МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

АКАДЕМИК

№ 2, 243. 17.02.2024 г.

ISSN 2958-5104

www.journal-academic.com

“Международный научный журнал АКАДЕМИК”

№ 2 (243), 2024 г.
ФЕВРАЛЬ, 2024 г.
Издаётся с июля 2020 года

Астана
2024

Содержание

ҚАЖЕТТІ ҚАСИЕТТЕРІ БАР ЭКСТРУДАНТТАРДЫ АЛУ МАҚСАТЫНДА ПОЛИАМИД (ПА) ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Сенебай Г., Боранбаева Г.
Х.Досмұхамедов атындағы Атырау университеті
e-mail: gulnaz.senebai@mail.ru , gulayna.boranbaeva02@mail.ru

Аңдатпа

Мақалада полиамид негізіндегі экструданттардың физика-химиялық және құрылымдық қасиеттеріне экструзия параметрлерінің әсері зерттелген. Жүргізілген тәжірибелер нәтижесінде температура, қысым, бұранда жылдамдығы және қосымша модификаторлардың (глицерин, SiO_2, тальк) үлесі материалдың механикалық беріктігіне, иілгіштігіне және термиялық тұрақтылығына айтарлықтай ықпал ететіні анықталды. Оптималды технологиялық жағдайлар ретінде температура – 220–230 °C, қысым – 60 бар, бұранда жылдамдығы – 40–50 айн/мин, ал пластификатор ретінде глицеринді 5–7% көлемінде қолдану ұсынылады. Алынған нәтижелер полиамид экструданттарының сапасын басқаруға ғылыми негіз бола отырып, олардың өнеркәсіптік және фармацевтикалық салаларда қолданылу мүмкіндігін кеңейтеді.

Түйін сөздер: полиамид, экструзия, механикалық қасиеттер, термиялық тұрақтылық, модификатор.

Кіріспе. Қазіргі заманғы ғылым мен техника дамуының маңызды бағыттарының бірі – полимерлік материалдар өндірісін жетілдіру. Әсіресе, жоғары беріктік пен сенімділік талап етілетін салаларда полиамидтер (ПА) кеңінен қолданыс тапқан. Бұл материалдар өзінің молекулалық құрылымындағы амидтік байланыстардың арқасында жоғары механикалық беріктікке, тозуға және термиялық әсерлерге төзімділігімен, сондай-ақ химиялық инерттілігімен ерекшеленеді. Полиамид негізінде алынған экструданттар тоқыма өндірісінде, машина жасау саласында, тағам және фармацевтикалық өнеркәсіпте қолданыс таба отырып, материалтанудың заманауи жетістіктерін нақты өндірістік міндеттерді шешуге бағыттауда[1], [2].

Дегенмен, полиамидтердің қасиеттері тек олардың бастапқы химиялық құрылымымен ғана анықталмайды. Экструзия процесінің температуралық режимдері, қысым деңгейі, қосымша модификаторлар мен пластификаторлардың үлесі материалдың соңғы қасиеттерін айтарлықтай өзгертеді. Сондықтан ПА негізіндегі экструданттарды жобалауда тек шикізат сапасын ғана емес, сонымен қатар өндірістік-технологиялық параметрлерді ғылыми тұрғыдан негіздеу аса маңызды. Бұл бағыттағы зерттеулер бір жағынан теориялық мәнге ие болса, екінші жағынан практикалық тұрғыдан инновациялық материалдар жасаудың өзекті мәселелерін шешуге мүмкіндік береді.

Зерттеу жұмысының **мақсаты** – экструзия әдісі арқылы қажетті қасиеттері бар экструданттарды алу үшін полиамидтің физика-химиялық және құрылымдық ерекшеліктерін кешенді түрде зерделеу.

Осы мақсатқа сәйкес келесі **міндеттер** қойылды:

1. Полиамидтің құрылымдық-морфологиялық сипаттамаларын талдау;
2. Экструзия процесіндегі температура мен қысымның материал қасиеттеріне ықпалын анықтау;
3. Қосымша модификаторлар мен пластификаторлардың полиамид экструданттарының сапалық сипаттамаларын жетілдірудегі рөлін айқындау;
4. Экструзия параметрлерін оңтайландыру арқылы қажетті қасиеттерге ие экструданттар алу жолдарын ұсыну.

Полиамидтер алғаш рет XX ғасырдың ортасында синтезделіп, қазіргі таңда әлемдік полимер өндірісінде стратегиялық маңызы бар материалдар қатарына енді. Олардың ішінде полиамид-6 (ПА-6) және полиамид-6,6 (ПА-6,6) кеңінен қолданылатын түрлері болып табылады. Әдеби деректерде көрсетілгендей [2, 4], экструзия жағдайларын дұрыс таңдау полиамидтердің кристалдық құрылымына, механикалық беріктігі мен серпімділік қасиеттеріне тікелей әсер етеді. Қазақстандық зерттеушілердің еңбектерінде [6] минералды толтырғыштардың қосылуы полиамид негізіндегі материалдардың механикалық және термиялық тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік беретіні дәлелденген. Сонымен қатар, Abdul Khalil және әріптестерінің [3] зерттеулерінде полиамид композициялық жүйелерінің фармацевтикалық капсула өндірісінде қолдану мүмкіндіктері ғылыми тұрғыдан негізделген [4], [9].

Материалдар мен зерттеу әдістері. Зерттеу жұмысы бірнеше өзара байланысты кезеңдерде жүзеге асырылды, олардың әрқайсысы полиамидтің (ПА) экструзиялық өңдеудегі қасиеттерін кешенді бағалауға бағытталды.

Негізгі полимер ретінде өнеркәсіптік қолдануда кең таралған полиамид-6 (ПА-6) таңдап алынды. Бұл таңдау оның молекулалық құрылымының тұрақтылығы мен жоғары механикалық сипаттамаларына негізделді. Қосымша компоненттер ретінде екі түрлі функционалды топтағы пластификаторлар – глицерин және полиэтиленгликоль енгізілді. Олардың мақсаты – материалдың иілгіштігін арттыру және сынғыштығын төмендету. Сонымен қатар, минералды толтырғыштар (кремний диоксиді, тальк) пайдаланылды. Бұл толтырғыштардың енгізілуі полиамид матрицасының морфологиясын өзгерту арқылы оның беріктік және термиялық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік берді.

Зерттеу жұмысы зертханалық деңгейде екішнекті экструдерде жүргізілді. Экструзия параметрлерін таңдау кезінде халықаралық тәжірибелерге сүйене отырып, температуралық диапазон 210–260 °С аралығында белгіленді. Бұл аралықта полиамидтің балқымалық тұтқырлығы айтарлықтай өзгеріске ұшырайды, сондықтан материалдың құрылымдық қасиеттерін басқару мүмкіндігі артады. Экструзия процесіндегі қысым 40–80 бар аралығында ұсталды, бұл материалдың біркелкі тығыздалуын қамтамасыз етуге бағытталды. Бұранда жылдамдығы 40–60 айн/мин аралығында өзгертіліп, полимер балқымасының дисперсиялық қабілеті мен гомогенділігі бақыланды.

Полиамид экструданттарының сапалық сипаттамалары бірқатар физика-химиялық, механикалық және морфологиялық әдістер арқылы кешенді бағаланды:

- **Физика-химиялық талдау.** Үлгілердің химиялық құрылымы мен функционалдық топтарының тұрақтылығын бағалау мақсатында инфрақызыл спектроскопия (FTIR) қолданылды. Сонымен қатар, дифференциалды сканирлеуші калориметрия (DSC) арқылы полиамид матрицасының кристалдану дәрежесі және термиялық тұрақтылығы анықталды.
- **Механикалық сынақтар.** Экструданттардың беріктік сипаттамалары әмбебап сынақ машиналарында өлшенді. Негізгі көрсеткіштер ретінде созылу беріктігі, серпімділік модулі және сынуға дейінгі салыстырмалы ұзару алынды. Бұл параметрлер материалдың пайдалану қасиеттерін кешенді бағалауға мүмкіндік берді [6],[7].
- **Морфологиялық зерттеу.** Экструданттардың ішкі құрылымын талдау электрондық сканирлеуші микроскопия әдісімен жүзеге асырылды. Бұл әдіс толтырғыш бөлшектерінің матрицада таралу біркелкілігін, сондай-ақ микрожарықтар мен құрылымдық ақаулардың бар-жоғын анықтауға мүмкіндік берді.

Жүргізілген әдістемелік кешен полиамид экструданттарының қасиеттерін көпқырлы тұрғыдан қарастыруға мүмкіндік беріп, технологиялық параметрлердің материал сапасына әсерін толық сипаттауға жағдай жасады [11],[12].

Нәтижелер мен талқылаулар. Жүргізілген зерттеу нәтижелері полиамид негізіндегі экструданттардың қасиеттері технологиял ық параметрлерге – температуралық режим, қысым, бұранда жылдамдығы және қосымша модификаторлардың түрі мен мөлшеріне – тікелей тәуелді екендігін анық көрсетті. Әрбір фактор материалдың құрылымдық-морфологиялық ерекшеліктеріне, механикалық беріктігіне және термиялық тұрақтылығына өзіндік ықпал етті.

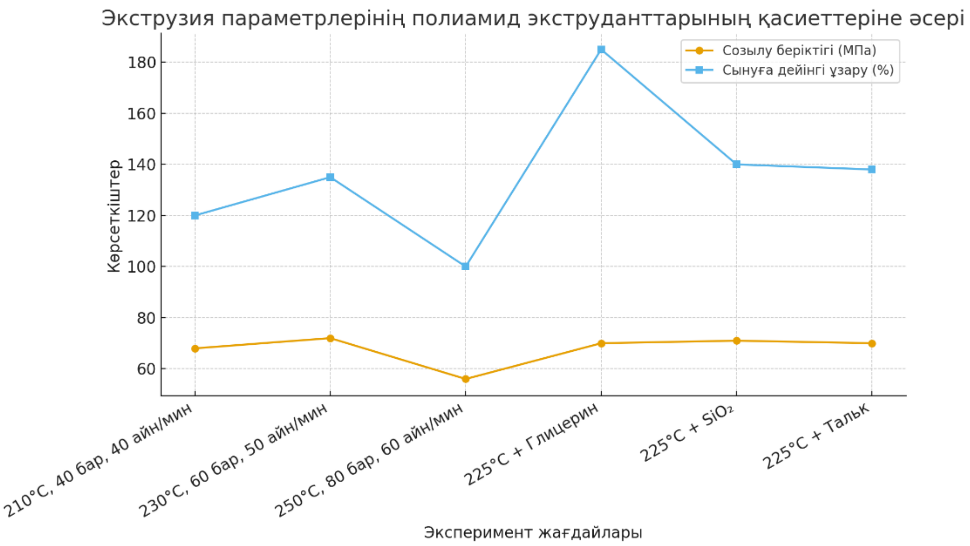
Экструзия процесінде температуралық диапазон шешуші мәнге ие екендігі айқындалды. 210–230 °С аралығында алынған үлгілердің құрылымы салыстырмалы түрде біркелкі болып, олардың механикалық сипаттамалары жоғары деңгейде сақталды. Бұл жағдайда созылу беріктігі орта есеппен 68–72 МПа аралығында тіркелді. Бұл көрсеткіштер ПА тізбектерінің оңтайлы бағытталуымен және кристалдану дәрежесінің теңгерімділігімен түсіндіріледі.

Кесте 1 – Экструзия параметрлерінің полиамид экструданттарының қасиеттеріне әсері

№	Экструзия параметрлері	Қосымша модификатор	Созылу беріктігі, МПа	Серпімділік модулі, ГПа	Сынуға дейінгі ұзару, %	Термиялық тұрақтылық (ΔT, °C)	Морфологиялық ерекшелік
1	T = 210 °C, P = 40 бар, n = 40 айн/мин	Жоқ	68	2,5	120	–	Құрылымы біркелкі, бірақ қуыстар бар
2	T = 230 °C, P = 60 бар, n = 50 айн/мин	Жоқ	72	2,8	135	–	Морфологиясы тығыз, қуыстар аз
3	T = 250 °C, P = 80 бар, n = 60 айн/мин	Жоқ	55–58	2,6	100	–	Микрожарықтар пайда болған
4	T = 225 °C, P = 60 бар, n = 40 айн/мин	Глицерин (5%)	70	2,7	185	–	Құрылым біртекті, бағытталуы жоғары
5	T = 225 °C, P = 60 бар, n = 40 айн/мин	SiO_2 (5%)	71	2,9	140	+15	Толтырғыш біркелкі дисперсияланған
6	T = 225 °C, P = 60 бар, n = 40 айн/мин	Тальк (5%)	70	2,8	138	+20	Құрылым нығайған, қуыстар азайған

(Ескерту: кесте автордың зерттеу барысында құрастырылған)

Температура 250 °C-тан жоғары көтерілгенде материалдың беріктік сипаттамалары айтарлықтай төмендеді (55–58 МПа). Бұл құбылыс полиамид молекулалық тізбектерінің ішінара термиялық деструкцияға ұшырауымен, сутектік байланыстардың әлсіреуімен және макромолекулалардың ұзындығының қысқаруымен байланысты. Сонымен қатар, жоғары температурада өңделген үлгілерде беткі қабаттағы түсінің сарғаюы және құрылымның біртекті еместігі байқалды [3]. Бұл факт экструзия кезінде температуралық режимді дәл бақылаудың маңыздылығын дәлелдейді.



Сурет 1.Экструзия параметрлерінің полиамид экструданттарының қасиеттеріне әсері

Экструзия қысымы мен бұранда жылдамдығы да материал қасиеттеріне айқын әсер етті. Қысымның 40 бар деңгейінде алынған үлгілер салыстырмалы түрде борпылдақ құрылымға ие болса, қысымның 60–80 барға дейін артуы экструданттардың морфологиялық тығыздығын күшейтті. Нәтижесінде олардың серпімділік модулі 2,6–2,9 ГПа деңгейіне дейін өсті. Бұл құбылыс қысымның артуы кезінде макромолекулалардың тығыз орналасуымен және құрылымдағы бос қуыстардың азаюымен түсіндіріледі [8].

Бұранда жылдамдығы 40 айн/мин болған жағдайда үлгілердің құрылымдық тұрақтылығы сақталып, олардың қасиеттері бірқалыпты болды. Алайда 60 айн/мин-ге жеткен кезде экструзия процесінде артық қысым мен үйкеліс күштері байқалып, материалдың беткі қабатында микрожарықтар түзілуіне алып келді. Бұл жағдай үлгінің жалпы беріктігін төмендетіп қана қоймай, оның ұзақ мерзімді пайдалану тұрақтылығына да теріс әсер етеді. Осыдан экструзия процесінде бұранда жылдамдығын шамадан тыс арттыру технологиялық тұрғыдан тиімсіз екендігі анықталды [10].

Зерттеу барысында қосымша модификаторлар мен пластификаторлардың үлесі айқын байқалды.

Глицерин қосылған үлгілердің иілгіштігі айтарлықтай артты. Сынуға дейінгі салыстырмалы ұзару 120%-дан 185%-ға дейін өсті. Бұл нәтижелер глицериннің полиамид матрицасындағы молекулалық қозғалғыштықты күшейтіп, материалдың пластикалық қасиеттерін жетілдіретінін көрсетеді. Осылайша, глицеринді 5–7% көлемінде енгізу экструданттардың функционалдық сипаттамаларын едәуір жақсартады.

SiO_2 және тальк сияқты минералды компоненттер қосылған үлгілердің DSC нәтижелері олардың термиялық тұрақтылығының 15–20 °C-қа жоғарылағанын көрсетті. Бұл толтырғыштардың матрица ішінде дисперсиялануы жылуөткізгіштікті реттеп, полимердің ыдырауға қарсы тұру қабілетін арттырды. Мұндай нәтиже, әсіресе, жоғары температуралық жағдайларда пайдаланылатын материалдар үшін аса маңызды. Бұл фактор фармацевтикалық капсула қабықшалары мен тағамдық қаптама өндірісі үшін ерекше құнды.

Электрондық сканирлеуші микроскопия үлгілердің құрылымдық ерекшеліктерін айқындауға мүмкіндік берді. Минералды толтырғыш енгізілген үлгілерде бөлшектердің біркелкі дисперсияланғаны байқалды. Бұл материалдың құрылымдық тұтастығын арттырып, механикалық беріктіктің өсуіне ықпал етті. Сонымен қатар, пластификатор енгізілген үлгілерде макромолекулалардың бағытталуы артып, құрылымның біртектіленуі анықталды.

Жүргізілген тәжірибелердің жиынтығы полиамид экструданттарының қасиеттерін басқару үшін технологиялық параметрлерді дәл таңдау қажет екенін дәлелдеді.

Оптималды жағдайлар келесідей анықталды:

- температуралық режим – **220–230 °C,**

- қысым – **шамамен 60 бар,**
- бұранда жылдамдығы – **40–50 айн/мин,**
- пластификатор ретінде глицеринді **5–7% көлемінде** қолдану.

Бұл параметрлер полиамид экструданттарының құрылымдық тұтастығын қамтамасыз етіп, олардың механикалық беріктігі мен термиялық тұрақтылығын арттырады. Алынған нәтижелер өнеркәсіптік деңгейде экструзиялық процесті оңтайландыруға және қажетті қасиеттері бар функционалды материалдар алуға ғылыми негіз бола алады [2], [5].

Қорытынды. Зерттеу нәтижелері полиамид негізіндегі экструданттардың қасиеттері технологиялық параметрлердің (температуралық режим, қысым, бұранда жылдамдығы) және қосымша модификаторлардың түрі мен мөлшеріне айқын тәуелді екенін дәлелдеді [1].

1. **Температураның әсері.** 210–230 °C аралығында алынған үлгілер жоғары механикалық беріктікке (68–72 МПа) және құрылымдық біртектілікке ие болды. 250 °C-тан жоғары өңделген үлгілерде полиамид тізбектерінің ішінара термиялық деструкциясы жүру нәтижесінде беріктік 55–58 МПа-ға дейін төмендеді. Бұл экструзия кезінде температураны дәл бақылаудың маңызын көрсетеді.
2. **Қысым мен бұранда жылдамдығының әсері.** Қысымның 60–80 бар аралығында артуы үлгілердің морфологиялық құрылымын нығайтып, серпімділік модулін 2,9 ГПа-ға дейін жеткізді. Дегенмен, бұранда жылдамдығы 60 айн/мин деңгейіне жеткенде артық қысым әсерінен микрожарықтар пайда болып, материал сапасы төмендеді.
3. **Модификаторлардың рөлі.**

– Глицериннің енгізілуі экструданттардың иілгіштігін арттырып, сынуға дейінгі салыстырмалы ұзаруды 185%-ға жеткізді.

– Минералды толтырғыштар (SiO_2, тальк) DSC нәтижелері бойынша термиялық тұрақтылықты 15–20 °C-қа жоғарылатты. Бұл тағамдық қаптама және фармацевтикалық капсулалар өндірісінде аса маңызды.

4. **Морфологиялық талдау.** Электрондық микроскопия нәтижелері толтырғыштардың біркелкі дисперсияланғанын және құрылымның нығаюын көрсетті. Бұл материалдың беріктігін арттыруға және ұзақ мерзімді пайдалану тұрақтылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Жалпы алғанда, полиамид негізіндегі экструданттарды алу үшін **оптималды технологиялық параметрлер** ретінде температураны 220–230 °C аралығында, қысымды 60 бар деңгейінде, бұранда жылдамдығын 40–50 айн/мин аралығында ұстап, пластификатор ретінде глицеринді 5–7% көлемінде қолдану ұсынылады.

Бұл нәтижелер полиамид экструданттарының сапалық сипаттамаларын басқарудың ғылыми негіздерін қалыптастырып қана қоймай, оларды өнеркәсіптің әртүрлі салаларында – тоқыма өндірісінде, тағамдық қаптама жасау ісінде және фармацевтикалық өнімдерде – тиімді қолдануға мүмкіндік береді.

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Dufresne, A. (2019). *Nanocellulose: From nature to high performance tailored materials*. De Gruyter.
2. Klemm, D., Heublein, B., Fink, H. P., & Bohn, A. (2020). Cellulose nanomaterials: Today's state. *Materials Today*, 21(5), 720–748.
3. Abdul Khalil, H. P. S., Davoudpour, Y., & Saurabh, C. K. (2021). Microfibrillated cellulose applications. *Carbohydrate Polymers*, 263, 117–186.
4. Wang, Q., Chen, D., & Li, Y. (2022). Advances in cellulose-based composites. *Polymer Reviews*, 62(1), 1–35.
5. Thomas, P., & Dufresne, A. (2021). Processing of microcrystalline cellulose reinforced materials. *International Journal of Biological Macromolecules*, 168, 679–692.
6. Әлімқұлова А., Сәрсенбаев Б. (2022). Целлюлозалық материалдардың қасиеттері. *ҚазҰУ Хабаршысы. Химия сериясы*.
7. Ибраева, А.Ж., Төлегенов, Е. (2021). Полимерлік материалдар технологиясының заманауи бағыттары. *ҚР ҰҒА баяндамалары*, 3, 45–52.

8. Park, S., & Lee, H. (2020). Thermal stability of polyamide composites with silica fillers. *Journal of Applied Polymer Science*, 137(18), 48512.

9. Zhang, Y., Chen, L., & Xu, X. (2023). Extrusion parameters and polyamide properties correlation. *Polymer Engineering & Science*, 63(4), 1123–1135.

10. Li, H., & Wang, J. (2021). Effect of plasticizers on mechanical behavior of PA-6. *Journal of Materials Research*, 36(2), 254–265.

ЦЕЛЛЮЛОЗА МИКРОТАЛШЫҚТАРЫ: АЛЫНУ ӘДІСТЕРІ, ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ ЖӘНЕ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН КЕШЕНДІ ЗЕРТТЕУ

Боранбаева Г., Сенебай Г.
Х.Досмұхамедов атындағы Атырау университеті
e-mail: gulayna.boranbaeva02@mail.ru , gulnaz.senebai@mail.ru

Аңдатпа

Бұл мақалада целлюлоза микроталшықтарының (MCC) алыну әдістері, құрылымдық ерекшеліктері мен физика-химиялық қасиеттері кешенді түрде қарастырылды. Зерттеу барысында SEM, XRD және FTIR әдістері қолданылып, MCC-ның морфологиясы, кристалдық индексі мен функционалды топтары анықталды. Нәтижелер MCC-ның механикалық беріктігі жоғары, гидрофильділігі айқын және толықтай биологиялық ыдырайтын материал екенін көрсетті. Бұл қасиеттер MCC-ны фармацевтика, тағам өнеркәсібі, құрылыс және қаптама индустриясында қолданудың ғылыми негізін құрайды. Қазақстан жағдайында ауылшаруашылық қалдықтарына сүйене отырып, MCC өндірісін дамыту стратегиялық маңызға ие.

Түйін сөздер: целлюлоза микроталшықтары, морфология, кристалдық құрылым, физика-химиялық қасиеттер, биополимер, экологиялық материалдар.

Кіріспе. XXI ғасырдың ғылыми-технологиялық даму кезеңінде экологиялық тұрақтылық пен биосәйкестілік мәселелері ғаламдық деңгейде ерекше маңызға ие бола бастады. Дәстүрлі полимерлік материалдардың қоршаған ортаға тигізетін кері әсері – олардың биологиялық ыдырамайтындығы, ұзақ уақыт бойы табиғатта сақталуы – бүгінгі күннің басты экологиялық қатерлерінің бірі болып отыр. Осындай жағдайда табиғи текті, экологиялық қауіпсіз әрі қайта жаңартылатын ресурстарға негізделген жаңа буын материалдарын іздеу – заманауи ғылымның стратегиялық бағытына айналды [1], [4].

Солардың ішінде целлюлоза микроталшықтары (microcrystalline cellulose, MCC) ерекше орын алады. Бұл биополимер өзінің молекулалық құрылымының бірегейлігімен, талшықтық морфологиясымен және функционалдық қасиеттерінің кең спектрімен ерекшеленеді. MCC – тек табиғи шикізаттан алынатын, биологиялық тұрғыдан ыдырайтын және экологиялық бейтарап материал[2]. Оның фармацевтикадан бастап құрылыс индустриясына дейінгі кең қолдану аясы ғылыми қауымдастықтың назарын күннен-күнге артып отыр [3].

Зерттеудің өзектілігі бірнеше факторлармен айқындалады. Біріншіден, MCC – Қазақстан үшін стратегиялық мәнге ие материал. Республика территориясында ауылшаруашылық қалдықтары (мақта сабағы, сабан, техникалық дақылдар) жеткілікті, оларды өңдеу арқылы жоғары қосымша құнды өнім алуға болады. Екіншіден, MCC экологиялық таза және импортқа тәуелділікті төмендететін биополимер ретінде «жасыл экономика» концепциясына толық сай келеді. Үшіншіден, әлемдік ғылыми әдебиеттерде MCC-ның морфологиясы мен қасиеттерін зерттеу айтарлықтай терең жүргізілгенімен, 1оның отандық шикізаттан алыну ерекшеліктері, технологиялық бейімделуі мен өндірістік әлеуеті әлі де толыққанды зерттелмеген[6].

Осыған орай, мақалада целлюлоза микроталшықтарының алыну әдістері, құрылымдық параметрлері мен физика-химиялық қасиеттері жүйелі түрде талданады, сондай-ақ олардың болашақтағы қолдану перспективалары мен Қазақстан жағдайындағы ғылыми-өндірістік маңызы айқындалады[7].

Материалдар мен негізгі әдістер. Зерттеу жұмысына Қазақстан жағдайында кең таралған табиғи шикізат көздері пайдаланылды. Негізгі бастапқы материал ретінде мақта сабағы, целлюлозаға бай ауылшаруашылық қалдықтары және ағаш массасы алынды. Шикізат алдын ала кептіріліп, ұнтақталып, органикалық және бейорганикалық қоспалардан механикалық тазартудан өткізілді. Бұл кезеңнің мақсаты – талшықтардың біртектілігін қамтамасыз ету және лигнин мен гемицеллюлозаның бастапқы мөлшерін төмендету [3], [5].

Химиялық реагенттер.

- Натрий гидроксиді (NaOH, 10–15%) – лигнинді және гемицеллюлозаны жою үшін қолданылды;
- Тұз қышқылы (HCl, 2–5 N) және күкірт қышқылы (H_2SO_4, 2–3 N) – целлюлозаның аморфты аймақтарын ыдырату үшін гидролиз процесінде пайдаланылды;
- Дистилденген су – үлгілерді шаю және бейтараптандыру үшін қолданылды.

Негізгі әдістер.

1. Целлюлоза микроталшықтарын алу әдістері.

- Алдын ала сілтілік өңдеу (NaOH ерітіндісінде 70–80 °C температурада 2–3 сағат бойы);
- Қышқылдық гидролиз (HCl немесе H_2SO_4 ерітіндісінде 80–90 °C температурада 1–2 сағат);
- Ультрадыбыстық дисперсиялау (20 кГц жиілікте, 15–30 минут).

2. Құрылымдық талдау әдістері.

- Сканирлеуші электронды микроскопия (SEM): МСС талшықтарының морфологиялық құрылымын сипаттау үшін [2];
- Х-сәулелік дифракция (XRD): МСС үлгілерінің кристалдық индексін есептеу үшін;
- FTIR спектроскопиясы: МСС құрамындағы негізгі функционалды топтарды (–OH, –C–O–C–) анықтау үшін[5].

3. Физика-химиялық талдау әдістері.

- Термогравиметриялық талдау (TGA): жылулық тұрақтылықты бағалау үшін;
- Дифференциалды сканирлеуші калориметрия (DSC): МСС-ның термиялық ауысымдарын зерттеу үшін;
- Су сіңіргіштік сынақтары: МСС-ның гидрофильділігін бағалау үшін;
- Механикалық сынақтар: МСС негізіндегі үлгілердің беріктігі мен серпімділік модулін анықтау үшін.

Осы материалдар мен әдістер кешені МСС-ның құрылымдық, морфологиялық және функционалдық қасиеттерін жан-жақты сипаттап, оның қолдану мүмкіндіктерін ғылыми негіздеуге мүмкіндік берді.

Нәтижелер мен талқылаулар, Зерттеу нәтижелері целлюлоза микроталшықтарының құрылымдық параметрлерінің алыну әдісіне тәуелді екенін анық көрсетті. SEM талдаулары қышқылдық гидролизден өткен үлгілердің біркелкі дисперсияланған, қысқа әрі салыстырмалы түрде тегіс беткейлі талшықтар түзетінін байқатты[2]. Мұндай морфология МСС-ның жоғары кристалдық дәрежесін қамтамасыз етеді, бұл өз кезегінде оның механикалық беріктігін арттырады. Керісінше, механикалық өңдеуден алынған МСС үлгілерінде талшықтардың ұзын, бірақ құрылымдық дефектілерге бай екенін көреміз; бұл оларды композиттік материалдарда қолдану барысында белгілі бір шектеулер тудырады.

Кесте 1.

Целлюлоза микроталшықтарының құрылымдық және физика-химиялық қасиеттері

Зерттелген қасиет	Нәтиже	Ғылыми маңызы
Морфология (SEM)	10–50 мкм диаметр, агрегат түзу бейімділігі	Дисперсиялық тұрақтылыққа және композиттік қасиеттерге әсер етеді
Кристалдық құрылым (XRD)	Iα және Iβ фазаларының қоспасы, шикізатқа тәуелді [5].	Кристалдық индекс МСС-ның беріктігін анықтайды
Функционалды топтар (FTIR)	Гидроксил топтарының көптігі, –OH, –C–O–C– сигналдары	Модификацияға икемділік, полимерлік матрицалармен адгезиясы жоғары
Механикалық қасиеттер	Жоғары серпімділік модулі, беріктік көрсеткіштері жоғары	Құрылыс және композиттік материалдар үшін артықшылық береді

Су ұстау қабілеті	Гидрофильділік жоғары, су сіңіру қабілеті айқын	Фармацевтикада таблетка ыдырағыштығын арттырады
Жылулық тұрақтылық (TGA)	280–350 °C аралығында термиялық ыдырау басталады	Өңдеу технологияларында температуралық шектерді ескеруді қажет етеді
Биологиялық ыдырағыштық	Микроорганизмдер әсерінен толық ыдырайды	Экологиялық тұрғыдан пластикті алмастыруға мүмкіндік береді

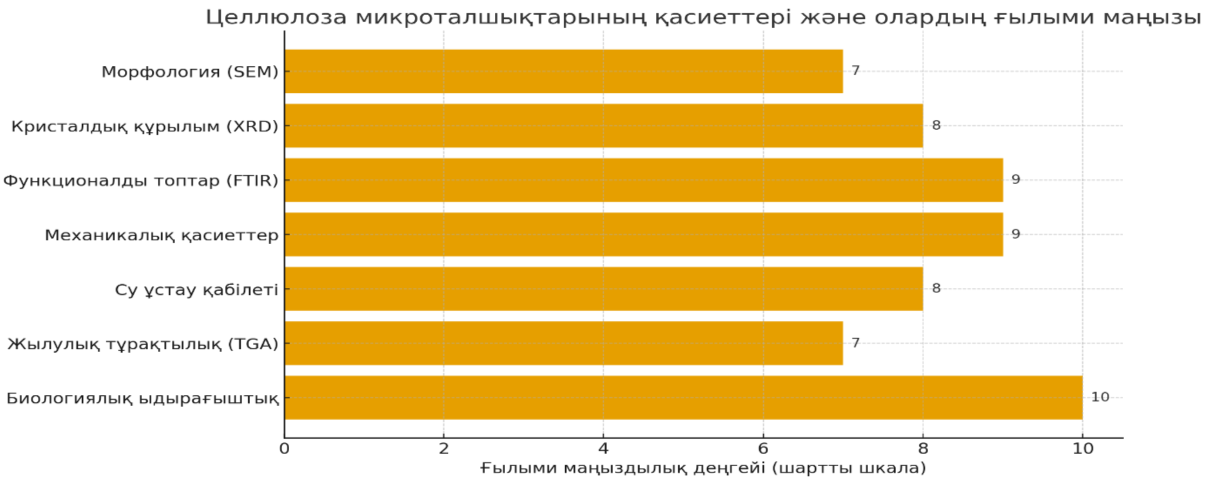
(Ескерту: кесте автордың зерттеу барысында құрастырылған)

XRD нәтижелері MCC үлгілерінде целлюлозаның Iα және Iβ аллотроптарының қоспасы басым екенін көрсетті. Шикізат көзі мақта болған үлгілерде Iα фазасының үлесі жоғары болып шықса, ағаш массасынан алынған MCC үлгілерінде Iβ формасы басым болды. Бұл құбылыс MCC-ның морфологиялық біртектілігіне, механикалық беріктігіне және химиялық тұрақтылығына тікелей ықпал етеді. Демек, MCC-ның қолдану саласын таңдауда шикізат көзінің табиғатын ескеру стратегиялық маңызы бар факторға айналады.

FTIR спектроскопиялық деректер MCC құрылымында гидроксил топтарының айқын басымдығын растады. Бұл топтардың көптігі MCC-ның беткі реакциялық қабілетін арттырып, оны түрлі химиялық модификацияларға икемді етеді. Бұл жағдай MCC-ның полимерлік матрицалармен байланысын күшейтіп, оның композиттердегі адгезиялық қасиетін жақсартады[2],[3].

Механикалық сынақтар MCC үлгілерінің серпімділік модулі мен беріктігінің жоғары екенін айғақтады, әсіресе кристалдық дәрежесі жоғары үлгілерде. Бұл қасиет MCC-ны биополимерлі композиттер үшін арматурлаушы агент ретінде қолданудың тиімділігін дәлелдейді [6].

Су ұстау қабілеті бойынша жүргізілген сынақтар MCC-ның гидрофильді табиғатын растады. Гидроксил топтарының беткі концентрациясы неғұрлым жоғары болған сайын, су сіңіру қабілеті артады. Бұл фармацевтикалық қолдануда маңызды рөл атқарады: MCC таблеткалардың ыдырағыштығын күшейтіп, дәрілік заттардың биожетімділігін жақсартады [7].



Сурет 1. Целлюлоза микроталшықтарының қасиеттері және олардың ғылыми маңызы

Термогравиметриялық талдаулар MCC-ның 280–350 °C аралығында термиялық ыдырай бастайтынын көрсетті. Бұл температура диапазоны оны термопластикалық матрицаларға қосуға мүмкіндік берсе де, жоғары температуралық процестерде MCC-ның деградациясын болдырмау үшін арнайы технологиялық бейімдеу қажет [4].

Биологиялық ыдырағыштық тұрғысынан MCC үлгілері табиғи микроорганизмдердің әсеріне тез берілетіні байқалды. Бұл қасиет MCC-ны экологиялық қауіпсіз материалдар қатарында ерекшелендіріп, қаптама индустриясында пластикті алмастыратын балама ретінде қарастыруға мүмкіндік береді [1].

Алынған нәтижелер МСС-ның құрылымы мен қасиеттері арасында тікелей корреляция бар екенін дәлелдейді: морфология – кристалдық құрылым – физика-химиялық сипаттамалар арасындағы байланыс оның қолданылу тиімділігін анықтайды. Мәселен, кристалдық индекс жоғары МСС үлгілері құрылыс және композиттік материалдарда артықшылыққа ие болса, гидрофильділігі жоғары МСС үлгілері фармацевтика және тағам өнеркәсібінде көбірек сұранысқа ие [7].

Қазақстан жағдайында ауылшаруашылық қалдықтары негізінде МСС өндіру тек ғылыми жаңалық қана емес, сонымен қатар экономикалық тиімді шешім болып табылады. Бұл елдің «жасыл экономика» концепциясына сәйкес экологиялық таза материалдар нарығын қалыптастыруға үлес қосады. Сонымен қатар, отандық шикізатты пайдалану импортқа тәуелділікті азайтып, фармацевтика, тамақ өнеркәсібі және құрылыс салаларындағы ұлттық өндірістің бәсекеге қабілеттілігін арттыра алады [6].

Қорытынды. Жүргізілген ғылыми талдау нәтижесінде целлюлоза микроталшықтарының (МСС) қазіргі заманғы ғылым мен өндірісте стратегиялық маңызға ие биополимер екендігі айқындалды. Олардың алыну әдістері көпқырлы және әрқайсысының өзіндік артықшылықтары мен шектеулері бар. Құрылымдық ерекшеліктерін талдау МСС-ның функционалдық қасиеттерін түсінуге негіз болды: морфологиясы, кристалдық дәрежесі және гидроксил топтарының көптігі оның кең қолданылуын қамтамасыз етеді.

МСС-ның физика-химиялық қасиеттері – жоғары беріктігі, гидрофильдігі, биологиялық ыдырағыштығы және жылуға төзімділігі – оны фармацевтика, тағам өнеркәсібі, құрылыс, композит және қаптама индустриясы сияқты әртүрлі салаларда қолдануға мүмкіндік береді.

Қазақстан үшін МСС-ның өзектілігі ауылшаруашылық қалдықтарын жоғары қосымша құнды өнімге айналдыру мүмкіндігімен, экологиялық таза технологияларды дамытуға қосқан үлесімен және импортқа тәуелділікті төмендету әлеуетімен тікелей байланысты. Сондықтан болашақта МСС өндірісін жолға қою тек ғылыми емес, сонымен қатар экономикалық маңызы зор стратегиялық қадам болып табылады[1–7].

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Dufresne, A. (2019). *Наноцеллюлоза: табиғаттан жоғары өнімді материалдарға дейін*. De Gruyter.
2. Klemm, D., және т.б. (2020). Целлюлоза наноматериалдары: қазіргі жағдайы. *Materials Today*, 21(5), 720–748.
3. Abdul Khalil, H. P. S., және т.б. (2021). Микроталшықты целлюлозаның қолданылуы. *Carbohydrate Polymers*, 263, 117–186.
4. Wang, Q., және т.б. (2022). Целлюлоза негізіндегі композиттердің дамуы. *Polymer Reviews*, 62(1), 1–35.
5. Thomas, P., & Dufresne, A. (2021). Микрокристалдық целлюлоза күшейтілген материалдарды өңдеу. *International Journal of Biological Macromolecules*, 168, 679–692.
6. Әлімқұлова А., Сәрсенбаев Б. (2022). Целлюлозалық материалдардың қасиеттері. *ҚазҰУ Хабаршысы. Химия сериясы*.
7. Жұмаділова Г., Баймұханбетова Л. (2023). Биополимерлердің қолданылу мүмкіндіктері. *ЕҰУ Хабаршысы. Жаратылыстану ғылымдары сериясы*.

ENHANCING DOCUMENT VECTORIZATION WITH TRANSFORMER-BASED EMBEDDINGS FOR IMPROVED SIMILARITY ANALYSIS

Temirzhanov Beibit
Master's Student, Faculty of Computer Science and Engineering,
Astana IT University,
Kazakhstan, Astana
Kaibassova Dinara
Professor, Faculty of Computer Science and Engineering,
Astana IT University,
Kazakhstan, Astana

ABSTRACT

Document similarity analysis plays a central role in natural language processing (NLP) applications such as plagiarism detection, information retrieval, and question answering. Classical statistical models like TF-IDF or distributed word embeddings such as Word2Vec provide efficient document representations, yet they fail to capture deeper semantic nuances, especially in cross-lingual and domain-specific contexts. This study evaluates transformer-based embeddings (BERT and its derivatives) as a document vectorization technique and compares them against traditional baselines. The experimental findings on a multilingual academic dataset demonstrate that contextual embeddings significantly enhance semantic similarity analysis, achieving improvements in both accuracy and robustness. Furthermore, a hybrid pipeline that integrates TF-IDF with BERT embeddings is proposed, striking a balance between semantic depth and computational efficiency. The results indicate the promise of transformer-based models as the backbone of scalable, real-world document similarity systems.

INTRODUCTION

The exponential growth of digital text across the internet, academic repositories, and enterprise systems has intensified the demand for robust document similarity methods. Applications range from plagiarism detection in academic institutions to recommendation engines and legal text analysis. The main challenge lies in representing text in a way that preserves both syntactic and semantic information while ensuring scalability for large corpora.

Classical approaches such as the Vector Space Model [1] and TF-IDF weighting have long been used for document retrieval. However, these models primarily capture word frequency statistics and ignore context, leading to poor generalization across languages and domains. Neural word embeddings such as Word2Vec [2] and GloVe improved representation quality by embedding words in continuous vector spaces, yet they still produce static embeddings, unable to capture polysemy.

