

Нургуль Сериковна Смакова* – PhD, ассистент-профессор, Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті; e-mail: nuri_5@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5754-4001>.

Кундыз Мухтаровна МаксUTOва – PhD, Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана; e-mail: qunkabai@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3216-0397>.

Айгуль Аманжоловна Абильдина – магистр, «Ақпараттық технологиялар» кафедрасының сенъор-лекторы, Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті; e-mail: abildina12@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6597-7910>.

Айнура Ержановна Түрбаева – оқытушы, Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық зерттеу университеті, Қарағанды, Қазақстан; e-mail: tae15.06.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0891-5426>.

Information about the authors

Ainur Orazayeva – K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Department of Information Technology, Head of the Department, Astana, Kazakhstan; e-mail: oar_is@mail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2899-9886>.

Nurgul Smakova* – K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan; e-mail: nuri_5@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5754-4001>.

Kundyz Maxutova – K L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; e-mail: qunkabai@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3216-0397>.

Aigul Abildina – Master, Senior Lecturer, K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Department of Information Technology, Astana, Kazakhstan; e-mail: abildina12@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6597-7910>.

Ainura Tyrebayeva – teacher, Karaganda National Research University named after academician Ye.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; e-mail: tae15.06.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0891-5426>.

Редакцияға енуі 30.03.2026

Өңдеуден кейін түсуі 16.05.2026

Жариялауға қабылданды 26.05.2026

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-2\(22\)-20](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-2(22)-20)



FTAXP: 20.01.45, 14.85.35

**Г.А. Шангытбаева¹, А.К. Шайханова², Ж. Жұмағалиева², К.Е. Икласова³,
А.А. Абдукаримова⁴**

¹Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті,
Қазақстан Республикасы, Ақтөбе, Әлия Молдағұлова даңғылы, 34

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Сәтпаев к-сі, 2

³М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,
Қазақстан Республикасы, Петропавл, Пушкин көшесі, 86

⁴Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті,
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Мұхамедханов к-сі, 37А

*e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz

ИММЕРСИВТІ ТЕХНОЛОГИЯЛАР (VR/AR) НЕГІЗІНДЕ ҚАЗАҚСТАННЫҢ БІЛІМ БЕРУ ЖҮЙЕСІН ЦИФРЛЫҚ ТРАНСФОРМАЦИЯЛАУДЫҢ ТҰЖЫРЫМДАМАЛЫҚ ТӘСІЛДЕРІ

Аңдатпа: Соңғы онжылдықтарда виртуалды шындық (VR) пен толықтырылған шындықты (AR) білім беру саласында қолдану айтарлықтай өсуде. Виртуалды шындық (VR) және толықтырылған шындық (AR) Қазақстандағы білім берудің цифрлық трансформациясының негізгі бағыттарының біріне айналууда. Олардың иммерсивті және интерактивті табиғаты оқытушылар мен студенттерге күрделі ұғымдар мен орталарды бірлесіп зерттеуге бірегей мүмкіндіктер береді. Жаңа технологиялар оқу үдерісінің сапасын арттыруға, заманауи білім беру ресурстарына

©Г.А. Шангытбаева, А.К. Шайханова, Ж. Жұмағалиева, К.Е. Икласова, А.А. Абдукаримова, 2026

қолжетімділікті кеңейтуге және оқушылардың тез өзгеріп жатқан экономика жағдайында сұранысқа ие практикалық дағдыларын қалыптастыруға жаңа мүмкіндіктер ашады. VR-ды қолдану арқылы толық иммерсивті білім беру орталарын құруға болады, онда студенттер зертханалық тәжірибелер жүргізуден бастап күрделі техникалық үдерістерді меңгеруге дейінгі нақты жағдайларды қауіпсіз түрде модельдей алады. Мұндай оқыту сыни ойлауды дамытуға, мотивацияны арттыруға және қатысу әсерінің арқасында материалды жақсы меңгеруге ықпал етеді.

AR технологиялары, өз кезегінде, цифрлық ақпаратты қоршаған физикалық әлемге қабаттастыра отырып, оқыту үдерісін көрнекі әрі интерактивті етеді. Қазақстандағы мектеп және жоғары оқу орындарында AR-ды қолдану қазірдің өзінде жоғары тиімділігін көрсетуде: оқушылар анатомиялық құрылымдарды, геологиялық қабаттарды, тарихи артефактілерді және түсінуі күрделі басқа да нысандарды визуализациялай алады. Бұл абстрактілі ұғымдарды оңай түсінуге және жеке оқу қарқынын сақтауға мүмкіндік береді.

Соңғы жылдары Қазақстанда VR/AR технологияларын білім беру үдерісіне енгізуге бағытталған мемлекеттік және жеке бастамалар белсенді жүзеге асырылып келеді. Арнайы зертханалар, цифрлық кабинеттер, инженерлік, медициналық және гуманитарлық бағдарламалардағы пилоттық жобалар ашылуда. Бұл технологиялардың дамуы инновациялық білім беру экожүйесін қалыптастыруға, цифрлық сауаттылықты арттыруға және жастардың болашаққа қажетті құзыреттерін дамытуға ықпал етеді.

Осы мақсатқа жету үшін мақалада бастамаларға талдау жүргізіліп, цифрлық құралдардың пәндік білімді ғана емес, сонымен қатар трансверсалды құзыреттерді дамытуға қалай ықпал ететіні зерттелді. Таңдалған мысалдардың ішінде бұл мақала виртуалды және толықтырылған шындық технологияларының педагогикалық құндылығын, олардың артықшылықтары мен университеттік ортадағы практикалық қолданысын ерекше атап көрсетеді. Зерттеу нәтижелері иммерсивті технологиялардың оқу үдерісін тартымды, икемді және студентке бағдарланған етуге мүмкіндік беретінін дәлелдейді. Осылайша, VR және AR Қазақстанның білім беру жүйесін жаңғыртудың қуатты құралдарына айналуға. Олардың интеграциясы цифрлық экономика талаптарына және елдің стратегиялық даму бағыттарына сай келетін икемді, қолжетімді және тәжірибеге бағытталған оқу моделін қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: виртуалды шындық (VR), толықтырылған шындық (AR), білім беру, инновация, цифрландыру, иммерсия, педагогика, технология.

