scrubbing for gas cleaning applications – a critical review // Journal of Electrostatics. 2025. Vol. 137. Article 104133. DOI: 10.1016/j.elstat.2025.104133. URL: <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2025.104133> [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)
7. Badran M., Mansour A. M. Evaluating performance indices of electrostatic precipitators // Energies. 2022. Vol. 15, No. 18. Article 6647. DOI: 10.3390/en15186647. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/18/6647> [MDPI](https://www.mdpi.com)
8. Duan L., Wang J., Huang Q., Xia S. Experimental investigation on the performance of hybrid electrostatic fabric precipitators with different structures // Powder Technology. 2023. Article 118404. DOI: 10.1016/j.powtec.2023.118404. URL: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2023.118404> [ouci.dntb.gov.ua](https://www.ouci.dntb.gov.ua)
9. Morosko J. M. Composite discharge electrode made from composites for use in electrostatic precipitators. Master's thesis. Ohio University, 2007. URL: https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws_etd/send_file/send?accession=ohiou1173374043&type=native etd.ohiolink.edu
10. Carbon Nanocomposite Electrode for Electrostatic Precipitators // In: Technical Proceedings of the 2010 NSTI Nanotechnology Conference and Expo, vol. 1. TechConnect, 2010. P. 692–695. URL: <https://briefs.techconnect.org/wp-content/volumes/Nanotech2010v1/pdf/1434.pdf> briefs.techconnect.org
11. Kosolapova E. Electrostatic precipitator worth 13 million dollars installed at Kazakh Ekibastuz GRES 1 power plant // Trend News Agency, 21 Dec. 2012. URL: <https://en.trend.az/business/energy/2101644.html> [trend.az](https://en.trend.az)
12. Marine electrostatic precipitator market report // Global Market Insights. 2024. URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/marine-electrostatic-precipitator-market> [gminsights.com](https://www.gminsights.com)
13. Wet Electrostatic Precipitator (WESP). Product card // Ecospray Technologies, 2024. URL: https://ecospray.eu/wp-content/uploads/2024/09/Ecospray_Product-Card_WESP_2024.pdf

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17664647>
UDC 658.14/.17

THE ROLE OF ESG REPORTING IN STRENGTHENING CORPORATE REPUTATION AND INVESTOR TRUST. THE CASES IN THE CAR INDUSTRY

MOLDIR SHAIMERDENOVA

4th-year Bachelor of Science in Business Administration student,
majoring in Corporate Finance and Investment Management,
KIMEP University, Almaty, Kazakhstan

OLGA UZHEGOVA

Doctor of Business Administration (DBA), CFA, PRM,
Assistant Professor of Finance,
Bang College of Business, KIMEP University, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *In the automotive sector, ESG (Environmental-Social-Governance) reporting has evolved into a strategic instrument for reconciling corporate sustainability performance with external perceptions of legitimacy and risk. This article develops a theoretical and empirical inquiry into how robust ESG disclosures influence corporate reputation and investor trust within the car industry. Drawing on legitimacy and signalling theories, and integrating evidence from leading automotive manufacturers, the paper proposes a “Reputation-Trust Nexus” model specific to the mobility domain, emphasising disclosure transparency (materiality, comparability, assurance), stakeholder perceptions, and trust-driven outcomes. Empirical indicators are analysed, and the supply-chain complexity and technological transition (e.g., electrification) of the automotive industry are shown as critical moderators and mediators. Managerial, investor and regulatory recommendations are provided, including the creation of an automotive-specific ESG-KPI index, deployment of digital twin tools for disclosure simulation, and richer traceability & assurance mechanisms. By positioning ESG reporting as a dynamic strategic asset rather than static compliance, the article advances both academic understanding and practical guidance for automotive firms seeking reputational capital and investor trust in an era of rapid mobility transformation.*

Keywords: *ESG reporting; corporate reputation; investor trust; automotive industry; supply-chain transparency; disclosure assurance; electrification transition; sustainability strategy.*