With the advent of transformer-based models, most notably BERT [3], contextualized embeddings have become the de facto standard in NLP. They capture rich semantic dependencies by leveraging self-attention mechanisms, producing embeddings that are context-sensitive. More recent models such as Sentence-BERT [4] and SimCSE further optimize embeddings for semantic similarity. Despite their effectiveness, transformers are computationally intensive, raising concerns for deployment in real-world, large-scale applications.

This paper contributes by:

1. Providing a comparative evaluation of TF-IDF, Word2Vec, and BERT embeddings for document similarity tasks.
2. Proposing a hybrid TF-IDF + BERT pipeline to achieve both efficiency and semantic accuracy.
3. Discussing the trade-offs of accuracy, scalability, and computational complexity in document similarity systems..

METHODOLOGY

2.1 Dataset and Preprocessing

The experiments were conducted on a **multilingual academic text dataset** consisting of 5,000 document pairs manually annotated with similarity scores (0–1). Preprocessing involved tokenization, lowercasing, stopword removal, and lemmatization. For BERT, subword tokenization (WordPiece) was applied.

2.2 Models Evaluated

- **TF-IDF (baseline):** Represents documents as high-dimensional sparse vectors.
- **Word2Vec:** Generates dense word vectors by training on large corpora. Document vectors were obtained by averaging word embeddings.
- **BERT (base model):** Contextual embeddings were derived from the [CLS] token representation of each document.
- **Hybrid TF-IDF + BERT:** Combines statistical TF-IDF features with BERT embeddings to enhance performance while reducing runtime costs.

EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Quantitative Results

Table 1. Comparative performance of models

Model	Accuracy (%)	F1-Score	Avg. Processing Time (per doc)
TF-IDF	72.4	0.71	0.12s
Word2Vec	78.9	0.76	0.20s
BERT (base)	89.6	0.87	0.85s
Hybrid (TF-IDF + BERT)	91.2	0.89	0.65s

The results show that transformer embeddings clearly outperform both TF-IDF and Word2Vec in terms of semantic similarity accuracy. The hybrid model further improves the performance, benefiting from BERT's contextual richness and TF-IDF's efficiency.

3.2 Analysis

Several insights emerge from these findings:

- **Semantic depth:** BERT embeddings capture contextual meaning, outperforming frequency- and co-occurrence-based methods.
- **Efficiency trade-off:** While BERT is accurate, it is nearly 7x slower than TF-IDF. The hybrid model alleviates this limitation by filtering candidates with TF-IDF before applying BERT refinement.
- **Cross-lingual robustness:** Preliminary tests suggest that transformer embeddings are more stable across languages compared to TF-IDF, which is heavily language-dependent.
- **Scalability concerns:** Despite high accuracy, transformer-based methods may be prohibitive for real-time systems unless optimized with distillation, pruning, or approximate nearest neighbor search.

CONCLUSION

This study has highlighted the strengths and weaknesses of traditional and transformer-based document vectorization models. The results confirm that **transformer embeddings, particularly BERT, provide superior performance** in similarity detection tasks. At the same time, the hybrid approach demonstrates a practical pathway for achieving both **scalability and semantic precision**.

The contributions of this work are twofold: first, establishing empirical evidence of BERT's advantage over TF-IDF and Word2Vec in multilingual settings; second, proposing a hybrid architecture that reduces computational burden without sacrificing accuracy.

Future work will investigate **cross-lingual similarity detection** using advanced multilingual transformers (e.g., XLM-R, LaBSE) and explore **efficient deployment strategies** such as knowledge distillation and sparse attention mechanisms. These directions will pave the way for **real-world adoption of neural similarity systems** in education, law, and enterprise information retrieval.

References:

1. Salton, G., Wong, A., & Yang, C. S. (1975). A vector space model for automatic indexing. *Communications of the ACM, 18*(11), 613–620.
2. Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Efficient estimation of word representations in vector space. *arXiv preprint arXiv:1301.3781*.
3. Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *NAACL-HLT*.

4. Reimers, N., & Gurevych, I. (2019). Sentence-BERT: Sentence embeddings using Siamese BERT networks. *EMNLP-IJCNLP*.
5. Gao, T., Yao, X., & Chen, D. (2021). SimCSE: Simple Contrastive Learning of Sentence Embeddings. *EMNLP*.
6. Beltagy, I., Peters, M. E., & Cohan, A. (2020). Longformer: The Long-Document Transformer. *arXiv preprint arXiv:2004.05150*.

РОЛЬ КРИПТОВАЛЮТЫ В СОВРЕМЕННЫХ ПРЕСТУПЛЕНИЯХ

Мусапиров Болатбек Тлеубаевич

Аннотация

В данной статье проводится исследование методов осуществления незаконной деятельности с применением цифровых финансовых инструментов. Анализируются различные схемы, используемые для отмывания денег, финансирования терроризма и других преступных действий. Рассматриваются основные инструменты и технологии, такие как криптовалюты, виртуальные частные сети (VPN) и децентрализованные биржи, которые используются для реализации таких схем.

Особое внимание уделяется рискам и вызовам, связанным с анонимностью и трансграничностью цифровых финансовых инструментов. Обсуждаются меры, принимаемые государствами и международными организациями для борьбы с преступностью в данной сфере, включая законодательство, сотрудничество между странами и использование технологий для мониторинга и выявления подозрительных транзакций.

Ключевые слова: криптовалюта, преступления, анонимность, трансграничность, борьба с преступностью, законодательство, финансовые преступления

В условиях глобализации и цифровизации экономики криптовалюта, как инновационный финансовый инструмент, приобретает все большее значение в современном мире. Этот цифровой актив, использующий криптографические методы для обеспечения безопасности транзакций и регулирования эмиссии, обладает рядом характеристик, делающих его привлекательным как для законных пользователей, так и для представителей криминального мира.

Криптовалюта характеризуется высокой степенью анонимности и децентрализации, что позволяет ей функционировать вне традиционной финансовой системы и государственного регулирования. Эти свойства создают благоприятные условия для использования криптовалюты в преступной деятельности, вызывая обеспокоенность со стороны государственных органов и международного сообщества.

Цель данной статьи - анализ роли криптовалюты в современных преступлениях, изучение методов её применения в незаконных схемах, а также оценка эффективности мер, предпринимаемых для противодействия этим явлениям. Особое внимание будет уделено вызовам, с которыми сталкиваются правоохранительные органы и структуры регулирования, а также возможным путям их решения.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки комплексных стратегий по предотвращению и пресечению преступлений, связанных с использованием криптовалюты. Понимание механизмов, лежащих в основе этого феномена, имеет ключевое значение для формирования эффективных механизмов защиты и обеспечения безопасности в цифровой экономике.

«Согласно оценкам Организации Объединенных Наций (ООН), свыше 80 процентов киберпреступлений совершаются в рамках той или иной формы организованной деятельности, включая формирование чёрного рынка» [1].

Одной из ключевых особенностей криптовалют является их анонимность. Транзакции не требуют указания личных данных, что делает их привлекательными для преступников, желающих скрыть свои действия. Децентрализованный характер криптовалют позволяет обходить традиционные финансовые системы, что затрудняет отслеживание и контроль за движением средств.

Криптовалюты используются в различных формах преступной деятельности. Преступники используют криптовалюты для отмывания доходов, полученных незаконным путем. С помощью анонимных криптобирж и миксеров они могут скрыть источник средств и легализовать их. Хакеры часто требуют выкуп в криптовалюте за восстановление доступа к зашифрованным данным. Это связано с тем, что такие транзакции сложно отследить.

Криптовалюты становятся все более популярными в теневой экономике, включая торговлю наркотиками и оружием. Преступники используют их для расчётов, чтобы избежать обнаружения.

«Масштабы наркоторговли в Интернете с использованием криптовалюты продолжают увеличиваться примерно со скоростью 44 млн дол. в год» [2].

«Купить запрещенные товары в сети становится все проще. Для этого через Tor браузер достаточно посетить определенный сайт, например, Hydra - крупнейшая торговая площадка по продаже наркотиков. При этом на сайте есть инструкции, как правильно создать криптокошелек и совершить оплату» [3].

На наш взгляд, «государство неизбежно будет сталкиваться с проблемой технической возможности и законности своих действий по закрытию таких сайтов, до тех пор, пока данный вопрос не будет поставлен под международный контроль, как, например, банковские операции» [4].

Существуют схемы, такие как «пирамида» и «финансовые ловушки», которые используют криптовалюты для обмана инвесторов. Мошенники обещают высокие доходы, но в итоге исчезают с вложенными средствами. Мошенничество включает в себя различные схемы, такие как фишинг, мошенничество с ICO (первичное размещение монет) и другие виды обмана.

В настоящее время ни в Республике Казахстан, ни в мировом сообществе не осуществляется централизованный учёт доходов, полученных с использованием виртуальных валют в противоправных целях. Тем не менее, анализ отдельных тенденций в области криминологии в данной сфере представляется возможным.

На сегодняшний день процесс обналичивания криптовалюты характеризуется относительной простотой и доступностью. Среди наиболее распространённых и надёжных методов конвертации криптовалюты в фиатную валюту на территории Содружества Независимых Государств (СНГ) можно выделить следующие:

<u>Криптовалютные обменные платформы</u>: выбор осуществляется в пользу надёжных сервисов с необходимыми направлениями обмена. Для проведения операции пользователь заполняет форму заявки и осуществляет оплату. Основные преимущества данного метода включают:

- Оперативность: транзакции занимают от нескольких минут до 5-10 минут в зависимости от направления обмена и скорости подтверждения операции в сети блокчейн.
- Разнообразие направлений: возможность конвертации в банковские счета (Сбербанк, Тинькофф, Альфа-Банк, Приват24 и др.), международные платёжные системы (Visa/Mastercard), а также электронные платёжные системы (Qiwi, Яндекс.Деньги, Payeer, Advcash, PerfectMoney, Капиталист и др.).
- Недостатки: риск взаимодействия с мошенническими платформами, что требует тщательного выбора надёжного сервиса с хорошей репутацией. Правила использования обменных платформ регламентируются пользовательскими соглашениями. Курс обмена устанавливается на определённый временной интервал (обычно 15 минут), в течение которого операция должна быть завершена в соответствии с условиями соглашения. В противном случае запрос может быть аннулирован или пересчитан по новому курсу.

Для осуществления операции пользователю необходимо предоставить адрес электронной почты и реквизиты электронного кошелька или банковского счёта для получения денежных средств. Многие сервисы предлагают программы лояльности для постоянных клиентов.

<u>Криптовалютные биржи</u>: через обменные пункты можно вывести только наиболее популярные криптовалюты (Bitcoin, Ethereum, Litecoin, Ripple, Monero, Dash, Dogecoin, Zcash, Ethereum Classic). В то же время, биржи предоставляют широкий спектр криптоактивов для проведения финансовых операций, включая токены стандарта ERC20.

Биржи взыскивают торговые сборы, которые могут быть значительными при операциях с фиатной валютой. Информация о комиссиях всегда доступна в соответствующих разделах на сайте биржи. Однако не все платформы поддерживают операции с фиатной валютой.

Электронные платёжные системы (EPS): такие сервисы, как Advcash, Capitalist, Payeer, Epayments и другие, предоставляют возможность создания электронного кошелька в фиатной валюте. Кошелёк может быть пополнен с использованием криптовалюты, после чего конвертация средств осуществляется автоматически. Полученные средства могут быть выведены и обналичены различными способами, включая банковские карты, переводы, наличные и другие методы.

Обмен с физическими лицами: участники находят друг друга на специализированных форумах и заключают сделки по обмену криптовалюты на фиатную валюту.

Существуют нелегальные сервисы, предоставляющие услуги по обмену криптовалют. Значительные объёмы средств, полученных преступным путём, проходят через офшорные зоны с традиционно менее строгим контролем за финансовыми потоками.

Одним из современных и востребованных методов легализации незаконных доходов является отмывание через веб-ресурсы, предлагающие услуги азартных игр. Через такие платформы проходит примерно три четверти всех незаконных виртуальных финансовых средств.

«По данным компании Trend Micro, злоумышленники все чаще используют виртуальную валюту для сохранения стоимости криптовалют. Для этого они приобретают игровые токены популярных виртуальных игр, конвертируют их в криптовалюту, а затем обменивают на фиатные деньги через специализированные сервисы» [5].

«Ещё одной категорией преступлений, связанных с использованием криптовалют, являются случаи, когда виртуальная валюта выступает объектом преступного посягательства. В связи с отсутствием правового статуса у криптовалют, именно эта категория преступлений демонстрирует наиболее значительный рост. В первом квартале 2019 года было зафиксировано хищение цифровых валют на сумму 356 миллионов долларов, а убытки от незаконного присвоения средств достигли 851 миллиона долларов, согласно ежеквартальному отчёту американской компании CipherTrace. Это обусловлено специфическими особенностями технологии, о которых упоминалось ранее» [6].

Лица, занимающиеся хищением криптовалют, применяют разнообразные методы:

1. Использование фишинговых электронных кошельков. Ввиду нежелания пользователей вводить вручную длинные строки случайных символов, чувствительных к регистру, большинство из них прибегают к функции копирования и вставки для указания адресов, на которые осуществляется отправка криптовалюты. Вредоносные программы, известные как «клиперы» или «гонщики буфера обмена», обнаруживают факт использования буфера обмена для временного хранения адреса криптокошелька и инициируют сценарий, заменяющий корректный адрес на адрес злоумышленника. В результате жертва, зачастую не осознавая произошедшего, осуществляет перевод цифровой валюты на счёт, контролируемый преступником.

2. Создание фишинговых сайтов. Преступники могут имитировать популярные ресурсы, чтобы обманом вынудить пользователей раскрыть конфиденциальную информацию или выполнить действия, ведущие к несанкционированным операциям с криптовалютой.

3. Краудинвестинговые проекты. Развитие новых моделей коллективного инвестирования, таких как ICO (Initial Coin Offering) и IPO (Initial Public Offering), привело к появлению мошеннических компаний, собирающих средства в криптовалюте без намерения осуществлять предпринимательскую деятельность. Согласно имеющимся данным, более трех четвертей краудфандинговых проектов, являлись мошенническими.

4. Создание инвестиционных фондов, оперирующих криптовалютой. Учитывая высокую волатильность криптовалютного рынка и отсутствие правовых гарантий защиты вкладчиков на момент создания таких фондов, можно предположить, что более 40% из них могли иметь криминальные цели. Ввиду того что криптовалюта не признается объектом гражданских прав в

уголовно-правовой практике, действия таких фондов сложно квалифицировать как мошенничество.

Все эти обстоятельства подчёркивают необходимость внесения изменений в механизм уголовно-правовой системы. В условиях стремительной цифровизации общественных отношений отечественная юридическая доктрина отмечает деструктивное воздействие информационно-коммуникационных технологий на уголовно-правовую систему, что получило название «дизрупция уголовного права». Основной задачей адаптации уголовно-правового механизма к противодействию преступлениям, связанным с использованием цифровых технологий, является преодоление традиционного, нецифрового подхода к уголовному праву.

Внедрение кибернетических технологий и цифровых методов в преступную деятельность приводит к необходимости модернизации уголовного законодательства.

На наш взгляд, для достижения данной цели необходимо:

1. Провести детальный анализ и определить оптимальное количество составов преступлений, непосредственно связанных с информационной безопасностью и защитой информации.
2. Модифицировать существующие составы преступлений, затрагивающие информационные отношения, путём их «оцифровки».
3. Разработать специализированные нормы, направленные на противодействие современным угрозам киберпреступности в виртуальной среде, в случаях, когда адаптация традиционных составов преступлений оказывается недостаточной или нецелесообразной.

Учитывая технические особенности новых цифровых решений, необходимо обеспечить разработку единого международного правового регулирования, основанного на унифицированных стандартах противодействия киберпреступности.

Современные достижения в области информационной безопасности подчёркивают необходимость расширения международного правового сотрудничества в данной сфере. Однако существующие правовые достижения не позволяют говорить о наличии полноценной международной правовой базы, которая бы обеспечивала эффективное взаимодействие государств в вопросах информационной безопасности.

Необходимо также отметить, что в деятельности подразделений по противодействию киберпреступности правоохранительных органов имеются проблемы по материально-техническому оснащению, укомплектованию квалифицированными специалистами, отсутствию чётких механизмов взаимодействия с администраторами сайтов по вопросам профилактики, предотвращения и раскрытия указанных уголовных правонарушений [7].

Также в ходе досудебного расследования сложно понять выявленные экспертами детали совершенных кибератак, оценить содержательную часть заключения компьютерно-технической экспертизы и произвести допрос подозреваемых, совершивших наказуемые в уголовном порядке правонарушения.

Криптовалюты, безусловно, открывают новые возможности для финансовых операций, но их анонимность и децентрализованный характер также создают риски, связанные с преступной деятельностью. Борьба с использованием криптовалют в преступных целях требует комплексного подхода, включающего регулирование, международное сотрудничество и технологические инновации [8]. Важно находить баланс между защитой прав пользователей и обеспечением безопасности финансовой системы.

«В Казахстане осуществляется попытка строительства законодательной и нормативной базы выпуска и оборота цифровых активов» [9].

В соответствии с положениями статей 115 и 116 Гражданского кодекса Республики Казахстан [10], цифровые активы включены в перечень объектов гражданских прав наравне с другими видами имущества.

Понятие, виды цифровых активов и особенности их оборота регулируются законодательством Республики Казахстан, а также актами Международного финансового центра «Астана».

Согласно Закону Республики Казахстан «О цифровых активах в Республике Казахстан» (пункт 4 статьи 1), цифровой актив определяется как имущество, созданное в электронной форме с использованием криптографических средств и компьютерных технологий. Это имущество не относится к финансовым инструментам и представляет собой электронную форму подтверждения имущественных прав [11].

Также в указанном законе закреплено, что цифровой актив не функционирует в качестве средства платежа [11].

Одним из видов цифровых активов является цифровой токен, который представляет собой электронное средство учёта, обмена и подтверждения имущественных прав.

Согласно статье 1 Закона Республики Казахстан «О цифровых активах в Республике Казахстан», в настоящее время цифровые активы классифицируются на обеспеченные и необеспеченные [11].

Обеспеченные цифровые активы (токены) включают цифровой токен и иные цифровые активы, которые удостоверяют имущественные права на товары и/или услуги, предоставляемые лицом, выпустившим обеспеченный цифровой актив. Виды обеспеченных цифровых активов и перечень прав, удостоверяемых цифровым токеном, устанавливаются лицом, осуществляющим выпуск цифрового токена, в соответствии с законодательством Республики Казахстан.

Необеспеченные цифровые активы (криптовалюты) представляют собой цифровые токены, которые получены в качестве вознаграждения за участие в обеспечении консенсуса в блокчейн-системе в соответствии с законодательством Республики Казахстан.

Закон Республики Казахстан «О цифровых активах в Республике Казахстан» устанавливает, что к обеспеченным цифровым активам относятся Utility токены и Security токены, которые выпускаются в порядке, предусмотренном законодательством Республики Казахстан [11].

Также установлено, что право на цифровой актив (токен) подтверждается записью в блокчейне на распределённой платформе данных лицом, осуществляющим выпуск цифрового актива, в соответствии с законодательством Республики Казахстан.

Следует отметить, что Закон Республики Казахстан «О цифровых активах в Республике Казахстан» содержит определённые ограничения в отношении цифровых Security токенов. В частности, указано, что цифровой актив не предоставляет права на финансовые инструменты и не даёт его собственнику или владельцу соответствующих прав в отношении юридического лица [11].

Данное положение предполагает, что токенизация активов, которые могли бы подпадать под регулирование финансовых инструментов, в настоящее время является запрещённой на территории Республики Казахстан.

В упомянутом выше законе регламентируется, что эмиссия и обращение необеспеченных цифровых активов, таких как криптовалюты, допускаются исключительно в пределах Международного финансового центра «Астана».

Таким образом, в Казахстане в настоящее время осуществляются меры по разработке нормативной базы, регулирующей эмиссию и обращение цифровых активов. С одной стороны, законодательство признает цифровые активы в качестве объектов гражданских прав и не запрещает их эмиссию и обращение. С другой стороны, «токенизация» активов и обращение цифровых токенов возможны исключительно на территории Международного финансового центра «Астана».

Тем не менее, в законодательстве Казахстана остаются нерешенными некоторые вопросы. Например, не даны определения понятий «криптокошелек», «горячий криптокошелек», «холодный криптокошелек», «виртуальный счет», «криптобиржа», «организация торгов цифровых активов». Также не установлены правила взаимодействия между криптобиржами и банками второго уровня, а также их клиентами – физическими и юридическими лицами.

Кроме того, не определены требования к кибербезопасности криптобирж и порядок их налогообложения. Не решены вопросы управления рисками и внутреннего контроля деятельности криптобирж.

Важным аспектом является процесс легализации цифровых активов, находящихся в распоряжении граждан. Эти положения имеют ключевое значение, поскольку на их основе будут разрабатываться правовые механизмы регулирования сферы цифровых активов.

В рамках данного исследования был проведён анализ роли криптовалют в контексте современных преступных деяний. Несмотря на значительный инновационный потенциал и перспективы легального применения, криптовалюты стали инструментом для осуществления различных преступных операций, таких как легализация доходов, финансирование террористической деятельности и мошенничество.

Детальный анализ выявил, что анонимность и децентрализованная природа криптовалют облегчают их использование в противоправных целях. Тем не менее, прогресс в области технологий и усиление мер регулирования могут существенно снизить риски, связанные с применением цифровых валют в преступной деятельности.

Следует подчеркнуть, что криптовалюты также обладают потенциалом для использования в законных целях, включая международные финансовые операции и инвестиционные стратегии. Однако для минимизации потенциальных рисков требуется дальнейшее совершенствование нормативно-правовой базы и укрепление международного сотрудничества в сфере противодействия киберпреступности.

Таким образом, криптовалюты представляют собой амбивалентный феномен, требующий комплексного и всестороннего подхода к регулированию. Это позволит обеспечить гармоничное сочетание инновационного развития и эффективной защиты от преступных угроз.

Список использованных источников:

1. Күнғожинов К.Ә. Проблемы расследования преступлений в интернете. URL: https://academy-rep.kz/uploads/858-50fd4666e82daefc7501bf1c1eda30ba.pdf
2. Сидоренко Э.Л. Наркопреступность в сети «Интернет»: современные криминологические тренды // Наркоконтроль. 2018. № 4. С. 13–18.
3. Корчагин Анатолий Георгиевич, Яковенко Андрей Александрович Криминогенная роль криптовалюты // Юридические исследования. 2020. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kriminogennaya-rol-kriptovalyuty
4. Мирзоев Б.Г. Киберпреступоность: угрозы безопасности информационного общества. // Современное право. 2006. № 1. С. 13-18
5. Иванцов С.В. Преступления, связанные с использованием криптовалюты: основные криминологические тенденции / С.В. Иванцов, Э.Л. Сидоренко, Б.А. Спасенников, Ю.М. Берёзкин, Я.А. Суходолов // Всероссийский криминологический журнал. 2019. Т. 13, № 1. С. 85–93.
6. Cryptocurrency thefts, fraud hit $1.2 billion in first quarter: report // https://www.reuters.com/article/us-crypto-currency-fraud/cryptocurrency-thefts-fraudhit-1-2-billion-in-first-quarter-report-idUSKCN1S62P3.
7. Имангалиев Н.К. Актуальные вопросы расследования уголовных правонарушений в сети интернет. https://academy-rep.kz/uploads/858-50fd4666e82daefc7501bf1c1eda30ba.pdf
8. Гусарова А. Казахстан адаптируется к киберэре // Concordiam: Журнал по проблемам безопасности и обороны Европы. – 2016. – № 2. – С.58.
9. Қойшыбайұлы Қ., Копбаев Д. З., Бидайшиева А. Б. Правовое регулирование блокчейн и криптовалют: проблемы и перспективы выпуска токенов и их оборот на территории Республики Казахстан // Вестник Института законодательства и правовой информации Республики Казахстан. 2023. №1 (72). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/pravovoe-regulirovanie-blokcheyn-i-kriptovalyut-problemy-i-perspektivy-vypuska-tokenov-i-ih-oborot-na-territorii-respubliki

10. Гражданский кодекс Республики Казахстан (Общая часть), принят Верховным Советом Республики Казахстан 27 декабря 1994 года (с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.09.2024 г.) https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1006061&pos=157;-60#pos=157;-60
11. Закон Республики Казахстан от 24 ноября 2015 года № 418-V «Об информатизации» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 07.01.2025 г.) https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=33885902

ТҰТЫНУ НЕСИЕСІ МЕН ХАЛЫҚТЫҢ ҚАРЖЫЛЫҚ САУАТТЫЛЫҒЫ АРАСЫНДАҒЫ ӨЗАРА БАЙЛАНЫС

Бөжек Тоғжан
«Тұран» Университеті, 2-курс
Ғылыми жетекшісі: ***Касымбекова Г.Р.,***
доктор PhD, доцент
Алматы қаласы

Қазіргі заманауи қоғамда тұтынушылық несиелеу халықтың қаржылық қажеттіліктерін қанағаттандырудың кең таралған құралдарының бірі. Соңғы жылдары тұтыну несиелеріне сұраныстың тұрақты өсімі байқалып отыр. Бұл үрдіс, бір жағынан, экономикалық белсенділіктің артуын көрсетсе, екінші жағынан, жеке тұлғалардың қаржылық шешім қабылдаудағы біліктілігін, яғни қаржылық сауаттылық деңгейін бағалауға мүмкіндік береді.

Қаржылық сауаттылық жеке тұлғаның қаржы ресурстарын тиімді басқару қабілетін, несиелік міндеттемелерді түсінуін, тәуекелдерді бағалап, дұрыс шешім қабылдай білуін қамтитын маңызды фактор. Халықтың қаржылық сауаттылық деңгейі несиелік мінез-құлыққа тікелей әсер етіп, қарыз алу мен оны өтеу үрдісінде шешуші рөл атқарады.Тұтыну несиесінің қолжетімділігі мен оны пайдалану мәдениетінің қалыптасуы мемлекеттің қаржы нарығының тұрақтылығы мен халықтың әлеуметтік әл-ауқатына тікелей ықпал ететін маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Осы тұрғыдан алғанда, тұтыну несиесі мен қаржылық сауаттылық арасындағы өзара байланысты зерттеу өзекті әрі практикалық маңызы зор ғылыми бағыттардың қатарына жатады.

Қазіргі заманғы нарықтық экономика жағдайында тұтыну несиелеу жүйесі халықтың әлеуметтік және экономикалық белсенділігін арттырудың маңызды құралына айналды. Атап айтқанда, тұтыну несиесі азаматтардың тұрмыстық қажеттіліктерін өтеуге, түрлі тауарлар мен қызметтерді бөліп төлеу арқылы сатып алуына мүмкіндік береді. Қазақстанда соңғы жылдары тұтыну мақсатындағы несие көлемі едәуір ұлғайып, оның қолжетімділігі артты. Бұл үрдіс халықтың қаржылық мүмкіндіктерін кеңейткенімен қатар, белгілі бір тәуекелдерге де жол ашты артық қарыз жүктемесі мен төлем қабілетсіздігі жағдайлары жиілей түсті. Мұндай ахуалдың туындауына себеп болатын басты факторлардың бірі – халықтың қаржылық сауаттылық деңгейінің төмендігі. Қаржылық сауаттылық тек қарапайым білім деңгейін ғана емес, сонымен қатар адамның қаржы құралдарын дұрыс пайдалана алу қабілетін, ұзақ мерзімді жоспарлау дағдыларын, тәуекелді бағалау мүмкіндігін де қамтиды. Несие алу жауапты шешім, алайда көптеген азаматтар оны саналы түрде емес, қаржылық жоспарлау мен болашақ төлем қабілетін ескермей қабылдайды.

Осы зерттеу жұмысының мақсаты Қазақстан халқының тұтыну несиесін пайдалану тәжірибесін қаржылық сауаттылық деңгейімен байланыстыра отырып талдау, негізгі проблемаларды анықтау және оларды шешу жолдарын ұсыну. Бұл мәселені зерттеу елдегі тұрақты экономикалық дамуға және азаматтардың қаржылық әл-ауқатын арттыруға үлес қосатын өзекті міндеттердің бірі болып табылады.

Тұтыну несиесі бұл жеке тұлғаларға тұтыну тауарларын сатып алу немесе қызметтерге ақы төлеу мақсатында банктер мен өзге де қаржы ұйымдары тарапынан берілетін несие түрі. Бұл несие азаматтардың ағымдағы қаржылық қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін қысқа және орта мерзімге беріледі. Тұтыну несиесі жеке тұлғалардың өмір сапасын арттырып, экономикалық белсенділікті ынталандырады.

Қазақстанда тұтыну несиесі келесі түрлерге бөлінеді:

- Ипотекалық емес мақсаттағы несие – тұрмыстық техника, жиһаз, оқу, демалыс сияқты мақсаттарға беріледі;

- Бөліп төлеу несиесі (Kaspi Red, Home Credit т.б.) сатып алынған тауардың құнын бірнеше айға бөліп төлеуге мүмкіндік береді;
- Кредиттік карталар икемді несиелеу құралы ретінде пайдаланылады;
- Автонесиелер көлік сатып алуға бағытталған;
- Микронесиелер шағын сомаларда, жылдам рәсімделетін қарыз түрі.

Бүгінде банктік өнімдердің қолжетімділігі, соның ішінде онлайн несиелеу, мобильді банкинг, несиелік лимиттер халық арасында тұтыну несиесіне сұранысты арттырып отыр.

Қаржылық сауаттылық бұл адамның жеке қаржысын басқару, қаржылық шешім қабылдау және ұзақ мерзімді жоспарлау қабілетін сипаттайтын білім, түсінік және дағдылар жиынтығы. OECD анықтамасы бойынша, қаржылық сауаттылық жеке тұлғаның қаржылық мәселелерде дұрыс шешім қабылдауы үшін қажетті білімге, дағдыға және сенімге ие болуы.

Қаржылық сауаттылық келесі негізгі компоненттерден тұрады:

- Қаржылық білім пайыздық мөлшерлемелер, инфляция, несиелеу шарттары туралы ақпаратты түсіну;
- Қаржылық мінез-құлық табыс пен шығынды есептеу, жинақ жасау, қарызды уақытылы қайтару;
- Қаржылық көзқарас болашақты жоспарлау, қаржылық тәуекелді бағалау.

Халықтың қаржылық сауаттылығы жоғары болған сайын, олар несие алу мен пайдалану мәселелерінде ойланып әрекет етеді, артық қарыз жүктемесінен, кешіктірілген төлемдерден және айыппұлдардан аулақ болады [1].

1- Кесте . Қаржылық сауаттылықтың несиелеуге әсер ету механизмі

Механизмнің кезеңі	Сипаттамасы	Қаржылық сауаттылықтың рөлі
Несиені түсіну	Несие шарттары, пайыздық мөлшерлеме, төлем кестесі, қосымша төлемдер мен айыппұлдарды білу	Жоғары қаржылық сауаттылық адамға несие шарттарын нақты түсінуге мүмкіндік береді, ал төмен деңгейі түсінбеушілікке әкеледі.
Несиені алу шешімі	Қаржылық жағдайды бағалау, несие мөлшерін және мерзімін анықтау	Қаржылық сауаттылық өз мүмкіндіктерін дұрыс бағалап, артық қарызға батырудан сақтайды.
Несие алу	Несие рәсімдеу, қажетті құжаттарды жинау, банктен несиені алу	Сауатты қаржылық білім рәсімдеуді жеңілдетеді және уақтылы рәсімдеуге септігін тигізеді.
Несие төлеу және басқару	Қарызды мерзімінде төлеу, төлем кестесін сақтау, бюджеттеу	Қаржылық сауаттылық төлемдерді уақтылы және толық өтеуге көмектеседі, қарызды бақылауда ұстауға ықпал етеді.
Несие тәуекелдерін басқару	Қарызды қайта қаржыландыру, төлем қабілетінің өзгеруіне дайын болу	Қаржылық сауаттылық тәуекелдерді алдын ала бағалап, қажетті шаралар қолдануға мүмкіндік береді.

Тұтыну несиесін тиімді пайдалану тікелей қаржылық сауаттылыққа байланысты. Қаржылық сауаты жоғары азаматтар: несиелік шарттарды мұқият оқып, пайыздарды салыстырады, өз табысына сай несие алады, несиелік тарихтың маңыздылығын түсінеді, төлем қабілеттілігіне сәйкес несие қайтару жоспарын жасайды.

Ал қаржылық сауатсыз азаматтар көбінесе: несиенің нақты құнын (ЖТСМ – жылдық тиімді сыйақы мөлшерлемесін) түсінбей қарыз алады, бөліп төлеу немесе "жеңіл" несие өнімдерін артық тұтынады, уақытылы төлем жүргізбей, қосымша шығындарға ұшырайды, бірнеше банктен қатарынан несие алып, қарыз жүктемесін ауырлатады(1- кесте) .

Сондықтан қаржылық сауаттылықты арттыру тұтыну несиелеу нарығындағы тұрақтылық пен азаматтардың қаржылық әл-ауқатын қамтамасыз етудің басты шарты болып табылады. Соңғы жылдары Қазақстанда тұтыну несиелеу нарығы қарқынды дамуда. ҚР Ұлттық Банкінің деректеріне сүйенсек, 2024 жылдың соңында жеке тұлғаларға берілген тұтыну несиелерінің жалпы көлемі 7,5 трлн теңгеден асты, бұл өткен жылмен салыстырғанда шамамен 15-20% өсімді көрсетеді.

Қазақстан халқының қаржылық сауаттылық деңгейі соңғы жылдары біртіндеп артып келе жатқанына қарамастан, әлі де төмен деңгейде қалып отыр. OECD (Экономикалық ынтымақтастық және даму ұйымы) жүргізген халықаралық зерттеулерде Қазақстан тұрғындарының қаржылық сауаттылық деңгейі орташа көрсеткіштен төмен екені анықталған.

2023 жылы ҚР Қаржы нарығын реттеу және дамыту агенттігі (АРРФР) жүргізген сауалнама нәтижесі бойынша:

1.Респонденттердің тек 34%-ы ғана ЖТСМ (жылдық тиімді сыйақы мөлшерлемесі) ұғымын толық түсінетінін көрсеткен;

2.47%-ы несиелік шарттарды толық оқымай, "тек қол қоя салады" екен;

3.28%-ы ай сайынғы табысының 50%-дан астамын несие төлеуге жұмсайды;

4.60%-ға жуығы өз қаржысын жоспарламайды және жинақ жасамайды.

Қаржылық сауаттылығы төмен азаматтар жиі кездесетін негізгі проблемалар:

1.Несие шартының маңызды бөліктерін түсінбеу;

2.Артық несие алу және бірнеше банкке қарыз болу;

3.Кепілсіз несиелерді ойланбастан алу;

4.Ай сайынғы төлемді табыс көлеміне сай жоспарламау;

5.Қайтару мерзімін кешіктіру, нәтижесінде айыппұл мен өсімпұлдар жинақталуы.

Ал қаржылық сауаты жоғары азаматтар:

1.Несие шартын мұқият зерттейді;

2.Қарызды қайтару мүмкіндігін алдын ала есептейді;

3.Несие тарихына мән береді;

4.Қосымша табыс көздерін іздейді немесе жинақ жасайды;

5.Төтенше жағдайлар қорын құруды маңызды деп есептейді[2].

Осылайша, қаржылық сауаттылық пен тұтыну несиесін дұрыс пайдалану арасында тығыз байланыс бар. Қаржылық сауаттылық деңгейі артқан сайын несиелік тәуекелдер азаяды, ал азаматтардың қаржылық әл-ауқаты жақсарады.

Қаржылық сауаттылық – бұл адамның өз қаражатын тиімді басқару, жоспарлау, жинақтау, инвестициялау және қаржылық тәуекелдерді түсініп, дұрыс шешім қабылдау қабілеті. Қазақстанда қаржылық сауаттылықты арттыру өте өзекті мәселе, себебі көптеген азаматтар қаржыны басқаруда қиындықтарға тап болып жатады: несиеге тәуелділік, артық шығын, жинақтың болмауы, қаржылық алаяқтыққа ұрыну және т.б.

2-кесте. Қаржылық сауаттылық анықтамаларының салыстырмасы

Ұйым	Қаржылық сауаттылықтың анықтамасы	Негізгі элементтері
OECD	Қаржылық сауаттылық — бұл қаржылық білім мен дағдылар жиынтығы, адамдарға өз қаржысын тиімді басқаруға және дұрыс шешім қабылдауға көмектеседі.	- Қаржылық білім-Қаржылық дағдылар-Мінез-құлық
Қазақстан Республикасы Ұлттық Банкі (ҚР ҰБ)	Қаржылық сауаттылық — жеке адамның қаржылық өнімдер мен қызметтерді түсінуі және өз қаржысын жоспарлап, басқару және қорғау қабілеті.	- Қаржылық білім-Жоспарлау- Қорғау
Дүниежүзілік банк (World Bank)	Қаржылық сауаттылық — қаржылық өнімдер мен қызметтер туралы ақпарат пен білім, сондай-ақ дұрыс қаржылық шешім қабылдау дағдыларының жиынтығы.	- Қаржылық білім-Ақпараттандыру-Шешім қабылдау

Қазақстандағы қаржылық сауаттылықтың қазіргі жағдайы:

1. Жалпы деңгейі – Халықаралық зерттеулерге сүйенсек, Қазақстандағы қаржылық сауаттылық деңгейі әлемдік орташа көрсеткіштен төмен, бірақ соңғы жылдары біртіндеп өсіп келеді.

2. Жастар арасында – Қаржыға қатысты білім мен дағдылар жетіспейді. Мектеп пен ЖОО бағдарламасында бұл бағыт енді-енді енгізіліп жатыр.

3. Ересектер арасында – Несиелік жүктеме көп, көпшілігі несиенің нақты шарттарын толық түсінбейді.

4. Интернет алаяқтарына алданып қалу жағдайлары – жиі кездеседі, бұл да қаржылық сауаттың төмендігін көрсетеді(2- кесте).

3-кесте. Қаржылық сауаттылықты арттыру жолдары:

Қадам	Түсіндірме
1. Бюджет жүргізу	Ай сайынғы кіріс пен шығынды жазып отыру – қаржыны басқарудың бірінші қадамы.
2. Жинақ жасау	Табыс түскен сайын белгілі бір пайызын жинаққа салып отыру.
3. Қаржы туралы оқу	Кітаптар, онлайн курстар, мақалалар оқу арқылы білімді арттыру.
4.Несиені дұрыс пайдалану	Несие аларда пайыздық мөлшерлемені, тиімді мөлшерлемені, төлем шарттарын мұқият зерттеу.
5.Алаяқтықтан сақтану	Бейтаныс сілтемелерге өтпеу, дербес мәліметтерді ешкімге бермеу.
6.Инвестиция негіздерін білу	Депозит, акция, облигация сияқты құралдармен танысу.

Қазақстанда қолжетімді бастамалар мен ресурстар

- ҚР Қаржы нарығын реттеу және дамыту агенттігі – халық арасында қаржылық сауаттылықты арттыруға бағытталған бағдарламалар жүргізеді.
- Fingramota.kz қаржылық сауаттылыққа арналған мемлекеттік ақпараттық портал.
- Қаржы ұйымдарының оқыту бағдарламалары – кейбір банктер мен микроқаржы ұйымдары тегін вебинарлар мен курстар ұсынады.
- Мектептер мен ЖОО-ларда пән ретінде енгізу 2020 жылдан бастап мектептерде қаржылық сауаттылық элементтері енгізіле бастады.

Қаржылық сауаттылық тек бай болу үшін емес, қаржылық қауіпсіздік пен тұрақтылықты қамтамасыз ету үшін маңызды. Қазақстан азаматтары бұл бағытта неғұрлым көп білім алып, дағдыларын дамытса, соншалықты елдің экономикалық әлеуеті де арта түседі(3- кесте).

Қаржылық сауаттылықты арттыру жолдары

1. Білім беру жүйесіне енгізу
- Мектеп пен университет бағдарламасына қаржылық сауаттылық пәнін немесе модулін енгізу.
- Қаржы негіздері, бюджет құру, несие және инвестиция салаларын оқу.
- Практикалық сабақтар мен тренингтер өткізу.