Кіріспе

Соңғы кезде бүкіл әлемде виртуалды шындықты (VR) және толықтырылған шындықты (AR) білім беру контекстінде қолдануға деген ұмтылыс күшейіп келеді. Цифрлық трансформация дәуірінде әлемнің көптеген елдеріндегі білім беру жүйелері виртуалды шындық (VR) және толықтырылған шындық (AR) технологияларын белсенді енгізуде. Жаңа технологиялардың иммерсивті және интерактивті сипаты оқытушылар мен студенттерге қоршаған ортаны бірлесіп, белсенді түрде зерттеуге мүмкіндік беретін кең мүмкіндіктер спектрін қамтамасыз етеді. Біздің елімізде де бұл бағытта елеулі прогресс көрсетіп, оқу үдерісін жаңғыртуға, білім сапасын арттыруға және оқушылардың болашаққа қажетті дағдыларын қалыптастыруға ұмтылып келеді. Жаңа бағдарламалардың, жобалардың және ұлттық бастамалардың пайда болуы VR/AR технологияларының тәжірибелік құрал ретінде ғана емес, Қазақстанның жаппай білім беру жүйесіне кезең-кезеңімен интеграцияланып жатқанын көрсетеді [1].

Елде кеңістіктік жасанды интеллект орталығының ашылуы және білім беруге арналған AR/VR технологияларын енгізу сияқты ірі жобалар жүзеге асырылып жатыр. Бұл Қазақстанды Орталық Азиядағы инновациялық білім берудің жетекші алаңдарының біріне айналдырады.

VR және AR технологиялары қоғамның әртүрлі салаларында (ойын–сауық, ойын индустриясы, денсаулық сақтау, өндіріс, арнайы дайындық және т.б.) кеңінен қолданылып жатқанымен, олардың білім беру саласына әсері педагогтердің цифрлық сауаттылық деңгейіне әлі де тәуелді. Сондықтан бұл құралдарды тиімді пайдалану жолындағы кедергілерді жою үшін тұрақты және жүйелі кәсіби даму бағдарламаларын ілгерілету маңызды. Олар мұғалімдердің технологиялық құзыреттілігін арттыруға бағытталуы тиіс [2].

Бұл зерттеуде білім беруде қолданылатын орталарда Giza 3D, VirtualSpeech және MoleculARweb сияқты web-қосымшалар арқылы виртуалды және толықтырылған шындықты қолдану талдалынып алынды. Бұл қосымшалар білім беру қызметінің ауқымын айтарлықтай кеңейтеді және әртараптандырады. Маңыздысы – бұл құралдардың академиялық қауымдастыққа қолжетімді болуы. Олардың интерактивті әлеуеті парадигманы өзгертуді талап етеді, ал оқытушылардың рөлі екіжақты коммуникацияны, ынтымақтастықты,

тартылуды және студенттердің белсенді қатысуын қамтамасыз етуде шешуші мәнге ие. Мақалада виртуалды және толықтырылған шындық технологияларына қысқаша теориялық түсіндірме беріліп, Giza 3D, VirtualSpeech және MoleculARweb платформаларын қолдану мысалдары қарастырылады [3, 4].

Зерттеудің мақсаты, объектісі және пәні

Осы зерттеудің мақсаты – Қазақстанның білім беру жүйесін цифрлық трансформациялау жағдайында VR/AR технологияларын енгізудің тұжырымдамалық тәсілдерін талдау және олардың білім беру үдерісіне интеграциялану мүмкіндіктерін бағалау.

Зерттеу объектісі – Қазақстанның цифрлық трансформация жағдайындағы білім беру жүйесі.

Зерттеу пәні – білім беру ортасына VR/AR технологияларын интеграциялау үдерісі және олардың педагогикалық әлеуеті.

Ғылыми жаңалығы

Зерттеудің ғылыми жаңалығы Қазақстандағы VR/AR технологияларын енгізудің қазіргі жағдайын цифрлық білім беру экосистемі тұрғысынан кешенді қарастыруда, сондай-ақ мемлекеттік бастамалар, білім беру платформалары және практикалық кейстер негізінде VR/AR технологияларын интеграциялаудың тұжырымдамалық моделін ұсынуда көрінеді.

Ұсынылған тәсіл VR/AR технологияларын жеке цифрлық құрал ретінде емес, цифрлық білім беру ортасының құрылымдық компоненті ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

Практикалық маңыздылығы

Зерттеу нәтижелері білім беру ұйымдарында VR/AR технологияларын енгізу стратегияларын әзірлеуде, цифрлық білім беру ресурстарын жобалауда және педагогтердің цифрлық құзыреттерін дамыту бағдарламаларын жетілдіруде пайдаланылуы мүмкін.

Зерттеу сұрақтары

Зерттеу барысында келесі сұрақтарға жауап ізделді:

– Қазақстанда VR/AR технологияларын білім беру жүйесіне енгізудің негізгі бағыттары қандай?

– Иммерсивті технологиялардың педагогикалық әлеуеті қандай?

– VR/AR технологияларын кеңінен енгізуге қандай факторлар әсер етеді?

– Қазақстандағы цифрлық білім беру экосистемінде VR/AR қандай рөл атқарады?

Материалдар және зерттеу әдістері

Зерттеу жұмысы жүйелі әдеби шолу, контент-талдау және практикалық кейстерді салыстырмалы талдау әдістеріне негізделді. Талдау 2015-2025 жылдар аралығындағы ғылыми жарияланымдарды, мемлекеттік бағдарламаларды, халықаралық аналитикалық есептерді, цифрлық платформаларды және Қазақстандағы VR/AR технологияларын енгізуге қатысты материалдарды қамтыды [5, 6].

Деректерді іздеу Google Scholar, Scopus, Web of Science ғылыми деректер қорларында, сондай-ақ білім беру ұйымдары мен цифрлық платформалардың ресми материалдары негізінде жүргізілді.