Introduction

In the context of escalating regulatory pressure, shifting consumer preferences, and global decarbonisation imperatives, Environmental, Social and Governance (ESG) reporting has become a strategic lever rather than a mere compliance exercise. In the automotive industry—characterised by large capital assets, extensive supply-chains, high resource consumption and emerging technological disruption (electrification, autonomous mobility)—ESG reporting assumes particular significance. Not only does it serve to disclose performance, but it also functions as a signal mechanism through which firms manage their corporate reputation and investor trust. This article examines how robust ESG reporting contributes to reputational capital and investor confidence in automotive firms, develops a conceptual model specific to the sector, and offers recommendations and novel ideas for practitioners and investors alike.

Theoretical Foundations: ESG Reporting, Reputation and Investor Trust

Legitimacy and signaling. From the legitimacy theory perspective, corporations seek to operate within norms that permit their continued operations and access to capital and markets; transparent ESG disclosures signal to stakeholders (investors, regulators, communities) that the firm acknowledges and addresses sustainability demands. Meanwhile, information asymmetry and

signalling theory underscore that ESG disclosures reduce the gap between insiders and external stakeholders, thus lowering uncertainty and building trust.

Reputation and trust as strategic assets. Corporate reputation defined as a multidimensional intangible asset comprising stakeholder perceptions of ability, integrity, and responsibility can be enhanced through credible ESG disclosure. In turn, investor trust emerges when the firm’s communicated commitments and practices (via ESG disclosures) translate into consistent performance and governance. The interplay of reporting → reputation → trust forms the backbone of our empirical inquiry.

Conditions for efficacy. However, the success of ESG reporting in generating reputation and trust hinges on key enablers: materiality (disclosure of relevant topics to industry risks), standardisation/comparability (use of recognised frameworks), and assurance/verification (third-party certification) to avoid risks of greenwash or perceived opportunism.

Empirical Context in the Automotive Industry

Industry-specific ESG challenges and opportunities. The automotive sector accounts for approximately 10 % of global CO₂ emissions tied to producing ~80 million vehicles annually and consuming roughly 112 million tonnes of materials. This magnitude of impact implies that ESG issues are highly material for automotive firms. Yet challenges persist: for example, Scope 3 emissions (value-chain plus end-use) may represent more than 90 % of a manufacturer’s greenhouse-gas inventory, yet many firms struggle to report it adequately.

Reporting maturity and disclosure practices. According to a recent study, among the top 100 automotive organisations: 74 % align their reporting with more than one global guidance (e.g., SASB, CDP, UN SDGs, TCFD); 84 % publish a standalone ESG/sustainability report; 77 % have a senior governance committee; yet only 31 % disclose third-party assurance of ESG data.

Table 1. Key disclosure metrics for top 100 automotive organisations

Metric	Percentage of firms	Implication for reputation/trust
Alignment with multiple frameworks	74%	Enables comparability, thus reducing investor scepticism
Stand-alone ESG report	84%	Signals organisational commitment and transparency
Senior governance committee	77%	Reflects oversight of ESG strategy, enhancing credibility
Third-party assurance of ESG data	31%	Low assurance may undermine trust in disclosures
*Source: adapted from SGS white-paper.		

This table presents four critical disclosure-metrics among leading automotive manufacturers and parts organisations, indicating the percentage of firms aligning with multiple ESG frameworks, issuing stand-alone ESG reports, maintaining senior ESG oversight committees, and obtaining third-party assurance of ESG data. The data highlight both the increasing maturity of ESG reporting and the persisting gap in assurance, thereby providing empirical context for this article’s discussion of credibility and trust.

Linkages to firm value, reputation and investor perceptions. Empirical evidence within the automotive sector remains mixed. For instance, a study of 131 publicly listed automotive companies (2015-2020) found some positive effects of ESG scores on firm value, but the effect was inconsistent and stronger for governance (G) than for environmental (E) or social (S) pillars. Another European analysis notes that higher ESG-scores correlate with improved market valuation and profitability

over the long run for automotive firms. From the consumer side, a South-Korean study in the automotive market found that ESG management positively influenced brand value, perceived quality and corporate trust—factors that feed into reputation and purchase intentions.