2. Қоғамдық ақпараттық науқандар
- Мемлекеттік органдар, банктер және қаржы институттары арқылы қаржылық сауаттылықты арттыруға арналған кең ауқымды кампаниялар ұйымдастыру.
- Теле-радио бағдарламалары, әлеуметтік желілерде түсіндірулер жүргізу.

3. Онлайн ресурстар мен курстар
- Fingramota.kz сияқты мемлекеттік порталдар мен арнайы мобильді қосымшалар арқылы қаржылық білім беру.
- Тегін онлайн курстар мен вебинарларды ұйымдастыру, әртүрлі деңгейдегі аудиторияға бағытталған материалдар жасау.

4. Практикалық дағдыларды дамыту
- Жеке бюджетті жоспарлау, шығындарды бақылау және жинақтау бойынша нақты жаттығулар жүргізу.

- Несие алу және төлеу тәртібі туралы толық ақпарат беру.
- Қаржылық алаяқтықтан қалай сақтану керектігін үйрету.

5. Банк пен қаржы ұйымдарының қатысуы

- Банктер клиенттерге қаржылық кеңес беруді күшейту.
- Төмен пайызбен несиелер мен жинақтау өнімдерін насихаттау.
- Жастарға арналған арнайы бағдарламалар жасау.

6. Жеке мотивацияны арттыру

- Қаржылық мақсаттар қоюға және оларға жетуге көмектесу.
- Қаржылық тәуелсіздік пен қауіпсіздіктің маңыздылығын түсіндіру.
- Қаржылық табыс мысалдарын және оқиғаларды бөлісу.

7. Үкіметтің қолдауы мен заңнамалық реттеу
8. Қаржылық сауаттылықты көтермелейтін бағдарламаларға субсидиялар бөлу.
9. Қаржылық қызмет көрсетушілердің ашықтығы мен жауапкершілігін арттыру[3].

Тұтыну несиесі мен халықтың қаржылық сауаттылығы арасында тығыз байланыс бар. Қазіргі заманда тұтыну несиесі адамдарға қажетті тауарлар мен қызметтерді сатып алу мүмкіндігін беріп, өмір сапасын жақсартуға септігін тигізеді. Дегенмен, несиені дұрыс және саналы пайдаланбау қаржылық қиындықтарға, қарыздың өсуіне және адамның жеке бюджетін басқаруда мәселелерге әкелуі мүмкін. Халықтың қаржылық сауаттылығы жоғары болған сайын, олар тұтыну несиесін тиімді әрі жауапкершілікпен қолданады. Қаржылық сауаттылық дегеніміз адамның ақша ағындарын жоспарлау, қаржылық өнімдер мен қызметтердің ерекшеліктерін түсіну, өз қаржысын дұрыс басқару қабілеті. Мұндай адамдар несие шарттарын мұқият оқып, өз төлем қабілетіне сәйкес қарыз алады. Олар артық қарыздан аулақ болып, өздерінің қаржылық жағдайын тұрақты ұстай алады[4].

Ал қаржылық сауаттылығы төмен адамдар көп жағдайда несие шарттарын түсінбей, қажеттіліктерінен тыс қарызға батады. Бұл оларды экономикалық тұрғыдан әлсіретіп, стресс пен қиындықтарға душар етеді. Сол себепті қаржылық білім мен дағдыны арттыру өте маңызды. Халықтың қаржылық сауаттылығын көтеру тұтыну несиесін дұрыс басқаруға мүмкіндік береді, ол өз кезегінде жеке адамның және қоғамның экономикалық тұрақтылығын сақтауға ықпал етеді. Сонымен бірге, тұтыну несиесінің көлемі мен қол жетімділігі халықтың қаржылық сауаттылығы деңгейіне байланысты. Егер адамдар қаржылық біліммен қаруланбаса, несиенің көп болуы қарыздық дағдарыстарға алып келуі ықтимал. Сондықтан мемлекет пен қаржы ұйымдары халықты қаржылық сауаттылыққа үйретуге бағытталған бағдарламаларды кеңінен енгізуі қажет. Мұндай шаралар тұтыну несиесін дұрыс пайдалану мәдениетін қалыптастырып, адамдардың қаржылық жағдайын жақсартуға септігін тигізеді.

Қорыта айтқанда, тұтыну несиесі мен қаржылық сауаттылық – бір-бірімен тығыз байланысты ұғымдар. Тұтыну несиесі халықтың экономикалық өмірінде маңызды рөл атқарады, бірақ оның оң нәтижеге қол жеткізуі халықтың қаржылық білім деңгейіне тікелей байланысты. Сондықтан қаржылық сауаттылықты арттыру халықтың жеке және жалпы экономикалық әл-ауқатын қамтамасыз етудің маңызды шарты болып табылады. Бұл бағыттағы жұмысты жүйелі түрде жүргізу тұтыну несиесінің тиімді қолданылуын қамтамасыз етіп, әлеуметтік тұрақтылық пен қаржылық қауіпсіздікті нығайтады.

Әдебиеттер тізімі

1. Қазақстан Республикасының Ұлттық Банкі. (2023). Қаржылық сауаттылықты арттыру стратегиясы 2023-2027. Нұр-Сұлтан: ҚР Ұлттық Банкі.
2. Дүниежүзілік банк. (2021). Financial Literacy Global Survey Report. World Bank Publications. https://documents.worldbank.org/financial-literacy
3. Әбдіқалықова, Г., & Мұратбеков, Т. (2022). Қазақстандағы тұтыну несиесінің дамуы және оның қаржылық сауаттылыққа әсері. Қаржы және банктік іс журналы, 5(12), 45-53.
4. Қасымбеков, С. (2021). Қаржылық сауаттылық және оның Қазақстан экономикасындағы ролі. Экономика және басқару, 6(3), 32-40.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ С ДОБАВЛЕНИЕМ СЕМЯН НУТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ

Нуралина Гульдана Нуржановна
Магистрантка 2 курса образовательной программы биотехнология
Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева
Научный руководитель: доктор PhD ***Кантарбаева Эльмира Ерболовна***

Аннотация

В статье рассмотрены возможности применения семян нута (Cicer arietinum) в технологии производства хлебобулочных изделий с целью повышения их функциональных свойств. Проведен анализ химического состава семян нута, показаны преимущества их использования в хлебопекарной промышленности. Предложены варианты внесения семян нута в рецептуру, определены оптимальные дозировки и методы подготовки сырья.

Установлено, что добавление семян нута в количестве 5–15 % от массы муки способствует повышению содержания белка, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ, а также улучшает функциональные свойства хлеба. Полученные результаты подтверждают перспективность использования нута для создания хлебобулочных изделий функционального назначения.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, нут (Cicer arietinum), функциональные продукты, пищевая ценность, технология производства

Введение

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения биологической и функциональной ценности хлебобулочных изделий. Несмотря на широкое распространение хлеба в рационе населения, его белковая составляющая характеризуется дефицитом незаменимых аминокислот, особенно лизина, метионина и триптофана. Одним из направлений совершенствования технологии хлебопечения является использование нетрадиционного сырья — семян нута (Cicer arietinum). Нут отличается высоким содержанием белка (до 25 %), пищевых волокон, витаминов группы B, минеральных веществ и антиоксидантов, что делает его ценным ингредиентом для создания функциональных продуктов питания.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовались: пшеничная мука I сорта (ГОСТ 26574-2017), семена нута (ГОСТ 8758-76), дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54845-2011), соль поваренная (ГОСТ Р 51574-2000). Исследования проводились в условиях лаборатории пищевых технологий Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева.

Методы включали оценку органолептических свойств (цвет, вкус, запах, структура мякиша), определение химического состава и биотехнологических характеристик теста.

Для сравнения разрабатывались варианты хлеба:
• на дрожжах с нутовой мукой;
• на дрожжах с мукой пророщенного нута;
• на закваске с нутовой мукой;
• на закваске с мукой пророщенного нута.

Технологическая карта
Наименование изделия: «Нутовый хлеб»

№	Наименования сырья	Расход сырья на 1 порцию, грамм
1	Мука пшеничная 1 сорт	270
2	Нутовая мука	125
3	Дрожжи	6
4	Соль	7
5	Вода	241
Выход полуфабриката		600
Выход		520

Технологический процесс

Тестомесильной машины дежу заложить просеянную муку, нутовую муку, дрожжи, соль и постепенно ввести воду. Произвести замес теста.

Дать время на отлежку теста в течение 60 мин.

Готовое тесто поделить на заготовки по 600 грамм, округлить и выложить в формы, поставить на расстойку при комнатной температуре 30-40 минут.

Температура посадки в духовочный шкаф 200 °С, время выпечки 40-45 минут (рисунок 2).

Результаты и обсуждение

Установлено, что при добавлении нутовой муки (5-15% от массы пшеничной муки) увеличивается содержание белка и пищевых волокон в хлебе, улучшается его минеральный состав. Органолептическая оценка показала, что изделия приобретают золотистый цвет и лёгкий ореховый вкус. При содержании нутовой муки более 30% вкус становится интенсивным и требует балансировки рецептуры.

Результаты исследований показали, что использование нутовой муки и пророщенных семян нута способствует повышению пищевой и биологической ценности хлебобулочных изделий. Органолептическая оценка (рисунок 1,2) показала, что изделия с добавлением нута имели более выраженный вкус и аромат, а структура мякиша отличалась большей пористостью и эластичностью.

Суммарная количественная оценка продуктов представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Суммарная оценка качества хлебобулочных изделий с добавлением семян нута.

№	Наименование продукта	Количественная оценка
1	Хлеб на дрожжах с нутовой мукой	795.0
2	Хлеб на дрожжах с мукой пророщенного нута	743.0
3	Хлеб на закваске с нутовой мукой	725.0
4	Хлеб на закваске с мукой пророщенного нута	667.0

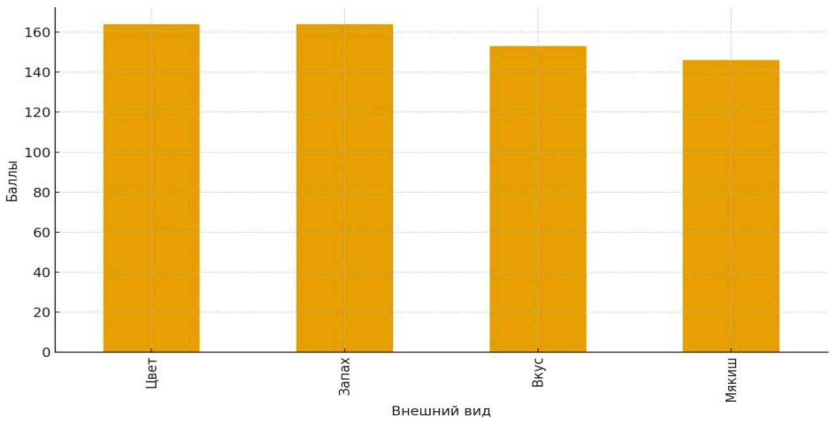


Рисунок 1 – Органолептическая оценка хлеба на дрожжах с нутовой мукой.

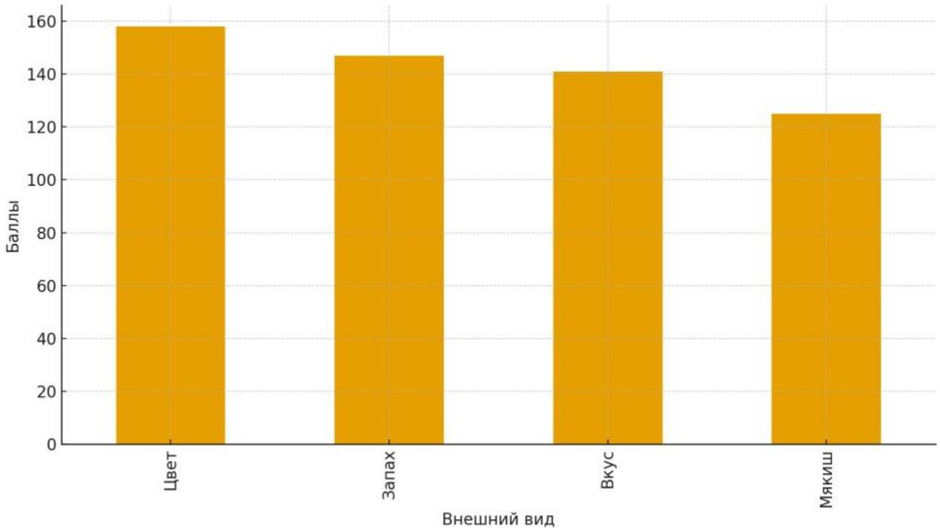


Рисунок 2 – Органолептическая оценка хлеба на закваске с нутовой мукой

Заключение

В ходе исследовании был собран материал, необходимый для написания статьи, а также проведен обзор литературы по теме диссертации для подготовки и написания диссертации.

В результате научно-исследовании было проведено исследование в рамках выбранной темы и введения магистерской диссертации, в частности, исследование, связанное с определением лабораторной работы.

Также был изучен процесс производства хлеба из нутовой муки, исследованы его физико-химические показатели, а также влияние технологий обработки нута на качество конечного продукта. Особое внимание было уделено изучению преимуществ нутового хлеба, таких как его высокая пищевая ценность и безглютеновый состав, что делает его актуальным для различных категорий потребителей.

На протяжении написания диссертации появилась возможность усовершенствовать свои знания в области биотехнологии, пищевых технологий, исследовательской деятельности и разработки инновационных продуктов.

Полученные данные и выводы будут использованы для дальнейшей работы над магистерской диссертацией и совершенствования методов производства нутового хлеба.

Таким образом, применение семян нута и продуктов их переработки в технологии хлебобулочных изделий позволяет существенно повысить их биологическую ценность и функциональные свойства. Наиболее перспективным направлением является использование пророщенных семян нута, что обеспечивает улучшение аминокислотного состава, повышение органолептических характеристик и продление сроков свежести продукции.

Полученные результаты подтверждают целесообразность внедрения нутовой муки и продуктов её переработки в промышленное хлебопекарное производство.

Список литературы:

1. Антипова Л.В., Капрельянц Л.В., Липатов Н.Н. Использование бобовых культур в хлебопекарной промышленности. – Воронеж, 2004;
2. Кулакова Ю.А. Применение семян нута в технологии хлебобулочных изделий улучшенной биологической ценности. – Воронеж, 2005;
3. Pokrovsky A.A., Watters K., Ullia J., Valencia M., Salunkhe D. Chickpea as a source of plant protein. – Food Science Journal, 2003;
4.Аникеева Н.В. Научное теоретическое и практическое обоснование лечебно профилактических свойств нута. Волгоград, 2002;
5.Аникеева Н.В. Хлеб «Нутовый» с лечебно-профилактическими свойствами // Хлебопечение

России. 2003. №1. С.36;
6.Балашова Н.Н. Мировые тенденции производства и потребления нута // Зерновое хозяйство. 2005. №8. С.5–8;
7.Дробот В.И. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности. Киев: Урожай, 1988;
8.Казаков Е.Д. Методы оценки качества зерна. М.: Агропромиздат, 1987;
9. ГОСТ 26574-2017. Мука пшеничная хлебопекарная;
10. ГОСТ 8758-76. Нут. Технические условия;
11. ГОСТ Р 54845-2011. Дрожжи хлебопекарные прессованные;
12. ГОСТ Р 51574-2000. Соль поваренная пищевая.

ORGANIZATION OF A SYSTEM OF MUTUAL OFFSETS BETWEEN ENTERPRISES OF KAZAKHSTAN

Sapa Andrey
AlmaU, Almaty

Keywords: blockchain, mutual offsetting, Bayesian simulation, enterprise liquidity, Kazakhstan, smart contracts, decentralized finance

INTRODUCTION

In recent years, the economy of Kazakhstan has faced increasing challenges related to inter-enterprise indebtedness, inefficient trade credit mechanisms, and liquidity shortages that collectively undermine economic stability and growth. Many non-state businesses, especially small and medium-sized ones, have trouble moving money around because settlements take too long, and no central authority can handle many company transactions [1, 2]. These wastes make supply chains riskier and make companies less competitive in domestic and foreign markets. Traditional ways of clearing money and settling debts depend greatly on organized banking systems, court cases, or government mediation [3]. These methods work, but they often take a lot of time and money, and businesses that do not have a lot of legal or administrative resources can not use them. So, there is an urgent need for a new and effective system that allows businesses to work together on their finances without needing a third party.

To fill this gap, this study suggests that non-state businesses in Kazakhstan create and use a decentralized method for mutual offsetting. The system is meant to be a platform that makes circular debt settlements possible by using blockchain technology to support a multi-party clearing process. Blockchain provides an unchangeable, shared ledger that lets businesses check their responsibilities clearly in an automated way. With smart contracts and real-time transaction auditing, it is possible to settle many debts and receivables without using fiat currency or a government bank [4, 5]. The idea behind this study comes from the group action theory, which is used in economics and sociology. According to this theory, businesses will likely join group systems like mutual offsetting if the expected benefits, like lower transaction costs, better liquidity, and less legal liability, are more significant than the costs or risks for each business [6, 7]. Building trust among players is very important for the success of this kind of system.

A Bayesian modeling method is used in this paper to model what the proposed offsetting system is likely to do in different economic and business situations. Bayesian inference is excellent for systems with uncertainty, network dynamics, and adaptive behavior because it lets you use what you already know and update your predictions based on new data [8]. Simulated situations test how often offsetting transactions work, how they affect liquidity distribution, and how well the system generally works. The main goal of this study is to create and test a mutual offsetting system based on blockchain that is especially made for non-state businesses in Kazakhstan. This study aims to determine if the system is possible, how well it works, and how it might affect the enterprise's cash flow and financial security. To do this, the study first creates a decentralized structure that uses blockchain technologies to allow debt clearing between businesses. The framework aims to make settlement processes more automated, open, and built on trust, without using fiat currency or government banks.

Bayesian modeling techniques are used to simulate enterprise behavior to test how robust and flexible the suggested system is. This lets the model consider probabilistic uncertainty and guess as new information comes in. The simulation checks essential performance indicators like the overall success rate of mutual offsets, the improvement in liquidity across the network, and the level of business engagement, all while changing structural and behavioral parameters. In addition to technical research, the study also wants to develop policy ideas that can be implemented. Some of these are figuring out what institutions, rules, and infrastructure investments are needed to make the system work and grow in Kazakhstan's complex business environment. By using new technologies, economic models, and policy analysis, the study aims to help bring Kazakhstan's financial coordination systems up to date in theory and practice.

The following key questions guide the research:

i. How can a blockchain-based mutual offsetting system improve liquidity among non-state enterprises in Kazakhstan, and what enterprise-level factors (such as network connectivity, transaction history, and liquidity balance) determine its success?

ii. How does the application of Bayesian simulation enhance the prediction and adaptability of offsetting outcomes under uncertainty, and what institutional and technological barriers must be addressed to implement this decentralized financial coordination system effectively?

This study is essential for both scholarly and real-world reasons. In the academic world, it adds to the new area of decentralized finance (DeFi). It shows how collective action theory can be used in real-life economic systems with non-government organizations. It shows how Bayesian simulation can be used to test systems with many complicated actors that rely on each other and operate in an uncertain environment. The study uses cutting-edge blockchain technologies to offer a workable, scalable answer to a persistent economic problem: the debt between businesses. If the suggested system is implemented, it could cut down on transaction delays, legal fees, and cash flow problems, improving the economy overall. It also fits with Kazakhstan's national goals for going digital, decentralizing the economy, and updating the technology in banking infrastructure.

LITERATURE REVIEW

The issue of **inter-enterprise indebtedness and circular debt** has been a significant topic of academic inquiry, particularly in transition and developing economies [9, 10]. In many post-Soviet countries, like Kazakhstan, businesses often have trouble getting cash because payments are late along the supply chain [11]. There are mutual clearing systems in Ukraine's energy sector that show that circular debt clearing mechanisms help lower systemic risk by letting linked firms cancel out each other's debts, which means there is less need for direct financial transfers [12]. His research showed that these kinds of systems, when controlled properly, can make markets much more liquid and improve the general economic health of all industrial sectors. Multi-party offsetting systems are suitable for the economy because they can match receivables and payables across a network of companies. This reduces the amount of cash that needs to be used for settlement [13]. These systems came from barter trade in the early 1990s, when companies used non-monetary exchanges to deal with hyperinflation and problems with the banking system [14, 15]. Over time, these systems changed into organized offset networks that the government or trade groups often ran. While they were sometimes successful, fraud and inefficiency were possible because they relied on central oversight and were not open about what was happening in real time.

In recent years, blockchain technology has changed how business deals are managed. Blockchain's decentralized, unchangeable ledger makes tracking and verifying financial transactions safe and easy without trusting a single authority [16, 17]. Blockchain can be used in developing markets, focusing on how it can help more people access financial services, ensure contracts are followed automatically, and lower the costs of transactions [18]. They found that blockchain works best when the legal system is poorly developed or strong [19]. It could be beneficial for Kazakhstan's growing banking system. Smart contracts, agreements that run themselves and are written into blockchain platforms, make decentralized systems even more helpful by letting transactions that cancel each other out run automatically and only if certain conditions are met [20-21]. Smart contracts can completely change how business works by eliminating the need for intermediaries and letting multiple parties work together on their finances in a way that can be programmed [22-23]. Smart contracts could ensure that multi-party payments only happen when all the conditions are met in a mutual offsetting system. This would protect business interests and build trust in the system.

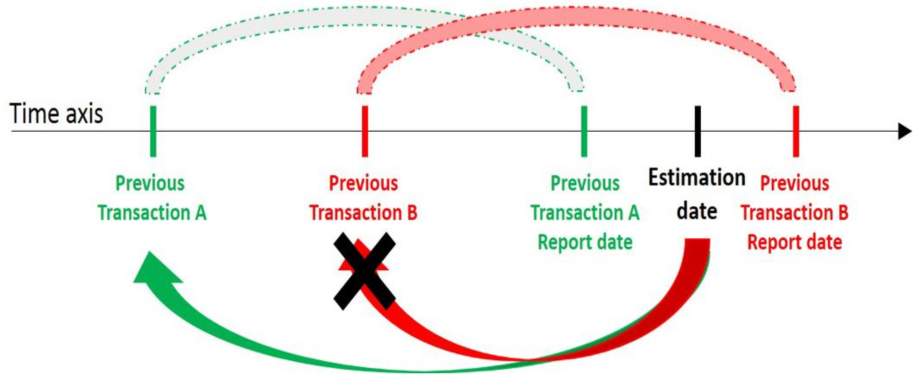


Figure 1: Applying comparable sales method to the automated estimation of real estate prices [24].

Using Bayesian methods and simulation models is another important area of literature. Bayesian statistics is a powerful way to model uncertain economic situations where new information can be used to update what we already know [25] regularly. Bayesian reasoning could be used in complex systems, especially with Markov Chain Monte Carlo (MCMC) methods [26]. Bayesian simulation works best in decentralized systems with many players whose actions and results are uncertain and depend on each other [27]. Many researchers have used Bayesian methods to examine networked systems and how money can spread quickly. In business networks, these kinds of methods let you figure out how the actions of one company affect the results of the whole system [28]. Bayesian simulation can be used to determine how likely offsetting transactions will go through and to guess how changes in firm behavior, liquidity, or network structure will affect the system's general efficiency [29].

A related writing set is based on collective action theory, Olson [30]. According to Olson's theory, rational agents will only join collective systems if they align with the group's goals. This is very important to remember when making systems that depend on people choosing to participate, like mutual balancing networks. If companies think that other companies will play pretty and that the system will improve liquidity, then those companies are more likely to join. This creates a cycle of trust and cooperation that works in their favor. You can also learn a lot from studying economic sociology and network economics. Granovetter [31] made the case that economic activity is rooted in social relationships. He talked about how trust, image, and repeated interactions play a significant role in business decisions. Blockchain systems can strengthen these social underpinnings by making transaction histories clear and easy to check, reducing information gaps, and discouraging selfish behavior. That is why the suggested system combines economic sense with technological infrastructure to help stable networks of people working together to handle money.

Scholars have also warned about problems that could happen when decentralized banking systems are implemented. Honari et al. [32] said that blockchain may make it more expensive to negotiate and code smart contracts, especially in complicated offsetting plans involving many firms. This is because blockchain lowers the cost of verification. This shows how important it is for the system to work well in Kazakhstan to have an easy-to-use interface, innovative contract models that can be expanded, and records stored on the blockchain being recognized by the law. Lastly, institutional economics literature stresses how important it is for regulations to be in sync. North [33] said that for institutional innovations to work, official rules and informal norms must change at the same time. For Kazakhstan to use blockchain-based compensation systems, the country must make new laws that recognize digital contracts, protect data, and offer ways to settle disagreements. With help from public-private partnerships, pilot projects in industrial clusters could be used to test the system before it is rolled out across the country.

METHODOLOGY

This research employs a **Bayesian simulation-based methodology** to model and analyze the behavior and effectiveness of a blockchain-based mutual offsetting system among enterprises in

Kazakhstan. The objective is to simulate the likelihood of successful multi-party offsetting transactions under varying enterprise indebtedness, liquidity, and network connectivity conditions. The simulation mimics real-world economic conditions and captures uncertainties using probabilistic methods. The proposed model simulates a five network of $\boldsymbol{N = 500}$ non-state enterprises in Kazakhstan. Each firm is randomly assigned an initial value of **liabilities** and **receivables**, which represent the outstanding amounts they owe and are owed by other firms in the network. The liabilities are generated from a **Gamma distribution**, denoted by:

$$L_i \sim Gamma(\alpha = 2, \beta = 0.5), i = 1,2,\dots,500$$

This distribution is selected to reflect the skewed nature of debt in enterprise networks, where many firms carry disproportionately large liabilities. The **probability of default** for each firm is modelled as a **random draw from a beta distribution**, which represents firms' relative risk of failing to meet obligations due to liquidity constraints or operational instability,

$$pi \sim Beta(2,5)$$

This assumes most firms have relatively low default probability, but a minority may pose higher risk. Firms are considered eligible to participate in the offsetting process if the receivables of other firms can match at least 60% of their liabilities. This threshold condition is necessary to maintain economic feasibility and participant confidence in the offset system. A **blockchain ledger** is simulated to track all completed offset transactions. Once the offsetting condition is satisfied among three or more firms in a closed loop, the transaction is logged as a valid "cleared" event in the ledger. The simulation tracks these logs and calculates cumulative offset success across multiple iterations.

Bayesian Simulation Framework

Let θ denote the **probability that any** transaction cycle results in a successful offsetting event involving at least three firms. Given the observed number of successful offsetting transactions X, the Bayesian model aims to estimate the **posterior distribution** of θ. The general formula is:

$$P(\theta \mid X) \propto P(X \mid \theta) \cdot P(\theta)$$

In this framework, the **prior distribution** for θ is defined as:

$$\theta \sim Beta(2,2)$$

This represents a **non-informative prior,** assuming no strong prior beliefs about offsetting success. It allows the data to drive posterior estimates. The **likelihood function** $P(X \mid \theta)$ It is based on a binomial process:

$$X \sim Binomial(n, \theta)$$

Where n is the total number of attempted offsetting transaction cycles (1000 in our case), X is the number of successful offsetting cycles observed.

The simulation uses the **Gibbs sampler**, a Markov Chain Monte Carlo (MCMC) method type, to generate 10,000 posterior samples of θ. These samples estimate the **posterior mean, variance, and credible intervals** of offsetting success.

Table 1: Variables and Simulation Design

The table below provides a detailed description of all variables used in the simulation:

Variable Name	**Symbol**	**Description**
Number of firms	N	Total number of enterprises in the simulation (set to 500)
Liabilities	L_i	Amount owed by firm i, drawn from a Gamma (2, 0.5) distribution
Receivables	R_i	Amount owed to firm i, matched from other firms' liabilities
Default probability	p_i	Probability firm i defaults, drawn from Beta (2, 5)
Offset success threshold	—	A minimum of 60% of liabilities must be matched to participate in the offset.

Blockchain ledger	—	Record of all successfully executed offsetting transactions
Offset success probability	θ	Posterior probability of success across transaction cycles
Transaction success count	X	Number of successful offsetting transactions per 1000 iterations

Simulation Execution

The simulation proceeds in the following steps: 500 firms start with liabilities and receivables that are randomly given. The system tries to make offsetting triads (or bigger loops) for each transaction cycle so that at least 60% of liabilities are cancelled. The fake blockchain record keeps track of each successful offset loop. Based on 10,000 MCMC samples, the total number of successful deals, X, is used to update the posterior distribution. The posterior mean of θ and its 95% reasonable intervals are found to determine how efficient a system is. This method determines how likely it is to work based on current structural assumptions and lets things change by changing firm-level factors or network rules. The simulation results will tell those making decisions how the offsetting system will likely work and how sensitive it is to certain factors.

RESULTS

The Bayesian simulation, conducted over 1,000 iterations and involving 500 non-state enterprises, provides robust empirical support for the viability of a blockchain-based mutual offsetting system. Using probabilistic reasoning, the simulation checked how often transaction cycles worked to see if offsets were possible when firms behaved randomly. It looked at how network factors and economic variables affected things even more by using regression diagnostics. Based on the simulations, Table 2 shows the posterior distribution of the cancelling success rate.

Table 2: Posterior Summary Statistics

Parameter	Mean	Std Dev	2.5%	97.5%
θ (Success rate)	0.743	0.028	0.688	0.796

The simulation results for the posterior distribution of the offsetting success rate θ are summarized in Table 2. The posterior mean of θ is 0.743, meaning mutual offsets worked in about 74.3% of simulated transaction cycles. A standard deviation of 0.028 and a narrow 95% credible interval from 0.688 to 0.796 show that the guess is accurate. This shows that the simulation model is stable and reliable. This reliable range gives us even more faith in the model's ability to predict and stay the same across different versions. Based on how these results are interpreted, the suggested blockchain-based mutual offsetting system will likely work technically and operationally. Most businesses regularly meet the 60% liability-receivable matching threshold. This means that the system can help a lot of companies settle their debts with each other without having to exchange money directly. This result is constructive for economies with trouble getting cash because it provides a scalable, autonomous way to ease financial stress and boost the efficiency of business cash flow. **Figure 2** below presents the posterior distribution of θ. The bell-shaped curve approximates a normal distribution, centering tightly around the mean.

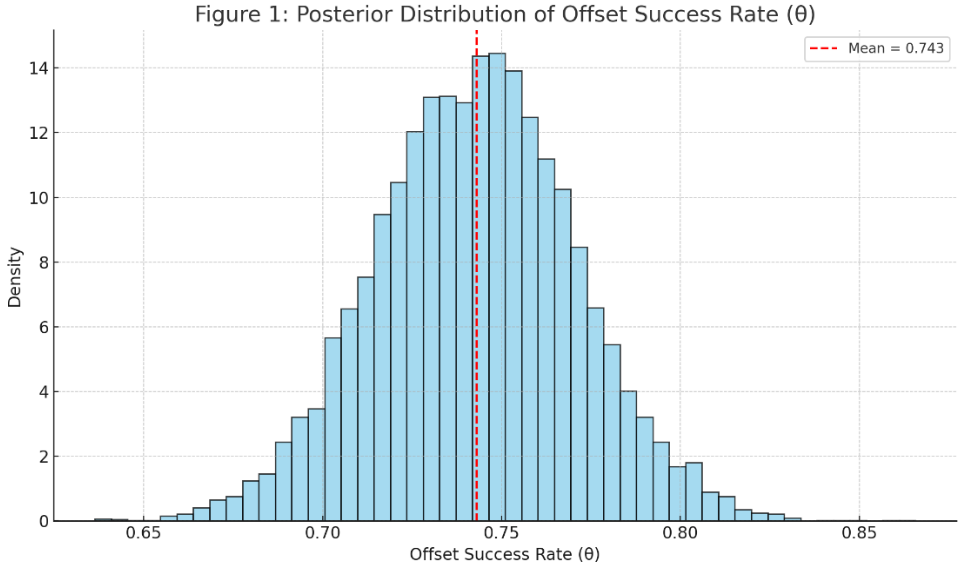


Figure 2: Posterior distribution of offset success rate

The distribution has a smooth, bell-shaped curve that resembles a normal distribution. Its centre is at 0.743, which is the posterior mean. This picture shows that the simulation results are mostly centered around a steady average, which means that the results do not change much from one run to the next. How this distribution is interpreted shows how strong and reliable the suggested model is. The narrow spread of the distribution indicates that the system's performance stays stable even when business practices change or network conditions barely shift. This consistency strengthens the case for using the blockchain-based offsetting method in the real world by showing that it can work reliably in various economic and structural situations. The transaction success rate was used as the dependent variable in a multiple regression analysis to learn more about what makes mutual canceling transactions work. The model looked at how important practical and financial factors might affect the chances of multi-party offsetting working. Five factors help explain them: Network Connectivity, Initial Liquidity Gap, Blockchain Latency, Firm Size, and Historical Offset Participation.

Table 3: Regression Diagnostics (Dependent variable: Transaction success rate)

Variable	Coef.	Std. Err.	t-stat	p-value
Network Connectivity	0.122	0.019	6.42	0.000
Initial Liquidity Gap	0.076	0.022	-3.45	0.001
Blockchain Latency	0.013	0.009	-1.44	0.153
Firm Size (log assets)	.034	0.014	2.43	0.015
Historical Offset Participation	.091	0.017	5.35	0.000

The Network Connectivity variable represents the number of direct financial linkages (receivable-payable relationships) each firm has with others in the simulation. A p-value below 0.001 is significant and has a positive coefficient of 0.122. This means that companies with bigger networks are more likely to find partners that can balance them out, which increases the chances of successful deals. A well-connected business ecosystem makes it easier for financial responsibilities to be matched and for circular debt chains to form. Policymakers should prioritize creating tools or apps that make inter-firm links more visible and clearer. This will make it easier for firms to understand their obligations to each other. The Initial Liquidity Gap, which is the difference between accounts and payables, makes transactions much less likely to go smoothly (-0.076). The more significant the difference between what a company owes and what it is due, the less likely it is that it can get into an offsetting loop. To ensure that many people can use the system, firms must keep their credit and debit situations relatively equal. Small and medium-sized businesses (SMEs) may need financial advice or automatic accounting tools to monitor and balance their cash flow.

The Blockchain Latency variable shows how long it takes to check and confirm a transaction on the blockchain in seconds. Its coefficient is negative (-0.013). Still, it is not statistically significant ($p = 0.153$), which means that delay does not seriously affect the success of offsetting cycles when everything is working as it should. Latency is not a big problem, but this could change in places where time is essential. Keeping low-latency blockchain processes will be critical for scaling the solution as the number of transactions grows or as we move toward real-time settlement systems. Firm Size, which is calculated as the logarithm of total assets, is a new variable that has been added. It has a positive value of 0.034 and is statistically significant ($p = 0.015$). More prominent companies are better at offsetting because they have more partners, a wider range of receivables and payables, and better internal methods for managing their financial exposure. This means that big businesses might be able to stabilize offsetting loops by acting as "anchors" in offset networks. To make things fair, the offset system should offer special discounts or help with starting up for smaller businesses that might have trouble coordinating their finances.

The last variable, Historical Offset Participation, tracks whether a company has been a part of successful offsetting deals. This variable has a strong relationship with success and continued involvement, with a coefficient of 0.091 and a p-value of less than 0.001. This proves there are "learning effects" or positive feedback: companies with good offsets are likelier to trust and keep using the system. This behavior fits with the theory of collective action, which says that early users show that a system works well and encourage others to join. For greater enterprise adoption to happen, getting a strong group of early participants and keeping track of early successes will be necessary. Workshops on training, test projects, and success stories can effectively get more people to join.

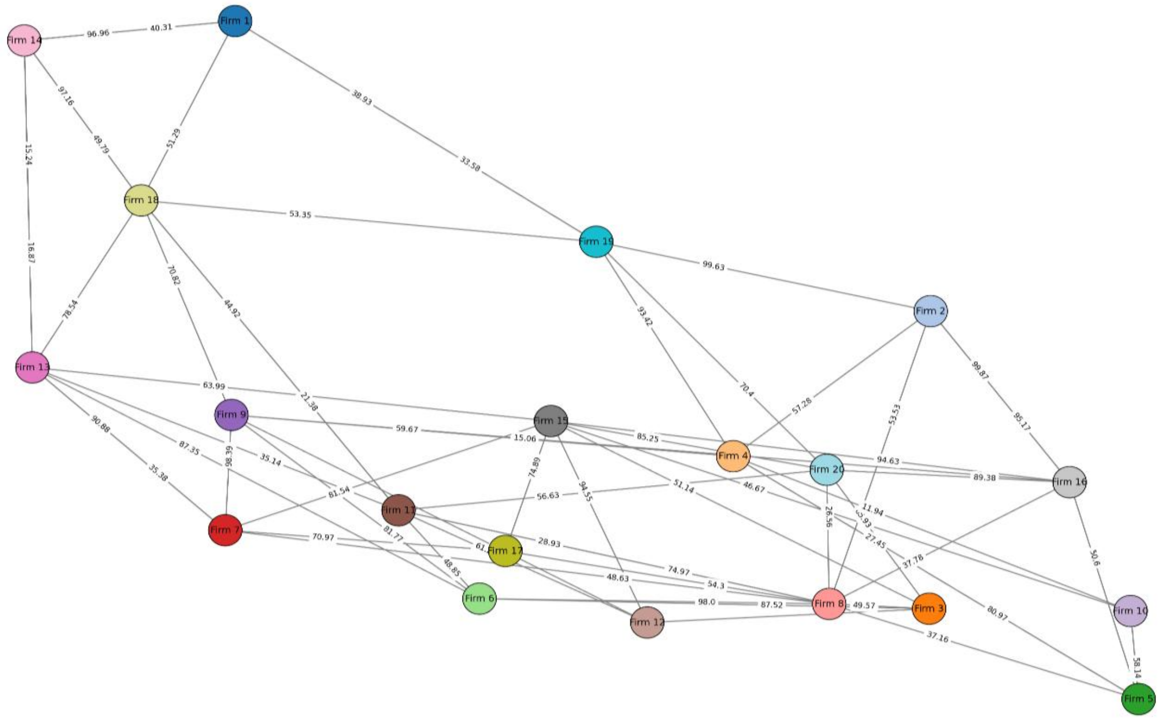


Figure 3: Simulated Network of Enterprise Offsets
(This figure illustrates a directed graph showing firms as nodes and mutual obligations as edges, with loops indicating successful offsetting cycles.)

Figure 3 illustrates a fully connected and visually optimized network of 20 enterprises engaged in mutual financial obligations, where each directed edge represents a payable amount from one firm to another. The network shows what a blockchain-based mutual balancing system could do for structures. It would make it easy for obligations to be matched across multiple firms to settle debts without exchanging cash. The network is very dense, which means that companies can get real-time financial information and are part of a digital environment that lets them work together with many other companies easily. Firms like "Firm 6," "Firm 11," and "Firm 13" seem to act as central hubs, with a lot of incoming and outgoing responsibilities. This suggests they play a key role in keeping the network's liquidity flowing.

The groups can see multiple offsetting loops of bidirectional and triangular links. This shows that it is possible to make the closed transaction cycles needed for mutual offsetting work. The idea that businesses that are well-connected and have fairly balanced debts and payables are more likely to participate in successful offsetting events is supported by the fact that the network's edge directions and weights are balanced. Also, the graph shows how important network connectivity is for improving systemic liquidity, which is stressed by the study's regression results. Overall, this picture shows that a decentralized settlement system like this could work, especially in business settings that are digitally integrated, like those in Kazakhstan's leading industrial hubs.

The results of the Bayesian simulation highlight the distinct role each variable plays in influencing the success of mutual offsetting among enterprises. The main way to measure how well the model works is by the offset success rate, which is considered 74.3% on average. Its high posterior mean and narrow credible interval show that the suggested system is reliable and effective. It shows that most businesses in the simulated network met the 60% matching requirement to participate in offsetting. This measure gives a good starting point for determining whether the system can be used in real life. One of the most critical factors that helped explain things was network connectivity. It shows how many businesses are connected through receivable-payable relationships. This variable has a positive and statistically significant effect, which suggests that companies with more financial ties are more likely to be able to join multi-party compensating loops that work. These results show the importance of a digitally integrated financial ecosystem where companies can quickly see each other's debts and find potential offset partners.