Іздеу барысында келесі түйінді сөздер қолданылды:

- virtual reality in education;
- augmented reality in education;
- digital transformation;
- immersive learning;
- Kazakhstan education;
- EdTech.

Зерттеуге тек білім беру контекстінде VR/AR қолдануға арналған материалдар енгізілді.

Зерттеуде қолданылатын әдістер

Ғылыми жарияланымдарды талдау

VR/AR технологияларын білім беру жүйесінде қолдануға арналған отандық және халықаралық ғылыми зерттеулер қарастырылды. Талдау жүргізу барысында қазақстандық ғалымдардың қазақ әдебиеті мен гуманитарлық пәндерге AR/VR енгізу жөніндегі еңбектері, сондай-ақ виртуалды зертханалар, иммерсивті сабақ үлгілері, пәндік визуализацияны жақсарту тәсілдері бойынша зерттеулер пайдаланылды. Бұл әдіс VR/AR технологияларының

білім сапасына, пәнді терең меңгеруге және оқушылардың цифрлық құзыреттерін арттыруға әсерін кешенді түрде бағалауға мүмкіндік береді.

Қазақстандағы EdTech саласындағы ұлттық және халықаралық бастамаларға шолу

Қазақстанның VR/AR білім беру нарығы бойынша 2024-2031 жылдарға арналған даму болжамдары, цифрлық трансформация жөніндегі ұлттық шолулар, мемлекеттік стратегиялық құжаттар және EdTech экосистемі туралы талдамалық материалдар зерттелді.

Шолу барысында «Цифрлық Қазақстан» бағдарламасының нәтижелері, білім беруді цифрландыру бойынша ұлттық жобалар, EdTech саласындағы әлемдік трендтер сияқты деректер ескерілді. Бұл бағыт Қазақстанда AR/VR технологияларын жүйелі енгізудің институционалдық жағдайларын анықтауға көмектеседі [7].

Практикалық кейстер мен жобаларды талдау

Қазақстан мектептері мен жоғары оқу орындарында AR платформаларын қолдану мысалдары, Next AR Tech компаниясының жобалары, виртуалды зертханалар, 3D модельдеу құралдарын пайдалану тәжірибелері қарастырылды.

Сонымен қатар STEM бағытындағы AR сабақтары, виртуалды экскурсиялар, қауіпсіздік техникасы бойынша VR тренажёрлары, медицина және инженерия салаларындағы иммерсивті симуляциялар сияқты практикалық кейстер талдауға енгізілді. Аталмыш әдіс VR/AR технологияларының нақты оқу жағдайларында қалай жұмыс істейтінін бағалауға мүмкіндік береді [8].

Білім беру бастамаларының контент-талдауы

Bilim Land, Kundelik, Ashyq sabak, STEM/Robotics орталықтарының цифрлық ресурстары сияқты ұлттық платформаларға контент–талдау жүргізілді.

Контент-талдау аясында AR/VR интеграцияланған оқу модульдері, 3D визуализация материалдары, цифрлық оқу ресурстарының қолжетімділігі, қазақ тіліндегі цифрлық контенттің көлемі мен сапасы қарастырылды. Бұл әдіс цифрлық білім беру платформаларының AR/VR технологияларымен үйлесімділігін анықтауға мүмкіндік береді.

Қазақстанның білім беру жүйесіндегі VR/AR интеграциясының тұжырымдамалық моделі

Қазақстандағы VR/AR технологияларын енгізу үш өзара байланысты деңгей арқылы қарастырылды:

1) технологиялық деңгей:

- VR/AR платформалар;
- цифрлық инфрақұрылым;
- білім беру контенті.

2) педагогикалық деңгей:

- интерактивті оқыту;
- визуализация;
- тәжірибеге бағытталған оқыту.

3) нәтижелік деңгей:

- цифрлық құзыреттер;
- практикалық дағдылар;
- студенттердің оқу белсенділігі.

Ұсынылған модель VR/AR технологияларын цифрлық трансформацияның дербес элементі емес, білім беру экосистемінің құрамдас бөлігі ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері

Талдау кезеңі 2015 жылдан 2025 жылға дейінгі басылымдарды қамтыды, ал жоғары білім беру саласында цифрлық технологияларды қолдануға бағытталмаған мақалалар зерттеуге енгізілмеді. Таңдалған зерттеулердің ішінде виртуалды шындық (VR) пен толықтырылған шындықты (AR) қолданған жұмыстарға ерекше назар аударылды [9, 10].

Виртуалды шындық (VR)

Velev және Zlateva анықтамасына сәйкес, виртуалды шындық – бұл иммерсивті мультимедиа немесе компьютерлік модельденген шындық, ол нақты немесе қиялданған әлемдегі физикалық болмысты имитациялай отырып, пайдаланушыға сол әлеммен өзара әрекеттесуге мүмкіндік беретін орта.

«VR» терминін 1980-жылдары Ланье енгізген. Уақыт өте келе бұл ұғым әртүрлі мағына мен қолдану салаларын иеленгенімен, иммерсия мен интеракция идеялары арнайы әдебиеттерде ортақ түсінік болып табылады.

Академиялық контексте виртуалды шындық орталарын интеграциялау студенттерді техникалық дағдыларды, шығармашылық ойлауды және мәселелерді шешу қабілеттерін дамыта отырып, күрделі мазмұнды зерттеуге және ашуға ынталандырады. Сондай-ақ, бұл технологиялармен тығыз байланысты тәжірибелік оқыту өлшемін ерекше атап өткен жөн. VR пайдалану академиялық қауымдастыққа аудиториядан шықпай-ақ практикалық білімге тікелей қол жеткізу мүмкіндігін ұсынады. Осыған байланысты Velev және Zlateva VR-ды білім беруге енгізу нақты өмірде қайталау мүмкін емес, бірақ виртуалды ортада жүзеге асыруға болатын оқу әрекеттерін ұсынуға мүмкіндік беретінін атап өтеді.