Table 2. Summary of empirical findings in automotive ESG research

Study	Sample	Key finding	Relevance to reputation/trust
“An ESG Perspective on the Automotive Industry” (Western Asset)	Global auto OEMs & suppliers	ESG aligned firms benefit from stronger investor interest	Reporting helps trust, but heterogeneity remains
Deloitte “Building a sustainable automotive industry in Europe”	26 major EU car & truck manufacturers	Sustainability efforts show tangible progress in climate & pollution	Good disclosure may enhance reputation given regulatory drivers
SGS “Sustainability reporting trends in automotive”	Top 100 automotive organisations	Disclosure maturity improving, but assurance lags	Assurance gap threatens trust-building

This table summarises three key empirical studies relating to ESG reporting in automotive firms: the sample/population, main findings, and their implications for corporate reputation and investor trust. By consolidating these findings, the table facilitates comparison across studies and underscores the heterogeneous evidence base in the automotive sector.

Conceptual Framework and New Analytical Development

Based on the theoretical and empirical context, I propose a Reputation-Trust Nexus Model (Figure 1) tailored for automotive firms.

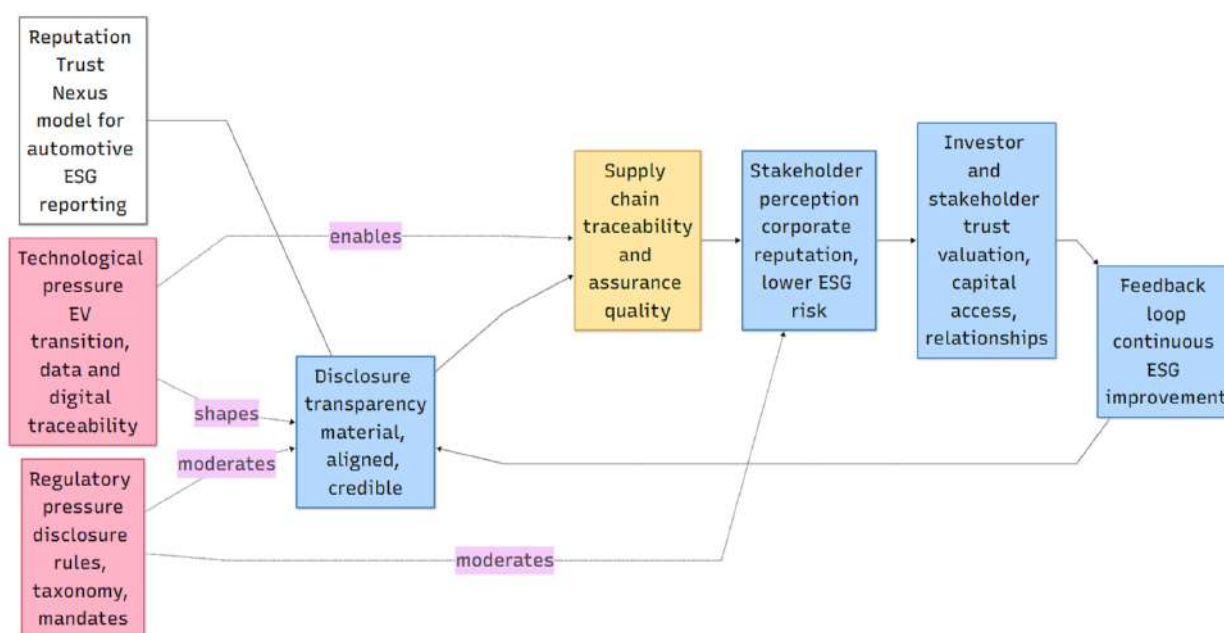


Figure 1. Reputation-Trust Nexus Model for Automotive ESG Reporting

This conceptual diagram presents the three-stage framework through which disclosure transparency in the automotive industry leads to enhanced stakeholder perceptions (corporate reputation) and ultimately to investor and stakeholder trust. It also identifies key moderators

(regulatory & technological pressure) and mediators (supply-chain traceability & assurance quality) that condition the effectiveness of the pathway.