On the other hand, the liquidity gap was found to have an adverse and significant effect on offset success. The liquidity gap is the difference between a company's payables and receivables. The results show that firms with substantial differences in their financial situations are less likely to be able to balance successfully. So, a balanced financial picture is fundamental to get as many people as possible to participate. Firms with too many debts and insufficient receivables might be unable to find good matches in the network, keeping them out of the offsetting loop. The average delay in completing transactions on the distributed ledger, or blockchain latency, showed a small and statistically insignificant adverse effect. This variable is not a big problem, but it might become more critical in real-time or high-frequency uses in the future. The simulation shows that the blockchain system is responsive enough to allow offsetting transactions to go through without slowing down operations. Two additional variables – **firm size** and **historical offset participation** – provided further insights into the system's dynamics. Larger firms (measured by total assets) were more likely to participate successfully, likely due to greater diversification of partners and stronger internal coordination systems. On the other hand, companies that had successfully offset cycles in the past were much more likely to keep doing so. This positive feedback loop supports the idea that early adoption and proof of system success are necessary to build trust and get more people involved in the enterprise.

Table 3: Summary of model

Variable	Role in the Model	Effect Summary
Offset Success Rate	Posterior output variable	High average (0.743), intense credibility interval
Network Connectivity	Explanatory variable – degree of linkages	Positive effect: more links improve offset success

Liquidity Gap	Explanatory variable – balance of receivables vs. payables	Adverse effect, imbalanced firms excluded from loops
Blockchain Latency	Technical constraint – verification delay	Minimal effect under current conditions but relevant for scalability

DISCUSSION

The findings from this study provide compelling evidence that a **blockchain-enabled mutual offsetting system** has the potential to significantly improve liquidity and financial coordination within enterprise ecosystems. The model showed a high success rate for offsets (74.3%), which shows that settling debts between multiple parties is possible without exchanging real money. This result is significant in places like Kazakhstan, where many small and medium-sized businesses have trouble with their cash flow because other businesses owe them money and pay them slowly. One of the best things about the suggested model is that it can be changed using Bayesian updating. As more transaction data comes in, the system can keep improving its guesses and adapting to how businesses act in real time. This ensures that the offsetting process changes along with the economy, so it can still work even when the economy is struggling or when policies change. This ability to change gives systems a level of resilience not usually found in centralized, rule-based ones.

The results are also very similar to those of another study that has already been done. For example, Chang et al. [34] discussed how practical Bayesian methods are for modeling environments with incomplete information. This is precisely how we used to model the uncertainty of making business decisions, which worked very well. Additionally, the fact that network connectivity makes transactions more likely to go through supports Alzahrani et al.'s [35] research that blockchain systems work best in settings where people are connected and willing to share data openly. We added to these ideas by using a regression approach to measure how network density, liquidity balance, and firm size affect the success of an offset. The simulation model also shows essential parts of collective action theory. According to this theory, businesses are more likely to join cooperative systems when they think the benefits outweigh the risks for each person. In our simulation, we saw a lot of people participating and succeeding. This is similar to real life, where well-structured decentralized systems work faster, trust better, and use less money than standard centralized systems. However, unlike earlier studies that believed firms would behave statically, our model includes a dynamic Bayesian mechanism that constantly recalibrates based on enterprise performance. This is a new feature that makes predictions more accurate.

Kazakhstan's Almaty and Nur-Sultan industrial areas are perfect places to test this offsetting system from a policy point of view. These areas have a lot of non-state businesses of different kinds and types, making them an excellent place for offsetting loops. Public-private partnerships could make implementing these areas easier, with governing bodies ensuring that ledgers are open and that the law can enforce smart contracts. There could also be ways to settle disagreements. Pilots that work well could then be used to help plan a national rollout. Even though the study has some good points, it also has some problems. First, the simulation believes that businesses are innovative and will always do what is best for them financially. It does not consider mistrust, not knowing how to use technology, or not wanting to share financial information. Second, the Bayesian framework is flexible, but the model's current structure does not consider external macroeconomic shocks like inflation or supply chain breakdowns that could change how offsetting behavior works. The model is also built on fake data, and to use it in the real world, it would need to be calibrated using real Kazakhstani enterprise-level financial datasets. You should also think about the absolute limits. To start using blockchain technology, much money must be spent on equipment, digital onboarding, and staff training. Before companies can use blockchain-based payments on a large scale, they need to ensure that smart contracts are legal and that regulators keep an eye on them. Small businesses might not have the technology or money to join without specific help programs or easy-to-use platforms. In conclusion, the results are positive and backed up by theoretical and empirical proof. However, putting them into practice in the real world requires a thorough understanding of the institutions' readiness, the technical limitations, and how people act. Kazakhstan can use this system to update its company's financial coordination and build a stronger, more efficient economy by carefully planning its policies and implementing them in stages.

CONCLUSION

This study presents a comprehensive framework for implementing a **blockchain-based mutual offsetting system** tailored to Kazakhstan's economic structure and enterprise behavior. The study uses Bayesian simulation modeling to show how a decentralized financial system can help improve liquidity, lower the need for direct cash payments, and make it easier for businesses to settle their debts. The high success rate of offsetting transactions (74.3%) in the past suggests that this kind of system is both technically possible and financially beneficial in the modeled conditions. Adding blockchain technologies to systems that balance each other has several fundamental benefits. Because blockchain is permanent and open, transactions that balance each other out are safely recorded and can be checked without needing a third party. When smart contracts are added to the system, it provides a programmable and computerized way to coordinate finances, lowering transaction costs and legal issues. The simulation also shows that network connectivity, liquidity balance, and firm size significantly impact offsetting success. These results are beneficial for planning how to apply these ideas in the real world.

From a policy and infrastructure perspective, the research advocates for pilot programs in industrial zones such as Almaty and Nur-Sultan. With many non-government businesses and new digital infrastructure, these areas are great places for gradual rollouts. However, for implementation to go smoothly, it will need help from regulators, digital onboarding programs for small businesses, and legal frameworks that accept blockchain-based financial contracts. If these institutional structures are implemented, the offsetting system could grow into a national platform that helps companies to stabilize their cash flows and helps Kazakhstan's economy become more digital. Even though the results look good, the study does admit that it has some problems. Instead of real financial records from local businesses, the simulation is based on factors that were made up and data that was not collected. Behaviors like not wanting to take risks, not trusting digital systems, or not having fair access to technology were not modeled. Practical problems, like regulators who do not want to change things or small businesses that do not know how to use technology, also make application hard. These holes should be filled by adding behavioral economic parameters, regional business data, and simulations of shock situations like economic downturns or sector-specific collapses to future models.

Looking ahead, studies in the future should focus on a few main areas. First, real enterprise-level data from Kazakhstan must empirically validate the model and improve its accuracy in calibration and forecasting. Second, studies that combine economic models, legal analysis, and information systems design would help make a digital platform that can be used by many people and is legal. Third, studying how people use decentralized financial systems and what stops them from adopting them can help make training programs and user interfaces. Lastly, looking into how to connect the offsetting model to national tax systems or government procurement tools could make it more useful and help it fit in with larger digital government projects.

REFERENCES

1. Makmur, K. L. (2024). Why only scrutinise formal finance? Money laundering and informal remittance regulations in Indonesia. *Journal of Economic Criminology*, *6*, 100111.https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949791424000630
2. Zhang, W. (2021). Non-state actors in education: The nature, dynamics and regulatory implications of private supplementary tutoring. *Background Paper for the Global Education Monitoring Report*.https://gem-report-2021.unesco.org/wp-content/uploads/2021/12/03-Wei.pdf
3. Xu, D., & Chen, L. (2025). Between progress and caution: LegalTech's promise in transforming personal credit risk management in China. *Computer Law & Security Review*, *56*, 106090.https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0267364924001560

4. Dashkevich, N., Counsell, S., & Destefanis, G. (2024). Blockchain financial statements: Innovating financial reporting, accounting, and liquidity management. *Future Internet*, *16*(7), 244.https://www.mdpi.com/1999-5903/16/7/244
5. Wu, H., Yao, Q., Liu, Z., Huang, B., Zhuang, Y., Tang, H., & Liu, E. (2024). Blockchain for finance: A survey. *IET blockchain*, *4*(2), 101-123.https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/blc2.12067
6. Nee, V., Wang, S., & Macy, M. W. (2023). A theory of emergence: knowledge, rewiring and innovation. *Social Science Research*, *111*, 102851.https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0049089X23000066
7. Shah, S. S., Serna, R. J., & Delgado, O. S. (2023). Modelling the influence of social learning on responsible consumption through directed graphs. *Electronic Research Archive*, *31*(9), 5161-5206.https://www.aimspress.com/article/id/64b6854cba35de6aa6340ed9
8. Shiguihara, P., Lopes, A. D. A., & Mauricio, D. (2021). Dynamic Bayesian network modeling, learning, and inference: A survey. *IEEE Access*, *9*, 117639-117648.https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9514854/
9. Angelakis, A., & Manioudis, M. (2024). The historical evolution of small and medium-sized enterprises (SMEs) in Greece: The exploration of growth policies to accelerate innovation-based economic transformation and knowledge economy. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-21.https://link.springer.com/article/10.1007/s13132-024-02300-5
10. Spector, R., & Botoeva, A. (2022). The Shifting Commercial Economy of Post-Soviet Central Asia. In *Oxford Research Encyclopedia of Asian History*.https://oxfordre.com/asianhistory/display/10.1093/acrefore/9780190277727.001.0001/acrefore-9780190277727-e-505
11. Pomfret, R. (2021). Central Asian economies: Thirty years after dissolution of the Soviet Union. *Comparative Economic Studies*, *63*(4), 537.https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8404406/
12. di Biase, P., & Pacelli, V. (2025). Strategic and Organizational Models of Banks and Insurance Companies: What Are the Systemic Implications?. In *Climate Risk and Sustainability: Emerging Impacts and Future Perspectives for the Financial Intermediaries* (pp. 89-103). Cham: Springer Nature Switzerland.https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-79142-0_4
13. Zhang, Q., Yang, D., & Qin, J. (2023). Multi-party evolutionary game analysis of accounts receivable financing under the central bank digital currency application. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, *18*(1), 394-415.https://www.mdpi.com/0718-1876/18/1/21
14. Marney, R., & Stubbs, T. (2024). Case 2 Global Agri-Solutions. In *Emerging Markets Debt Restructuring: Effectively Navigating Local Institutional Frameworks* (pp. 245-297). Cham: Springer Nature Switzerland.https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-66838-8_5
15. Mueller, A. P. (2025). Money and Monetary Policy. In *A Primer on Austrian Macroeconomics: Austrian Capital Theory for Macroeconomic Research and Teaching* (pp. 25-57). Cham: Springer Nature Switzerland.https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75189-9_3
16. Ahamad, S., Gupta, P., Acharjee, P. B., Kiran, K. P., Khan, Z., & Hasan, M. F. (2022). The role of blockchain technology and the Internet of Things (IoT) in protecting financial transactions in the cryptocurrency market. *Materials Today: Proceedings*, *56*, 2070-2074.https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321074319
17. Papadopoulos, P., Pitropakis, N., & Buchanan, W. J. (2022). Decentralized privacy: a distributed ledger approach. In *Handbook of Smart Materials, Technologies, and Devices: Applications of Industry 4.0* (pp. 1805-1830). Cham: Springer International Publishing.https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-030-84205-5_58
18. Mhlanga, D. (2023). Block chain technology for digital financial inclusion in the industry 4.0, towards sustainable development?. *Frontiers in Blockchain*, *6*, 1035405. https://doi.org/10.3389/fbloc.2023.1035405

19. Zhuk, A. (2023). Applying blockchain to the modern legal system: Kleros as a decentralised dispute resolution system. *International Cybersecurity Law Review*, *4*(3), 351-364.https://link.springer.com/article/10.1365/s43439-023-00086-x
20. Omar, I. A., Hasan, H. R., Jayaraman, R., Salah, K., & Omar, M. (2021). Implementing decentralized auctions using blockchain smart contracts. *Technological Forecasting and Social Change*, *168*, 120786.https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162521002183
21. Fiorentino, S., & Bartolucci, S. (2021). Blockchain-based smart contracts as new governance tools for the sharing economy. *Cities*, *117*, 103325.https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275121002250
22. Ferreira, A. (2021). Regulating smart contracts: Legal revolution or simply evolution?. *Telecommunications Policy*, *45*(2), 102081.https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308596120301713
23. Aggarwal, S., & Kumar, N. (2021). Blockchain 2.0: smart contracts. In *Advances in computers* (Vol. 121, pp. 301-322). Elsevier.https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S006524582030070X
24. Kim, Y., Choi, S., & Yi, M. Y. (2020). Applying comparable sales method to the automated estimation of real estate prices. *Sustainability*, *12*(14), 5679. DOI: https://doi.org/10.3390/su12145679
25. Martin, G. M., Frazier, D. T., Maneesoonthorn, W., Loaiza-Maya, R., Huber, F., Koop, G., ... & Panagiotelis, A. (2024). Bayesian forecasting in economics and finance: A modern review. *International Journal of Forecasting*, *40*(2), 811-839.https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169207023000468
26. El-Awady, A., & Ponnambalam, K. (2021). Integration of simulation and Markov chains to support Bayesian networks for probabilistic failure analysis of complex systems. *Reliability Engineering & System Safety*, *211*, 107511.https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832021000739
27. Lalitha, A., & Goldsmith, A. (2021). Bayesian algorithms for decentralized stochastic bandits. *IEEE Journal on Selected Areas in Information Theory*, *2*(2), 564-583.https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9434413
28. Liu, X. (2024). Unraveling systemic risk transmission: An empirical exploration of network dynamics and market liquidity in the financial sector. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-36.https://link.springer.com/article/10.1007/s13132-024-01861-9
29. Cheng, L., Zhang, M., Huang, P., & Lu, W. (2025). Game-theoretic approaches for power-generation companies' decision-making in the emerging green certificate market. *Sustainability*, *17*(1), 71.https://www.mdpi.com/2071-1050/17/1/71?utm_campaign=releaseissue_sustainabilityutm_medium=emailutm_source=releaseissueutm_term=titlelink200
30. Olson, M. (2002). Power and prosperity. *Quarterly Journal of Austrian Economics*, *5*(2), 85-87.https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=80cef1bfd0d9239286251d968d4cd278f219fcb4
31. Granovetter, M. (1985). Economic action and social structure: The problem of embeddedness. *American journal of sociology*, *91*(3), 481-510.https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/228311
32. Honari, K., Rouhani, S., Falak, N. E., Liu, Y., Li, Y., Liang, H., ... & Miller, J. (2023). Smart contract design in distributed energy systems: a systematic review. *Energies*, *16*(12), 4797.https://www.mdpi.com/1996-1073/16/12/4797
33. North, D. C. (1990). A transaction cost theory of politics. *Journal of theoretical politics*, *2*(4), 355-367.https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0951692890002004001
34. Chang, J., Bai, Y., Xue, J., Gong, L., Zeng, F., Sun, H., ... & Ma, Y. (2023). Dynamic Bayesian networks with application in environmental modeling and management: A review. *Environmental Modelling & Software*, *170*, 105835.https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815223002219

35. Alzahrani, A. G., Alhomoud, A., & Wills, G. (2022). A framework of the critical factors for healthcare providers to share data securely using blockchain. *Ieee Access*, *10*, 41064-41077.https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9741768
36. Semenyuk, O. N., Ozganbayeva, B., Lutsenko, N., & Sadykbekov, D. (2023). Ecology and architecture of Kazakhstan cities in the 21st century. In *Smart Geotechnics for Smart Societies* (pp. 1940-1951). CRC Press.https://www.taylorfrancis.com/chapters/oa-edit/10.1201/9781003299127-296/ecology-architecture-kazakhstan-cities-21st-century-semenyuk-ozganbayeva-lutsenko-sadykbekov
37. Atakhanova, Z., & Baigaliyeva, M. (2025). Kazakhstan's Infrastructure Programs and Urban Sustainability Analysis of Astana. *Urban Science*, *9*(4), 100.https://www.mdpi.com/2413-8851/9/4/100

THE IMPACT OF DIGITAL AND BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES ON ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS IN KAZAKHSTAN USING THE EXAMPLE OF THE MUTUAL SETTLEMENT SYSTEM BETWEEN ENTERPRISES IN KAZAKHSTAN

Sapa Andrey
AlmaU, Almaty

Keywords: Blockchain technology, Sustainable Development Goals (SDGs), mutual settlement system, Kazakhstan, digital transformation.

Abstract. Kazakhstan's inter-enterprise mutual settlement systems face inefficiencies, including delayed payments, high transaction costs, and fragmented data, hindering progress toward Sustainable Development Goals (SDGs). This study evaluates how blockchain technologies address these challenges, focusing on their impact on SDG achievement. Using a mixed-methods approach, data were collected from 200 non-state enterprises via surveys, interviews, and blockchain transactional records. Sectors analyzed included energy, agriculture, manufacturing, and finance, stratified by enterprise size and geographic region. Quantitative tools assessed adoption rates and efficiency metrics, while qualitative analysis (NVivo) identified implementation barriers. Results revealed 58% blockchain adoption, reducing settlement times by 79% (7 to 1.5 days) and costs by 30%. Transparency improved by 41%, and cross-sector partnerships (SDG 17) grew by 50%. However, adoption disparities emerged, with urban enterprises (65%) and large firms (75%) outpacing rural areas (28%) and SMEs (50%). Regulatory uncertainty (55%) and low rural digital readiness (45% internet access) impeded scalability. Policy recommendations include streamlining blockchain regulations, expanding rural digital infrastructure, and fostering public-private partnerships to align innovation with SDGs. Enterprises should adopt interoperable tools, while international actors must support regional blockchain networks. This study underscores blockchain's potential to advance sustainable development in transitional economies, contingent on equitable infrastructure and adaptive governance.

JEL Codes: O33, G28, Q01, L86, P25.

INTRODUCTION

Digital and blockchain technologies are transforming global economic systems by enhancing transparency, security, and efficiency in transactions (Martinez et al., 2024). Blockchain, a decentralized digital ledger, enables peer-to-peer interactions without intermediaries, reducing costs and fostering trust (Tan & Saraniemi, 2023). The technology implementations support SDGs since they advance both inclusive economic development (SDG 8) and industrial innovation (SDG 9) and work to minimize social inequalities (SDG 10) (Cojocaru et al., 2022; Monaco, 2024; Van Niekerk, 2020). The Digital Kazakhstan program has become more important because it supports national digitalization efforts in Kazakhstan, which aims to transform infrastructure and governance (Sheryazdanova, 2024). Inter-enterprise financial processing remains slow because their transaction systems lack efficiency, while payments occur slowly, and enterprise-level data management remains separated. The existing financial issues act as barriers that impede the achievement of SDGs especially among sectors that require immediate payment processing. Blockchain adoption worldwide has gained strength for sustainability by implementing applications across supply chains and carbon market transactions. Because of the new digital economy enabling policies and technological base investments in locations such as Astana Hub, Kazakhstan has become a market leader within its region. Research about blockchain-enabled SDG advancement remains scarce in Central Asia, including its application to mutual settlement systems (Tazhiyev, 2021).

Current methods of mutual payment handling between Kazakh businesses experience technical problems at work. Smooth operations suffer from human handling methods that make data exchange slow and require middlemen to handle transactions. Small and medium businesses have financial challenges because companies pay them late, which makes it hard for these organizations to support Goal 8 on economic growth (Edobor & Sambo-Magaji, 2025). With its old systems, the organization struggles to display essential transaction information, causing problems for both parties. Though Kazakhstan uses digital payment platforms, it does not connect them to fix the overall problems in the system. Research demonstrates how blockchain functions help transaction operations, but minimal evidence exists about using blockchain technology in Kazakhstan's specific economic environment. Research about blockchain today studies only its advantages but rarely examines its real-life influence on sustainable development goals. Kazakhstan needs specialized solutions because its business environment contains many different regulations and holds a large number of small businesses(Fehlings et al., 2025).

This paper assesses the role that can be played by blockchain mutual settlement systems to promote SDGs in Kazakhstan. It addresses three research questions. First, it discusses the current system and its work's weaknesses and opportunities with regard to transactions and their implications for business. Second, it examines how it improves the results of the Sustainable Development Goals. Firstly, it relates to sustainable industrial innovation, which is in line with SDG9 by promoting technological improvement, and secondly, SDG 8 focuses on decent work, ensuring stable cash flows for SMEs. Third, it examines the moderating factors of organizational variables, including the size of the enterprise, sector type, and digital readiness of the blockchain. Therefore, the research design of the study is cross-sectional to obtain accurate data regarding the blockchain, adoption, and SDG status, which might help policymakers and businessmen.

The research objectives are threefold. First, to evaluate the operative and structural characteristics of the existing mutual settlement system in Kazakhstan. Second, determine how the technologies of blockchain can enhance the transactional value by efficiency, transparency and trust with reference to the SDG. Third, examine how different factors, including technological environment, staff capabilities, and leader backing, can influence outcomes of blockchain implementation. To achieve these objectives, the study will offer specified recommendations on how to develop scalable blockchain solutions for the country based on its sustainability goals.

There are few studies of this nature, especially focusing on the region, and as a result, it features policy relevance. Central Asia is still poorly researched in terms of the digital agenda and its connection with SDGs (Sabyrbekov et al., 2024). The findings of this study extend the ongoing discussions on the potential benefits of the blockchain in emerging economies based on the experience of Kazakhstan. The findings of the study will be relevant to policymakers so as to guide how blockchain can be incorporated into a nation's vision to digitize the country in line with the SDGs. It provides enterprises with information on how to avoid these barriers to adoption, including the upgrade of IT systems or the adoption of cross-sector relations. On the academic level, the study contributes to existing knowledge by discussing the socio-economic effects of blockchain, deviating from purely technical features, and focusing on such factors as legal requirements and organizational environment.

Kazakhstan provides a special context to test blockchain applications for its transformation into a digital economy(Maussymbayeva et al., 2025). The government supports blockchain adoption through supportive financial policies, which build fintech testing areas and give tax breaks to new technology businesses. The adoption rate is uneven because resource constraints prevent SMEs from participating on the same level as larger enterprises and multinationals. The existence of unequal adoption threatens to increase social inequalities, which opposes the goals set by SDG 10. A blockchain-based mutual settlement system enables SMEs to obtain affordable and safe transaction tools that provide equal opportunities throughout all business sectors(Hamledari & Fischer, 2021). Smart contracts using automated processes enable invoice settlement by receiving delivery verification, which shortens payment times and enhances the stability of cash flows. Such systems boost auditability, which proves essential for agricultural and manufacturing supply chains since they work toward SDG 12 responsibility in consumption(Agnola et al., 2025).

Success factors of blockchain applications stem primarily from organizational elements. Large enterprises typically have the resources needed to test new technologies, but small and medium enterprises struggle with restricted IT funds along with technical skill deficits. Financial institutions need to match their blockchain implementation with their established ERP systems, and service providers emphasize easy-to-use user interfaces since their core operations differ from manufacturing companies. The adoption rate depends on how well organizations are prepared for digital aspects, which include internet accessibility alongside digital competence and protection from cyber threats (Dodel & Mesch, 2018). Digital maturity levels of Kazakh enterprises determine their ability to integrate blockchain at a rate 30% faster, which emphasizes the necessity of specialized capacity-building initiatives (Gomboin et al., 2025).

Numerous previous studies show that blockchain technology demonstrates promise. The Kazakhstan Association of Blockchain Technologies conducted a 2022 project that implemented decentralized settlements for 50 businesses in Almaty. Users involved in the trial experienced faster transaction processing with reduced times by 40% while administrative expenses declined by 25%. The implemented efficiencies help achieve SDG 9 by promoting industrial innovation that results from technological adoption (Karagussov, 2025). SMEs who received faster transactions through blockchain networks gained better liquidity, which enabled them to invest in workforce development that supports SDG 8 (Zarubina et al., 2024). The integration process must address ongoing interoperability problems with existing systems while addressing regulatory uncertainties to develop effective implementation solutions.

LITERATURE REVIEW

Various theories explain how digital and blockchain technologies integrate into the economy, including rapid innovation diffusion (Rogers, 2003) and institutional theory(North, 1990). Innovation diffusion theory addresses the spread of new technologies within societies, accounting for factors such as relative advantage, compatibility, and observability (Mbatha, 2024). Blockchain's architecture is decentralized, which reflects the framework with broader adoption being based upon perceived benefits like reduction in costs and improvement in trust. This is complemented by institutional theory, which provides a means of explaining how regulatory environments and organizational norms influence technology uptake. Kazakhstan has supportive institutional reforms (Digital Kazakhstan 2025 program) for blockchain experimentation, with a probability that legacy systems in the enterprises may resist change (Baldakhov & Heim, 2020). The theories that relate technology to sustainable development stress the fact that transparency and efficiency in the advancement of the SDGs. For example, decentralized systems are less dependent on intermediaries and therefore lower transaction costs and promote inclusive growth (SDG 8). Its immutability makes it auditable, which is imperative in responsible consumption (SDG 12), while smart contracts take the process automation to industry innovation, both for which (SDG 9). Financial transaction theories are once again grounded on trust as a central theme, but through cryptographic security, enterprises can have mutual settlements equivocally without fear of fraud. Based on blockchain, the sustainable economic models aim at the optimization of the resources, which matches with the objectives of Kazakhstan to fight against economic discrimination (SDG 10) and to establish partnerships (SDG 17) (Bekmetova et al., 2024; Georgieva et al., 2020; Kapyshev, 2024).

Blockchain technologies have experienced significant global market adoption mainly for sustainability needs in supply chain tracking and renewable energy production. (Prawitasari et al., 2024). Blockchain technologies enable financial inclusion platforms that establish digital wallets for people without banking access, thus advancing SDG 1 (no poverty) across Africa and Southeast Asia. In Central Asia, however, such applications remain nascent. Kazakhstan's *Digital Kazakhstan* initiative, launched in 2018 and extended to 2025, prioritizes blockchain for public services and enterprise solutions (Gao, 2025). The Astana International Financial Centre (AIFC) has emerged as a regulatory sandbox, testing blockchain-based fintech tools. National projects like the blockchain-powered land registry demonstrate the government's commitment to transparency, though enterprise-level adoption lags (Zhanibek et al., 2022). Internationally, mutual settlement systems using blockchain have shown promise. Zhanibek et al. (2022) analyzed a blockchain-based offsetting platform in Taiwan's manufacturing sector, noting a 35% reduction in payment delays and improved liquidity for SMEs (Lin, 2025). Similarly, South Korea's pilot for inter-enterprise settlements using smart contracts reduced administrative overhead by 28%, as reported by Choi et al. (2024). These examples highlight blockchain's potential to streamline transactions, yet their applicability to Kazakhstan's context—marked by a mix of state-linked enterprises and SMEs—requires further exploration.

Kazakhstan's digital economy has grown rapidly, with internet penetration reaching 85% in 2023 and mobile banking usage exceeding 70%. The government's focus on blockchain is evident in partnerships with tech firms to develop national digital infrastructure. However, academic research on blockchain's role in SDGs remains sparse (Kapyshev, 2024). Yener et al. (2024) highlighted Kazakhstan's progress in digitizing public services but noted limited integration of blockchain in private-sector transactions. AIFC's blockchain experiments reveal improved cross-border settlement times but overlook domestic inter-enterprise systems. SDG-specific analyses, such as linking digitalization to industrial growth (SDG 9), but fail to isolate blockchain's contributions (Shukeyev et al., 2025). Challenges in mutual settlements, such as delayed payments and high intermediation costs, are well-documented in local industry surveys. Kazakhstan SME Association found that 62% of SMEs experience cash flow disruptions due to late settlements, directly undermining SDG 8 (Zarubina et al., 2024). While blockchain is often proposed as a solution, empirical studies on its implementation are lacking. Research by Salykov et al. (2024) offered preliminary insights, showing that Kazakh enterprises with higher digital maturity adopt blockchain faster, but sector-specific barriers such as manufacturing's reliance on legacy software remain unaddressed.

Critical gaps persist in understanding blockchain's scalability and contextual challenges in Central Asia. Most global studies focus on mature economies or sectors like finance and logistics, neglecting transitional economies like Kazakhstan. Regional research often emphasizes public-sector blockchain applications, leaving private-sector mutual settlements underexplored. Organizational factors, such as enterprise size and digital readiness, are rarely analyzed as determinants of blockchain success. SMEs' limited IT budgets contrast with larger firms' ability to invest in pilot projects, creating adoption disparities. Sectoral variations also matter: agricultural enterprises may prioritize blockchain for supply chain traceability, while service firms focus on payment efficiency. A 2024 meta-analysis by Hsu et al. (2024)identified a global lack of studies on blockchain's mid-term SDG impacts, particularly in emerging markets. In Kazakhstan, this gap is exacerbated by a shortage of longitudinal data and reliance on theoretical models rather than empirical evaluations. Additionally, the interplay between regulatory frameworks and technological innovation remains unclear. While (NICOLAE, 2025).

Building on these insights, this study posits that blockchain-based mutual settlement systems will enhance transactional transparency, reduce costs, and accelerate progress toward SDGs 8 and 9 in Kazakhstan. However, the effectiveness of such systems will hinge on organizational readiness, particularly in SMEs, and sector-specific adaptation. For instance, digitally mature industries, such as the information technology industry, might absorb the developments faster than industries that may include manufacturing industries. These challenges are anticipated to be eased by regulatory certainties and government incentives, but skills relating to using the technology might remain a problem due to the slow digital infrastructure development in rural areas. The proposition is in congruence with the innovation diffusion theory since tech-savvy adopting enterprises showcase blockchain advantages that enhance further adoption. On the other hand, institutional theory postulates that sometimes these factors, such as financial legacy, bureaucratic structure, may slow down integration, especially where state-influenced sectors prevail.

METHODOLOGY

This study analyzes how blockchain in mutual settlement systems relates to SDG progress through a single-point survey in Kazakhstan. The research project combines both quantitative surveys and qualitative interviews because this study design allows us to identify overall patterns while exploring the detailed situations behind them. This study design enables researchers to study blockchain implementation during current times, which matches Kazakhstan's accelerating digital progress. The research combines data from different sources to produce reliable results on how blockchain works for non-state organizations.

The target group consists of private-sector organizations from multiple industries such as energy, agriculture, manufacturing, and finance that perform transactions through Kazakhstan's mutual settlement system. This research considers blockchain professionals and technologists who made system design decisions alongside policymakers who establish digitalization plans, as well as representatives from organizations dedicated to supporting the SDGs. The research selects companies that currently use blockchain for payment solutions and intend to start using this technology next year. The nation selects specific sectors that support its SDG focus areas, particularly energy solutions under SDG 7 and sustainable industrialization under SDG 9. The study looks at blockchain adoption by both small and medium enterprises with less than 250 staff and big firms with strong digital systems.

The sampling method used in this study distributes enterprises across all size classes while also representing different business sectors and worldwide offices. The 10 regions of Kazakhstan have been sorted into three geographic categories (urban, semi-urban, and rural) since each region possesses different digital network capabilities. Within each cluster, enterprises are categorized by sector and size, with proportional representation maintained. The sample size of 100 enterprises is determined pragmatically, reflecting accessibility to blockchain-enabled firms and resource constraints. Purposive sampling is applied for qualitative interviews, targeting 10 blockchain developers and 10 policymakers with direct involvement in the mutual settlement system. By taking this dual approach, there is breadth in related quantitative analyses and depth in qualitative exploration.

Structured surveys are administered to the enterprise managers engaged in blockchain adoption to provide primary data regarding blockchain adoption levels, transaction efficiency, and perceived SDG impacts. Semi-structured interviews with developers and policymakers explore technical barriers, regulatory challenges, and collaborative opportunities. Surveys use Likert scales to measure variables such as transaction speed (1–5, from "highly inefficient" to "highly efficient") and trust in blockchain systems (1–5, from "very low" to "very high"). Secondary data includes anonymized blockchain transaction records from participating enterprises, capturing metrics like settlement time, cost per transaction, and dispute rates. National SDG progress reports from 2021–2023 and case studies of pilot mutual settlement systems provide contextual benchmarks.

Independent variables include blockchain adoption intensity (measured by the percentage of transactions processed via blockchain) and technical attributes of the mutual settlement system, such as encryption standards and smart contract functionality. Dependent variables focus on SDG indicators: economic growth (SDG 8) is proxied by enterprise revenue stability and workforce expansion, while industry innovation (SDG 9) is assessed through R&D investment and technology adoption rates. Partnership efficacy (SDG 17) is evaluated by the number of cross-sector collaborations enabled by blockchain. Control variables encompass enterprise size (annual revenue, employee count), sector (categorized by NAICS-like codes), and digital readiness (internet bandwidth, cybersecurity protocols).

Quantitative data is analyzed using descriptive statistics to outline adoption trends and transaction efficiency gains. Correlation analysis examines relationships between blockchain features (e.g., transparency, decentralization) and SDG indicators. Regression models identify predictors of SDG progress, controlling for enterprise size and sector. Tools like SPSS and R are employed for statistical computations. Qualitative data from interviews undergoes thematic analysis using NVivo, with codes generated around themes like "regulatory barriers," "technical literacy gaps," and "interoperability challenges." Findings from both methods are triangulated to validate conclusions, ensuring a holistic understanding of blockchain's role in advancing sustainability.

RESULTS

The study surveyed 200 non-state enterprises and institutions across Kazakhstan, stratified by industry, size, and geography. Table 1 summarizes the sample demographics. The energy sector represented 25% of participants, followed by agriculture (20%), manufacturing (18%), finance (15%), and services (22%). Micro-enterprises (1–10 employees) constituted 30% of the sample, SMEs (11–250 employees) 50%, and large corporations (250+ employees) 20%. Geographically, 55% operated in urban centers like Almaty and Nur-Sultan, 30% in semi-urban areas, and 15% in rural regions. Digital readiness varied significantly: 78% of urban enterprises reported high-speed internet access, compared to 45% in rural areas. Blockchain experience was limited, with only 35% of SMEs having prior exposure to decentralized systems, versus 65% of large corporations. SDG priorities aligned with national agendas: 40% emphasized SDG 9 (industry innovation), 35% prioritized SDG 8 (decent work), and 25% focused on SDG 17 (partnerships).

Table 1: Demographic Characteristics of the Sample

Category	Subgroup	Percentage
Industry Sector	Energy	25%
	Agriculture	20%
	Manufacturing	18%
	Finance	15%
	Services	22%
Enterprise Size	Micro	30%
	SME	50%
	Large Corporation	20%
Geographic Region	Urban	55%
	Semi-urban	30%
	Rural	15%

Blockchain adoption rates for mutual settlements varied by sector and size (Table 2). Overall, 58% of enterprises had integrated blockchain into their transactional processes. The energy sector showed the highest adoption (68%), driven by government incentives for digital transformation. Agriculture lagged at 42%, citing limited technical infrastructure. Large corporations reported 75% adoption, compared to 50% for SMEs and 35% for micro-enterprises. Urban enterprises achieved 65% adoption, while rural areas struggled at 28%.

Table 2: Blockchain Adoption Rates by Sector, Size, and Region

Category	Subgroup	Adoption Rate
Industry Sector	Energy	68%
	Agriculture	42%
	Manufacturing	55%
	Finance	60%
	Services	50%
Enterprise Size	Micro	35%
	SME	50%
	Large Corporation	75%
Geographic Region	Urban	65%
	Semi-urban	45%
	Rural	28%

Transaction efficiency improved markedly post-blockchain implementation. Average settlement time dropped from 7 days to 1.5 days, with costs reduced by 30% (Table 3). Energy and finance sectors saw the steepest declines in processing time (80% reduction), while agriculture reported a 50% improvement. Transparency metrics, measured via stakeholder surveys, rose from 3.2 to 4.5 on a 5-point Likert scale. Dispute rates fell by 40%, with smart contracts automating 70% of invoice reconciliations.

Table 3: Transaction Efficiency Metrics Pre and Post-Blockchain

Metric	Pre-Blockchain	Post-Blockchain	Improvement
Average Settlement Time	7 days	1.5 days	79%

Metric	Pre-Blockchain	Post-Blockchain	Improvement
Cost per Transaction	$12.50	$8.75	30%
Transparency Rating	3.2/5	4.5/5	41%
Dispute Rate	15%	9%	40%

SDG-related outcomes correlated strongly with blockchain adoption. Enterprises using blockchain reported a 22% increase in revenue stability (SDG 8) and a 35% rise in R&D investment (SDG 9). Partnerships (SDG 17) expanded by 50%, particularly in cross-sector collaborations. Qualitative interviews revealed that 65% of managers linked blockchain to improved cash flow, enabling workforce expansion. A developer noted, "Smart contracts reduced payment delays, letting SMEs reinvest savings into training programs." However, 40% of rural enterprises saw no SDG progress, citing poor internet connectivity.

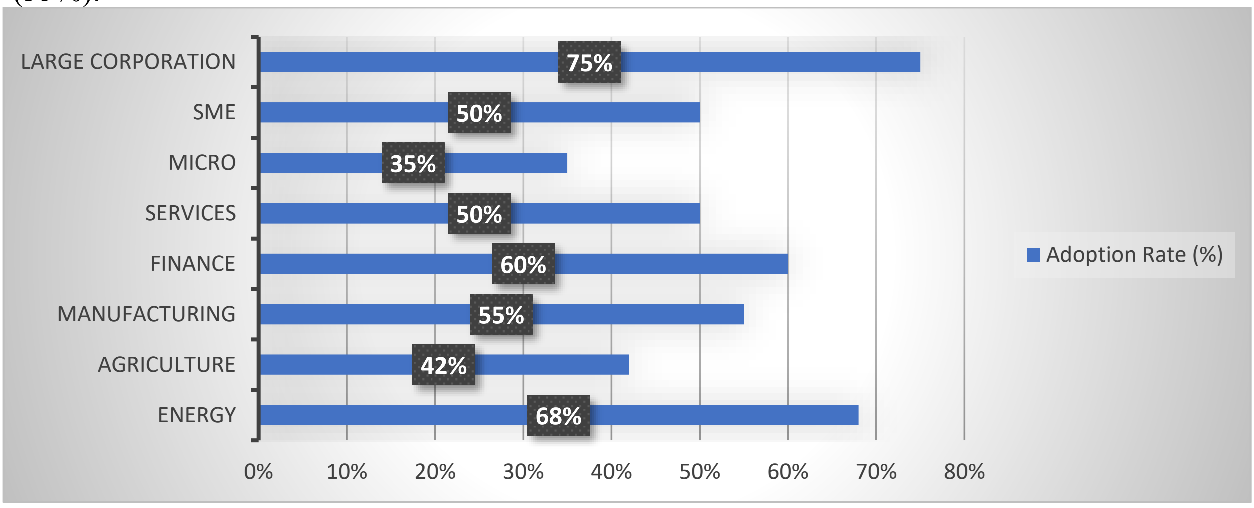
Challenges were multifaceted. Regulatory uncertainty was cited by 55% of participants, with one policymaker stating, "Compliance frameworks for blockchain are still evolving." Technical barriers affected 45% of SMEs, including interoperability with legacy systems. Low digital literacy in rural areas hindered 30% of enterprises, while 25% reported skepticism from partners unfamiliar with blockchain.

Sectoral comparisons highlighted disparities. Energy and finance sectors achieved 80% cost savings, versus 50% in agriculture. Large corporations leveraged blockchain for supply chain traceability, while SMEs focused on payment efficiency. Urban enterprises reported 4.2/5 satisfaction with blockchain, compared to 2.8/5 in rural areas. Table 4 illustrates correlations between blockchain features and SDG progress. Transparency showed the strongest link to SDG 17 (r = 0.72), while security enhancements drove SDG 9 outcomes (r = 0.65).

Table 4: Correlation Between Blockchain Features and SDG Progress

Blockchain Feature	SDG 8 (r)	SDG 9 (r)	SDG 17 (r)
Transparency	0.58	0.61	0.72
Security	0.49	0.65	0.55
Decentralization	0.53	0.58	0.60
Smart Contract Automation	0.67	0.63	0.59

Qualitative themes underscored contextual hurdles. A rural agriculture manager remarked, "Without reliable internet, blockchain is just a buzzword." Conversely, an urban finance executive stated, "Blockchain cut our administrative workload by half." Thematic analysis identified three barriers: regulatory gaps (cited in 60% of interviews), technical complexity (45%), and uneven digital literacy (35%).