Қолданылу аясы тұрғысынан VR технологиясы Архитектура, Азаматтық құрылыс, Химия, Медицина, Биология, Физика, Астрономия, Медиа, Спорт, Moda, Ойын-сауық және Телекоммуникациялар сияқты көптеген салаларды қамтиды. Кәсіби даярлыққа немесе ықтимал тәуекелдер мен қауіптерді азайтуға бағытталған шынайы оқыту сценарийлерін ұсыну да VR-ды білім беруде қолданудың маңызды артықшылықтарының бірі болып табылады.

Толықтырылған шындық (AR)

Wellner және т.б. анықтамасы бойынша, толықтырылған шындық (AR) – нақты әлемге компьютер арқылы жасалған ақпаратты қабаттастыру арқылы оны толықтыратын жүйе (30–бет). Azuma және т.б. бұл түсінікті толықтыра отырып, AR жүйелерінің негізгі мақсаты – нақты әлемді 3D виртуалды объектілермен толықтыру арқылы пайдаланушының шынайы ортада қабылдауын және өзара әрекеттесуін күшейту болуы тиіс екенін айтады.

Цифрлық эволюция және технологиялық құрылғылардың кең таралуы AR технологиясының білім беру саласында белсенді дамуына ықпал етті. Виртуалды шындық (VR) секілді, AR технологиясын қолданатын білім беру іс-әрекеттеріне қызығушылық пен зерттеулер саны айтарлықтай артты, әсіресе химия, биология, математика, физика және астрономия салаларында өзгерістер байқалды.

AR-ды оқыту мен оқу үдерісіне интеграциялаудың әсері туралы әдебиеттер студенттердің оқуға тартылуының жоғарылауы және оқу бағдарламасына негізделген білім нәтижелерінің жақсаруы сияқты оң өзгерістерді көрсетеді. Сонымен қатар, AR мотивацияны, интеракцияны және оқу қанағаттанушылығын арттырады, объектілерді үш өлшемді форматта зерттеуге және визуализациялауға мүмкіндік береді, сондай-ақ шығармашылық ойлауды, мәселелерді шешу дағдыларын, коммуникацияны және топтық жұмысты дамытатын гибриді оқыту орталарында цифрлық және физикалық объектілерді біріктіруге жағдай жасайды.

Қазақстандағы VR/AR технологияларының дамуы және білім беру жүйесіне интеграциясы

VR/AR технологияларын білім беру жүйесінде қолданудың артуы

Қазақстан әлемдік трендтерге сәйкес AR/VR технологияларын белсенді енгізіп келеді. Кеңістіктік жасанды интеллект орталығының ашылуы білім беру саласына арналған ауқымды AR/VR курстарын әзірлеуге жол ашты. Қазіргі уақытта республика бойынша мектептер мен университеттерге арналған 10 000-нан астам оқу модульдері дайындалуда (1 – кесте).

Кесте 1 – Қазақстандағы VR/AR технологияларының даму бағыттары

№	Даму бағыты	Сипаттамасы
1	VR/AR қолданудың өсуі	10 000+ AR/VR оқу модульдерінің жасалуы, мектептер мен ЖОО-ларға енгізілуі
2	AR платформалардың дамуы	Next AR Tech виртуалды зертханалар, 3D модельдер, AR сабақтар ұсынады
3	Гуманитарлық білімге енгізілуі	Қазақ әдебиеті, тарих, мәдениет сабақтарында интерактивті орта құру
4	Мемлекеттік қолдау	Bilim Land, OER, электрондық оқулықтар, цифрлық инфрақұрылым

Бұл бастама оқу процесін иммерсивті, көрнекі және тәжірибеге бағытталған форматқа көшіруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, халықаралық серіктестік экожүйенің дамуына

ықпал етіп, қазақстандық білім беру мекемелерінің жаһандық EdTech платформаларымен интеграциясын күшейтуде.

AR платформалардың және білім беру шешімдерінің дамуы

Next AR Tech сияқты қазақстандық компаниялар білім беру саласына арналған AR платформаларды жасап шығаруда. Бұл платформалар виртуалды зертханалық тәжірибелер жүргізуге, күрделі 3D модельдерді визуализациялауға, оқу материалдарына AR объектілерін енгізуге, пәндерді практикалық тұрғыда меңгеруді күшейтуге мүмкіндік береді.

Зерттеулерге сәйкес, AR технологиясын қолдану оқушылардың мотивациясын арттырып, күрделі тақырыптарды түсінуді 60%-ға жақсарттады (2 – кесте).

Кесте 2 – VR және AR технологияларын қолданудың оқу үдерісіне әсері

Көрсеткіш	VR әсері	AR әсері
Иммерсивтілік	Өте жоғары	Орташа
Визуализация	3D толық орта	Нақты әлемге 3D объектілер қосылады
Мотивация	жоғары	өте жоғары
STEM пәндерінде тиімділік	өте жоғары	жоғары
Гуманитарлық пәндер	тарихи/мәдени реконструкция	мәтіндік/контекстік кеңейту
Тәжірибелік оқыту	виртуалды тренажёрлар	объектілерді аралас көрсету

Мұндай шешімдер STEM пәндерінде, биология, химия, физика сабақтарында және кәсіптік бағдар беру үдерісінде өте тиімді болып келеді.

VR/AR технологияларын гуманитарлық білімге интеграциялау

Соңғы жылдары VR/AR технологияларын гуманитарлық пәндерге енгізу бойынша да қызығушылық айтарлықтай артты. Мұғалімдер мен зерттеушілердің пікірінше, VR/AR келесі мүмкіндіктерді ашады:

- әдеби шығармалардың оқиғаларын иммерсивті форматта көрсету;
- тарихи контексттерді жандандыру;
- мәдени мұра нысандарын виртуалды зерттеу;
- қазақ әдебиеті пәнін оқытуды заманауи визуалды әдістермен байыту.

Ғылыми жұмыстар VR/AR қолдану қазақ әдебиетін меңгеруді жеңілдететінін, оқушылардың эмоционалды, когнитивтік және шығармашылық қатысуын арттыратынын көрсетеді. Бұл гуманитарлық саланың өзінде иммерсивті технологиялардың жоғары әлеуетін дәлелдейді.