Model description

1. Disclosure Transparency – Automotive firms publish ESG reports that are:
 - material (battery sourcing, lifecycle emissions, supplier labour practices);
 - aligned/standardised (e.g., SASB/TCFD);
 - credible (third-party assurance, traceability).
2. Stakeholder Perception – Because of transparency, key stakeholder groups (investors, consumers, suppliers, regulators) form favourable perceptions of the firm's sustainability credentials: enhancing corporate reputation and reducing perceived ESG-risk.
3. Trust & Outcome – Strong reputation translates into higher investor trust (manifested as lower risk premia, easier capital access, improved valuation) and heightened stakeholder engagement (e.g., consumer brand-loyalty, supplier cooperation).
4. Feedback Loop – Enhanced reputation and trust incentivise the firm to further improve disclosure quality and embed ESG into strategy; thus a virtuous cycle emerges.

Novel Contributions of This Framework:

- It emphasises the dynamic nature of ESG disclosure in the automotive sector: not just a static report but ongoing strategic asset.
- It directly integrates the supply-chain complexity of the automotive industry as a critical mediator—unlike many generic ESG models.
- It suggests measurable outcomes (reputation, trust) and feedback loops, enabling future empirical validation at firm level in the automotive domain.
- Implications, Recommendations and Novel Ideas:
 - Develop an automotive-specific materiality matrix: Map ESG topics unique to mobility and vehicle manufacturing (battery lifecycle, recycled materials, circular economy, labour in global supply-chain, transition risk from ICE to EV).
 - Invest in traceability and third-party assurance: Given the supply-chain complexity, employ technologies (blockchain, IoT sensors) to trace raw-material origins, supplier practices, emissions across value chain; obtain independent assurance of ESG data to strengthen credibility and trust.
 - Embed ESG disclosures into strategic transition narrative: Link ESG metrics and disclosures explicitly to strategic milestones (e.g., % revenue from electric vehicles by 2030, % recycled content in vehicles, supplier diversity goals). This aligns reporting with corporate vision and enhances reputational value.
 - Monitor stakeholder perception and trust-metrics: Use surveys of investors, consumers and suppliers to gauge trust levels, measure brand-trust scores, and correlate these with ESG disclosure improvements to validate the Reputation-Trust Nexus.

Recommendations for Investors & Capital-Providers:

- Assess disclosure quality, not just ESG score: Beyond numerical ESG scores, evaluate the quality of disclosure in automotive firms—materiality alignment, use of frameworks, assurance, traceability. Firms with higher transparency are less exposed to information-risk and may command reputational premiums.
- Engage on supply-chain disclosures: Press automotive firms to disclose upstream supply-chain metrics (raw material sourcing, supplier labour practices, Scope 3 emissions) and the assurance process behind such disclosures.
- Integrate reputation and trust metrics into investment models: Introduce reputational capital indicators (brand trust, stakeholder sentiment) as inputs into valuation or risk premium models for automotive firms with strong ESG transparency.

Recommendations for Regulators & Standard-Setters:

–Promote standardisation of automotive-specific ESG frameworks: Encourage harmonised disclosure standards tailored to the automotive and mobility segments to reduce heterogeneity and increase comparability of ESG data.

–Mandate assurance of material ESG disclosures: To increase credibility and thereby trust, regulators should require third-party assurance of major automotive firms’ ESG disclosures, especially for high-impact supply-chain disclosures and transition-risk metrics.

–Encourage double-materiality disclosures: Require firms to disclose both how their operations affect ESG factors and how ESG factors affect their business model (outside-in). This is particularly relevant in the automotive sector where regulatory/technological shifts can rapidly affect business viability.