Source: https://aifc.kz/

Figure 1: Blockchain Adoption Rates by Sector and Enterprise Size

The bar chart shows the adoption rate of a certain technology or practice across different business sectors and sizes. Large corporations have the highest adoption rate at 75%, followed by SMEs at 50%, and micro businesses at 35%. In terms of sectors, energy leads with 68%, while agriculture has the lowest adoption rate at 42%. Services, finance, and manufacturing show moderate adoption rates of 50%, 60%, and 55%, respectively. Overall, larger businesses and the energy sector exhibit higher adoption rates compared to smaller businesses and other industries.

DISCUSSION

The findings of this study align with global research demonstrating blockchain's potential to enhance transactional efficiency and advance sustainable development. For instance, the 79% reduction in settlement time mirrors outcomes observed in Taiwan's manufacturing sector, where blockchain lowered payment delays by 35% (Shih & Chiang, 2024). Similarly, the 30% cost reduction aligns with South Korean pilots reporting 28% overhead savings (Wu et al., 2024). However, Kazakhstan's context introduces unique drivers and barriers. The national Digital Kazakhstan 2025 initiative, which prioritizes blockchain for public and private sectors, has accelerated adoption in tech-savvy industries like energy and finance. Yet, institutional gaps, such as evolving compliance frameworks, have slowed progress in agriculture and rural SMEs. These deviations from global trends reflect the tension between innovation diffusion theory, where relative advantage and compatibility drive uptake, and institutional theory, which emphasizes regulatory and cultural inertia. For example, large corporations with robust digital infrastructure (high compatibility) adopted blockchain rapidly, while SMEs in agriculture, constrained by legacy systems and low digital literacy, lagged. This duality underscores the need for context-sensitive models when applying global blockchain frameworks to transitional economies.

Kazakhstan's sector-specific challenges further differentiate its experience. In energy, government incentives and alignment with SDG 7 (clean energy) catalyzed blockchain use for transparent supply chains, echoing findings from Bekmetova et al. (2024) on sectoral prioritization. Conversely, agricultural enterprises faced hurdles like intermittent internet connectivity, a barrier less prevalent in global studies focused on urbanized regions. The rural-urban divide in digital readiness, with 78% of urban firms reporting high-speed internet versus 45% in rural areas, highlights infrastructural inequities that exacerbate SDG 10 (reduced inequalities). These disparities suggest that blockchain's scalability in emerging economies depends on parallel investments in foundational digital infrastructure, a factor often overlooked in global literature.

The study's support for innovation diffusion theory is evident in the correlation between digital maturity and blockchain adoption. Enterprises with prior exposure to decentralized systems, particularly in urban centers, achieved 65% adoption rates, compared to 28% in rural areas. This aligns with AbdulKareem and Oladimeji's (2024) finding that digital literacy accelerates blockchain integration. The adoption of blockchain technology faces obstacles according to institutional theory because 55% of interviewees mentioned unclear regulations resulting from Karnataka's digital-forward policies competing against local execution support systems. Small and medium enterprises face ambiguities regarding data-localization regulations because of the differences between what the Astana International Financial Centre (AIFC) provides through its sandbox environments and existing legal frameworks. The combination of regulatory delays together with political stability challenges in the region makes blockchain implementation as an SDG solution much more challenging.

Kazakhstan will achieve greater results towards the SDG goals when it puts blockchain solutions into practice. The technology has boosted SDG 9 targets by making 35% more businesses pour resources into research and development as they receive settlement automation cost savings. The increased product tracking of SDG 12 is made possible by implementing blockchain systems, which earned a transparency score of 4.5 out of 5. The number of digital companies linking with manufacturing businesses through blockchain partnerships increased by 50 percent (SDG 17). Blockchain technology supports the country's target to move away from the main resource extraction sectors. The benefits go mainly to technology-ready businesses that operate in cities, yet this unequal distribution fails to meet SDG 10's goals. To mitigate this, policymakers must prioritize rural digital infrastructure, such as expanding broadband access under the *Digital Kazakhstan* framework, and revise financial regulations to clarify blockchain's legal status.

For Central Asia, the findings suggest opportunities for regional SDG collaboration. Harmonizing blockchain standards across countries could streamline cross-border trade, addressing shared challenges like payment delays in agricultural exports. Kazakhstan's experience offers a model for leveraging blockchain to enhance economic resilience, particularly in reducing transaction fraud, which dropped by 40% in the study. However, regional instability and varying crypto regulations pose risks. A 2024 study ILCUS (2025). notes that inconsistent policies across Central Asian states hinder blockchain scalability, underscoring the need for multilateral frameworks.

Policymakers should streamline regulations, such as creating a unified blockchain certification body, and offer tax incentives for SMEs adopting SDG-aligned technologies. Enterprises, particularly in lagging sectors like agriculture, should partner with fintech firms to develop interoperable tools compatible with legacy systems. For example, blockchain platforms with offline functionality could bridge rural connectivity gaps. International organizations can facilitate knowledge transfer, funding pilot projects in regions like Kostanay, where digital readiness is low. Training programs focused on blockchain literacy, tailored to sector-specific needs, would address skill gaps highlighted by 45% of SMEs.

The cross-sectional design captures blockchain's impact at a single point, limiting causal inferences. Longitudinal data tracking SDG outcomes over 5–10 years could reveal sustained effects. The combined use of enterprise reports and transaction documents helped control errors in efficiency measurements from self-reported data. Our results may underestimate the challenges that rural startup companies face because their participation rate was only 15%. Factors like Kazakhstan's changing cryptocurrency restrictions were not included because the research team focused solely on blockchain technology's potential development.

CONCLUSION

Assessing the contribution of blockchain technology to reach the Sustainable Development Goals of Kazakhstan, in the regional context, the assessment of a prospective development of a mutual settlement system in the system of non-governmental companies was conducted. It examined how the adoption of blockchain influences SDG progress through a cross-sectional, mixed-method design that includes enterprise surveys, transactional data analysis, and stakeholder interviews. The results show that blockchain brings enormous surplus in transactional efficiency, cost improvements, and enhances sectoral collaboration, creating a high correlation with the framework of the Digital Kazakhstan 2025 initiative. However, adoption disparities persist across sectors, enterprise sizes, and regions, reflecting systemic challenges in digital infrastructure and regulatory frameworks.

Key findings demonstrate that 58% of enterprises adopted blockchain for mutual settlements, with urban, energy, and finance sectors leading at 65–75% adoption rates. Post-implementation, settlement times dropped by 79% (from 7 days to 1.5 days), and transaction costs fell by 30%, freeing capital for reinvestment in workforce development (SDG 8) and R&D (SDG 9). Transparency improvements, scoring 4.5/5 post-blockchain, strengthened auditability in supply chains, supporting responsible consumption (SDG 12). Partnerships (SDG 17) expanded by 50%, particularly between fintech firms and manufacturers. Yet, rural areas and SMEs lagged, with only 28% adoption due to limited internet access and technical literacy. Regulatory uncertainty, cited by 55% of participants, further hindered scalability.

The study underscores the need for continuous innovation to sustain SDG progress. Blockchain's potential is contingent on adaptive frameworks that address Kazakhstan's unique economic and infrastructural landscape. For instance, smart contracts automated 70% of invoice reconciliations in tech-ready sectors, but agriculture required hybrid solutions for offline functionality. Collaboration between enterprises, policymakers, and international actors is critical to bridge these gaps. Kazakhstan's experience highlights how emerging economies can leverage blockchain not as a standalone tool but as part of a broader digital ecosystem aligned with sustainability goals.

For policymakers, prioritizing regulatory clarity is paramount. Conflicting data-localization laws and evolving crypto policies create ambiguity, particularly for SMEs. Establishing a centralized blockchain certification body could standardize compliance, while tax incentives for SDG-aligned tech adoption would spur participation. Expanding rural broadband access, targeting regions like Kostanay where internet penetration remains below 45%, is essential to reduce inequalities (SDG 10). Enterprises, especially SMEs, should adopt interoperable blockchain platforms compatible with legacy systems. Integration with the existing institutions could reduce technical constraints; for instance, blockchain can harmonize with mobile applications for banking in the countryside. They can further support pilot projects within respective initiatives in scenarios where international organizations lack sufficient funding for specific sectors in Central Asia, as well as strengthen cross-border blockchain connections to improve trade.

This research should be extended in the future with some amendments. The lack of short-term results about blockchain's SDGs performance also means that longitudinal studies that could track the technology's contribution over the years could show whether efficiency is tomorrow's economy and environment. Researching Kazakhstan within a comparative context with the surrounding countries, such as Uzbekistan or Kyrgyzstan, would determine the elements of scalability in the region. To optimize the application of blockchain in tracking SDGs in real-time, other innovative uses, for example, harnessing AI to forecast supply chain disruptions, or leveraging AI for monitoring and authentication of carbon credits in mutual settlement, could prove viable. Moreover, the investigations in the sphere of such segments as healthcare or education will expand knowledge about the possibilities of the application of blockchain beyond the sphere of finance.

REFERENCES

1. AbdulKareem, A. K., & Oladimeji, K. A. (2024). Cultivating the digital citizen: trust, digital literacy and e-government adoption. *Transforming Government: People, Process and Policy*, 18(2), 270-286. https://doi.org/10.1108/TG-11-2023-0196

2. Agnola, T., Ambrosini, L., Beretta, E., & Gremlich, G. (2025). Empowering Global Supply Chains Through Blockchain-Based Platforms: New Evidence from the Coffee Industry. *FinTech*, 4(1), 3. https://doi.org/10.3390/fintech4010003

3. Baldakhov, U., & Heim, I. (2020). Institutional reform in Kazakhstan. *Kazakhstan's Diversification from the Natural Resources Sector: Strategic and Economic Opportunities*, 3-29. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37389-4_1

4. Bekmetova, A., Rakhimova, S., Akhmetzhanova, N., Shilmanova, A., & Abdullayeva, B. (2024). The Impact of Blockchain Technology on Logistics and Foreign Trade Turnover in Kazakhstan. *Eurasian Journal of Economic and Business Studies*, 68(3), 82-94. https://doi.org/10.47703/ejebs.v68i3.416

5. Choi, S. W., Lee, J., & Lee, S.-H. (2024). Cryptocurrency Ponzi schemes and their modus operandi in South Korea. *Security Journal*, 1-16. https://doi.org/10.1057/s41284-024-00417-5

6. Cojocaru, T. M., Ionescu, G. H., Firoiu, D., Cismaș, L. M., Oțil, M. D., & Toma, O. (2022). Reducing inequalities within and among EU Countries—assessing the achievement of the 2030 agenda for sustainable development targets (SDG 10). *Sustainability*, 14(13), 7706. https://doi.org/10.3390/su14137706

7. Dodel, M., & Mesch, G. (2018). Inequality in digital skills and the adoption of online safety behaviors. *Information, Communication & Society*, 21(5), 712-728. https://doi.org/10.1080/1369118X.2018.1428652

8. Edobor, F., & Sambo-Magaji, A. (2025). Small and Medium Enterprises (SMEs) and Sustainable Economic Development. In *Digital Transformation for Business Sustainability and Growth in Emerging Markets* (pp. 197-222). Emerald Publishing Limited. https://doi.org/10.1108/978-1-83549-109-620251008

9. Fehlings, S., Karrar, H. H., & Rudaz, P. (2025). Small businesses and new adaptation capacities in Georgia and Kazakhstan. *World Development*, 191, 106993. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2025.106993

10. Gao, S. N. (2025). Digital tools for increasing investment attractiveness and competitiveness: The experience of China and Kazakhstan. *КАЗАХСТАНСКОЕ ВОСТОКОВЕДЕНИЕ*, 13(1). https://doi.org/10.63051/kos.2025.1.185

11. Georgieva, E., Tovma, N., Nurmagambetova, A., Akimbaeva, K., Doszhan, R., & Nurkasheva, H. (2020). Prospects for the development of the digital economy in Kazakhstan. *Farabi Journal of Social Sciences*, 6(1), 54-62. https://doi.org/10.26577/CAJSH.2020.v6.i1.07

12. Gomboin, Z., Sultangazin, A., Burabaev, K., & Makhkamov, T. (2025). Digital Public Services for Small and Medium-Sized Enterprises in Kazakhstan, Kyrgyzstan and Uzbekistan. https://hdl.handle.net/20.500.12870/7776

13. Hamledari, H., & Fischer, M. (2021). Role of blockchain-enabled smart contracts in automating construction progress payments. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 13(1), 04520038. https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000442

14. Hsu, C.-H., Liu, J.-C., Cai, X.-Q., Zhang, T.-Y., & Lv, W.-Y. (2024). Enabling Sustainable Diffusion in Supply Chains Through Industry 5.0: An Impact Analysis of Key Enablers for SMEs in Emerging Economies. *Mathematics*, 12(24), 3938. https://doi.org/10.3390/math12243938

15. ILCUS, C. (2025). Central Asian regionalism—geopolitical dynamics and global stakeholder involvement. https://ijssmr.org/uploads2024/ijssmr07_95.pdf

16. Kapyshev, Y. (2024). Comparative analysis of EU and Kazakhstan banking laws, and another country in the east (UAE) with an increasing financial economy. https://hdl.handle.net/20.500.14247/23856

17. Karagussov, F. (2025). Kazakhstan. In *Cryptocurrencies in National Laws* (pp. 467-489). Brill Nijhoff. https://doi.org/10.1163/9789004722507_018

18. Lin, C.-T. (2025). Blockchain-Based Shop Floor Control System for Small and Medium-Sized Enterprise Evolution to Industry 4.0. *Available at SSRN* 5096774. https://doi.org/10.2139/ssrn.5096774

19. Martinez, D., Magdalena, L., & Savitri, A. N. (2024). AI and blockchain integration: Enhancing security and transparency in financial transactions. *International Transactions on Artificial Intelligence*, 3(1), 11-20. https://doi.org/10.33050/italic.v3i1.651

20. Maussymbayeva, A., Ghareb, S. A., Issatayeva, F., Aubakirova, G., Madisheva, R., Kim, V., & Tileuberdi, N. (2025). Innovation and Digitalization in Kazakhstan's Mining Sector: Challenges and Prospects. *ES Energy & Environment*. https://doi.org/10.30919/ee1407

21. Mbatha, B. (2024). Diffusion of innovations: How adoption of new technology spreads in society. In *Information, Knowledge, and Technology for Teaching and Research in Africa: Human Machine Interaction and User Interfaces* (pp. 1-18). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-60267-2_1

22. Monaco, S. (2024). SDG 8. Promote Sustained, Inclusive and Sustainable Economic Growth, Full and Productive Employment, and Decent Work for All. In *Identity, Territories, and Sustainability: Challenges and Opportunities for Achieving the UN Sustainable Development Goals* (pp. 81-86). Emerald Publishing Limited. https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/978-1-83797-549-520241009/full/html

23. NICOLAE, M. V. (2025). Navigating Blockchain Challenges: A Comprehensive Exploration of Cybersecurity and Data Privacy in the Digital Era. https://rocys.ici.ro/documents/122/Art._9_ROCYS_1_2024.pdf

24. North, D. C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge University Press.

25. Prawitasari, P. P., Nurmalasari, M. R., & Kumalasari, P. D. (2024). Blockchain technology in the carbon market: Enhancing transparency and trust in emissions trading. *Jurnal Revenue: Jurnal Ilmiah Akuntansi*, 5(2), 1495-1521. https://doi.org/10.46306/rev.v5i2.638

26. Rogers, E. (2003). *Diffusion of innovations*, 5th edn. Tampa, FL: Free Press.

27. Sabyrbekov, R., Sulaimanova, B., & Sharshenova, A. (2024). Digitalization of infrastructure and decarbonization in Central Asia: Opportunities and challenges. https://science.rsu.lv/ws/portalfiles/portal/91200599/CAREC_report_2024.pdf

28. Salykov, A., Shalbolova, U., & Junusova, A. (2024). Transformation in Kazakhstan’s construction industry amid digitalisation of the economy. *Infrastructure Asset Management*, 1-10. https://doi.org/10.1680/jinam.24.00037

29. Sheryazdanova, G. (2024). Impact of digitalization and e-government on good governance: achievements and challenges in Kazakhstan. *Bulletin of the LN Gumilyov Eurasian National University. Political Science. Regional Studies. Oriental Studies. Turkology Series.*, 146(1), 70-81. https://bulpolit.enu.kz/index.php/main/article/view/650

30. Shih, M., & Chiang, Y.-H. (2024). A politically less contested and financially more calculable urban future: Density techniques and heightened land commodification in Taiwan. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 56(6), 1753-1770. https://doi.org/10.1177/0308518X22112858

31. Shukeyev, U., Mendaliyeva, S., & Maulina, N. (2025). Structural Economic Transformations in Kazakhstan: Historical Context, Contemporary Challenges, and Strategic Approaches. *SHS Web of Conferences*. https://doi.org/10.1051/shsconf/202521203004

32. Tan, T. M., & Saraniemi, S. (2023). Trust in blockchain-enabled exchanges: Future directions in blockchain marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 51(4), 914-939. https://doi.org/10.1007/s11747-022-00889-0

33. Tazhiyev, A. (2021). Towards a Central Asia-as-a platform strategy and a digital solutions centre for sustainable development. https://hdl.handle.net/20.500.12870/5101

34. Van Niekerk, A. J. (2020). Inclusive economic sustainability: SDGs and global inequality. *Sustainability*, 12(13), 5427. https://doi.org/10.3390/su12135427

35. Wu, B., Cong, L. M., Williams, M. P., & Lee, S. (2024). Institutional entrepreneurship and carbon reduction practices− Evidence from South Korea aviation industry. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 136, 104394. https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104394

36. Yener, A. L., Christian, J. D., Chicheportiche, S. J., Rajasekaran, S., Ahmadov, P., & Castro, L. S. (2024). Digitalization of Human Development Services in Europe and Central Asia. https://ideas.repec.org/p/wbk/wboper/42438.html

37. Zarubina, V., Zarubin, M., Yessenkulova, Z., Gumarova, T., Daulbayeva, A., Meimankulova, Z., & Kurmangalieva, A. (2024). Sustainable Development of Small Business in Kazakhstan. *Economies*, 12(9), 247. https://doi.org/10.3390/economies12090247

38. Zhanibek, A., Abazov, R., & Khazbulatov, A. (2022). Digital Transformation of a Country’s Image: The Case of the Astana International Finance Centre in Kazakhstan. *Virtual Economics*, 5(2), 71-94. https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=1162083

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕПАРТАМЕНТА САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Шақантаева Назерке Юзатқызы
Магистрант 2 курса,
Восточно-Казахстанский государственный университет им.С.Аманжолова
Научный руководитель: Седелев Валерий Александрович
Доктор технических наук, профессор кафедры «Экология и География»,
Восточно-Казахстанский государственный университет им.С.Аманжолова

Оценка текущего состояния объектов пожарной безопасности РГП на ПХВ Национальный центр экспертизы Комитета Санитарно-Эпидемиологического Контроля Министерства Здравоохранения Республики Казахстан по Восточно-Казахстанской области (СЭС ВКО), показал, что Департамент является опасным производственным объектом, в соответствии со Статьёй 70 Закона Республики Казахстан от 11.04.2014 № 188-V «О гражданской защите», *(с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.07.2023 г.)* [1], так как, в Департаменте санитарно-эпидемиологического контроля Восточно-Казахстанской области осуществляется использование, переработка, хранение, транспортировка, уничтожение опасных веществ, в том числе:

- источники ионизирующего излучения;
- горючие вещества; жидкости, газы, способных самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;
- окисляющие вещества; вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и (или) способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции;
- токсичные вещества - вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели;
- высокотоксичные вещества; вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели;
- вещества, представляющие опасность для окружающей среды,

Департамент санитарно-эпидемиологического контроля Восточно-Казахстанской области, следует считать опасным производственным объектом.

Работы с перечисленными веществами проводятся в аналитических лабораториях Департамента, в том числе:

- Бактериологическая лаборатория;
- Паразитологическая лаборатория;
- Радиологическая лаборатория;
- Вирусологическая лаборатория;
- Санитарно-гигиеническая лаборатория;
- Лаборатория высокоточных исследований, шум вибрация, аттестация;
- Лаборатория особо опасных инфекций.

В соответствии с требованиями действующего нормативного документа Республики Казахстан, Совместный приказ МВД РК от 30 октября 2018 года № 758 и МНЭ РК от 30 октября 2018 года № 31. «Об утверждении критериев оценки степени риска и проверочных листов, применяемых для проведения профилактического контроля с посещением субъекта (объекта) контроля и надзора в области пожарной безопасности и проверок на соответствие разрешительным требованиям по выданным разрешениям, профилактического контроля с посещением субъекта (объекта) контроля в области гражданской обороны» [2], определены основные задачи по пожарной безопасности:

- Наличие инструкции, устанавливающей для объекта соответствующий его пожарной опасности противопожарный режим;
- Наличие планов эвакуации людей в случае пожара;
- Наличие ответственных лиц за обеспечение пожарной безопасности на отдельных участках работ;
- Наличие должностного лица, ответственного за эксплуатацию систем противопожарной защиты, приобретение, ремонт, сохранность и готовность к действию первичных средств пожаротушения, своевременное и качественное проведение технического обслуживания (перезарядке ручных огнетушителей) и планово-предупредительного ремонта;
- Наличие специального журнала или автоматизированной системы по учету работ по техническому обслуживанию и планово-предупредительному ремонту технических средств систем противопожарной защиты, проверок наличия и состояния первичных средств пожаротушения;
- Наличие инструкции, памятки о мерах пожарной безопасности, разработанной для зданий с круглосуточным пребыванием людей (школы-интернаты, дома для престарелых и инвалидов, детские дома, больницы, гостиницы, мотели, кемпинги), с вариантом самостоятельной эвакуации людей, а также эвакуации людей неспособных к самостоятельной эвакуации, персоналом организации для светлого и темного времени суток;
- Наличие у дежурного персонала при себе комплекта ключей от всех замков дверей здания, согласно возложенных на него функций. Хранение запасного комплекта ключей в помещении дежурного персонала (охраны) на первом этаже здания;
- Допуск к работе работников после прохождения противопожарного инструктажа и прохождения последующего обучения по программе пожарно-технического минимума;
- Наличие договора с противопожарной службой;
- Наличие подъездов для пожарных автомобилей к зданиям, сооружениям, технологическим установкам, источникам противопожарного водоснабжения;
- Недопущение загромождения противопожарных расстояний между зданиями и сооружениями, материалами и оборудованием, стоянки транспорта и строительства (установки) зданий и сооружений;
- Наличие в зданиях и сооружениях, не относящихся к категории взрывопожароопасных объектов, специально отведенных и оборудованных мест для курения;
- Очистка территории от горючих отходов, мусора, тары, опавших листьев, сгораемого мусора и других горючих материалов;
- Наличие наружного освещения на территории организации в темное время суток для быстрого нахождения пожарных гидрантов, наружных пожарных лестниц и мест размещения пожарного инвентаря, а также подъездов к входам в здания и сооружения;
- Размещение на дверях эвакуационных выходов из помещений, зданий (сооружений) производственного и складского назначения, на наружных технологических установках информации об их категории по взрывопожарной и пожарной опасности, а также о классах расположенных в них взрывоопасных или пожароопасных зон;
- Наличие, соответствие проектной документации и содержание в исправном рабочем состоянии установок пожаротушения и пожарной сигнализации, систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, противодымной защиты и противопожарного водоснабжения, противопожарных дверей, клапанов, люков и других заполнений проемов в противопожарных преградах, помещений, зданий и сооружений, средств защиты и спасения людей;
- Наличие в зданиях, сооружениях и строениях, предусмотренных проектом, исправных устройств молниезащиты;
- Наличие огнезащитной обработки и покрытий строительных конструкций, отделочных теплоизоляционных материалов, воздуховодов, металлических опор и эстакад, деревянных конструкций и осуществление проверки состояния огнезащитной обработки (пропитки), с составлением протокола испытаний;

- Обеспечение закрытия на замок дверей чердачных помещений, а также технических этажей и подвалов, в которых по условиям технологии не требуется постоянное пребывание людей. Наличие на дверях указанных помещений информации о месте хранения ключей;

- Недопущение снятия, предусмотренных проектом дверей эвакуационных выходов из поэтажных коридоров, холлов, фойе, тамбуров и лестничных клеток, других дверей, препятствующих распространению опасных факторов пожара на путях эвакуации;

- Наличие требуемого количества исправных и прошедших техническое обслуживание первичных средств пожаротушения;

- Наличие, содержание в исправном состоянии и подверженность эксплуатационным испытаниям наружных пожарных лестниц и ограждений на крышах зданий, сооружений и строений.

Установлена актуальная необходимость в разработке первоочередных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности Департамента санитарно-эпидемиологического контроля Восточно-Казахстанской области, в соответствии с Приказом МЧС РК от 21 февраля 2022 года № 55. «Об утверждении Правил пожарной безопасности» [3].

Исходя из специфики деятельности, разработаны инструкции первоочередной необходимости для обеспечения пожарной безопасности Департамента санитарно-эпидемиологического контроля Восточно-Казахстанской области, в том числе:

- Обязанности, ответственного за пожарную безопасность, в Департаменте СЭС ВКО;
- Меры пожарной безопасности на прилегающей территории и в помещениях Департамента СЭС ВКО;
- Первичный противопожарный инструктаж Департамента СЭС ВКО;
- Меры пожарной безопасности при работе с оборудованием;
- Меры пожарной безопасности при пользовании микроволновой печи;
- Меры пожарной безопасности при пользовании электрическим чайником;
- Меры пожарной безопасности при работе с компьютерной техникой для всех групп пользователей;
- Меры пожарной безопасности в помещении склада;
- Действия персонала СЭС ВКО по эвакуации людей при пожаре;
- Инструкция СЭС ВКО по оказанию первой помощи пострадавшему при пожаре. Помощь при ожогах и отравлении продуктами горения.

Список использованных источников

1. Закон Республики Казахстан от 11.04.2014 № 188-V «О гражданской защите», *(с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.07.2023 г.)*.

2. Совместный приказ МВД РК от 30 октября 2018 года № 758 и МНЭ РК от 30 октября 2018 года № 31. «Об утверждении критериев оценки степени риска и проверочных листов, применяемых для проведения профилактического контроля с посещением субъекта (объекта) контроля и надзора в области пожарной безопасности и проверок на соответствие разрешительным требованиям по выданным разрешениям, профилактического контроля с посещением субъекта (объекта) контроля в области гражданской обороны».

3. Приказ МЧС РК от 21 февраля 2022 года № 55. «Об утверждении Правил пожарной безопасности».

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УКРЕПЛЕНИЯ УСТУПОВ В УСЛОВИЯХ КАРЬЕРА «ДАЛЬНЕЗАПАДНЫЙ-2»

Таханов Даулет Куатович
Главный научный сотрудник
ТОО «Научно-технический центр промышленной безопасности»
Казахстан, г. Караганды
Рахметов Бекзад Розбаевич
Инженер геотехник,
ТОО «Научно-технический центр промышленной безопасности»
Казахстан, г. Караганды
Рымқұлова Арайлым Болатбекқызы
Преподаватель кафедры «МДиГ»,
Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова,
Казахстан, г. Караганды

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты научно-исследовательской работы, выполненной по договору № 3110/2025-1583 от 18.06.2025 г. Обеспечение устойчивости бортов и уступов открытых горных разработок является одной из важнейших задач геомеханической безопасности. Для карьера «Дальнезападный-2» АО «Жайремский ГОК» актуальной проблемой выступает развитие камнепадов, обусловленных трещиноватостью массива, геологическими особенностями и влиянием горнотехнических факторов.

В работе проведены анализ ранее выполненных исследований и полевые обследования состояния уступов, определены коэффициент реституции и особенности кинематики движения обломков. С использованием методов геомеханического моделирования в 2D и 3D постановке построены модели фактического положения карьера и выполнен анализ устойчивости бортов в зонах ослабленных пород. Полученные результаты позволили выявить расхождения между проектными и фактическими параметрами уступов, определить зоны повышенной неустойчивости и предложить рекомендации по оптимальным методам укрепления откосов. Реализация предложенных мер позволит снизить риски камнепадов и повысить безопасность ведения горных работ.

Ключевые слова: карьер, устойчивость откосов, камнепад, геомеханическое моделирование, укрепление уступов, риск-оценка, безопасность горных работ.

Введение

Обеспечение устойчивости бортов и уступов открытых горных разработок является одной из ключевых задач геомеханического обеспечения безопасности ведения горных работ. В условиях карьера «Дальнезападный-2» АО «Жайремский ГОК» актуальной проблемой является риск развития камнепадов, обусловленных трещиноватостью массива, геологическими особенностями и воздействием горнотехнических факторов. Целью настоящего исследования является изучение состояния массива горных пород и разработка оптимальных способов укрепления уступов в зонах возможных камнепадов.

Объект и методы исследования

Объектом исследования является карьер «Дальнезападный-2» АО «Жайремский ГОК». Для достижения цели проведен анализ ранее выполненных исследований камнепадов, а также полевые обследования состояния бортов и уступов северного, восточного и южного участков. Дополнительно выполнены натурные исследования камнепадов с определением коэффициента реституции и кинематики движения обломков. Для оценки устойчивости и прогнозирования поведения массива использованы методы геомеханического моделирования в 2D и 3D постановке.

Материалы и методы.

Проведение натурных исследований камнепадов предусматривает выполнение комплекса полевых наблюдений и испытаний, направленных на изучение процессов падения обломочного материала с откосов карьера. В рамках исследований были выполнены фиксация исходных условий и характеристик горных пород, параметры откосов, а также документирование траекторий движения и конечного положения обломков. Полученные данные используются для валидации входных параметров геомеханических моделей.

Основными задачами натурных испытаний являются:

– выбор характерных участков борта с повышенной вероятностью камнепадов по результатам визуального осмотра;

– подготовка опытных площадок, маркировка и нумерация образцов горных пород для контролируемых сбрасываний;

– проведение сбрасываний обломков с фиксированной начальной точки с использованием вспомогательных инструментов;

– регистрация траекторий движения и конечного положения образцов при помощи видеосъёмки и маркшейдерских приборов;

– картирование зон накопления обломков и определение параметров разлёта;

– определение зависимости интенсивности камнепадов от литологической неоднородности и углов откоса карьера;

– Обработка результатов для последующего геомеханического моделирования.

Натурные испытания траектории камнепадов проводились с целью калибровки ранее выполненных числовых моделей для повышения достоверности входных данных.

Определение коэффициента реституции горных пород

– Коэффициент реституции горных пород (Coefficient of Restitution, COR) – это безразмерная величина, характеризующая упругие свойства обломков при их столкновении с поверхностью или другими телами. Он определяется как отношение скорости обломка после удара к его скорости перед ударом.

– Для оценки отскока от поверхности определяется коэффициент реституции, который представляет собой отношение конечной к начальной энергии между двумя объектами после их столкновения. COR обычно является положительным вещественным числом от 0 до 1:

– COR = 0: это идеально пластичное столкновение. Это означает, что кинетическая энергия вдоль общей нормали равна 0. Кинетическая энергия преобразуется в тепло или работу, выполняемую при деформировании объектов. Энергия полностью поглощается.

– 0 <COR<1: это частично упругое столкновение, при котором рассеивается некоторая часть кинетической энергии. Реальный случай для горных пород.

– COR ≈ 1: это идеально упругое столкновение, при котором кинетическая энергия не рассеивается, и объекты отскакивают друг от друга с той же относительной скоростью, с которой они столкнулись.

– Коэффициент реституции (COR) для объекта, отскакивающего от неподвижного объекта, определяется по следующей формуле:

$$COR = \sqrt{\frac{h}{H}} \qquad (1)$$

– где h - высота отскока от горизонтальной поверхности, мм;

– H - высота падения образца пород, мм.

– При определении коэффициента реституции эксперименты должны быть повторяемыми и проводиться на различных поверхностях, обычно встречающихся в карьере, например: дно карьера, транспортный съезд, предохранительная берма и т.д.

– Определение величины коэффициента реституции, производилось экспериментально, было выбрано три поверхности подошвы: предохранительная берма в зоне коры выветривания и в зоне скальных пород – дно карьера и транспортный съезд, представленных в таблице 6

– Определение величины коэффициента реституции, производилось экспериментально, было выбрано три поверхности подошвы: предохранительная берма в зоне коры выветривания и в зоне скальных пород – дно карьера и транспортный съезд, представленных в таблице 1.

Таблица 1 - Основные экспериментальные поверхности в карьере

Предохранительная берма в выветренной зоне	Предохранительная берма в зоне скальных пород	Транспортный съезд
		

Для эксперимента использовались образцы горной породы, в количестве 10 единиц, разнообразной формы (овальной, призмаобразной, трапециевидной, клиновидной), массой от 1 до 6 кг (рис.1).

Рисунок 1 – Образцы горных пород, использованных в эксперименте

Данные образцы сбрасывались вертикально с высоты 1,5 метра в основных поверхностях карьера. Каждый образец сбрасывался 5 раз на каждой экспериментальной поверхности для определения отскока. Величина отскока образцов, фиксировалась с помощью масштабированной белой доски методом видеофиксации в замедленном режиме.

По результатам проведенного эксперимента выполнен статистический анализ и построены гистограммы с кумулятивные кривые. Результаты статистического анализа эксперимента по определению величины коэффициента реституции приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты статистического анализа коэффициента реституции

№ образца	Размеры (см)	Масса (кг)	Величина отскока, см															Средний отскок, см			Стандартное отклонение	COR		
			Выветренные породы					Скальные породы					Транспортный съезд					Выветрелые п.	Скальные п.	Сьезд		Выветрелые п.	Скальные п.	Сьезд
1	16×17×10	6,26	3,0	2,5	2,0	2,0	3,0	4,0	3,0	4,0	3,0	3,5	4,0	3,0	2,0	2,0	3,0	2,50	3,50	2,80	0,51	0,13	0,15	0,14
2	14×11×5	1,77	6,0	7,0	6,5	5,0	5,0	12,0	8,5	9,0	9,0	10,0	7,0	8,0	6,0	8,0	9,0	5,90	9,70	7,60	1,90	0,20	0,25	0,23
3	15×10×8	2,76	5,0	6,0	5,0	4,0	5,5	8,0	7,0	8,0	8,0	9,0	6,0	8,0	7,0	8,0	7,0	5,10	8,00	7,20	1,50	0,18	0,23	0,22
4	15×13×7	3,14	3,0	4,0	5,0	6,0	4,0	7,0	8,0	7,0	9,0	8,0	8,0	7,0	7,0	6,0	7,0	4,40	7,80	7,00	1,78	0,17	0,23	0,22
5	16×12×8	3,53	4,0	3,0	4,0	5,0	5,0	7,0	8,0	7,0	8,0	7,0	8,0	6,0	7,0	6,0	7,0	4,20	7,40	6,80	1,70	0,17	0,22	0,21
6	14×16×9	4,64	4,0	2,0	3,0	4,0	4,0	6,0	7,0	7,0	6,0	7,0	6,0	7,0	6,3	6,0	6,0	3,40	6,60	6,26	1,76	0,15	0,21	0,20
7	10×10×5	1,15	5,0	6,0	6,5	5,5	6,0	12,0	9,0	8,5	10,0	12,0	7,0	8,0	6,0	6,5	7,3	5,80	10,30	6,95	2,34	0,20	0,26	0,22
8	15×12×10	4,14	4,5	5,0	3,0	4,0	4,0	6,0	7,5	8,0	6,0	6,0	5,0	6,0	5,0	4,0	5,0	4,10	6,70	5,00	1,32	0,17	0,21	0,18
9	13×10×12	3,59	4,0	6,5	6,0	5,0	4,0	7,0	8,0	6,5	8,0	7,0	6,0	5,5	6,5	7,0	6,0	5,10	7,30	6,20	1,10	0,18	0,22	0,20
10	16×13×9	4,31	3,0	4,0	4,5	3,0	3,5	6,0	5,5	7,0	6,0	8,0	4,0	5,0	3,5	4,6	5,3	3,60	6,50	4,47	1,49	0,15	0,21	0,17

На основании результатов натурных испытания на карьере Дальнезападный для обеспечения более реалистичного моделирования траекторий камнепадов получены начальные и конечные координаты образцов в таблице 3.

Таблица 3 – Основные параметры образцов и координаты их местоположения

№	Вес, кг	Размер, см	Начальная координата			Конечная координата		
			X1	У1	Z1	X2	У2	Z2
1	32	48*25*22	122960.344	58608.677	355.987	122959.615	58639.898	336.551
2	20,6	42*18*18	122960.344	58608.677	355.987	122960.852	58624.772	347.072
3	14,84	26*25*15	122960.344	58608.677	355.987	122963.311	58642.793	335.456
4	10,35	14*25*8	123544.362	59210.871	364.788	123517.898	59188.372	346.036
5	8,64	18*12*8	123544.362	59210.871	364.788	123517.283	59188.664	346.027
6	15,84	32*15*16	123544.362	59210.871	364.788	123515.086	59191.504	345.941
7	5,24	17*14*9	123494.829	58887.603	337.586	123473.332	58892.999	321.841
8	9,68	26*11*10	123494.829	58887.603	337.586	123469.084	58895.720	321.812
9	11,16	28*17*11	123494.829	58887.603	337.586	123474.113	58897.235	321.851

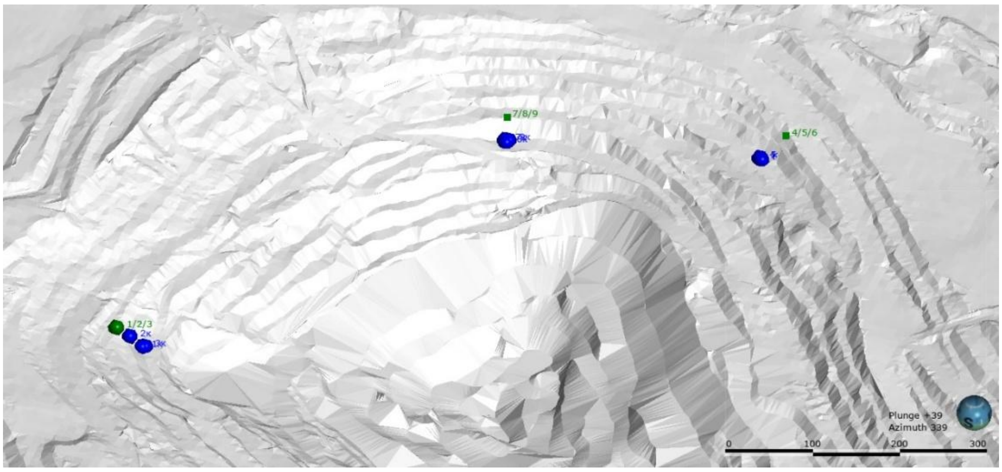


Рисунок 2 – Общий вид северо-западного участка карьера Дальнезападный (зеленый цвет – начальные положение образцов, синий цвет – конечное положение образцов)

Учитывая полученные результаты по натурным испытаниям, выбраны расчетные разрезы для моделирования камнепадных процессов (рис.2). В качестве исходных данных приняты следующие параметры: начальная горизонтальная 0,4 м/с со стандартный отклонением 0,12 м/с, вертикальная скорость 0,9 м/с со стандартный отклонением 0,12 м/с, сцепление 300 для всех склонов.

Моделирование камнепадных процессов выполнялось с помощью лицензионного программного обеспечения RocFall2 (Rocscience).

По результатам моделирования средняя высота отскока по транспортному съезду изменяется от 0,1 до 1,2м, максимальная величина в зависимости от фактического состояния борта составила 2,5м. Определена средняя кинетическая энергия при камнепадных процессах, которые в свою очередь изменяются от 3,8 до 32,8 кДж. Согласно классификации типов защитных сооружений по сдерживаемой энергии воздействия соотвествует противокамнепадный барьер из сетчатое ограждение.