Білім беруді цифрландыруға бағытталған мемлекеттік қолдау

Мемлекет білім беру саласының цифрлық трансформациясын стратегиялық деңгейде қолдап келеді. Осы тұрғыда келесі бастамалар маңызды рөл атқарады:

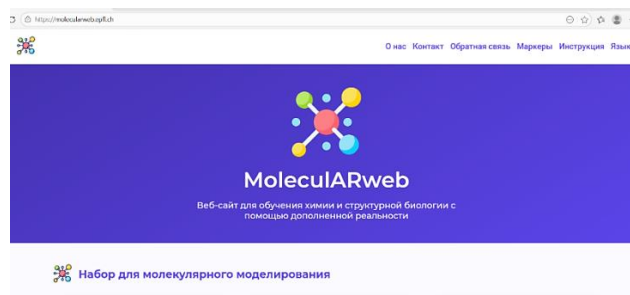
- Bilim Land, Kundelik, электрондық оқулықтар сияқты ұлттық цифрлық платформалар;
- Ашық білім беру ресурстары (OER) бағдарламалары;
- мектептерді цифрлық инфрақұрылыммен қамтамасыз ету;
- цифрлық педагогтердің кәсіби даму бағдарламалары.

Мемлекеттік қолдау VR/AR технологияларын кең көлемде енгізуге қолайлы экожүйе қалыптастырып, мектептер мен ЖОО-ларда инновациялық білім беру тәжірибелерін кеңейтуге мүмкіндік береді.

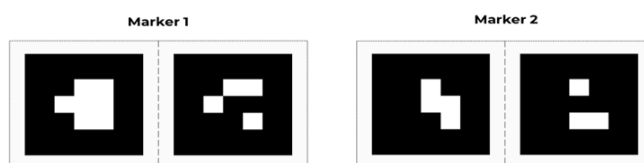
MoleculARweb

Сондай қосымшалардың бірі кеңінен қолданысқа енген MoleculARweb – химия мен биологияны AR арқылы оқытуға арналған, сегіз тілде қолжетімді web-платформа. Бұл сайт педагогтер мен студенттерге молекулалардың 3D модельдерін нақты заттар сияқты зерттеуге, визуализациялауға және манипуляциялауға мүмкіндік береді. Мұндай формат жай компьютерлік графикадан немесе пластикалық молекулалық модельдерден бірнеше есе тиімдірек әсер етеді (1 сурет).

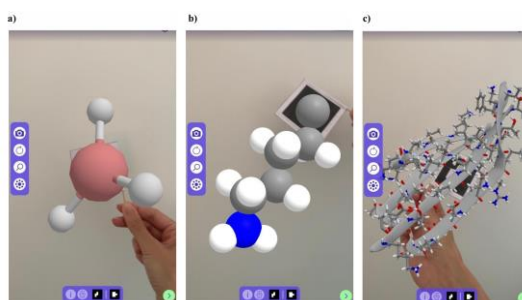
Пайдаланушылар смартфонның, планшеттің немесе компьютер камерасын арнайы маркерге (2 сурет) бағыттау арқылы молекулаларды үшөлшемді объектілер ретінде көре алады (3 сурет). Бұл оқу материалының қолжетімділігін арттырып, молекулалық құрылымдарды түсінуді айтарлықтай жеңілдетеді.



Сурет 1 – MoleculeARweb web-платформасы



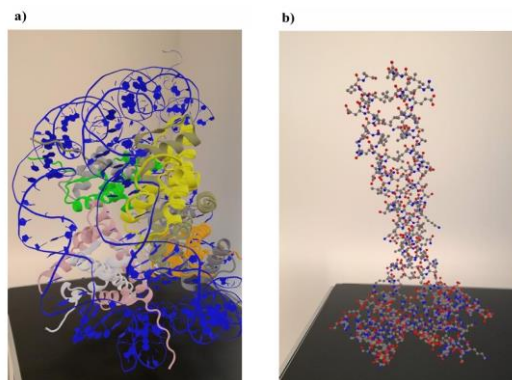
Сурет 2 – Басып шығаруға арналған маркерлер



- a) VSEPR теориясы бойынша молекулалардың пішіндері – смартфон экранында маркердің үстіне орналастырылған 3D модель түрінде көрсетілген;
- b) Қышқылдық және негіздік аминқышқылдарының бүйір тізбектерінің тепе-теңдігі – маркер арқылы визуализацияланған молекулалық өзара әрекеттесу үлгісі;
- c) Ақуыздың екінші реттік құрылымдары және оларды тұрақтандыратын өзара байланыстар – смартфон экранындағы маркер негізінде көрсетілген үшөлшемді модельдер

Сурет 3 – Смартфон экранындағы маркер арқылы көрсетілетін молекулалық үлгілер

Web-сайт сондай-ақ маркерсіз модельдерді визуализациялау мүмкіндігін (4 сурет) ұсынады. Бұл жағдайда бағдарлама 3D модельдерді жазық бетке орналастырып, пайдаланушыларға оларды айналып өтуге, әртүрлі бұрыштардан қарауға және кеңістікте еркін зерттеуге мүмкіндік береді.



- a) Нуклеосоманың рентгендік кристалл құрылымы – құрамына төрт гистон ақуызы және оралған қос тізбекті ДНҚ-ның екі айналымы кіреді. Бұл модель хроматиннің құрылымдық ұйымдасуын кеңістікте нақты түрде көруге мүмкіндік береді;
- b) B-zip транскрипция факторындағы ақуыз-ақуыз және ақуыз-ДНҚ өзара әрекеттесулері – транскрипциялық реттеу механизмдерін түсіндіретін молекулалық байланыстардың үшөлшемді визуализациясы

Сурет 4 – Маркерсіз визуализацияланған биомолекулалық құрылымдар

Бұл қосымшаның басты артықшылығы – қымбат арнайы жабдықты талап етпеуі. Оны кез келген қолжетімді құрылғыларда (смартфон, планшет, ноутбук) еркін пайдалануға болады, бұл технологияны кең ауқымды білім алушылар үшін қолжетімді етеді.