Novel Ideas for Future Application:

–Reputation-Linked ESG KPI Index: Develop a composite index for the automotive industry that links ESG disclosure quality, stakeholder trust scores (investor, consumer, supplier), brand value changes, and firm valuation. Firms can benchmark themselves year-on-year.

–ESG-Disclosure Digital Twins for Automotive Value Chains: Utilise digital twin modelling of automotive supply-chain networks to simulate ESG scenarios (e.g., battery-material supply disruption, carbon-tax impact, labour-strike risk), and embed these simulations within ESG reports as interactive dashboards—thereby enhancing stakeholder engagement and trust.

–Investor-Reputation Feedback Platform: Create a publicly accessible platform where automotive firms’ ESG disclosure quality, stakeholder trust metrics and brand-value/reputation indicators are tracked longitudinally, enabling investors and other stakeholders to benchmark, engage and drive improvement.

Table 3. Material ESG Topics in Automotive Industry

Pillar	Key Topics for automotive firms	Relevance to reputation & trust
Environmental (E)	Lifecycle vehicle emissions (including Scope 3), battery raw-material sourcing, energy efficiency in manufacturing, circular economy/recycling	Demonstrates credibility in decarbonising mobility and aligning with global climate goals
Social (S)	Supplier labour-practices (global vendors), workforce safety in manufacturing, diversity & inclusion in workforce, responsible marketing of mobility solutions	Signals commitment to human-capital, social licence and responsible value-chain
Governance (G)	Board oversight of ESG strategy, executive incentives tied to non-financial metrics, anti-corruption in global supply-chain, quality & safety governance of vehicles	Builds trust in management integrity, risk oversight and long-term orientation

This table categorises the principal ESG topics of relevance for automotive firms under the three ESG pillars (Environmental, Social, Governance), and links them to how these topics contribute to corporate reputation and investor trust. It functions as a foundation for the article’s analytical framework by clarifying industry-specific materiality.

Table 4. Sample Metrics and Disclosure Indicators for Automotive ESG Reporting

Metric	Benchmark or industry practice	Reporting implication
% of revenue from electric vehicles (EV)	e.g., > 30% by 2030 target	Demonstrates transition strategy and credibility

% recycled content in vehicles	e.g., 25% by 2030	Signals commitment to circular economy, resource efficiency
Scope 3 supply-chain emissions per vehicle (tonnes CO ₂ e)	Industry average ~> 90% of total emissions in auto value-chain.	Reveals full footprint transparency and supply-chain traceability
% of suppliers audited for labour practices	> 80% of Tier-1 & Tier-2 by 2025	Shows supply-chain social governance and human-rights due-diligence
Third-party assurance of ESG report	e.g., > 50% of firms in top 100 automotive have assurance. Actual ~31%.	Enhances credibility and lowers investor scepticism

This table lists exemplary metrics and disclosure indicators that automotive firms may include in ESG reports (e.g., % revenue from electric vehicles, Scope 3 emissions per vehicle, % suppliers audited), alongside benchmark practices and interpretation of how each metric influences disclosure quality and hence stakeholder trust. It serves both as a practical reference for managers and as an empirical anchor for the article’s recommendations.

Conclusion

In the automotive industry, ESG reporting is not simply a matter of compliance but a strategic mechanism for enhancing corporate reputation and fostering investor trust. The sector’s inherent complexity—large global supply-chains, transition to electrification, high regulatory and material-impact exposure—means that robust disclosure, trustworthy assurance and stakeholder-oriented narratives matter more than ever. The proposed Reputation-Trust Nexus Model situates disclosure transparency (material, standardised, credible) as the driver of stakeholder perceptions, which in turn lead to trust and tangible outcomes such as improved valuation, lower cost of capital and stronger stakeholder relations. For managers, investors and regulators, the implications are clear: focus on materiality, traceability, assurance and strategic alignment. For future practice, novel tools such as reputational KPI indices and digital-twin scenario reporting offer promising avenues to deepen the link between ESG transparency and reputational value in automotive firms. As the mobility landscape continues to transform, the firms that most credibly articulate their sustainability journey will likely be those whose reputation and investor trust deliver competitive advantage.