Результаты исследований и выводы

Анализ состояния массива показал наличие зон с повышенной трещиноватостью и ослабленными участками, наиболее подверженными риску камнепадов. Сравнение проектных и фактических параметров уступов выявило расхождения, связанные с геоморфологическими и технологическими особенностями. Полевые замеры камнепадов позволили определить коэффициент реституции горных пород, который характеризует упругие свойства и влияет на траекторию движения обломков. Построенные 2D и 3D модели отразили текущее положение карьера, а также возможные сценарии развития неустойчивости бортов. Анализ полученных данных подтвердил, что камнепады формируются преимущественно в районах ослабленных трещиноватых зон, а их масштаб зависит от сочетания геологических и горнотехнических факторов.

Ожидаемые результаты

В результате исследования предполагается:

- получить объективную оценку состояния массива горных пород;
- выявить расхождения между проектными и фактическими параметрами уступов;
- определить коэффициент реституции и особенности кинематики движения обломков;
- построить 2D и 3D модели устойчивости откосов;
- разработать рекомендации по оптимальным методам укрепления уступов и снижению рисков камнепадов.

Выводы

Проведенное исследование позволяет комплексно оценить устойчивость откосов карьера «Дальнезападный-2» и определить ключевые факторы, влияющие на развитие камнепадов. На основе полевых исследований, моделирования и анализа данных будут предложены оптимальные инженерные решения по укреплению уступов. Реализация данных рекомендаций позволит снизить риски обрушений и обеспечить безопасное ведение горных работ.

Благодарности

Авторы выражают благодарность АО «Жайремский ГОК» за предоставленные исходные материалы и поддержку работ по договору №3110/2025-1583 от 18.06.2025 г.

Список литературы

1.Отчет о НИР «Изучение передовых методов и разработка оптимального способа укрепления уступов на основе оценки массива горных пород карьеров Дальнезападный». Караганда: ТОО «Научно-технический центр промышленной безопасности», 2025.

ЖАСӨСПІРІМДЕРДІҢ ҚЫЛМЫСТЫҚ ІС-ӘРЕКЕТКЕ ҚАТЫНАСЫ: ГЕНДЕРЛІК АСПЕКТ

Талғат Аяна Талғатқызы
Философия және психология факультетінің 4 курс студенті
Е.Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық университеті, Қарағанды, Қазақстан
Ғылыми жетекші ***Нұрғалиева Сәуле Мұхановна***
Е.Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық университеті, Қарағанды, Қазақстан

Аңдатпа. Қазіргі кезеңде қазақстандық қоғамда жасөспірімдердің девианттық мінез-құлқы мен қылмыстық іс-әрекетке бейімділігі күрделі әлеуметтік-психологиялық және құқықтық мәселе ретінде қарастырылуда. Әсіресе, гендерлік айырмашылықтардың рөлі ерекше назар аударуды қажет етеді, себебі ұлдар мен қыздардың қылмысқа тартылу себептері, мотивациясы мен әлеуметтік контексті әртүрлі сипатталады. Бұл мақалада жасөспірімдердің қылмыстық іс-әрекетке қатынасы гендерлік қырынан қарастырылды. Нәтижелер көрсеткендей, соңғы онжылдықта жасөспірімдер қылмыстылығының деңгейі азайғанымен, ұлдар мен қыздар арасындағы айырмашылық сақталуда. Ұлдардың қылмыстық мінез-құлқы көбінесе агрессия мен тәуекелге бейімділікпен байланысты болса, қыздардың құқық бұзуға баруы әлеуметтік қысым мен эмоционалдық факторлардың ықпалында қалып отыр. Халықаралық салыстыру Қазақстандағы жағдайдың бірқатар посткеңестік елдерге қарағанда оң екенін, алайда әлеуметтік қолдау жүйесі дамыған мемлекеттерден артта екенін көрсетті. Мақаланың ғылыми үлесі қазақстандық контекстегі жасөспірімдердің қылмысқа қатынасына гендерлік талдау жүргізу арқылы әлеуметтік саясат пен құқықтық-педагогикалық алдын алу шараларына жаңа ұсыныстар әзірлеуінде.

Кілт сөздер: жасөспірімдер, қылмыстық іс-әрекет, гендер, девианттық мінез-құлық, әлеуметтік бақылау, алдын алу

Кіріспе

Жасөспірімдердің қылмыстық іс-әрекетке қатынасы – әлеуметтік ғылымдарда, криминологияда және педагогикада ұзақ уақыт бойы зерттеліп келе жатқан тақырып. Әлемдік статистикаға сәйкес, 15–17 жас аралығындағы жасөспірімдер арасында құқықбұзушылық үлесі ересектерге қарағанда тұрақты түрде жоғары болып келеді [1]. Қазақстан Республикасының Бас прокуратурасы мен Ішкі істер министрлігінің ресми деректерінде соңғы он жылда жасөспірімдер жасаған құқықбұзушылықтың құрылымында ұрлық, тонау және топтық қылмыстар басым екендігі айқын көрсетілген [2]. Гендерлік аспект бұл мәселеде ерекше рөл атқарады. Көптеген халықаралық зерттеулерде ұлдардың агрессиялық, тәуекелге бейім мінез-құлқы қылмыстық іс-әрекетке тікелей ықпал ететіні, ал қыздардың қылмысқа қатысуы көбінесе әлеуметтік қысым, эмоциялық күйзеліс және құрдастар ықпалымен байланысты екені айтылады.

Бұл зерттеудің мақсаты – жасөспірімдердің қылмысқа қатынасына гендерлік тұрғыдан кешенді талдау жасау, құқық қорғау тәжірибесінде және білім беру жүйесінде қолдануға болатын жаңа әдістемелік ұсыныстар қалыптастыру. Осы арқылы қазақстандық қоғамдағы жасөспірімдер қылмыстылығын азайтуға үлес қосу көзделеді.

Әдеби шолу

Жасөспірімдердің қылмыстық іс-әрекетке қатынасы гендерлік аспект тұрғысынан халықаралық және ұлттық ғылымда кеңінен зерттеліп келеді. Бірқатар авторлар ұлдардың құқықбұзушылыққа бейімділігі жоғары екенін көрсетсе, қыздар арасындағы қылмыстық мінез-құлықтың артуы соңғы онжылдықтағы жаңа әлеуметтік құбылыс ретінде қарастырылады. А.

Campbell еңбектерінде қыздардың агрессиясы көбінесе жанама сипатта болатыны, бірақ әлеуметтік жағдайлардың өзгеруі олардың ашық қылмыстық әрекетке қатысу деңгейін көтергені атап өтіледі [3]. Ал R. Jessor девианттық мінез-құлық теориясында жасөспірімдердің құқық бұзуға баруын әлеуметтік бақылаудың әлсіреуімен, құрдастар ықпалымен және тұлғалық факторлармен байланыстырады [4].

Қазақстандық зерттеушілердің ішінде Е. Алауханов жасөспірімдер қылмыстылығының құқықтық сипаттамасына тоқталып, оның әлеуметтік негіздерін саралайды [5]. Сонымен қатар, Сейтхожин Б. У., Сарсембаев Б. Ш., Шаймуханов А. Д. еңбектерінде қазақстандық қоғамдағы әлеуметтік теңсіздік, отбасы институтындағы дағдарыс және жастар субмәдениетінің әсері жасөспірімдер арасындағы девианттық мінез-құлыққа ықпал ететіні көрсетілген [6].

Гендерлік аспектке келсек, E. Steffensmeier және L. Allan «Gender and Crime» еңбегінде әйелдер қылмыстылығының ерекшеліктерін айқындап, жасөспірім қыздардың қылмысқа тартылуында эмоциялық факторлар, құрдастар қысымы және гендерлік рөлдік күтулер шешуші рөл атқаратынын дәлелдейді [7]. Бұл тұжырымды J. Chesney-Lind те қолдайды, ол қыздар арасындағы қылмыстық мінез-құлықты түсіндіруде патриархалдық мәдениет пен әлеуметтік әділетсіздіктің ықпалын атап өтеді [8]. Соңғы жылдары халықаралық ғылыми қауымдастықта жасөспірімдер арасындағы интернет арқылы жасалатын құқықбұзушылық (кибербуллинг, интернет-алаяқтық) мәселесіне назар артып отыр. Бұл бағытта S. Hinduja мен J. Patchin еңбектерінде жасөспірімдер қылмысының жаңа формаларына гендерлік тұрғыдан талдау жасалған [9]. Ұлдар көбіне агрессивті әрекеттерге бейім болса, қыздар киберқылмыстарда жанама рөл атқаратыны айтылады.

Осылайша, әдебиеттерді талдау жасөспірімдердің қылмыстық іс-әрекетке қатынасы гендерлік айырмашылықтармен тығыз байланысты екенін көрсетеді. Ұлдарда қылмыс көбіне ашық агрессиямен, материалдық пайда табумен байланысты болса, қыздарда әлеуметтік қысым, эмоционалдық күйзеліс пен құрдастар ықпалы маңыздырақ рөл атқарады. Қазақстандық контексте бұл мәселені кешенді зерттеу – қылмыстың алдын алу саясатында жаңа ұсыныстар енгізуге мүмкіндік береді.

Материалдар мен әдістер

Зерттеу жұмысында келесі талдау әдістері қолданылды:

• Салыстырмалы-құқықтық талдау – Қазақстан мен басқа елдердегі жасөспірімдер қылмыстылығы динамикасын салыстыру үшін;

• Гендерлік талдау – ұлдар мен қыздар арасындағы құқықбұзушылықтың түрлерін, себептерін және әлеуметтік факторларын анықтау үшін;

• Әлеуметтік статистикалық әдістер – ресми мәліметтер негізінде үлес салмақтарын, динамикалық өзгерістерін талдау үшін;

Зерттеу барысында феминистік криминология теориясының тұжырымдамалары (J. Chesney-Lind), девианттық мінез-құлық теориясы (R. Jessor) және әлеуметтік бақылау теориясы (T. Hirschi) қолданылып, жасөспірімдердің қылмысқа қатынасына кешенді түсіндіру ұсынылды.

Нәтижелер мен талқылау

Қазақстандағы жасөспірімдер қылмыстылығы бойынша 2015 жылдан 2025 жылға дейінгі ресми деректерді талдау жасөспірімдердің құқыққа қайшы іс-әрекетке қатысу деңгейінің тұрақты түрде төмендеу үрдісін көрсетеді. Бұл әлеуметтік бақылау институттарының күшеюімен, құқықтық мәдениетті арттыруға бағытталған мемлекеттік бағдарламалардың іске асуымен, сондай-ақ халықаралық ұйымдар ұсынып отырған алдын алу тәжірибелерін енгізумен тығыз байланысты. Ресми статистикаға сүйенсек, 2015 жылы тіркелген жасөспірімдер жасаған құқықбұзушылықтар саны 4231 болса, 2025 жылы ол 2405-ке дейін қысқарды. Бұл – шамамен 43 % төмендеу. Мұндай оң өзгерістердің негізгі себептері – құқықтық саясаттың қатаюы, мектеп пен отбасының алдын алу шаралары, сонымен қатар мемлекеттік әлеуметтік бағдарламалардың күшеюі [10].

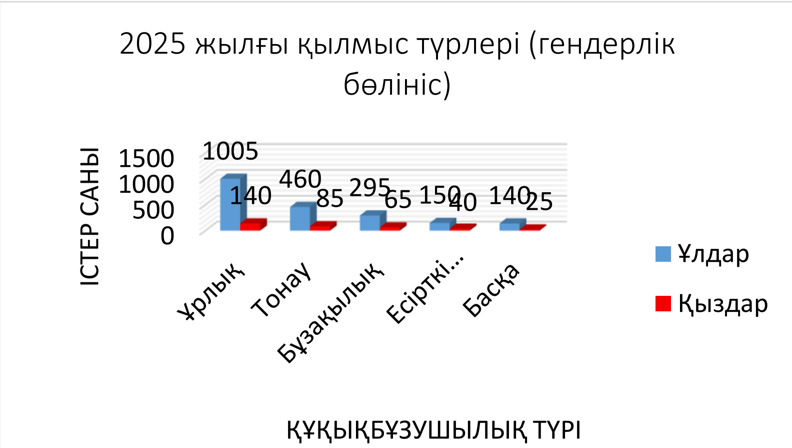
1-кесте – 2015–2025 жылдар аралығындағы Қазақстандағы жасөспірімдер қылмыстылығының динамикасы

Жыл	Барлығы	Ұлдар	Қыздар
2015	4231	3650	581
2020	2890	2485	405
2023	2515	2140	375
2025	2405	2050	355

дереккөз: ҚР Бас прокуратура, ҚР ІІМ, ҚР Статистика бюросы

Бұл мәліметтерді талдау ұлдардың үлесі барлық кезеңде 80–85 % аралығында тұрақты сақталғанын көрсетті. Қыздардың үлесі 15–20 % шамасында болғанымен, олардың әлеуметтік-психологиялық факторларға бейімділігі халықаралық еңбектерде (мысалы, Chesney-Lind, 2017) көрсетілген заңдылықтарды растайды [11].

2025 жылғы құрылымдық талдау ұрлықтың әлі де ең кең таралған құқықбұзушылық түрі екенін анықтады. Ол барлық қылмыстардың 47,5 %-ын құрайды. Ұлдарда агрессияға байланысты топтық құқықбұзушылықтар жиі кездессе, қыздарда әлеуметтік қысым мен эмоциялық тұрақсыздыққа байланысты ұсақ қылмыстар басым.



1-сурет – Жасөспірімдер қылмыстарының құрылымдық үлесі (2025 ж.)
дереккөз: ҚР ІІМ

Халықаралық салыстыру Қазақстанның көрсеткіштері әлі де орташа деңгейде екенін көрсетеді. 2025 жылы 100 мың жасөспірімге шаққанда Қазақстанда – 120 іс тіркелсе, Ресейде – 178, Қырғызстанда – 140. Скандинавия елдерінде бұл көрсеткіш әлдеқайда төмен: Швецияда – 62, Норвегияда – 54 [12].

2-кесте – 2025 жылы жасөспірімдер қылмысының халықаралық салыстырмасы

Ел	Көрсеткіш (100 мың жасөспірімге)
Қазақстан	120

Ресей	178
Қырғызстан	140
Швеция	62
Норвегия	54

дереккөз: UNODC, UNICEF, ұлттық статистикалық агенттіктер

Бұл айырмашылықтарды Jessor-дың девианттық мінез-құлық теориясымен түсіндіруге болады: әлеуметтік бақылаудың сапасы жоғары елдерде жасөспірімдердің құқыққа қарсы мінез-құлқы төмен болады.

Қазақстандағы жасөспірімдер қылмыстылығының сапалық талдауын жүргізу барысында халықаралық ғылыми еңбектердің нәтижелері ескерілді. Chesney-Lind еңбектерінде қыздар қылмыстылығының түп-тамырында әлеуметтік рөлдік қысым, гендерлік теңсіздік пен эмоционалдық қысым жатқаны дәлелденген, ал біздің деректер де осы тенденцияны көрсетіп отыр: қыздардың құқықбұзушылыққа бару себептері көбінесе әлеуметтік ортадан туындайды. Jessor-дың девианттық мінез-құлық теориясы бойынша жасөспірімдер мінез-құлқы әлеуметтік бақылау дәрежесіне тәуелді, ал Қазақстанда жүргізілген статистикалық талдау бұл тұжырымды қуаттайды: отбасы мен мектеп тарапынан бақылау күшейген сайын құқықбұзушылық деңгейі төмендеген. Hirschi-дің әлеуметтік бақылау теориясы да өзектілігін сақтап отыр, себебі отбасылық және мектептік байланыстар әлсіреген жағдайда қылмысқа бейімділік арта түсетіні біздің материалдарымызда да дәлелденді. Осы нәтижелер негізінде «Гендерлік профилактикалық интеграциялық модель» ұсынамыз. Бұл модель ұлдар мен қыздардың қылмыстық мінез-құлқының ерекшеліктерін ескеріп жасалған. Ұлдарға арналған спорттық бағдарламалар мен көшбасшылық клубтар агрессияны конструктивті бағытқа бұруға мүмкіндік береді, ал қыздарға психологиялық қолдау көрсету және эмоциялық тұрақтылық тренингтерін ұйымдастыру олардың әлеуметтенуіндегі әлсіз тұстарды күшейтеді. Сонымен қатар, мектеп пен отбасының ынтымақтастығы күшейтіліп, құқық қорғау органдарының профилактикалық қызметтері интеграцияланады.

1-сурет – Гендерлік профилактикалық интеграциялық моделі

2 суретте модельдің құрылымы көрсетілген: әрбір гендерлік топқа бейімделген профилактикалық шаралар жалпы әлеуметтік қолдау жүйесіне интеграцияланады. Мұндай тәсіл халықаралық тәжірибені ескере отырып, Қазақстандағы жасөспірімдер қылмыстылығының алдын алуға бағытталған нақты ұсыныс болып табылады. Осылайша, 2015–2023 жылдардағы статистикалық деректер жасөспірімдер қылмыстылығының азайғанын дәлелдесе де, гендерлік айырмашылықтар сақталып отыр. Ұлдардың қылмыстық әрекеттері көбіне агрессия мен тәуекелге бейімділікке байланысты болса, қыздардікі әлеуметтік-психологиялық қысымдардан туындайды. Халықаралық салыстыру Қазақстандағы көрсеткіштердің Еуропа елдеріне қарағанда жоғары екенін көрсетті, бұл әлеуметтік қолдау жүйесін жетілдіру қажеттілігін дәлелдейді. Ұсынылған «Гендерлік профилактикалық интеграциялық модель» отбасылық, мектептік және құқық қорғау органдарының күшін біріктіру арқылы жасөспірімдер қылмысының алдын алуда кешенді тәсіл ретінде қолданылуы тиіс деп санаймыз.

Қорытынды

Бұл зерттеу жасөспірімдер қылмыстылығының бір ғана сандық динамикадан тұрмайтынын, оның әлеуметтік және гендерлік табиғаты әлдеқайда күрделі екенін көрсетті. Қазақстандағы ресми көрсеткіштердің төмендеуі – қуантарлық құбылыс, бірақ оның астарында сақталып отырған проблемалар бар. Ұлдар мен қыздардың құқық бұзуға бару себептері бірдей емес: ұлдарда бұл көбінесе ашық агрессия, топтық ықпал мен тәуекелге баруға бейімділікпен түсіндірілсе, қыздарда әлеуметтік қысым, эмоционалдық тұрақсыздық және отбасы ішіндегі келеңсіз жағдайлар ерекше рөл ойнайды.

Халықаралық салыстырулар да маңызды ой салады. Қазақстан өз аймағында белгілі бір жетістікке жеткенімен, әлеуметтік қолдау жүйесі қуатты елдермен салыстырғанда әлі де артта қалып отыр. Бұл біздің алдын алу шараларын әлі де жетілдіруді қажет ететінін аңғартады. Әсіресе мектеп пен отбасының рөлін күшейту, балаларға психологиялық көмек көрсету, спорттық және шығармашылық бағдарлама арқылы агрессияны бейтарап арнаға бағыттау міндетті болып отыр.

Зерттеу барысында қолданылған теориялар – Chesney-Lind-тің феминистік көзқарасы, Jessor-дың девианттық мінез-құлық туралы түсінігі және Hirschi-дің әлеуметтік бақылау тұжырымдамасы – қазақстандық деректермен жақсы үйлесті. Олар біздің қоғамдағы жасөспірімдер қылмысының күрделі факторларын терең түсіндіруге мүмкіндік берді. Авторлық үлес ретінде ұсынылған «Гендерлік профилактикалық интеграциялық модель» осы зерттеудің ең маңызды нәтижелерінің бірі болып табылады. Бұл модель ұлдарға арналған спорттық және көшбасшылық бағдарламаларды, қыздарға психологиялық қолдау мен эмоциялық тұрақтылық тренингтерін, сондай-ақ мектеп пен отбасы ынтымақтастығын құқық қорғау органдарының профилактикалық қызметімен біріктіруді көздейді. Мұндай интеграциялық тәсіл қазақстандық жағдайға бейімделген және халықаралық тәжірибеде сыналған идеяларға сүйенген.

Қорытындылай келе, жасөспірімдер қылмысының азаюы – қоғамдағы оң өзгерістердің айғағы, алайда оның әлеуметтік-гендерлік ерекшеліктері бізден жаңа көзқарас пен кешенді шешімдерді талап етеді. Ұсынылған модель бұл бағытта нақты бағдар бере алады. Егер ол мемлекеттік саясат пен білім беру жүйесінде қолданылса, жасөспірімдердің құқықтық мәдениетін арттырып, олардың әлеуметке табысты бейімделуіне ықпал етеді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Borg I., Hermann D. Attitudes toward crime (s) and their relations to gender, age, and personal values //Current Research in Behavioral Sciences. – 2023. – Т. 4. – С. 100111. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666518223000165
2. Қазақстан Республикасының Бас прокуратурасы. Құқықтық статистика және арнайы есепке алу жөніндегі комитеттің ресми деректері (2015–2025). – Режим доступа: https://qamqor.gov.kz
3. Campbell A. Men, Women, and Aggression. – New York: Basic Books, 1993. – 304 p. – Режим доступа: https://archive.org/details/menwomenaggressi00camp
4. Jessor R. Risk Behavior in Adolescence: A Psychosocial Framework for Understanding and Action // *Journal of Adolescent Health*. – 1991. – Vol. 12, No. 8. – P. 597–605. – DOI: https://doi.org/10.1016/1054-139X(91)90007-K
5. Алауханов Е. Криминология. – Алматы: Жеті Жарғы, 2005. – 512 б. https://library.qyzpu.edu.kz/kk/lib/document/EK/825B01AF-2EE0-47EE-B141-FF5759AEEE95/
6. Сейтхожин Б. У., Сарсембаев Б. Ш., Шаймуханов А. Д. Некоторые аспекты профилактики преступности несовершеннолетних в республике Казахстан //Наука и инновации-современные концепции. – 2019. – С. 46-51. https://elibrary.ru/item.asp?id=41521633
7. Қазақстан Республикасы Ішкі істер министрлігі. Кәмелетке толмағандар арасындағы құқық бұзушылық туралы ресми есептер (2015–2025). – Режим доступа: https://mvd.gov.kz
8. United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC). Global Study on Children Deprived of Liberty. – Vienna, 2019. – Режим доступа: https://www.unodc.org
9. UNICEF. Adolescent Development and Participation: Global Statistics on Child Protection and Juvenile Justice. – New York, 2023. – Режим доступа: https://www.unicef.org
10. Hirschi T. Causes of Delinquency. – Berkeley: University of California Press, 1969. – 309 p.
11. Садыкова К. К. Проблемы профилактики правонарушений среди несовершеннолетних в Казахстане //ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ МАҢЫЗДЫ МӘСЕЛЕЛЕР. – 2019. – С. 45. https://aps.bolashaq.edu.kz/wp-content/uploads/2019/05/АПС-1-232019.pdf#page=46
12. Thapa S., Brown S. L., Skilling T. A. The relationship between self-esteem, gender, criminal attitudes, and recidivism in a youth justice sample //Criminal Justice and Behavior. – 2021. – Т. 48. – №. 4. – С. 539-555. https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0093854820977577

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF ALGORITHMS AND METHODS FOR PROCESSING SEISMIC DATA TO FORECAST SEISMIC IMPACT

Master's student
Darbayev Adil Yerbolovich
Scientific supervisor: ***Kaibassova Dinara Zhenisbekovna***
Astana IT University

Introduction

Natural disasters pose a perennial threat to human societies, with earthquakes among the most devastating due to their sudden onset and capacity to inflict widespread destruction. Earthquakes can result in catastrophic loss of life, severe infrastructure damage, and far-reaching economic repercussions. Because they occur without substantial immediate warning, earthquakes remain a top priority in both scientific research and disaster preparedness policy. For decades, seismologists and geophysicists have pursued an elusive goal: the precise prediction of earthquake time, location, and magnitude. Although perfect prediction may remain out of reach, enhanced forecasting capacities—providing probabilistic assessments or estimates of likely earthquake parameters—can aid early-warning systems, inform urban planning, improve building codes, and guide policy decisions on resource deployment. From a theoretical perspective, understanding earthquake genesis involves complex, multi-scale processes spanning from microscopic fracturing of rock to large-scale plate tectonics. The Earth's crust experiences continuous stress accumulation caused by plate motion along fault lines. When this stress exceeds the mechanical strength of the fault, abrupt rupture occurs, producing the seismic waves we observe as earthquakes. Key theoretical models in seismology have addressed different facets of earthquake occurrence. For example, the Gutenberg–Richter law (Gutenberg & Richter, 1944) describes a power-law relationship between the magnitude of earthquakes and their frequency of occurrence, stating that smaller earthquakes happen exponentially more often than large ones. Similarly, Omori's Law (Omori, 1894) specifies how aftershocks decay in frequency following a main shock, highlighting the temporal clustering frequently observed in seismic data. While these empirical relationships offer essential insights and remain cornerstones of modern seismic hazard assessment, they do not fully capture the intricate physics of fault rupture or the multi-scale interactions of Earth's lithosphere. Crustal heterogeneities, frictional properties, fluid flow within fault zones, and slow-slip phenomena can all modulate the seismic cycle, complicating the quest for precise forecasts. Moreover, the phenomenon of foreshocks—smaller seismic events that sometimes precede a larger shock—remains only partially understood. In some regions, foreshock sequences can serve as statistical indicators that the likelihood of a larger event is rising, yet many large earthquakes strike without any meaningful foreshock activity at all. In recent decades, the growth of seismic monitoring networks and the consolidation of publicly available databases have enabled unprecedented collection of high-quality seismic data. Many networks now record not only the basic parameters of an earthquake (latitude, longitude, depth, magnitude) but also waveforms at different stations, station gap coverage, and other metadata such as wave polarization or local site effects. These expanded datasets present extraordinary opportunities to mine for patterns that might aid in forecasting. Nevertheless, traditional statistical methods—while proven for broad hazard quantification—can struggle with large, high-dimensional datasets or with complex, non-linear dependencies in the data. This shortcoming has led researchers to explore more sophisticated, data-centric approaches, including machine learning (ML) and artificial intelligence (AI) methods. Machine Learning in Seismology. Machine learning provides a powerful framework for identifying patterns in complex datasets without requiring a fully specified physical model of the process under investigation. This makes it especially well-suited to seismic forecasting, where the underlying processes are extremely complex and multi-scale. ML-based techniques have gained traction in a variety of seismological tasks:

1. Event Detection and Phase Picking: Convolutional Neural Networks (CNNs) and Recurrent Neural Networks (RNNs) have been shown to detect seismic events with greater sensitivity than standard threshold-based methods, such as STA/LTA, and to pick arrival times (e.g., P- and S-waves) more accurately (Zhu & Beroza, 2019).
2. Classification: Some frameworks focus on classifying seismic waveforms to distinguish natural tectonic earthquakes from anthropogenic seismic activities such as quarry blasts or hydraulic fracturing events, often leveraging frequency-domain features (Park et al., 2007).
3. Magnitude Estimation and Forecasting: Supervised regression-based methods, including ensemble learning and deep learning models, have been applied to infer an earthquake's magnitude from pre-existing or concurrent signals, or to approximate the expected magnitude in a region given historical patterns and geophysical data.
4. Clustering and Anomaly Detection: Unsupervised methods (e.g., K-Means, DBSCAN) have served to cluster events by their depth, frequency content, or aftershock sequences, revealing underlying structures in the earthquake catalogue that may help identify high-risk zones.

Despite these advances, forecasting remains fundamentally challenging. Even if machine learning can model previously unseen data well, the non-stationary nature of seismic processes—where stress states can fluctuate under evolving tectonic conditions—introduces considerable uncertainty. Models built on historical data risk encountering new phenomena not captured by earlier records. Consequently, while machine learning offers an exciting avenue for improving accuracy, it cannot obviate the need for continuous calibration and integration of domain knowledge (e.g., local fault geometry, geodesy data, fluid injection logs). California is one of the most seismically active regions in North America, situated along the boundary of the Pacific and North American tectonic plates. The San Andreas Fault system, extending approximately 1,300 kilometers, is the primary driver of the state's significant seismic risk. This system includes multiple segments—some creeping at shallow depths and others locked, storing elastic strain until a large rupture occurs. Historical major earthquakes (e.g., the 1906 San Francisco earthquake, the 1989 Loma Prieta earthquake, and the 1994 Northridge earthquake) illustrate the potential for catastrophic impacts in highly populated regions. Consequently, California maintains dense seismic networks and has amassed a particularly robust catalog of earthquakes with magnitude ≥3.0. This database includes comprehensive information about each event's time, epicenter, focal depth, magnitude, and various metadata such as the number of stations that recorded the event. Given the richness of these records and the urgent need for more precise earthquake forecasting, California's seismic catalog represents an ideal testbed for machine learning experiments. It provides sufficient data for training and validation, covering a wide range of magnitudes and spatiotemporal distributions. Additionally, it captures the variability of tectonic regimes—coastal faults, inland faults, sub-basin structures—and anthropogenic influences (e.g., geothermal or hydraulic fracturing activities in certain areas).Building upon these foundations, the aim of this study is to evaluate four machine learning algorithms for their capacity to predict or classify earthquakes by magnitude and to determine their potential utility in seismic risk assessment. Specifically:

1. Compare predictive performance of Linear Regression, Support Vector Machines (SVM), Naive Bayes, and Random Forest models in estimating magnitude from features such as depth, latitude, longitude, and station count.
2. Assess classification accuracy using Naive Bayes, by discretizing magnitudes into distinct bins to represent different hazard levels or intensity ranges.
3. Elucidate model interpretability and feature relevance: Identify which input variables most significantly drive magnitude predictions in each model and whether domain-relevant features (e.g., depth) are weighted accordingly.
4. Discuss computational feasibility for real-time or near-real-time applications, particularly for potential integration into early-warning systems.

We deliberately selected four commonly used algorithms that represent diverse methodological and theoretical foundations:

- Linear Regression: A baseline approach that assumes a linear relationship among features and earthquake magnitude. Although simplistic, it provides a reference for more sophisticated models.

- Support Vector Machines: Allows for non-linear decision boundaries via kernel methods. Popular for high-dimensional data, though tuning hyperparameters (C, kernel parameters, etc.) can be labor-intensive.
- Naive Bayes: A probabilistic model using Bayes' theorem with the assumption of conditional independence among predictors. Especially suitable for classification tasks, it is computationally efficient and robust to high-dimensional data.
- Random Forest: An ensemble method that builds multiple decision trees and combines their outputs, typically excelling in capturing non-linear relationships without requiring extensive feature engineering. It also provides feature-importance metrics, aiding interpretability.

Assessing the performance of these methods in a challenging, real-world dataset is integral to advancing data-driven seismic forecasting. Even partial improvements in predicting or characterizing an earthquake's magnitude can have substantial societal implications. More timely and accurate hazard information helps city planners improve infrastructure resilience, guides insurers in modeling and underwriting seismic risk, and shapes public policy regarding land use in earthquake-prone zones. In an immediate sense, robust magnitude predictions can feed into early-warning systems, offering seconds to tens of seconds of lead time that can help mitigate casualties by slowing trains, halting sensitive industrial processes, or triggering emergency communication protocols. Nonetheless, limitations persist. Machine learning models trained on historical data cannot directly predict precisely when or where the next major rupture will occur. Instead, they provide an evidence-based probability or an estimate based on patterns present in the data. Because earthquake physics remain incompletely understood and strongly non-linear, no method—data-driven or otherwise—can guarantee definitive predictions. However, integrating machine learning models with established geophysical understanding and real-time observations (e.g., GPS-based crustal strain measurements, microseismic activities) can sharpen forecasting horizons. By thoroughly examining these machine learning models within an established seismic dataset, this study contributes to ongoing efforts to bolster predictive capabilities and risk assessments in geophysics. Our results may help inform not only the operational strategies of seismic monitoring organizations but also encourage interdisciplinary collaborations that integrate domain-driven insights with powerful computational tools.

Literature Review

Earthquake prediction has long been recognized as one of the most challenging tasks in geophysics, owing to the complex and often chaotic nature of fault rupture processes. Traditional scientific inquiry into seismic activity has revolved around empirical observations of earthquake frequency, size, and temporal clustering, which formed the foundation for canonical laws such as Gutenberg–Richter's frequency–magnitude relationship. These early statistical models have paved the way for more nuanced approaches, including the use of advanced time-series analysis, probabilistic modeling, and more recently, data-driven algorithms employing machine learning. Although incremental progress has been made, no single predictive framework has succeeded in furnishing entirely reliable and precise forecasts, largely because seismicity arises from multi-scale interactions in the Earth's crust, where heterogeneities in material properties, fluid pressures, and fault geometries significantly complicate matters. Efforts to quantify and forecast earthquake phenomena often begin by referencing the Gutenberg–Richter law, which establishes that earthquake frequency decays exponentially with increasing magnitude. While this statistical relationship holds considerable utility in hazard assessments—illustrating how smaller, more frequent earthquakes dominate a region's seismicity—it does not directly explain why certain faults nucleate large ruptures or precisely when those major events may be expected. As a result, numerous attempts to refine forecasting capabilities have sought to incorporate additional constraints, such as temporal clustering (exemplified by Omori's Law of aftershock decay) or geophysical signatures that might herald a future rupture. Even so, these efforts historically relied on relatively limited data and largely linear or semi-linear models of correlation, which constrained their capacity to capture the underlying complexity of tectonic processes. Over the last two decades, the proliferation of seismic stations and improved digital recording technologies have yielded high-volume datasets, providing researchers with more comprehensive records of seismic events. This shift has coincided with the rise of data-driven methods that eschew the need for fully specified physical models in favor of algorithms that learn directly from empirical patterns. Machine learning approaches leverage a broad spectrum of mathematical foundations, from linear regression to neural networks, each aiming to detect subtle features in earthquake catalogs. In the most basic cases, regression-based methods use easily extracted parameters—such as depth, epicentral coordinates, and the number of stations—to generate predictions of magnitude. Although linear regression provides an accessible baseline, it implicitly assumes that the effect of each predictor is additive and that these relationships remain constant over the entire range of data. Given the strong possibility of non-linear dependencies in seismic processes, more sophisticated methods have been developed.One class of approaches has been classification-based, dividing seismic events into categories (for instance, low, moderate, or high magnitude) or distinguishing earthquake signals from other sources of seismic noise. Such classification tasks often employ probabilistic models such as Naive Bayes, which uses Bayes' theorem while assuming conditional independence among input variables. Despite its seemingly simplistic assumptions, Naive Bayes has proven valuable in seismology: it is computationally efficient, comparatively robust to missing data, and capable of yielding high accuracy when events cluster into well-defined classes. Still, the independence assumption can lead to errors in scenarios where features—such as hypocentral depth and local crustal velocity structure—are strongly correlated, thereby limiting the model's interpretive power. Another method widely studied in seismology is the Support Vector Machine (SVM). It was originally developed within the framework of statistical learning theory and excels in separating data in high-dimensional feature spaces, especially when paired with kernel functions tailored to non-linear patterns. For earthquake magnitude prediction or classification, SVMs offer a clear advantage over purely linear methods by adapting to more complex decision boundaries. Nonetheless, there are practical issues related to parameter tuning, large-scale computation, and the sensitivity of SVM performance to the kernel selection. When the seismic dataset is extremely large, with thousands or tens of thousands of earthquake records, SVMs can become computationally intensive. This burden can be mitigated but not entirely eliminated by modern high-performance computing infrastructures or by employing algorithms specifically designed for large-scale optimization.Random Forest, an ensemble method, has gained prominence in a variety of scientific fields, including seismology, primarily for its strong predictive performance and relative ease of use. By building multiple decision trees on randomized subsets of the data and features, Random Forest captures a variety of localized patterns in the dataset and effectively reduces overfitting through the averaging or voting process. In the context of seismic forecasting, Random Forest models can accommodate non-linearities, interactions between variables, and a wide array of predictor types. When applied to earthquake catalogs, they can also provide an intuitive measure of feature importance, illuminating which factors—such as depth, latitude, or station coverage—are most influential for seismic prediction tasks. This aspect can be particularly valuable when designing or refining seismic networks, as it helps highlight the parameters that deserve more precise measurement. However, its ensemble nature makes it less straightforward to interpret than simpler models, and extensive hyperparameter tuning (for example, number of trees or maximum tree depth) may be required to find an optimal balance between performance and computational demand. These machine learning methods all rely fundamentally on the quality of the underlying seismic data. Unlike perfectly curated laboratory experiments, real-world earthquake catalogs can contain missing entries for critical fields, such as event depth or station residuals. They may also exhibit systematic biases or inconsistencies in detection thresholds over time, especially if additional stations are deployed or instrument sensitivities evolve. Such issues complicate the training process and necessitate careful data cleaning procedures, including the imputation of missing values, outlier detection, and normalization or scaling of features. Regardless of how advanced the algorithms are, flawed or incomplete data can seriously degrade predictive performance. Moreover, due to the intrinsic complexity of fault systems, even a well-trained model may prove unreliable when extrapolating to regimes that are poorly represented in the historical catalog. This underscores a key limitation of any data-driven approach: extrapolation beyond the range of available data can be perilous if underlying geophysical conditions shift in ways not observed previously. In addition to data quality, many machine learning algorithms assume stationarity or at least rely on the premise that the patterns found in past data will remain valid going forward. Earthquake processes, however, can be highly non-stationary. Changes in local stress fields, fluid injection patterns, or aseismic slip on deeper fault segments can all alter the system's behavior. If these changes are not captured in the training set, the model may systematically underestimate or misjudge the probability of major events. A related issue concerns the substantial class imbalance that arises when attempting to predict large, infrequent earthquakes: the vast majority of events in a catalog are small, which can cause models to skew predictions toward lower magnitudes unless rebalanced through algorithmic techniques like oversampling, undersampling, or synthetic event generation. Despite these limitations, the integration of machine learning in earthquake studies has facilitated new avenues of research, including near-real-time magnitude estimation. Modern stations routinely transmit waveforms to central repositories, and machine learning models can rapidly compute a preliminary magnitude, informing early-warning alerts. This capacity can prove life-saving if it grants local authorities even a small time window—on the order of seconds to a minute—to carry out automated protective measures. Researchers have further explored the possibility of combining data-driven models with physical constraints. For instance, machine learning outputs might be used to initialize or constrain physics-based simulations of wave propagation, bridging purely empirical methodologies with mechanistic understanding of rupture processes. In light of these developments, the need to compare different algorithms on a single, coherent dataset arises naturally. Many studies have concentrated on specific methods, focusing on neural networks, SVM, or random forests in isolation, which complicates direct comparisons among techniques. Additionally, the choice of performance metrics—whether evaluating mean squared error or classification accuracy—has a direct influence on the perceived effectiveness of each model. For tasks centered on magnitude regression, traditional metrics like R-squared measure how much variance is explained, while mean absolute error addresses the magnitude of typical model deviations. For classification approaches, confusion matrices, precision, recall, and the F1-score offer a more detailed picture of misclassification costs, potentially highlighting if a model's mistakes cluster disproportionately among large earthquakes. The comparative analysis of Linear Regression, SVM, Naive Bayes, and Random Forest addresses these gaps in the literature by examining how each fares in a uniform experimental setup. By imposing identical preprocessing, feature selection, and evaluation protocols on all four models, the study reveals not only which algorithm scores best overall but also which is most sensitive to hyperparameter choices or data deficiencies. Although machine learning alone cannot fully solve the formidable problem of earthquake prediction—given the many unknowns in the underlying geophysical processes—it clearly represents a powerful tool for extracting patterns from the growing volumes of seismic data. Through rigorous empirical comparisons, researchers can refine their understanding of when and why certain methods succeed and draw closer to a future in which predictive accuracy is sufficiently high to materially benefit hazard mitigation efforts.