MoleculARweb web-платформасы әлемнің көптеген елдерінде кеңінен қолданылып келеді, оның ішінде ең жоғары пайдалану көрсеткіші Еуропа мен АҚШ-та байқалады. Онлайн бағалау сауалнамаларына қатысқан мұғалімдердің басым бөлігі бұл қосымшаның күрделі ұғымдарды түсінуді жақсартатынын, ынтымақтастықты дамытуға ықпал ететінін және оқушылар арасындағы диалогты жеңілдететінін атап өткен. Құралды онлайн оқыту форматында, дәстүрлі офлайн сынып жағдайында, студенттердің өз бетінше білім алуы үшін тиімді пайдалануға болады.

Ғылыми нәтижелерді талқылау

Қазақстандағы білім беру жүйесіне VR/AR технологияларын енгізу соңғы жылдары айтарлықтай жеделдеп, жаңа зерттеулер мен пилоттық жобалар арқылы өз тиімділігін дәлелдеп келеді. Алынған деректер мен талдау нәтижелері білім беру процесіндегі VR/AR технологияларының мүмкіндіктерін, артықшылықтары мен шектеулерін кешенді түрде сипаттайды.

Оқытудың интерактивтілігі мен иммерсивтілігінің артуы

VR/AR технологияларын қолдану оқу үдерісін дәстүрлі модельден анағұрлым белсенді және интерактивті етеді. Студенттер оқу материалына толықтай еніп, күрделі ұғымдарды нақты әрі көрнекі түрде зерттей алады.

Зерттеулер көрсеткендей, иммерсивті орта:

- ақпаратты қабылдау жылдамдығын арттырады;
- оқушылардың есте сақтау деңгейін күшейтеді;
- тәжірибелік дағдыларды қалыптастыруға көмектеседі.

VR ортасында жүргізілетін симуляциялар оқушыларға қателесу мүмкіндігін қауіпсіз түрде береді, ал AR нақты әлеммен интеграцияланған визуалды объектілер арқылы жаңа тәжірибе ұсынады.

Жекелендірілген оқыту траекторияларын қалыптастыру

AR/VR технологиялары білім беру мазмұнын адамның жеке мүмкіндіктеріне қарай бейімдеуге мүмкіндік береді. Бұл әсіресе инклюзивті білімде, тіл үйренуде, STEM салаларында маңызды рөл атқарады.

VR платформаларда студент деңгейіне сәйкес тапсырмалар беріледі, ал AR арқылы күрделі ақпарат шағын бөліктерге бөлініп, нақты уақытта түсіндіріледі. Бұл тәсіл оқушылардың оқу стилін ескере отырып, жеке оқу траекториясын тиімді құруға мүмкіндік береді.

Болашақ мамандықтарға қажетті дағдыларды қалыптастыру

Технологиялардың қарқынды дамуы экономикаға жаңа талаптар қояды.

VR/AR қолдану келесі бағыттардағы құзыреттерді қалыптастырады:

- ақпараттық технологиялар;
- инженерия және 3D модельдеу;
- робототехника;
- цифрлық дизайн;
- өндірістік симуляциялар.

Қазақстанда бұл бағытта робот техника орталықтары, STEM зертханалары және университеттік технопарктер AR/VR-ға негізделген оқыту моделін кеңейтіп жатыр.

Инфрақұрылымдық және ұйымдастырушылық шектеулер

VR/AR енгізудегі негізгі қиындықтар ретінде:

- жабдықтардың жоғары құны;
- мектептердегі интернет пен техникалық инфрақұрылымның жеткіліксіздігі;
- педагогтердің цифрлық құзыреттерінің әркелкі деңгейі;
- әдістемелік материалдардың аздығы аталады.

EdTech нарығы бойынша аналитикалық есептер бұл факторларды басты тежеуші себептер ретінде көрсетеді. Сонымен қатар, VR жабдықтарын жиі жаңарту қажеттілігі мен контенттің қолжетімділігі де қосымша қиындық тудырады.

Қазақстанда AR/VR бағытындағы зерттеулер мен инновациялар

Қазақстанда VR/AR дамуы тек тұтынушылық деңгейде ғана емес, ғылыми бағытта да артып келеді.

ISSAI (Intelligent Systems and Artificial Intelligence Institute) секілді зерттеу институттары:

- білім беру мақсатындағы AR жүйелерін;
- мобильді AR платформаларды;
- мәдени мұраны визуализациялау жобаларын әзірлеп жатыр.

Бұл ғылыми бастамалар AR/VR технологияларын ұлттық контентке бейімдеуге және қазақ тіліндегі сандық ресурстарды көбейтуге септігін тигізеді.

Қорытынды

VR және AR Қазақстан білім беруін трансформациялаудың ең маңызды инновациялық технологияларына айналуға. Ел толыққанды AR/VR экосистемін қалыптастыру бағыты бойынша дамып келеді, оған инфрақұрылым, цифрлық платформалар, зерттеу орталықтары және тәжірибе-бағдарланған білім беру шешімдері кіреді.

Виртуалды шындық (VR) пен толықтырылған шындық (AR) оқыту мен оқытуды әртараптандырудың түрлендіргіш әлеуетіне ие. Бұл технологиялардың тым қымбат немесе пайдалану тұрғысынан күрделі екені туралы пікірлер қазіргі таңда өзектілігін жоғалтуда, өйткені VR мен AR-дың қолжетімді болуына бағытталған айқын үрдіс байқалады.

Осы жұмыстың мақсаты – екі VR қосымшасын және бір AR қосымшасын таныстырып, олардың жұмыс принциптерін түсіндіру және жоғары білім беру контекстіндегі қолдану мүмкіндіктерін көрсету болды. Бұл қосымшалар қамтамасыз ететін интерактивтілік пен иммерсивтілік академиялық қауымдастыққа қазіргі цифрлық дәуір талаптарына неғұрлым сәйкес келетін педагогикалық тәжірибелерді енгізуге мүмкіндік береді.