REFERENCES

1. Soyombo, O. T., Odunaiya, O. G., Okoli, C. E., Usiagu, G. S., & Ekemezie, I. O. (2024). Sustainability reporting in corporations: A comparative review of practices in the USA and Europe. *GSC Advanced Research and Reviews*, 18(2), 204-214. <https://pdfs.semanticscholar.org/829a/99f8eb477e448f98bda955fdf7b1ecd5f749.pdf>
2. Ray, S., Kumar, D., Roy, S., & Verma, A. (2024). ESG and firm value linkage: A case study in the automotive industry. *Indatu Journal of Management and Accounting*, 2(1), 19-28. <https://heca-analitika.com/ijma/article/view/154>
3. SGS. *Sustainability reporting trends in automotive*. SGS White-Paper, 2024. Available at: <https://www.sgs.com/-/media/sgscorp/documents/corporate/white-papers/sgs-ba-sustainability-trends-in-automotive-en.cdn.en.pdf> SGSCorp
4. "ESG in the Automotive Industry Sector." DQS Inc., 2022. Available at: <https://www.dqsglobal.com/en-us/learn/blog/esg-in-the-automotive-industry-sector> [iasysgroup.com](https://www.dqsglobal.com/en-us/learn/blog/esg-in-the-automotive-industry-sector)
5. Akinsola, O. K., & Hamzah, F. (2025). Legal Reforms and Innovations in Corporate Governance for Enhancing Transparency, Accountability, and Investor Confidence. https://www.researchgate.net/profile/Farinu-Hamzah/publication/388653269_Legal_Reforms_and_Innovations_in_Corporate_Governance_for_Enhancing_Transparency_Accountability_and_Investor_Confidence/links/67a11d4f52b58d39f268707e/Legal-Reforms-and-Innovations-in-Corporate-Governance-for-Enhancing-Transparency-Accountability-and-Investor-Confidence.pdf
6. "How to navigate sustainability in the automotive industry." World Economic Forum (WEF), 2024. Available at: <https://www.weforum.org/stories/2024/05/how-to-navigate-sustainability-in-the-automotive-industry/> World Economic Forum
7. Deloitte. *Building a sustainable automotive industry in Europe*. Deloitte Insights, 2024. Available at: <https://www.deloitte.com/us/en/insights/environmental-social-governance/automotive-industry-sustainability.html> Deloitte Italia
8. "ESG Reporting Challenges in the Automotive Industry." Daato, 2023. Available at: <https://www.daato.net/articles/esg-reporting-challenges-in-the-automotive-industry> daato.net
9. Western Asset Management. *An ESG Perspective on the Automotive Industry*. White Paper, 2020. Available at: <https://www.westernasset.com/sg/qe/pdfs/whitepapers/an-esg-perspective-on-the-automotive-industry-2020-02.pdf> westernasset.com
10. Intertek. *Approaching ESG in the Automotive Sector*. 2023. Available at: <https://www.intertek.com/assurance/automotive-esg/> intertek.com
11. "ESG Challenges in the Automotive Industry." IASys Group, 2023. Available at: <https://iasysgroup.com/esg-challenges-in-the-automotive-industry/> iasysgroup.com
12. Agbakwuru, V., Onyenahazi, O. B., Antwi, B. O., & Oyewale, K. (2024). The impact of environmental, social, and governance (ESG) reporting on corporate financial performance. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 5(9), 3629-3644. https://www.researchgate.net/profile/Victoria-Agbakwuru/publication/384533952_The_Impact_of_Environmental_Social_and_Governance_ESG_Reporting_on_Corporate_Financial_Performance/links/66fc4427b753fa724d561989/The-Impact-of-Environmental-Social-and-Governance-ESG-Reporting-on-Corporate-Financial-Performance.pdf