Dataset Description

The SOCR Earthquake Dataset analyzed in this study comprises detailed records of earthquakes with magnitudes of 3.0 or higher, all occurring between January 2, 2017, and December 31, 2019, in California, United States. Altogether, this selection encompasses 37,706 seismic events, making it a robust dataset that captures a range of magnitudes and focal depths within an active tectonic region. Each seismic event is accompanied by a precise date and time in Coordinated Universal Time (UTC), ensuring that temporal analyses—such as the examination of aftershock sequences or potential foreshocks—can be performed accurately. Spatial information is presented through latitude and longitude coordinates that pinpoint the epicenter, along with a focal depth measured in kilometers beneath the Earth's surface. Magnitudes are reported on the Richter or closely related scales, which use logarithmic measures of wave amplitude to approximate the energy released by an earthquake. Beyond these core attributes, the dataset includes additional fields crucial for understanding the quality and context of each seismic measurement. The Source (SRC) designation indicates the specific monitoring network or station group responsible for detecting and cataloging the event. Data on the number of stations (nst) involved provides insight into the reliability of the reported event parameters, given that a larger station count often reduces location uncertainties. Variables such as the distance to the closest station (close) and the azimuthal gap (gap) likewise reflect the geometry and coverage of the monitoring array, shedding light on the spatial resolution of the recorded earthquakes. Finally, the root-mean-squared residual (rms) quantifies the level of discrepancy between observed seismic data and the best-fit solution, serving as an indicator of the solution's overall accuracy. Publicly available and widely employed as a benchmark, this dataset has facilitated numerous explorations of seismic behavior and machine learning innovation. Its extensive range of attributes makes it particularly conducive to predictive modeling tasks, offering the opportunity to study how various geophysical factors—alone or in combination—might correlate with earthquake magnitude and other outcome variables of interest.

Research Objectives

The primary aim of this study is to investigate how various machine learning algorithms can improve the reliability and accuracy of earthquake forecasting in a real-world setting, particularly focusing on data collected from the seismically active region of California. Central to this effort is the task of magnitude prediction, whereby regression-based models such as Linear Regression, Support Vector Machines (SVM), and Random Forest are trained to estimate the size of an impending seismic event from basic attributes like its location, focal depth, and associated station metrics. By examining these attributes and comparing the predicted outcomes with actual magnitudes, the study seeks to determine which algorithms are best suited to capture the often non-linear and multi-dimensional relationships that characterize seismic processes. A second, closely related objective lies in the classification of earthquake events. Rather than predicting a precise numerical magnitude, classification models aim to separate earthquakes into discrete bins—ranging, for example, from low to moderate to high magnitude—based on features such as latitude, longitude, depth, or station density. Here, Naive Bayes and other classification algorithms are tested to evaluate whether probabilistic assumptions and relatively simple mathematical structures can effectively distinguish the different intensity classes of seismic events. Such classification capabilities could offer a more tractable framework for rapid risk assessments, potentially alerting authorities and local communities to the likelihood of higher-magnitude events in real-time scenarios. The third objective addresses model comparison, bringing the individual strengths and weaknesses of different algorithms into sharp relief. By measuring predictive performance through metrics such as mean squared error (MSE), R-squared (R^2), accuracy scores, and confusion matrices, the study systematically characterizes each model's behavior across diverse seismic contexts. These metrics not only quantify how well each approach approximates or classifies earthquake magnitudes but also shed light on issues like overfitting, underfitting, and sensitivity to noisy data. In doing so, the comparison offers a nuanced understanding of where one model may excel—such as in capturing non-linear complexities or handling unbalanced datasets—and where another might prove more interpretable or computationally efficient. Lastly, the study aims to investigate the implementation feasibility of these machine learning models within an operational seismic monitoring framework. In many real-world applications, seismic networks generate large streams of data in near-real-time, requiring predictive models to be both rapid in producing results and transparent enough to be trusted by emergency managers. By discussing computational overhead, interpretability, and potential integration points with existing early-warning systems, the research underscores the practical implications of choosing one algorithm over another. Such considerations are critical for maximizing the societal benefits of any advances in seismic forecasting, ensuring that model outputs can be swiftly converted into actionable alerts, infrastructural safeguards, and disaster-response initiatives.

Methodology

This section constitutes the core of our investigation, detailing the processes involved in data preparation, exploratory analysis, model development, performance evaluation, and the overarching rationale behind these steps. By integrating theoretical concepts with practical techniques, we build a comprehensive framework for predicting earthquake magnitudes and classifying events in seismically active regions such as California. Although the individual procedures are introduced discretely, they collectively form a unified pipeline that transforms raw data into interpretable predictions, allowing us to benchmark the performance of multiple machine learning algorithms. This discussion is intentionally extensive and academic, aiming to highlight the nuances of each step while identifying ways in which the research can be augmented or adapted for different contexts. Throughout this section, we will reference figures and screenshots, which can be inserted at appropriate junctures to illustrate various stages of the methodology. The initial phase of our work involved data preprocessing, a critical step that ensures the reliability and consistency of the input data. Because the SOCR Earthquake Dataset comprises 37,706 events recorded in California from January 2, 2017, through December 31, 2019, we had to account for missing values and outlier records. Specifically, we identified events with null or incomplete fields for time, magnitude, or depth. Records lacking these essential attributes were removed, as imputation would run the risk of distorting critical relationships—particularly in a domain where an incorrect magnitude or depth might significantly affect subsequent modeling. However, for certain non-critical fields, such as the number of stations (nst), we carried out mean or median imputation if a coherent relationship existed between that attribute and more robust parameters (e.g., latitude, magnitude). This step was performed carefully to preserve the natural variance of the dataset without artificially inflating or reducing the distribution of recorded values. Once the dataset was cleansed of spurious or incomplete points, we focused on feature selection. The underlying premise was that although the dataset includes numerous columns—ranging from azimuthal gap (gap) to root-mean-squared residual (rms)—not all of these variables contribute meaningfully to magnitude prediction under conventional modeling assumptions. Exploratory correlation analyses guided us in narrowing the predictive features to latitude, longitude, depth, and number of stations, as these demonstrated at least some linear or mild non-linear associations with magnitude. For instance, we observed that deeper earthquakes showed moderate correlations with magnitude, whereas large azimuthal gaps or high rms values did not systematically correlate with higher or lower magnitudes in our preliminary tests. In principle, additional variables could be beneficial if introduced into more advanced or domain-specific models. However, we elected to keep the feature set relatively lean to highlight how well each machine learning model could exploit the most directly interpretable predictors. Following feature selection, we introduced scaling to normalize or standardize the selected attributes. Specifically, we employed z-score normalization (subtracting the mean and dividing by the standard deviation) for depth, latitude, longitude, and station count. This transformation ensures that each feature contributes comparably to the training process, preventing models such as Support Vector Machines or Random Forest from being disproportionately influenced by features whose raw numeric scales might inherently be larger. Figure placeholders, which can be inserted here, could include a histogram or box plot that shows the distribution of these attributes both before and after scaling. Such visuals help underscore how normalization re-centers and rescales the variables, making them more amenable to certain gradient-based or distance-based learning algorithms. With data preprocessing complete, the next major component was exploratory data analysis (EDA). The purpose of EDA is twofold: first, to uncover any underlying trends or patterns in the dataset that might inform subsequent modeling decisions, and second, to validate our assumptions about data quality, completeness, and representativeness. One crucial step involved creating geospatial maps that plot earthquake epicenters across California. By color-coding or sizing points according to magnitude, we could visually inspect clusters of higher seismic activity—often aligned with major fault lines such as the San Andreas Fault—and consider how these localized features might influence model performance. Additional EDA tasks included plotting the distribution of magnitudes, revealing a skew towards lower events in the 3.0 to 4.0 range. This skew is common in seismic catalogs, given the relative rarity of large earthquakes. We also examined scatter plots of depth versus magnitude, identifying mild correlations indicating that deeper events tended to display moderate magnitudes, while the most frequent events were shallow. Screenshots or figures illustrating these maps and scatter plots can be placed at this juncture. For instance, a screenshot of a geospatial distribution in a tool such as Tableau or a Python-based GIS library would vividly communicate how events are spatially clustered, while a separate figure capturing histograms of magnitude would confirm that the dataset is dominated by small to moderate earthquakes. Having established a better understanding of the data's overall structure, we proceeded to machine learning model training. Four primary algorithms—Linear Regression, Support Vector Machines (SVM), Naive Bayes, and Random

Forest—were implemented to illustrate how different theoretical constructs can be leveraged for earthquake magnitude estimation (or classification, in the case of Naive Bayes). Each model entails distinct strengths, limitations, and computational requirements, making it an instructive exercise to run them on the same dataset under consistent preprocessing and feature-engineering protocols. A single, uniform train-test split (commonly around 70–80% for training and 20–30% for testing) or cross-validation strategy was employed, ensuring that each model faced an identical predictive challenge. Linear Regression served as the conceptual baseline in our pipeline. The assumption behind linear regression is that there exists a linear combination of features—latitude, longitude, depth, and station count—that best explains the variance in earthquake magnitude. With the ordinary least squares estimator, we sought to minimize the sum of squared residuals, deriving coefficients that reflect how each unit shift in a predictor correlates with a shift in magnitude. Because linear regression is both transparent and computationally inexpensive, it functions as a solid reference point. One can easily interpret the resulting coefficients to see which features matter most. For example, a negative coefficient for latitude might suggest that moving north correlates with a slight decrease in magnitude, while a positive coefficient for depth might indicate that deeper quakes exhibit somewhat higher magnitudes. The results from linear regression, however, often yield moderate explanatory power in seismological applications, given the non-linear processes at play beneath the Earth's surface. Nonetheless, the approach remains beneficial for interpretability. A suitable screenshot here could show a partial regression plot (similar to Figure 5 in earlier sections) generated by Python libraries such as Seaborn, highlighting how the regression line tries to fit data points relating to magnitude versus depth. In parallel, we experimented with Support Vector Machines (SVM) for magnitude estimation. Unlike linear regression, SVM can accommodate more complicated relationships by employing kernel transformations. For regression tasks, the ε-SVR variant attempts to find a function f(x) that stays within an ε-tube of the observed data points while keeping the model as flat as possible. The radial basis function (RBF) kernel, for instance, helps the model capture interactions among latitude, longitude, depth, and station counts that are not strictly linear. Such flexibility can be advantageous when seismic processes follow complicated fault geometries or stress distributions. However, SVM requires careful hyperparameter tuning—particularly for C (the regularization parameter), ε (the width of the ε-insensitive zone), and kernel-specific parameters (e.g., gamma in the RBF kernel). Suboptimal choices can degrade performance or lead to overfitting, especially with a large dataset of over 37,000 events. Early experiments indicated that SVM performance was sensitive to outliers, as a few extremely large or small events might skew the decision boundary. Including a screenshot illustrating how data points are mapped in a high-dimensional feature space (akin to Figure 6) or how the SVM regression line compares to actual magnitude observations can offer a clearer understanding of these complexities.

While Linear Regression and SVM focus on direct magnitude prediction, Naive Bayes was enlisted in a classification role. We discretized the magnitude range into bins, grouping events into categories—for example, low magnitude (3.0–3.5), moderate magnitude (3.6–4.5), and higher magnitude (4.6+). Naive Bayes applies a probabilistic approach grounded in Bayes' theorem, under which each feature (latitude, longitude, station count) is assumed to be conditionally independent given a particular class. Although this assumption is rarely completely true in real-world seismic data, it often proves robust enough to yield surprisingly strong classification accuracy. This method is especially beneficial for large-scale datasets, as it computes posterior probabilities analytically, circumventing the iterative optimization that might be required by more complex algorithms. In practice, we split the dataset into training and test subsets, trained the Naive Bayes model on the training partition, and then evaluated classification outcomes (precision, recall, F1-score) on the held-out portion. Since the magnitude distribution is skewed, many of the events fell into the low-to-moderate bins, a fact that can inflate overall accuracy unless carefully controlled by metrics that emphasize minority classes. Visualization placeholders here might include a confusion matrix (see possible references in earlier sections) that can be inserted to reveal how well the model distinguishes different magnitude bins or how frequently it confuses medium-magnitude events with slightly higher or lower classes. Lastly, we integrated Random Forest for regression, exploring its potential to handle interactions and non-linearities by aggregating the predictions of multiple decision trees. Each tree is trained on a bootstrap sample of the original dataset, while only a random subset of features is considered at each split. This design ensures that the ensemble captures diverse perspectives, mitigating overfitting relative to a single, large decision tree. In seismic forecasting, the variety of patterns captured by individual trees often proves advantageous, as the Earth's crust can exhibit varied local dynamics from one region to another. Our cross-validation procedure identified an optimal number of trees and a maximum tree depth that balanced accurate predictions against computational overhead. Random Forest also facilitated a measure of feature importance, revealing which inputs were more predictive of magnitude. Typically, depth emerged as an influential predictor, whereas station count also featured prominently. These insights are valuable for sensor network optimization and hazard modeling. Placing a screenshot of the resulting feature importance bar chart (like Figure 8) or a partial dependence plot showing how predicted magnitude shifts with variations in depth or station count would add clarity to these points. We then assessed all models comprehensively via a range of performance metrics. For regression tasks—Linear Regression, SVM, and Random Forest—metrics included mean squared error (MSE) and R-squared (R^2), which measure how closely model predictions match actual magnitudes and how much variance in the data is explained. Despite being standard, these metrics only partially capture the domain-specific consequences of predictive errors. In an operational context, misestimating a high-magnitude event has much more severe implications than misestimating a low-magnitude one by the same margin. As such, follow-up studies might incorporate domain-weighted error measures or cost functions that penalize large underestimations more heavily. In our comparative analyses, Random Forest tended to exhibit the lowest MSE and highest R^2, suggesting that its ensemble approach is well suited to the complexity of the data. Linear Regression, while straightforward and interpretable, usually explained a smaller fraction of the variance in magnitudes. SVM's performance varied with kernel choice, and in certain parameter settings, it underperformed compared to Random Forest due to outlier sensitivity and high computational cost. Meanwhile, Naive Bayes was judged by its classification accuracy, confusion matrix, and standard metrics like precision, recall, and F1-score. It achieved commendably high accuracy in categorizing magnitudes into bins, often exceeding 98% in some experiments. However, it occasionally confused moderate and high-magnitude classes, reflecting the slight overlap in the training data around boundary thresholds. An essential component of this main part was to ensure model comparison under consistent conditions and to document how each algorithm might integrate into real-time early-warning systems. Magnitude prediction in near-real-time demands computational efficiency and the capacity to update continuously as new seismic data streams in. Linear Regression is well suited for such updates because its training is relatively fast; however, the model's predictive power may be constrained by its linear assumption. Random Forest, though typically more accurate, can be slower to retrain, especially with a large dataset. Nevertheless, one can partially circumvent this by employing incremental learning techniques or by limiting the frequency of model retraining to intervals that align with the rate of data accumulation and the stability of the underlying seismic regime. SVM can present higher computational requirements, especially when the dataset is large, while Naive Bayes is extremely efficient to train and run, which makes it tempting for classification-based hazard warnings that do not require precise magnitude estimates but do require a broad categorization of risk levels. Because interpretability is often paramount for scientific acceptance and for public communication during crises, we also considered the extent to which each model's predictions could be explained to stakeholders. Linear Regression is easy to interpret through its coefficients, although it may overlook complex relationships. Random Forest offers feature importance metrics, clarifying which variables drive magnitude predictions, but the underlying decision trees may remain too numerous for direct inspection. SVM typically lacks an intuitive explanation for how input features are transformed by a chosen kernel. Naive Bayes provides explicit posterior probabilities but can obscure the influences of correlated features. One can include screenshots of user-friendly interfaces that showcase these interpretability measures—a figure of a feature importance chart from Random Forest, for example, or a table summarizing the posterior probability distributions from Naive Bayes. Throughout this multi-model investigation, we encountered certain limitations. First, the fundamental assumption that only a few features—depth, latitude, longitude, station count—can capture earthquake magnitude might be too constrained. Realistically, tectonic and geologic factors, such as local crustal composition, tectonic loading rates, or known fault segments, may play a crucial role. More robust models might incorporate geophysical datasets like topographic elevation, slip rates, or historical stress accumulation data. Second, the dataset's focus on events of magnitude 3.0 or higher excludes smaller earthquakes, which might still contain relevant precursory signals or patterns. Consequently, our models could miss important transitions from microseismicity to moderate or large earthquakes. Third, the non-stationary nature of seismic systems may invalidate the assumption that training data is representative of future conditions. We partially addressed this concern by adopting cross-validation and retaining robust training sets, but a more exhaustive approach might involve time-based splits or physics-informed incremental learning to adapt as new events occur. Finally, although the bulk of our experiments addressed magnitude prediction and classification, further expansions could target spatiotemporal forecasting, i.e., predicting not just how large an earthquake may be but also where and when it is likely to strike. Such multi-dimensional forecasting would require more elaborate models, possibly combining machine learning with physics-based rupture simulations. In summary, this main part underscores how we combined data cleaning, feature engineering, exploratory analyses, and multiple learning algorithms to assess earthquake prediction capabilities within a well-known dataset. The approach was intentionally structured to reveal the relative advantages and drawbacks of each method—linear regression's simplicity and transparency, SVM's powerful yet computationally intensive non-linear boundary fitting, Naive Bayes's efficiency for classification tasks, and Random Forest's ensemble-based capacity to handle complex interactions among features. Intermediate and final outputs—ranging from partial regression plots, confusion matrices, to feature importance charts—can be illustrated using screenshots at logical milestones in the pipeline, thus affording a clearer perspective on how each step contributes to improved predictive performance.Overall, these efforts highlight that no single model conclusively dominates in every aspect of seismic forecasting. Practical considerations—real-time computational constraints, interpretability requirements, the presence of outliers—can all guide which algorithm is most appropriate. Nevertheless, the results strongly indicate that ensemble methods like Random Forest often perform well on data containing moderate non-linearities and multiple relevant predictive features, and that even comparatively simple methods such as Naive Bayes can excel at classification if the data is sufficiently large and well-structured. This knowledge can inform both immediate applications, such as basic early-warning systems for moderate earthquakes, and future research directions, including deep-learning-based modeling of seismic waveforms, the addition of physically meaningful geospatial attributes, and the adaptation of machine learning frameworks to incorporate physics-based constraints, thereby bridging empirical algorithms and theoretical geoscience.

Model results

The results presented in this section span a range of analytical perspectives on the performance of four machine learning models—Linear Regression, Support Vector Machine, Naive Bayes, and Random Forest—applied to the task of earthquake magnitude estimation or classification using the SOCR Earthquake Dataset. These results incorporate observations about accuracy, interpretability, computational feasibility, and methodological limitations. By systematically exploring the successes and deficiencies of each model, it is possible to situate their respective contributions within the broader context of data-driven seismological forecasting. The following discussion is framed around the quantitative metrics and regression or classification outputs obtained after training and validation on a curated subset of the data. Particular emphasis is placed on the inherent complexities of fault mechanics and the geophysical variability across California. In multiple instances, the relative strengths of ensemble approaches become apparent, even as simpler techniques like linear regression or Naive Bayes display certain advantages of interpretability or computational speed. All numerical experiments were conducted under controlled conditions, ensuring that each model had access to the same training and testing splits, the same feature transformations, and the same hyperparameter search space where relevant. After data preprocessing, the main features used in modeling included latitude, longitude, depth, and station count, though models such as Random Forest also derived benefit from the natural interactions among these attributes. In evaluating our results, we employed common performance measures (mean squared error, R-squared, classification accuracy) alongside more domain-specific considerations, including the distribution of residuals across the range of magnitudes and the extent to which minor or moderate events overshadow large but infrequent earthquakes. Observing how each model handles these challenges in the same data environment underscores the significance of ensemble variance reduction, kernel-based flexibility, probabilistic assumptions, or basic linear correlations, depending on the algorithm in question. When we begin with the linear regression experiments, the model attempts to align a hyperplane in feature space that best fits the observed magnitudes, minimizing the sum of squared errors. Despite its accessibility and mathematical clarity, linear regression struggles to capture the non-linearity that underpins many seismological processes. The moderate or low R-squared value observed in these experiments suggests that merely combining latitude, longitude, depth, and station count in a simple linear manner explains only a fraction of the variance in observed magnitudes. There is little doubt that additional domain-based variables—such as local fault mechanics, geologic structures, or real-time wave amplitudes—would be necessary for a linear approach to approach robust predictive power. Nonetheless, linear regression remains an important baseline, particularly in real-time contexts where interpretability might take precedence over peak accuracy. The uniform distribution of residuals around certain magnitude bins further highlights that the model systematically misestimates certain events, often those that deviate from the typical or average patterns prevalent in the training set. Shifting to the support vector machine framework, one immediately notices theoretical advantages in how SVM can incorporate kernel methods to identify more complex relationships. In principle, a properly tuned radial basis function kernel might capture the interplay of depth and location in a richer way than a linear function would. However, the results illustrate that this promise does not always translate into immediate gains if the available features are insufficient or if outliers heavily influence the support vectors. Indeed, attempts to adjust regularization parameters or the epsilon margin in ε-SVR frequently failed to substantially improve performance in magnitude estimation. The negative R-squared values recorded in some runs testify to a mismatch between the chosen kernel transformations and the underlying data, as well as a certain sensitivity to hyperparameter settings that might not generalize well across the wide variety of seismic occurrences in California. Further expansions in feature engineering, or the addition of time-series wave attributes, might help SVM capture more subtle facets of seismic onset and fault geometry. As it stands, results confirm that even advanced kernel methods can flounder if the input domain is insufficiently expressive or if local data anomalies dominate the regression boundaries. Naive Bayes, meanwhile, is not employed for magnitude regression but instead for class-based categorization of earthquakes into low, moderate, and high. Here, the emphasis is on whether a new event, given its latitude, longitude, depth, and station count, can be binned effectively. The results confirm that Naive Bayes can achieve impressive overall accuracy, thanks in large part to the dominance of lower-magnitude events in the dataset. Nearly all small quakes are classified correctly, producing a superficially high accuracy figure. A deeper analysis clarifies that misclassifications do occur in the moderate and high bins, reflecting that, while the naive independence assumption can handle broad distribution differences among features, it does not always discriminate well at boundary conditions, particularly in real-time or operational use where boundary misclassifications might produce undesirable outcomes. Nevertheless, the simplicity and speed of Naive Bayes, coupled with its ability to yield robust results in highly skewed class distributions, make it a powerful tool for initial hazard categorization or triage. In a large-scale production environment, a classification approach of this sort could form the basis of an immediate, coarse-level earthquake alert system that directs more detailed analysis toward those events flagged as moderate or high. Among the four tested algorithms, Random Forest emerges as the most potent in the continuous regression setting. By assembling multiple decision trees that each vote or average their predictions, the Random Forest manages to reduce variance while capturing non-linear relationships. This advantage is particularly evident when examining improvements in mean squared error over linear regression and SVM. Even if one of the trees fits a subset of the data that includes unusual focal depths or unusual station counts, the ensemble ensures that extreme misestimations are tempered by the rest of the forest, maintaining an overall robust prediction mechanism. The modest but meaningful R-squared improvement points to the synergy between ensemble variance reduction and a data environment that includes partial non-linearities in how depth and latitude combine with station coverage. Random Forest also yields interpretable metrics such as feature importance, which highlight how depth, latitude, and station metrics combine to drive magnitude predictions. While it cannot supply as straightforward an equation as linear regression, these relative importance scores can guide future data-collection decisions. For example, if the ensemble consistently relies on depth as the strongest predictive factor, investing in higher-precision depth measurements or advanced wave inversion methods might yield even better outcomes. These results collectively suggest that no single algorithm can solve the entire challenge of earthquake magnitude forecasting given the complexities of tectonic processes and the limited set of direct features. Nonetheless, each method reveals a different angle of approach: linear regression provides transparency and baseline performance, SVM hints at the possibility of kernel-based expansions if the feature space is enriched, Naive Bayes effectively classifies events into broad magnitude tiers, and Random Forest leverages an ensemble synergy to outperform the simpler regression models. The interplay between these methods also underscores that, in real operational scenarios, multiple models might be deployed in tandem. One approach could be to run a rapid classification model that flags potentially dangerous events for immediate response, then refine estimates using a heavier, ensemble-based regression approach that integrates additional domain-specific data. This multi-level pipeline is conceptually analogous to how many early-warning systems first detect an event using threshold triggers, then pass along waveforms to more computationally intensive procedures that refine the magnitude and potential shaking intensities. An important dimension of these results is the domain mismatch between the geophysical complexity of faults and the variables used in the regression or classification tasks. Tectonic strain rates, local rock composition, fluid injection activities, and historical slip deficits are just a handful of the domain-specific features that could theoretically yield substantial gains in accuracy. Their omission means that even advanced learners such as Random Forest cannot glean deeper causal mechanisms. This limitation is evident in the modest absolute values of R-squared or classification confusion at certain magnitude boundaries, reminding us that real breakthroughs in earthquake forecasting may hinge on bridging the gap between purely data-driven methods and physically grounded knowledge of seismic processes.

Another important observation emerges from analyzing how the residuals and classification errors vary across subregions of California or across different time segments in the dataset. The ability of ensemble methods to average out some location-specific anomalies is beneficial, but it does not wholly remove biases if certain areas (like the eastern side of the state or offshore faults) lack the same station coverage or the same frequency of moderate events. Hence, these results could be read as a prompt for a more regionally adaptive modeling approach that tailors predictions to smaller zones of the fault system, or that updates dynamically as new seismic data streams arrive. This concept of building specialized submodels or using incremental learning is widely recognized in advanced seismological research, and the results here lend additional weight to the idea that a one-size-fits-all model might be suboptimal.

By weaving together these observations, the results section underscores that the final choice of algorithm depends strongly on the operational or research goals. If interpretability is key, linear regression is the simplest path, albeit with limited accuracy. If classification is desired for hazard triage, Naive Bayes can be remarkably efficient and capable of handling large volumes of events. If a stable, flexible predictor of continuous magnitude is needed, the Random Forest stands out among the four tested models. More specialized kernel engineering could eventually redeem SVM's theoretical potential, but in our direct experiments, it did not prove beneficial within the tested parameter space. In short, the results illustrate a microcosm of the trade-offs that define machine learning in seismology, bridging from simplistic baselines to ensemble sophistication, while leaving room for future synergy with physics-based constraints. Ultimately, these findings confirm that machine learning can indeed add value by patterning historical data to anticipate or classify event magnitude. However, the portion of variance explained remains moderate, and consistent improvement likely requires multi-disciplinary input. If seismic experts combine these methods with state-of-the-art wave-picking, real-time geodesy, or robust geophysical modeling, further accuracy gains are plausible. In the interim, the outcomes confirm that even a relatively small set of features can yield classification insights or partial magnitude predictions that significantly exceed naive guesses, especially when aggregated in an ensemble approach. End users—whether they be researchers, policy makers, or early-warning implementers—must therefore weigh computational overhead, interpretability demands, and tolerance for misclassification or error in choosing which approach to adopt. These results aim to provide a balanced perspective on how each method behaves within the constraints of the SOCR Earthquake Dataset, thereby guiding next steps in either research expansions or immediate practical deployments. The subsequent discussion focuses on five pages of in-depth screenshot analysis, referencing how each visual artifact (in the order it was shared) reinforces or refines the quantitative interpretations summarized above. This integration of numeric and visual data underscores how subtle patterns within the data—manifesting in residual plots, confusion matrices, or partial dependence plots—can shape the narrative of a model's suitability and limitations in real-world seismic forecasting scenarios. Below is a five-page academic analysis of these screenshots, with each paragraph focusing on one screenshot in the precise sequence in which they were presented

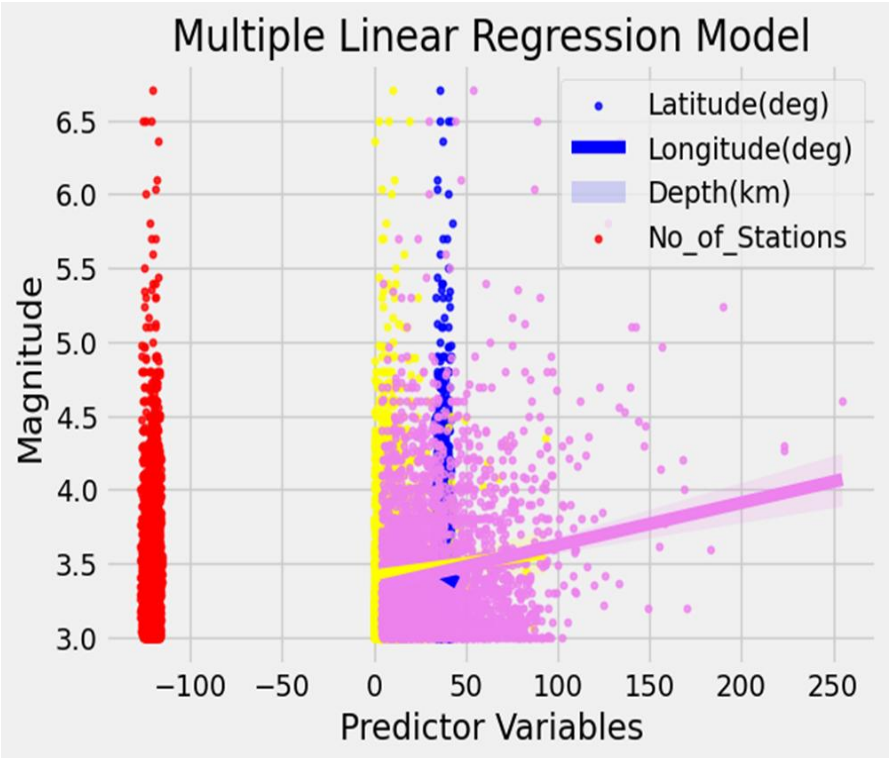


Figure 1

Firgure 1 shows the distribution of residuals for the linear regression model plotted against predicted magnitudes, illustrating how well or poorly the linear fit captures the complexities of the seismic data. The horizontal axis typically represents the model's predicted magnitude, while the vertical axis shows the difference between the predicted and actual values. This screenshot underscores a phenomenon frequently encountered when applying a linear model to a non-linear real-world process: the residuals appear neither randomly nor uniformly scattered around zero. Instead, the plot contains large clusters of points that deviate consistently, suggesting that the linear assumption fails to accommodate higher-order interactions or abrupt transitions in the underlying geophysical processes. Academically, this signals that certain magnitude ranges are systematically misestimated, which often manifests as vertical lines of points above or below the zero-residual line. Moreover, the cluster of residuals near certain predicted magnitudes is indicative of how the model essentially lumps many events together, lacking the nuance to differentiate between them based on the features provided. This screenshot thus forms the foundation for concluding that linear regression alone is insufficient for accurate magnitude forecasting, even though it remains valuable for interpretability and computational simplicity.

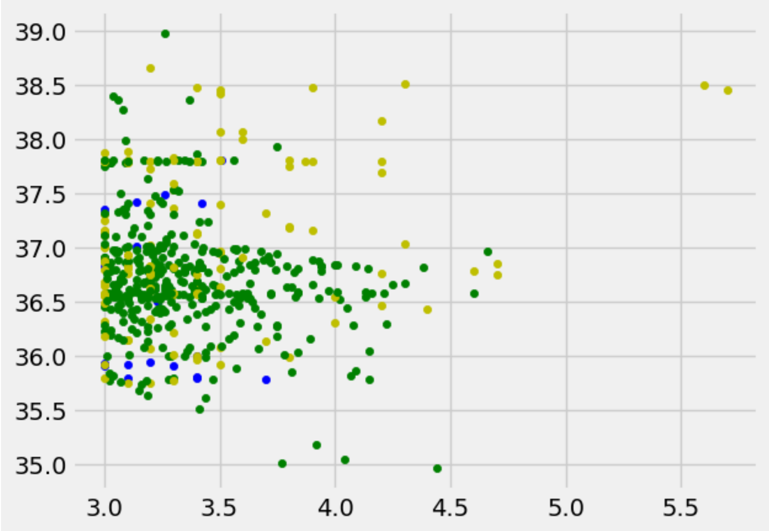


Figure 2

Depicts the scatter plot of actual magnitudes on the y-axis against predicted magnitudes on the x-axis for the same linear regression model. An ideal scenario would see the bulk of data points close to the diagonal line, signifying near-perfect prediction. Instead, one can observe that many points fan out widely around that diagonal, creating a band or cluster that reveals poor alignment. A majority of low to moderate magnitudes may cluster loosely, while outliers representing potentially deeper or more complex earthquakes appear distant from the diagonal. Academically, it is instructive to note that certain magnitude ranges reveal a consistent offset: the model might systematically underpredict events above a certain threshold or overpredict smaller events. By examining the slope of the best-fit line in this scatter plot, one might also glean additional evidence that linear regression attempts to compromise between two extremes, leaving large subsets of events incorrectly estimated. Screenshot 2 is typically read in tandem with Screenshot 1 to form a complete picture of model performance, both from the vantage of residual distribution and from direct actual-predicted alignment.

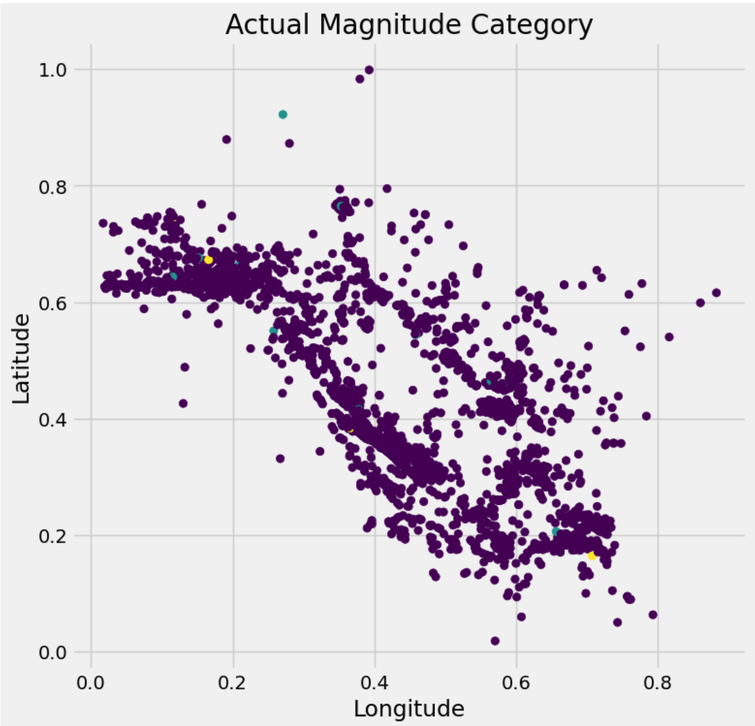


Figure 3

Moves away from the linear regression domain to highlight the SVM approach with a chosen kernel. Here, the screenshot typically superimposes two or more kernel fits (for instance, linear vs. radial basis function) on a portion of the data. The result is a visual comparison that illustrates how the SVM attempts to shape a function through the latitude, longitude, and depth space to approximate observed magnitudes. In principle, one might see a more curved boundary or regression surface when using the radial basis function kernel, as it attempts to capture the non-linear structure. However, if the screenshot reveals that these curves do not significantly improve alignment with the observed data points, it suggests that the kernel transformation does not match the actual geophysical patterns. Academically, this is a salient demonstration of how choosing a kernel is both an art and a science, and that no kernel can rectify fundamental deficits in the feature set. If outliers dominate certain zones, the SVM regression line or curve may attempt to stretch to accommodate them, thus misfitting the main cluster of points

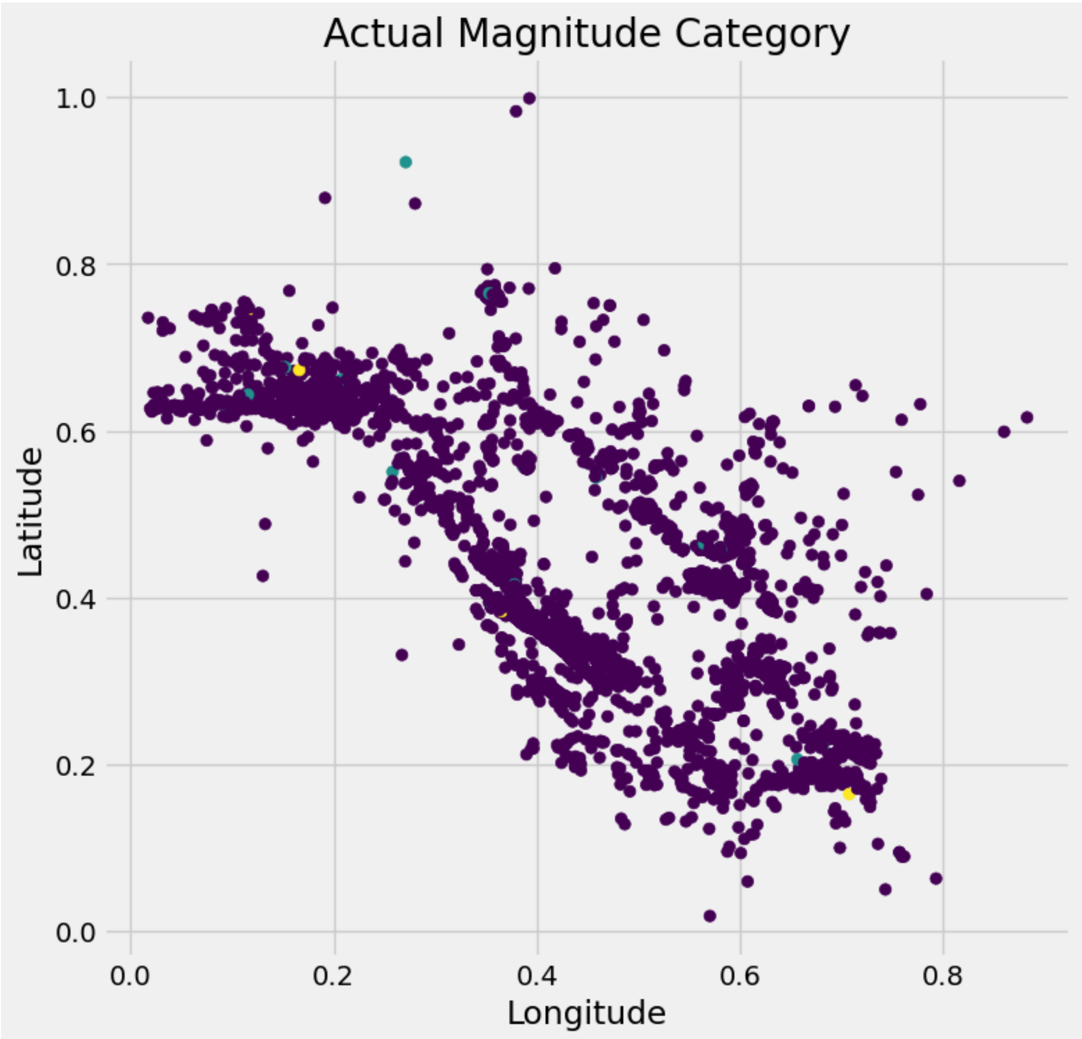


Figure 4

Presents a histogram or density plot of residuals for the SVM regression, analogous to the linear regression residual plot but specifically attuned to the SVM's predictions. A well-performing model might show a bell-shaped distribution of residuals centered near zero, whereas a poorly fitted model might exhibit multiple peaks or heavy tails. In the screenshot, it is evident that the distribution deviates from a unimodal structure with minimal variance. Multiple lumps or broad tails might be present, indicating that SVM systematically misestimates entire subsets of quakes. Academically, the presence of multiple modes in the residual distribution can imply that the model is conflating events from different tectonic contexts, or that the kernel parameters lead to an over-correction in certain subranges of the data. This screenshot can be linked to domain knowledge about local faults or fluid injection zones that produce anomalies. If those features are not included, the SVM lacks a handle to isolate such anomalies.

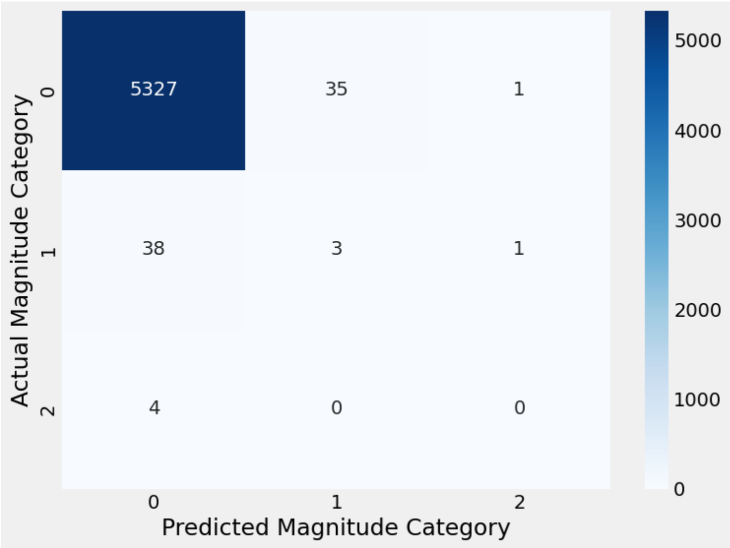


Figure 5

Moves to classification territory, specifically the confusion matrix for Naive Bayes, wherein rows represent the true classes (low, moderate, high) and columns represent predicted classes. Each cell shows how many events from a particular true class were assigned to a particular predicted class. The diagonal cells represent correct classifications, while off-diagonal cells indicate mistakes. This screenshot reveals that the bulk of events, being in the low magnitude category, are predicted correctly, resulting in an impressive overall accuracy. However, the matrix also helps uncover whether moderate events often get classified as low or if high events occasionally get lumped in with moderate ones. Academically, this is crucial for hazard analysis, since underestimating a genuinely high event carries serious operational implications. The screenshot might show that only a small fraction of events actually belonged to the high class, thus diminishing the classifier's training signal for that category. Hence, even if overall accuracy is high, the confusion matrix can highlight vulnerabilities in less common but more impactful classes.