VR және AR технологияларын одан әрі дамыту келесі шаралар кешенімен қолдауды талап етеді:

- цифрлық бағыттағы педагогтерді даярлау;
- VR/AR жабдықтарына қолжетімділікті кеңейту;
- қазақ тіліндегі ұлттық контентті дамыту;
- VR/AR-ды мектептер мен жоғары оқу орындарының білім беру бағдарламаларына интеграциялау.

Қазақстанда VR және AR технологияларын енгізу перспективалары өте жоғары, және алдағы бірнеше жыл жаңа цифрлық білім беру ортасын қалыптастыруда шешуші кезең болмақ.

Әдебиеттер тізімі

1. EON Reality. EON Reality Expands Its Rollout in Kazakhstan Targeting National Rollout with 10,000 Tailored Courses with the Launch of Spatial AI Center and EON AI Autonomous Agents. Irvine, CA, 2024. URL: <https://eonreality.com/eon-reality-expands-its-rollout-in-kazakhstan-targeting-national-rollout-with-10000-tailored-courses-with-the-launch-of-spatial-ai-center-and-eon-ai-autonomous-agents/>
2. Wresearch. Kazakhstan Augmented and Virtual Reality in Education Market (2025-2031). Industry Report ETC4426379. New Delhi, 2025. URL: <https://www.6wresearch.com/industry-report/kazakhstan-augmented-and-virtual-reality-in-education-market>
3. ISSAI – Institute of Smart Systems and Artificial Intelligence. ISSAI’s Senior Data Scientist Zhanat Makhataeva Speaks at the XIV NIS International Conference “School Education in the Digital Age: Key Trends and Challenges”. 2025. URL: <https://issai.nu.edu.kz/2025/10/30/issais-senior-data-scientist-zhanat-makhataeva-speaks-at-the-xiv-nis-international-conference-school-education-in-the-digital-age-key-trends-and-challenges/>
4. Next AR Tech. AR Education and Learning Platform in Kazakhstan. Project Overview. Krazio Cloud, 2025. URL: <https://nextartech.com/project.php?slug=ar-education-and-learning-platform-augmented-reality-kazakhstan>
5. Kaskyrbaeva M., Uldana A. Digital Education: New Opportunities in Kazakhstan. Bilimger.kz, 2024. URL: <https://bilimger.kz/172785/>
6. Nurullayeva J. Teaching Kazakh Literature Using AR (Augmented Reality) and VR (Virtual Reality) Technologies in the Educational Process. Eurasian Journal of Social Sciences, Philosophy and Culture, 2025. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teaching-kazakh-literature-using-ar-augmented-reality-and-vr-virtual-reality-technologies-in-the-educational-process>

7. Tang K.-S. Developing AI Literacy Through Dialogic Inquiry and Critical Questioning. Curtin University School of Education, Australia, 2025.
8. Baker R. Technologies and Educational Resources of the Future: The Potential of Learning Analytics. University of Adelaide, Australia, 2025.
9. Ishengoma F., Ngeze L., Ndibalema P. Augmented Reality Applications in STEM Education: A Review. 2024.
10. Latif Maftunzada S. A. The Transformative Potential of Emerging Technologies in Physics Education. 2024.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды / қаржыландырады (грант № AP 23489228).

Г.А. Шангытбаева¹, А.К. Шайханова^{*}, Ж. Жұмағалиева², К.Е. Икласова³, А.А. Абдукаримова⁴

¹Ақтөбинский региональный университет имени К.Жубанова,
Республика Казахстан, Ақтобе, проспект Алии Молдагуловой, 34

²Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
010000, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2

³Северо-Казахстанский университет им.М.Козыбаева,
Республика Казахстан, Петропавловск, улица Пушкина, 86

⁴Казахский университет технологий и бизнеса им. К. Кулажанова,
010000, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Мухамедханова, 37А

*e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ КАЗАХСТАНА НА БАЗЕ ИММЕРСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (VR/ AR)

В последние десятилетия использование виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR) в сфере образования значительно растёт. Виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR) становятся одним из ключевых направлений цифровой трансформации образования в Казахстане. Их иммерсивная и интерактивная природа предоставляет преподавателям и студентам уникальные возможности для совместного изучения сложных понятий и сред. Новые технологии открывают возможности для повышения качества учебного процесса, расширения доступа к современным образовательным ресурсам и формирования у обучающихся практических навыков, востребованных в условиях быстро меняющейся экономики.

Использование VR позволяет создавать полностью иммерсивные образовательные среды, где студенты могут безопасно моделировать реальные ситуации – от проведения лабораторных экспериментов до освоения сложных технических процессов. Такой формат обучения способствует развитию критического мышления, повышению мотивации и лучшему усвоению материала благодаря эффекту присутствия.

AR-технологии, в свою очередь, делают процесс обучения более наглядным и интерактивным, накладывая цифровую информацию на окружающий физический мир. Применение AR уже демонстрирует высокую эффективность в школах и университетах Казахстана: учащиеся могут визуализировать анатомические структуры, геологические слои, исторические артефакты и другие сложные для понимания объекты. Это облегчает восприятие абстрактных понятий и позволяет сохранять индивидуальный темп обучения.

В последние годы в Казахстане активно реализуются государственные и частные инициативы, направленные на внедрение VR/AR-технологий в образовательный процесс. Создаются специализированные лаборатории, цифровые кабинеты, запускаются пилотные проекты в инженерных, медицинских и гуманитарных программах. Развитие этих технологий способствует формированию инновационной образовательной экосистемы, повышению цифровой грамотности и развитию у молодёжи компетенций, необходимых в будущем.

Для достижения этой цели в статье проводится анализ существующих инициатив и исследуется, как цифровые инструменты способствуют развитию не только предметных знаний, но и трансверсальных компетенций. На основе выбранных примеров статья подчёркивает педагогическую ценность технологий виртуальной и дополненной реальности, их преимущества и практическое применение в университетской среде.

Результаты исследования доказывают, что иммерсивные технологии делают процесс обучения более привлекательным, гибким и ориентированным на студента. Таким образом, VR и AR становятся мощными инструментами модернизации системы образования Казахстана. Их интеграция позволяет сформировать гибкую, доступную и практикоориентированную модель обучения, соответствующую требованиям цифровой экономики и стратегическим направлениям развития страны.