СОДЕРЖАНИЕ CONTENT

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ TECHNICAL SCIENCES

МИРЗАЕВ КАХРАМОН КАРШИБОВЕВИЧ [ТАШКЕНТ, УЗБЕКИСТАН] ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ МЕЖДУ АБРАЗИВНЫМИ ЧАСТИЦАМИ И ЭЛЕМЕНТАМИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН.....	3
HƏMZƏYEV ÇİNGİZ MUXTAR OĞLU [AZƏRBAYCAN] FRAKTAL QRAFİKANIN RƏQƏMSAL İNCƏSƏNƏT VƏ DİZAYNDA SÜNİ İNTELLEKT VASİTƏSİLƏ TƏTBİQİ.....	7
HƏMİDOVA LEYLA QAFAR qızı [AZƏRBAYCAN] PROQRAMLAŞDIRMA KONSEPSİYALARI VƏ TEXNİKALARININ TƏDRİSİNƏ METAKOQNİTİV YANAŞMALAR.....	12
HƏZİYEVA SƏRMAİYƏ ASLAN QIZI [AZƏRBAYCAN] TƏLİM PROSESİ ZAMANI ÖYRƏNMƏ ÜÇÜN İKT-DƏN İSTİFADƏNİN SƏVİYYƏLƏRİ.....	18
ӨМІРЗАҚ МАҚСАТ РАЗАХҰЛЫ, КАЛИЕВА Ж.Е. [АСТАНА, ҚАЗАҚСТАН] ҚҰРЫЛЫС МАТЕРИАЛДАРЫН ӨНДІРУДЕ БҰРҒЫЛАУ ШЛАМДАРЫН ҚОЛДАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ.....	24
АБУБАКИР АЛМАТ МҰРАТҰЛЫ, МҰРАТ ЖАНЕЛЬ МАРАТҚЫЗЫ, ӘЛДІБАЙ МӘДИ САЯТҰЛЫ, МУХАМБЕТОВА АКБОТА БАУРЖАНҚЫЗЫ, НУКЕНОВА С.А. [АЛМАТЫ, КАЗАХСТАН] МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ.....	28
СЕРІКБОЛҚЫЗЫ ДІЛНАЗ, НИГМЕДЕН БАЯНСҰЛУ КЕНЕСҚЫЗЫ, АБЫЛКАЙЫМ НАРИМАН БАХЫТҰЛЫ, УСАРБАЕВА БАЛНУРА ЭСАНБАЙ КИЗИ, НУКЕНОВА С.А. [АЛМАТЫ, КАЗАХСТАН] КОЗЬЕ МОЛОКО В АСПЕКТЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ.....	33
SYDYKOV AZAMAT, M. PORTA [PAVIA, ITALY] LARGE LANGUAGE MODELS (LLM/AI): ARCHITECTURE AND TRAINING.....	36
УЙСИНБАЙЕВА ЗЕРЕ, ЛЕВИНСКАЯ МИЛАНА, ИЗГЕНОВА ЖАСМИН, ШЫЛМЫРЗА БІРҒАНЫМ, НУКЕНОВА С.А. [АЛМАТЫ, КАЗАХСТАН] СОСТАВ И СВОЙСТВА КОЗЬЕГО МОЛОКА КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ.....	41
ТЕМІРБОЛАТОВА ДІЛЬНАЗ АЙБОЛАТҚЫЗЫ, ЕСЕНГАЛИЕВ МАНАРБЕК НУРАСБЕКОВИЧ [АЛМАТЫ, ҚАЗАҚСТАН] АВТОМОБИЛЬДЕРГЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ ЖӘНЕ ЖӨНДЕУДІҢ САПА КӨРСЕТКІШТЕРІ.....	45
ALIYEVA ELMİRA ZEYNAL qızı [BAKİ, AZƏRBAYCAN] ƏNƏNƏVİ SAY SİSTEMLƏRİNDƏN KVANT MAŞINLARINA DOĞRU HESABLAMA DÜŞÜNCƏSİNİN TƏKAMÜL PROSESİ.....	49
ŞABANOVA SEVİNC ƏLİƏKBƏR qızı [BAKİ, AZƏRBAYCAN] RƏQƏMSAL TƏHLÜKƏSİZLİK MÜHİTİNDƏ KEÇMİŞİN ŞİFRƏSİ VƏ GƏLƏCƏYİN BİOMETRİYASININ VƏHDƏTİ.....	55
ГАМИДОВ САИД СЕИДАГА ОГЛЫ [АЗЕРБАЙДЖАН] НЕЙРОСЕТИ В ОБРАЗОВАНИИ: ВОЗМОЖНОСТИ, ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.....	60
XƏYALƏ RZAYEVA NAZİM qızı [BAKİ, AZƏRBAYCAN] İBTİDAİ SİNİFLƏRDƏ KODLAŞDIRMA VƏ RƏQƏMSAL BACARIQLARIN İNKİŞAFINDA YENİ TƏDRİS METODLARINDAN İSTİFADƏ OLUNMASI.....	64