Түйін сөздер: виртуальная реальность (VR), дополненная реальность (AR), образование, инновации, цифровизация, иммерсия, педагогика, технологии.

G. Shangytbayeva¹, A. Shaikhanova², Zh. Zhumagaliyeva¹, K. Iklassova³, A. Abdugarimova⁴

¹Zhubanov University,

Republic of Kazakhstan, Aktobe, Aliya Moldagulova Avenue, 34

²Gumilyov Eurasian National University,

010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Satpayev Street, 2

³Manash Kozybayev North Kazakhstan University,

Republic of Kazakhstan, Petropavlovsk, Pushkin Street, 86

⁴K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business,
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, 37A Mukhamedkhanova Street

*e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz

CONCEPTUAL APPROACHES TO THE DIGITAL TRANSFORMATION OF KAZAKHSTAN'S EDUCATION SYSTEM BASED ON IMMERSIVE TECHNOLOGIES (VR/AR)

In recent decades, the use of virtual reality (VR) and augmented reality (AR) in the field of education has been growing significantly. Virtual reality (VR) and augmented reality (AR) are becoming one of the key directions in the digital transformation of education in Kazakhstan. Their immersive and interactive nature offers teachers and students unique opportunities to collaboratively explore complex concepts and environments. These technologies open new possibilities for improving the quality of the learning process, expanding access to modern educational resources, and developing practical skills that are in demand in a rapidly changing economy.

Using VR, it is possible to create fully immersive learning environments in which students can safely simulate real-life scenarios-from conducting laboratory experiments to mastering complex technical processes. Such learning helps develop critical thinking, increases motivation, and enhances understanding of the material due to the strong sense of presence.

AR technologies, in turn, make the learning process more visual and interactive by overlaying digital information onto the surrounding physical world. In schools and universities across Kazakhstan, the use of AR is already showing high effectiveness: students can visualize anatomical structures, geological layers, historical artifacts, and other objects that are difficult to understand. This makes abstract concepts easier to comprehend and allows students to maintain their individual learning pace.

In recent years, Kazakhstan has been actively implementing state and private initiatives aimed at integrating VR/AR technologies into the educational process. Specialized laboratories, digital classrooms, and pilot projects in engineering, medical, and humanities programs are being launched. The development of these technologies helps build an innovative educational ecosystem, enhance digital literacy, and develop the competencies required for the future among young people.

To achieve this goal, the article analyzes these initiatives and explores how digital tools contribute not only to subject-specific knowledge but also to the development of transversal competencies. Among the selected examples, this article highlights the pedagogical value of virtual and augmented reality technologies, their advantages, and their practical application in the university environment. The findings demonstrate that immersive technologies make the learning process engaging, flexible, and student-centered. Thus, VR and AR are becoming powerful tools for modernizing Kazakhstan's education system. Their integration helps create a flexible, accessible, and practice-oriented learning model that aligns with the requirements of the digital economy and the country's strategic development priorities.

Key words: Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), education, innovation, digitalization, immersion, pedagogy, technology.

Авторлар туралы мәліметтер

Гульмира Асаугалиқызы Шангытбаева – PhD, қауымдастырылған профессор, Информатика және ақпараттық технологиялар кафедрасының доценті, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан; e-mail: gulmjanet@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4615-5756>.

Айгуль Кайрулаевна Шайханова* – PhD, ақпараттық қауіпсіздік кафедрасының профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Жанар Жұмағалиева – техника ғылымдарының магистрі, Информатика және ақпараттық технологиялар кафедрасының оқытушысы, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан; e-mail: zanar82@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6843-0282>.

Қайнижамал Есімсейітқызы Икласова – PhD, «Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар» кафедрасының доценті, М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті; Петропавл қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: keiklasova@ku.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8330-4282>.

Әлия Әмірқызы Абдукаримова – PhD, қауымдастырылған профессор, «Ақпараттық технологиялар» кафедрасының меңгерушісі, Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Сведения об авторах

Гульмира Асаугалиқызы Шангытбаева – PhD, ассоциированный профессор, доцент кафедры Информатики и информационных технологии, Актюбинский региональный университет имени К.Жубанова, Актобе, Казахстан; e-mail: gulmjanet@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4615-5756>.

Айгуль Кайрулаевна Шайханова* – PhD, ассоциированный профессор, профессор кафедры информационной безопасности, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Жанар Жұмағалиева – магистр технических наук, Актюбинский региональный университет имени К.Жубанова, Казахстан; e-mail: zanar82@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6843-0282>.

Қайнижамал Есимсеитовна Икласова – PhD, доцент кафедры «Информационно-коммуникационные технологии», Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, Республика Казахстан; e-mail: keiklasova@ku.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8330-4282>.

Алия Амировна Абдукаримова – PhD, ассоциированный профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии», Казахский университет технологий и бизнеса им. К. Кулажанова, г. Астана, Республика Казахстан; e-mail: a.abdukarimova777@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6932-6282>.

Information about the authors

Gulmira Shangytbayeva – PhD, Associate Professor of the Department of Informatics and Information Technologies, Zhubanov University, Aktobe, Republic of Kazakhstan; e-mail: gulmjanet@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4615-5756>.

Aigul Shaikhanova – PhD, Professor of the Department of Information Security, Gumilyov Eurasian National University, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Zhanar Zhumagaliyeva – Master of Technical Sciences, Lecturer of the Department of Informatics and Information Technologies, Zhubanov University, Aktobe, Republic of Kazakhstan; e-mail: zanar82@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6843-0282>.

Kainizhamal Iklasova – PhD, Associate Professor of the Department of Information and Communication Technologies, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan; e-mail: keiklasova@ku.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8330-4282>.

Aliya Abdukarimova – PhD, Associate Professor, Head of the Department of Information Technologies, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: a.abdukarimova777@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6932-6282>.

Редакцияға енуі 30.03.2026

Өңдеуден кейін түсуі 25.05.2026

Жариялауға қабылданды 26.05.2026