ALIYEVA ELMİRA ZEYNAL [BAKU, AZERBAIJAN] METHODOLOGY FOR MAKING THE LEARNING PROCESS FUN AND EFFECTIVE IN THE EDUCATION SYSTEM.....	69
ГУСЕЙНОВ ТУРГАЙ КЛИМ ОГЛЫ, ГАДИРОВА ТУРАН ТУРГАЙ КЫЗЫ, МАХМУДОВА НУРАНА РИЗВАН КЫЗЫ [БАКУ, АЗЕРБАЙДЖАН] ОЦЕНКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ВИБРАЦИОННО-ЧАСТОТНОГО ПЛОТНОМЕРА ЖИДКОСТИ С ТРУБЧАТЫМ РЕЗОНАТОРОМ ИЗ-ЗА ИЗНОСА ЕГО ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ.....	74
НҰРМУХАМЕД ФАИЗА АРМАНҚЫЗЫ, ЕГЕМБЕРДІ Ш.Қ. [ТАРАЗ, ҚАЗАҚСТАН] ИНТЕГРАЛ ТАБУДА КОМПЬЮТЕРЛІК БАҒДАРЛАМАНЫ ПАЙДАЛАҢУ.....	79
РИСТАВЛЕТОВ РАЙЫМБЕРДИ АМАНОВИЧ, КАМБАРОВ МЕДЕТБЕК АБИЛЬДАЕВИЧ, КУДАБАЕВ РУСЛАН БАХТИЯРОВИЧ, АУЕСБЕКОВА МАРАЛ АШИРАЛИЕВНА [ШЫМКЕНТ, КАЗАХСТАН], САБУРОВ ХУРСАНД МАМБЕТСАЛИЙВИЧ [ТАШКЕНТ, УЗБЕКИСТАН] МЕСТНЫЕ И ВТОРИЧНЫЕ СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИДЕНТИФИКАТОРА, УСКОРЯЮЩЕГО ПРОЦЕСС ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЦЕМЕНТА.....	83
TARYBAYEVA AIGERIM, SHOGANBEKOVA DANIYA ASSYGATOVNA [ALMATY, KAZAKHSTAN] GEOSPATIAL AI FOR URBAN ENVIRONMENTAL HEALTH AND DISEASE SURVEILLANCE IN ALMATY.....	87
YESSEN ISABEK SAMATULY, ZHUSSUPBEKOV SARSENBЕК SEYITBEKOVICH [ALMATY, KAZAKHSTAN] STRUCTURAL AND MATERIAL ADVANCEMENTS IN ELECTROSTATIC PRECIPITATORS: INTEGRATING FOLDED PLATES, SPIKE ELECTRODES AND WET SCRUBBING.....	94
MOLDIR SHAIMERDENOVA, OLGA UZHEGOVA [ALMATY, KAZAKHSTAN] THE ROLE OF ESG REPORTING IN STRENGTHENING CORPORATE REPUTATION AND INVESTOR TRUST. THE CASES IN THE CAR INDUSTRY.....	104

ENDLESS LIGHT IN SCIENCE



Контакт



irc-els@mail.ru

Наш сайт



irc-els.com