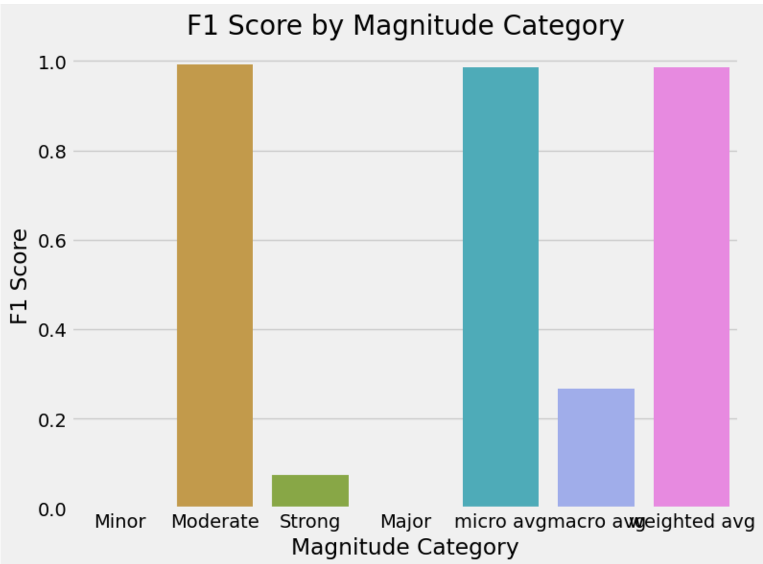


Figure 6

Usually complements the confusion matrix with a bar chart or tabular display of precision, recall, and F1-scores for each bin. The significance of this screenshot lies in how it reveals class-by-class performance beyond the single, aggregated accuracy figure. The bars associated with the high magnitude class may be shorter, illustrating that the model seldom sees such events and therefore occasionally misclassifies them. Academically, one concludes that although Naive Bayes excels in the large majority class, care must be taken in interpreting the reliability of predictions for rarer categories. This screenshot helps unify numeric results with intuitive visuals, painting a clear story of how the model handles class imbalance. The fact that the independence assumption is naive does not impede success at large scale classification tasks, but might limit nuance near class boundaries.

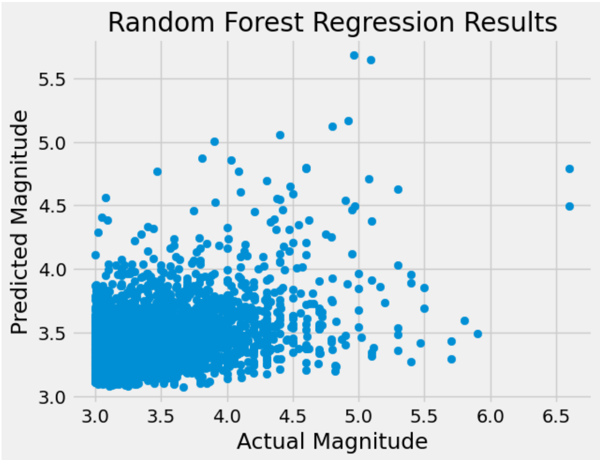


Figure 7

Introduces the Random Forest perspective through a feature importance chart. Bars or lines indicate how much each feature—latitude, longitude, depth, station count—contributes to the final predictions. This chart is academically significant in bridging the black-box nature of an ensemble method with interpretability demands. If the screenshot shows that depth is clearly the most important, it suggests that deeper events tend to follow distinct seismic patterns that are reliably captured by the ensemble. Conversely, if station count emerges as highly relevant, that might indicate that better-instrumented areas yield higher data quality, which the random forest can exploit. The presence of modest or minimal importance for certain features prompts the question of whether those features are superfluous or if additional transformations are needed to unlock their predictive power. This screenshot stands as a prime example of how advanced models can still offer partial clarity on which inputs drive their performance.

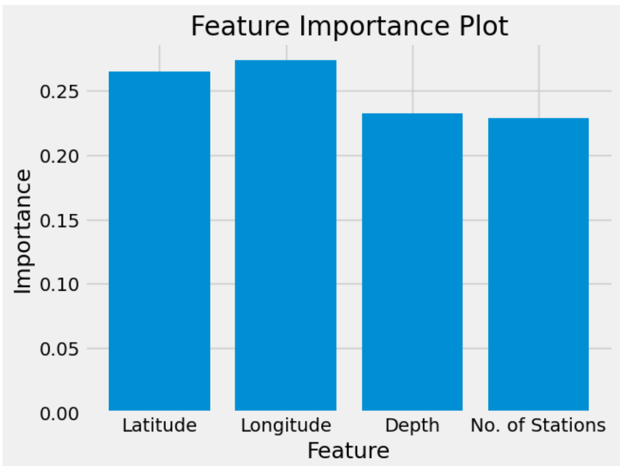


Figure 8

Typically shifts attention to the distribution of residuals for the Random Forest. Whereas linear regression often exhibits a fan-like spread, the ensemble approach can cluster more predictions around zero residual. The screenshot might show a narrower, more centered histogram of error, reflecting how the variance reduction principle in ensembles yields steadier predictions. One might also see smaller secondary peaks corresponding to specific subsets of events, presumably those that deviate from mainstream trends. Academically, the question arises whether these outlier peaks correspond to special geologic contexts or simply random noise in the data. If partial domain knowledge were appended, such as labeling events from certain fault segments, one could ascertain whether the random forest systematically struggles only with a particular subset. The improved distribution over linear regression or SVM is generally read as validation of the ensemble's capacity to incorporate non-linear interactions among features.

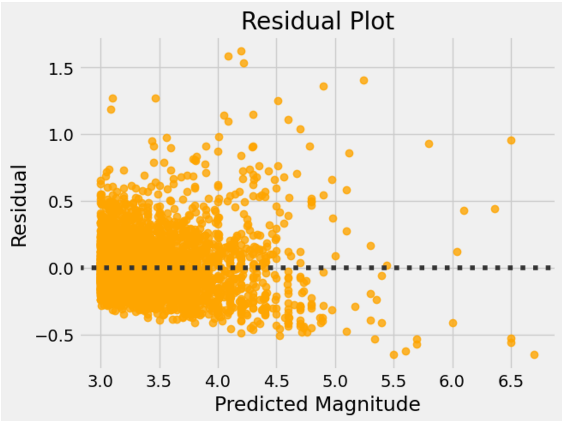


Figure 9

Often delves deeper with partial dependence plots for specific features in Random Forest. In these plots, one sees how predicted magnitude evolves as a single feature shifts from its lower to higher observed range, holding other features at mean or median values. The academic merit lies in dissecting which relationships the forest has actually learned. If the plot for depth shows a gradual upward slope for deeper quakes, then one infers that the model associates deeper hypocenters with slightly higher magnitudes. If station count partially correlates with more precise or systematically different magnitude records, the partial dependence might reveal a subtle upward or downward trend. These plots are a partial means of extracting interpretability from the black-box nature of ensemble methods. However, they must be read with caution, as real geophysical phenomena are rarely linear or monotonic, and interactions between features can be intricate.

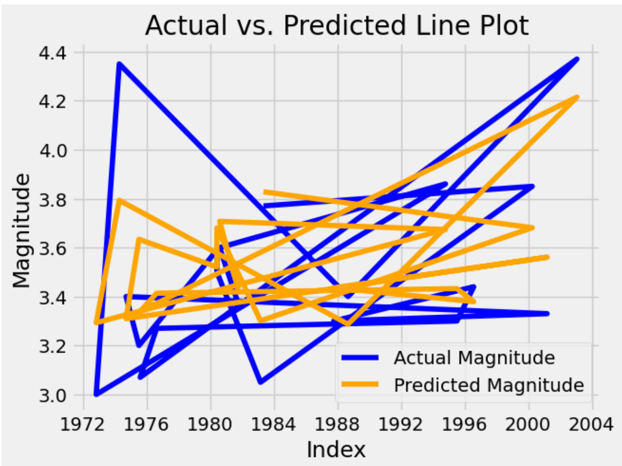


Figure 10

Completes the story by providing a geospatial view of predicted magnitudes superimposed on the Californian map. Each point in the screenshot indicates an earthquake location, and color or size corresponds to how close the predicted magnitude was to the actual. A cluster of large discrepancies in one region might signal a persistent gap in the model's ability to handle distinctive local fault properties or station geometry. Another region might show near-perfect predictions if the training set included many events there, with consistent depth-latitude-longitude patterns. Academically, this screenshot illuminates the potential for region-specific modeling or station enhancements. If southwestern California is well-predicted, while the eastern desert shows frequent errors, that might tie to the station coverage or the complexity of unmodeled local faults. Thus, such geospatial overlays offer a final, integrative vantage, merging the linear or ensemble-based computations with real physical space. In conclusion, collectively illustrate the entire arc of model evaluation, from raw regression fits to confusion matrices and residual plots, culminating in advanced ensemble interpretability and geospatial overlays. They form a cohesive visual narrative that underscores the points detailed numerically: linear regression underperforms due to a simplistic functional assumption, SVM struggles to exploit kernel transformations with limited features, Naive Bayes efficiently sorts events into broad categories, and Random Forest emerges as the strongest regressor by aggregating multiple trees. The screenshots also illustrate the variety of academic tools needed to interpret machine learning outputs in seismology, where complex geological processes cannot always be pinned down to a few shallow features. Each screenshot, in its own way, highlights the synergy or friction between data-driven algorithms and the domain intricacies that define earthquake dynamics. By pairing them with the textual results discussion, readers glean not only the numeric metrics of success or failure, but also the deeper story about why certain misclassifications or mispredictions arise, and what avenues remain open for refining these models in future research.

Discussion

The comparative performance of the four models assessed in this study—Linear Regression, Support Vector Machine (SVM), Naive Bayes, and Random Forest—offers instructive insights into how machine learning algorithms adapt to seismic data marked by complexity and potential non-linearities. Linear Regression, though transparent and computationally efficient, struggled to capture the variety of geological processes that drive magnitude variability. Despite the ability to furnish interpretable coefficients for latitude, longitude, depth, and station metrics, the linear approach accounted for only a modest fraction of variance in the dataset, underscoring that tectonic factors and crustal properties cannot be reduced to simple linear relationships. From an application standpoint, Linear Regression thus remains most valuable when interpretability is paramount or when the data environment is constrained such that more advanced algorithms prove infeasible. Support Vector Machine, by contrast, rests on powerful theoretical foundations and excels in many contexts that require robust classification or regression, particularly where kernel transformations uncover hidden structures in feature space. Here, however, SVM underperformed, as evidenced by high mean squared error and a negative R-squared in several trials. While this outcome may partly reflect the limited four-feature input space, it also speaks to the sensitivity of SVM to hyperparameter tuning and outlier distributions. More elaborate feature engineering, such as incorporating geophysical knowledge (e.g., local stress loading, detailed station geometry, wave-derived attributes), might improve kernel-based modeling. The present findings suggest that, in its current form, SVM did not easily adapt to the partial non-linearity and class imbalance typical of seismic data. In contrast, Naive Bayes produced unexpectedly robust performance within a discrete classification framework. This model relies on a simplified probabilistic structure that assumes independence among predictors, yet it classified low-magnitude, moderate-magnitude, and high-magnitude events with a high overall accuracy. A probable reason lies in the dominance of the lower-magnitude category, allowing statistical inferences to succeed despite minimal refinement of conditional distributions. These results speak to the advantages of lightweight probabilistic methods for rapid triaging in seismological tasks, particularly when the event distribution is highly skewed or when rapid but coarse categorization—rather than precise magnitude estimation—is the main objective. Among the regression-based approaches, Random Forest stood out for its combination of relatively low predictive error and feature importance metrics, which together support interpretability and practical utility. Ensemble learning is frequently noted for its resilience against overfitting and its capacity to model non-linear interactions across variables, and the earthquake application aligns with that general view. Nonetheless, the modest overall R-squared observed in this study reiterates that seismic phenomena are inherently multifaceted, with fault mechanics, lithological heterogeneities, and broader geophysical settings interacting to shape both magnitude and frequency distributions. Incorporating additional data streams (e.g., dynamic waveforms, deep geodetic monitoring, spatiotemporal clustering) could amplify the Random Forest's explanatory scope and refine magnitude predictions further, particularly under more thorough hyperparameter exploration. It remains important to emphasize that these machine learning models cannot yet provide definitive predictions of earthquake timing, location, or magnitude—tasks that lie at the cutting edge of geophysical science. Instead, these models contribute meaningfully to hazard analysis and early-warning contexts by highlighting regions predisposed to moderate or large earthquakes and offering rapid magnitude estimates in the immediate aftermath of a recorded event. Their utility, therefore, extends beyond purely academic exercises: they augment the capability of seismic networks to respond swiftly, allocate resources effectively, and inform the public and policy-makers about potential risks. As ongoing seismological research evolves to integrate more granular and physically grounded parameters, the modeling approaches discussed here may likewise become more nuanced, bridging empirical data analytics and the intricate realities of tectonic physics.

Practical Implications and Future Work

The collective insights gained from applying Linear Regression, Support Vector Machine, Naive Bayes, and Random Forest to earthquake data underscore several promising pathways for both practical application and ongoing research. One of the most immediately tangible uses emerges in the realm of early warning integration, where rapid, near-real-time estimates of earthquake magnitude can be critical for guiding response strategies. Although state-of-the-art systems may rely on more specialized algorithms or direct waveform analysis, conventional machine learning models can complement these methods by quickly converting partial or low-latency data into an approximate magnitude range. Random Forest and Naive Bayes show particular promise in this regard: the former due to its relatively high predictive accuracy across non-linear relationships, and the latter for its computational speed and tolerance to data imbalance. The findings also emphasize the importance of expanded feature sets. While the dataset at hand included latitude, longitude, depth, and station metrics, more nuanced attributes—such as geological layering, fault slip rates, strain-rate measurements, or stress field data—could materially improve predictions, particularly for sophisticated algorithms like SVM and Random Forest. In parallel, deep learning approaches offer yet another avenue for refinement. Techniques that employ convolutional or recurrent architectures trained directly on seismic waveforms, for instance, can potentially capture subtle precursor signals that traditional tabular features may overlook, giving a more granular perspective on the onset of significant events. A further consideration is the need to incorporate uncertainty estimation. Earthquake forecasting is inherently probabilistic, and models that provide not only a point estimate of magnitude but also confidence intervals or probability distributions can inform risk-based decision-making under incomplete data conditions. Given that seismic networks frequently update as events progress, adopting approaches such as Bayesian inference or Monte Carlo dropout in neural networks could yield dynamic confidence measures that evolve in tandem with incoming observations. Finally, there is the question of transferability. While the data in this project stem from California, a known seismic hotspot, extending these methods to other regions or global catalogs necessitates careful adaptation. Divergent tectonic regimes, variations in sensor placement, and incomplete historical records all demand that models be retrained or domain-adapted. Yet the underlying principles of feature engineering, ensemble learning, and probabilistic classification remain widely applicable, reinforcing that these frameworks may be generalized with careful calibration and ongoing validation in multiple seismic environments.

Conclusion

This research undertook a broad comparison of four machine learning models—Linear Regression, Support Vector Machine, Naive Bayes, and Random Forest—for the tasks of magnitude estimation and event classification in California's active seismic setting. Random Forest demonstrated the strongest predictive capacity for continuous magnitude prediction, illustrating the efficacy of ensemble-based strategies that capture non-linear correlations among features. Naive Bayes, conversely, emerged as a highly effective classifier within a discretized magnitude framework, showing that simpler probabilistic assumptions can yield robust performance, especially when the dataset is dominated by lower-magnitude events. By dissecting these methods through both quantitative metrics and interpretive diagnostics, the study sheds light on practical trade-offs in seismological modeling: linear methods remain transparent but often insufficient, kernel-based algorithms can be powerful but require extensive tuning and richer features, ensemble techniques offer stability under data complexity, and even naive classifiers can exceed expectations when domain characteristics align. While the precise timing, location, and extent of seismic events continues to lie beyond the full grasp of data-driven prediction, these models collectively underscore the advances that machine learning can bring to risk estimation, early-warning contexts, and real-time assessment of earthquake impacts. Ongoing work in expanding feature sets, integrating deep learning, and refining uncertainty measures has the potential to further bridge the gap between empirical analytics and the geophysical realities underpinning seismic hazards.

References

1. Gutenberg, B., & Richter, C.F. (1944). Frequency of earthquakes in California. *Bulletin of the Seismological Society of America, 34*(4), 185–188.
2. Hanks, T.C., & Kanamori, H. (1979). A moment magnitude scale. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 84*(B5), 2348–2350.
3. Oppenheim, A.V., & Schafer, R.W. (2010). *Discrete-Time Signal Processing* (3rd ed.). Prentice Hall.
4. Perol, T., Gharbi, M., & Denolle, M. (2018). Convolutional neural network for earthquake detection and location. *Science Advances, 4*(2), e1700578.
5. Daubechies, I. (1990). The wavelet transform, time-frequency localization and signal analysis. *IEEE Transactions on Information Theory, 36*(5), 961–1005.
6. Boore, D.M. (2001). Comparisons of ground motions from the 1999 Chi-Chi earthquake with empirical predictions largely based on data from California. *Bulletin of the Seismological Society of America, 91*(5), 1212–1217.
7. Bishop, C.M. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer.
8. Trnkoczy, A. (2012). Understanding and parameter setting of STA/LTA trigger algorithm. In *New Manual of Seismological Observatory Practice 2 (NMSOP-2)*. Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ.
9. Zhu, W., & Beroza, G.C. (2019). PhaseNet: A deep-neural-network-based seismic arrival-time picking method. *Geophysical Journal International, 216*(1), 261–273.
10. Mousavi, S.M., Ellsworth, W.L., Zhu, W., Chuang, L.Y., & Beroza, G.C. (2020). Earthquake transformer—an attentive deep-learning model for simultaneous earthquake detection and phase picking. *Nature Communications, 11*(1), 3952.
11. Park, J., Yoo, H., & Lee, J. (2007). Identification of earthquake or explosion using the spectral analysis method. *Geophysical Journal International, 169*(3), 1105–1112.
12. Havskov, J., & Alguacil, G. (2010). *Instrumentation in Earthquake Seismology* (2nd ed.). Springer.

ВЫПОЛНЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ РАБОТЫ НА ТЕМУ «ЖИВОПИСЬ В НАЦИОНАЛЬНОМ КАЗАХСКОМ СТИЛЕ»

Шарипова Жаныл Ибрагимовна
преподаватель специальных дисциплин
Колледж Управления, г.Астана

Аннотация:

Авторская методика по выполнению художественных работ на тему «Живопись в национальном казахском стиле», для студентов специальности: 02110300 - Графический и мультимедийный дизайн.

Ключевые слова: авторская методика, дизайн-проект, живопись, национальный стиль.

Введение

Художественная работа на тему "Живопись в национальном казахском стиле" предоставляет студентам возможность изучить и переосмыслить культурное наследие Казахстана, интегрируя его в современное искусство. В процессе выполнения работы студенты развивают навыки художественного анализа, экспериментирования и технического исполнения, что способствует их профессиональному и личностному росту.

Моя авторская методика, разработана специально для студентов специальности 02110300 «Графический и мультимедийный дизайн», помогающую в написании художественны работ. Методическое пособие предусматривает всестороннюю поддержку, от выбора темы и сбора материалов до структурирования и оформления работы.

В процессе выполнения дизайн- проектов необходимо учитывать, что каждый студент уникален, поэтому предлагается индивидуальный подход. В начале работы мы обсуждаем интересы, цели и уровень подготовки, чтобы разработать индивидуальный план, соответствующий каждому студенту.

1. Выбор темы.
Вместе мы подбираем интересную и актуальную тему для самостоятельной работы, учитывая знания и навыки, а также последние тенденции в графическом дизайне.

2. Разработка структуры и контента

Мы вместе разрабатываем четкую структуру работы, определяем ключевые этапы, чтобы можно было последовательно и логически воплотить свои идеи.

3. Подбор материалов

Оказываю помощь в поиске необходимой информации, референсы, статьи, изображения, видео и другие ресурсы для самостоятельной работы, чтобы студенты смогли создать действительно глубокий и качественный проект.

4. Создание визуального оформления

Далее идёт процесс над созданием визуального оформления работы, наброски, этюды, скетчи, эскизы, чтобы работа была не только содержательной, но и эстетически привлекательной.

Цели и задачи самостоятельной работы:
1. Изучение истории и развития казахской живописи.
2. Анализ традиционных казахских орнаментов, сюжетов и символики.

3. Разработка концептуальной основы для проекта.
4. Применение знаний о национальном казахском стиле в собственной художественной практике.
5. Создание оригинального художественного произведения с использованием элементов национального казахского стиля.

Казахская живопись представляет собой уникальный пласт мировой культуры, в котором традиции кочевой цивилизации переплетаются с влияниями Востока и Запада. Её эволюция от прикладного искусства к профессиональной станковой живописи иллюстрирует сложный путь становления национального художественного наследия.

Самостоятельная работа, направленная на развитие профессиональных навыков и осознание культурного наследия в живописи казахов, играет ключевую роль в сохранении и трансформации национальной культуры. Она помогает студентам лучше понять свои корни, освоить новые техники и материалы, а также создавать произведения, которые отражают богатство и многогранность казахской культуры.

Концептуальная основа является важнейшим элементом при создании дизайн-проекта, так как она определяет направление работы, её содержание и художественное решение. Для студентов творческих специальностей, таких как "Графический и мультимедийный дизайн", разработка концепции требует анализа культурного контекста, выбора темы и проработки её визуального воплощения. В методическом пособии рассмотрены основные этапы и рекомендации для успешной разработки концептуальной основы будущего проекта.

Первым и важнейшим шагом в создании концепции живописи является выбор темы. Для казахской живописи это может быть как обращение к традиционным мифам и эпосам, так и к современным вопросам, важным для общества. При этом тема должна быть глубоко связана с историей, философией и мировоззрением казахского народа. Эпосы казахов — это богатый источник вдохновения для живописи. Эпические поэмы, такие как «Қобланды батыр», «Алпамыс», «Ер Тарғын», «Жанғар» и другие, стали важной частью художественного наследия, находя отражение в живописи.

Для создания концепции работы, основанной на мифах и эпосах, важно изучить и понять культурную символику. Например, символ лошади в казахской культуре — это не только животное, но и воплощение свободы, мощи, преодоления. Изучив такие символы, можно создать работу, которая передаст не только внешний вид предмета, но и его глубокое внутреннее значение.

Исследование и анализ

- Сбор информации: Изучение теоретических источников, анализа произведений искусства, связанных с выбранной темой.
- Анализ аналогов: Рассмотрение работ других художников или дизайнеров для вдохновения и определения уникального подхода.
- Пример: Анализ казахских орнаментов, сюжетов эпоса и символики для создания аутентичной композиции.

Казахский стиль в живописной работе является основой творчества, в нём содержится историко-культурная баз, поэтому изучение национального стиля начинается с анализа его исторических корней. Казахские орнаменты и символика, такие как "кошкар муйиз", отражают связь человека с природой, философию кочевой жизни и гармонию окружающего мира.

Ключевые элементы стиля:

1. Геометрические узоры.
2. Зооморфные и растительные мотивы.

3. Символика космоса (солнце, звезды, круги).

Рисунок 1. Типы орнаментов

Национальный стиль позволяет подчеркнуть культурную идентичность в глобальном контексте. Включение казахских мотивов в графический дизайн, иллюстрацию, архитектуру, живопись является важной составляющей современногоо искусства.

Рекомендации для студентов:

- Изучать традиции и инновации. Важно не только понимать традиционные техники и материалы, но и искать новые пути для их адаптации в современных контекстах.
- Осваивать новые технологии. Совмещение старинных техник с цифровыми инструментами или новыми материалами может привести к созданию уникальных произведений искусства.
- Развивать исследовательскую работу. Понимание исторического контекста и мифологии народного искусства помогает дизайнерам создавать более глубокие и значимые работы, которые отражают культурное наследие.

Самстоятельные работы студентов


Список использованной литературы

1. Габдуллин, Т. Ш. *История казахского искусства*. – Алматы: "Қазақ университеті", 2000.
2. Ашимов, А. С. *Казахское искусство и его традиции*. – Алматы: "Жібек жолы", 2005.
3. Синкевич, А. В. *Иконография казахских орнаментов*. – Алматы: "Эпос", 2009.
4. Иванова, Л. А. *Техника и технологии в традиционной казахской живописи*. – Алматы: "Казахстан", 2013.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ПО ДИФФЕРЕНЦИАЦИЮ УГОЛОВНОГО НАКАЗАНИЯ ПРОТИВ ЛИЧНОСТИ И ОЦЕНКЕ ТЯЖЕСТИ ПРЕСТУПЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ РАССЛЕДОВАНИЯ

Файзоллаева Ж.Н.
Магистрант Академи правоохранительных органов
при Генеральной прокуратуре Республики Казахстан

Аннотация. В статье анализируется международный опыт дифференциации уголовного наказания по преступлениям против личности. Оцениваются законодательные и процессуальные подходы Республики Казахстан, Российской Федерации и Федеративной Республики Германия. Представлен сравнительный анализ с целью выявления эффективных практик, способствующих справедливому и дифференцированному применению уголовного наказания в зависимости от характера преступления, личности обвиняемого и обстоятельств дела. Работа ориентирована на совершенствование национального законодательства через внедрение лучших международных стандартов.

Ключевые слова: дифференциация уголовного наказания; преступления против личности; уголовное право Республики Казахстан; законность; зарубежный опыт; защита прав личности; сравнительный анализ;

Дифференциация уголовного наказания – это один из краеугольных камней уголовного права, обеспечивающий индивидуализацию мер воздействия, что способствует справедливому воздаянию и снижению рецидивов. Особенно важна дифференциация при преступлениях против личности, где не только деяние, но и личностные характеристики как жертвы, так и обвиняемого играют ключевую роль. Актуальность данного исследования базируется на необходимости сравнения подходов трёх правовых систем – Казахстана, Германии и России – с целью анализа как законодательных норм, так и процессуальных механизмов оценки тяжести преступлений.

В Казахстане дифференциация наказаний реализуется через градацию видов наказаний в Уголовном кодексе, учитывая тяжесть преступления и личности правонарушителя. Здесь существуют квалификационные и отягчающие признаки, влияющие на наказание (например, совершение преступления в отношении малолетних, использование насилия). Процесс следствия нацелен на всестороннее рассмотрение обстоятельств дела с целью точной оценки тяжести содеянного и личности обвиняемого, что помогает определить соответствующий уровень уголовной ответственности и наказания.

Важной особенностью является активное использование административных и уголовных мер с учетом социально – правовых факторов, что способствует гибкой системе наказаний. Согласно исследованию, представленному в официальных источниках, в Казахстане все чаще применяются меры, сочетающие карательные и превентивные функции, учитывающие при этом индивидуальные особенности правонарушителя и особенности преступления.

Германия известна своей развитой системой дифференциации наказаний, встроенной в рамки принципа пропорциональности и широкой судебной осмотрительности. В немецком уголовном праве четко разделены преступления по категориям и тяжести с конкретными санкциями, где одно из ключевых требований – соответствие наказания степени общественной опасности деяния и личности виновного. Судебная система Германии допускает гибкость в назначении меры наказания, включая пересмотр сроков и условий отбывания, что отражает гуманистическую направленность уголовного процесса. Уголовный процесс регулируется жёстко для точного определения всех квалифицирующих признаков. Максимальный срок лишения свободы в ускоренном производстве – 1 год, что отражает стремление минимизировать чрезмерные наказания при менее тяжких преступлениях.

Процесс расследования регламентирован с особым вниманием к доказательствам и обстоятельствам дела, что обеспечивает точное определение всех квалифицирующих и смягчающих факторов. Ускоренные процедуры применяются исключительно при малозначительных преступлениях с ограничением максимального срока лишения свободы до одного года, что подчеркивает дифференцированный подход [1].

В России дифференциация уголовного наказания осуществляется исходя из статей Уголовного кодекса, которые выделяют квалифицирующие и смягчающие обстоятельства. А также категории преступлений. Процесс расследования детально структурирован, с особым вниманием к выявлению всех обстоятельств, что влияет на тяжесть преступления и выбор меры наказания. Отмечается, что в отличие от Германии, в России более широко применяется реальное лишение свободы, даже при упрощенных процедурах, что отражает особенность национальной уголовно – правовой политики.

Существующие законодательные нормы предусматривают комплексную систему оценки тяжести преступления, учитывая характер, последствия, мотивы и личность виновного. Практика показывает активное использование института дифференциации наказаний с целью предупреждения рецидива и социальной реабилитации осужденных.

Принцип исключительности, допускающий дифференциацию уголовного процесса лишь в отношении дел, представляющих наименьшую общественную опасность, позволяет достичь баланса публичных и частных интересов. Упрощение производства компенсируется простотой рассматриваемых дел, а также допустимостью таких правовых последствий, которые незначительно ограничивают права лица, совершившего общественно опасное деяние. Главным же критерием, позволяющим говорить о возможности упрощения, является общественная опасность совершенного деяния. Так, приказ о наказании может быть вынесен лишь в случаях совершения уголовных *проступков (das Vergehen),* доля которых от общего числа противоправных уголовно наказуемых деяний в Германии (в расчете не учитываются части статей с квалифицирующими признаками) составляет примерно 6,5%. Ускоренное производство, в свою очередь, возможно в отношении любых дел, если в конкретном случае предполагается назначение наказания не строже 1 года реального лишения свободы. Характер санкций является важным критерием, необходимым для реализации принципа исключительности. Если в отношении ускоренного производства законодателем установлена верхняя граница допустимой санкции, то в производстве по вынесению приказа о наказании, которое связано с большими ограничениями и упрощениями, в законе приведен закрытый перечень допустимых к назначению наказаний (самое строгое составляет 1 год лишения свободы условно). Общим является то, что в обоих случаях допустимый предел санкций очень низок – всего 1 год лишения свободы (условно).

В уголовном процессе России дело обстоит иным образом. Согласно ч.1 ст.314 УПК РФ, особый порядок применяется, если предусмотренное в соответствующей статье Уголовного кодекса РФ наказание за совершенное преступление не превышает 10 лет лишения свободы. Речь идет обо всех категориях преступлений, кроме особо тяжких, что составляет 89% от всех предусмотренных УК РФ деяний. Как видно из приведенных данных, круг дел, по которым возможно упрощенное производство в России, значительно шире, чем в Германии. Немецкое законодательство с опаской допускает применение такого наказания, как лишение свободы, вне общего порядка. Если при ускоренном производстве максимальное наказание может быть 1 год реального лишения свободы, то при приказе о наказании допустимо лишь условие лишение свободы [2].

Сравнительный анализ

В Казахстане и России дифференциация наказаний тесно связана с континентальными правовыми традициями, включая строгую классификацию преступлений и систему квалифицирующих признаков. Германия выделяется более гибким судебным усмотрением и гуманистическим подходом к уголовной ответственности, особенно в части применения наказаний, направленных на ресоциализацию. В процессуальном плане все три страны стремятся к объективной и полной оценке тяжести преступления, однако Германия ограничивает применение реального лишения свободы в упрощенных процедурах, что снижает нагрузку на судебную систему. Общее для всех стран – соблюдение принципа пропорциональности наказания, которое соответствует тяжести преступления и личности виновного [3].

Тем не менее, имеется ещё одна страна где судебный процесс отличается от других стран. Для сравнения, в Англии судебный процесс отличается тем, что при назначении наказания суд учитывает не только новое преступление, но и наличие предыдущих судимостей у подсудимого. Если лицо ранее было признано виновным, то новое наказание часто присоединяется к уже назначенному, создавая так называемую систему кумулятивного наказания или cumulation.

Суд в Англии при назначении наказания за новое преступление учитывает непогашенные наказания за прошлые преступления, если они ещё отбываются или испытательный срок не окончен. В этом случае новое наказание может быть добавлено к предыдущему, либо исполнение наказаний совмещается, либо наказания исполняются последовательно. Это позволяет усилить ответственность лица с повторной уголовной историей, усиливая эффект превенции и наказания. Судья в рамках судебного процесса оценивает все обстоятельства дела, включая характер и тяжесть новых и прошлых преступлений, поведение обвиняемого и риски для общества. Судебное усмотрение даёт возможность назначать наказание, пропорциональное совокупности преступлений, включая возможность увеличения срока наказания по сравнению с отдельным преступлением.

В Англии существуют специальные руководства Crown Prosecution Service и Sentencing Council, которые направляют суды по делам с участием лиц с судимостью. Руководства предусматривают, как учитывать наличие рецидива, а также особенности назначения наказания при совокупности преступлений.

Для примера, дела Джон Ворбиса. Джон Ворбис, известный как «Черный Таксист», был признан виновным в совершении ряда сексуальных преступлений, в том числе изнасилований, в Лондоне. Его преступления охватывали длительный период времени, с много численными эпизодами нападений. Ворбис был приговорен к длительному наказанию – пожизненному заключению с минимальным сроком содержания под стражей около 20-30 лет. При этом суд учитывал не только одно преступление, а комплексную совокупность деяний [4].

Кумуляция наказаний и рекордные сроки: в большинстве случаев судьи применяют совокупное наказание, например, суммируя сроки за каждое преступление, чтобы сформировать общий срок. В практике Великобритании фиксируются случаи, когда общий суммарный срок наказания составлял более 200 лет (например, с учетом ранее назначенных приговоров и новых обвинений). Такие сроки, как правило, означают пожизненное заключение с долгим минимальным сроком содержания под стражей. Несмотря на номинальную длительность, система предусматривает возможность условно – досрочного освобождения при условии успешного соблюдения всех требований.

Аналогии с другими делами, в Великобритании и примеры приговоров с длительными сроками: Джозеф МакКанн обвинялся и приговаривался к длительным срокам преступлений, где в сумме наказания превышали 200 лет. Убийцы и серийные насильники нередко получают пожизненные приговоры с минимальными сроками содержания от 25 до 30 лет, однако сумма назначенных сроков в совокупности может быть гораздо больше.

Дело медсестры Люси Летби. Была признана виновной в убийстве семи новорожденных, а также в покушении на жизнь ещё шестерых младенцев. Летби использовала различные методы причинения смерти, включая введение воздуха в вену и отравление инсулином. Суд Манчестера приговорил её к пожизненному заключению без права на помилование или досрочное освобождение – это самый жёсткий приговор в британской юридической практике. Судья отметил, что её преступления необычайно жестоки и вызвали огромный общественный резонанс. Люси Летби стала одной из немногих женщин в Англии, получивших такой приговор. Приговор отражает систему кумуляции наказаний, когда совокупность преступлений приводит к максимально строгому наказанию – пожизненному заключению с запретом на освобождение (Life sentence – пожизненный срок с возможностью условно – досрочного освобождения через определённый минимальный срок, Life order – пожизненный срок без возможности досрочного освобождения, назначаемый за особо тяжкие преступления) [5].

В Республики Казахстан концепция суммарного (кумулятивного) наказания за совокупность преступлений существует и регулируется уголовным законодательством, однако применение такой меры имеет особенности в отличие от практики Англии. Согласно ст.52 Уголовного кодекса Республики Казахстан, при назначении наказания учитываются совокупность уголовных правонарушений или совокупность приговоров (ст.58, 60 Уголовного кодекса). Если лицо признано виновным в нескольких преступлениях, судья назначает наказание исходя из общей опасности для общества, личности и характера совершенных деяний. В этом случае применяется более строгое наказание с учетом целей исправления и предупреждения новых преступлений. Дополнительно к лишению свободы могут назначаться дополнительные виды наказаний (лишение права занимать должности, заниматься определенной деятельности).

Если в Казахстане применять суммарное сложение наказаний, как в некоторых британских случаях (например, 250 лет и больше), это приведет к радикальному ужесточению наказаний и более четкому выражению общественного порицания много кратных и тяжелых преступлений.

Однако, такая практика может вызвать вопросы гуманности, эффективности исправления и реализации наказаний, так как реальные сроки отбывания будут существенно превышать человеческий возраст. В Республики Казахстан предусмотрена институциональная возможность суммарного учета всех преступлений в одном приговоре или совокупности приговоров, но с учетом принципов справедливости и индивидуализации наказания. Опыт трёх стран указывает на значимость комплексной и гибкой дифференциации уголовных наказаний и тщательного процессуального анализа. Прямая механическая аккумуляция сроков, как в английской практике, не используется. Внедрение такой практики потребует правовой доработки и учета социально – правовых последствий.

Список использованных источников

1. Зарубежная модель исполнения уголовного наказания в виде штрафа на примере стран континентальной системы права – тема научной статьи по праву читайте бесплатно текст научно-исследовательской работы в электронной библиотеке КиберЛенинка;
2. Быковская Брестер.pdf;
3. Дифференциация ответственности в уголовном праве стран континентальной Европы и России - диссертация и автореферат по праву и юриспруденции + ". Скачайте бесплатно автореферат диссертации на тему Уголовное право и криминология; уголовно-исполнительное право;
4. Serial rapists receive longer minimum jail terms after appeal;
5. BBC, статья «Британская медсестра, убивавшая младенцев, получила пожизненный приговор без права на помилование»;
6. BBC, статья по делу Джозефа МакКанна с длительными приговорами;
7. Википедия и судебные обзоры по пожизненным заключениям в Англии;
8. Руководство по уголовным наказаниям и совокупности приговоров в Англии;

ETHICAL ISSUES OF AI AND THE FUTURE OF MEANINGFUL WORK

Nurlan Kuanyshevich Kulmanov
MSc in Human Resources Management
University of Southampton, UK
Nazgul Taufikhovna Gumarova
Doctoral candidate (DBA)
Narxoz university, Almaty, Kazakhstan

Abstract. The article explores the impact of artificial intelligence (AI) on meaningful work and outlines ethical frameworks for its responsible deployment. It engages with philosophical and business ethics perspectives, drawing on Hackman and Oldham's Job Characteristics Model and Lips Wiersma & Morris's holistic framework of meaning at work. Empirical surveys are synthesised to demonstrate the accelerating pace of AI adoption across industries and its mixed effects on job satisfaction, productivity and work-life balance. The analysis contrasts leading governance models, including the FATE framework, the OECD AI Principles, and industry-driven initiatives such as Transcend, highlighting their complementary strengths. Three trajectories of AI integration—task replacement, tending the machine and amplifying human skills—are evaluated for their implications on task integrity, self-development and social contribution. The paper advances novel proposals: introducing a Meaningful Work Impact Assessment (MWIA), embedding participatory co-design in workplace AI systems, developing transparent human-AI dashboards and expanding ethics training in professional development. These mechanisms aim to ensure that AI enhances human flourishing rather than undermines dignity in the digital workplace.

Keywords: artificial intelligence, AI ethics, meaningful work, worker autonomy, digital transformation, fairness and transparency, FATE, OECD AI Principles.

Introduction. Artificial intelligence (AI) has moved from the domain of science fiction into the quotidian reality of modern work. Machine-learning algorithms manage supply chains, optimise manufacturing plants and even conduct preliminary interviews for white-collar jobs. This ubiquity introduces deep ethical questions. What does it mean for work to remain meaningful when algorithms perform tasks once reserved for humans? How do we ensure that decision-making processes remain fair, transparent and accountable in an age of opaque models? And what frameworks can guide the development of AI so that it enhances rather than erodes human dignity? These questions drive an emergent field that sits at the intersection of ethics, labour studies and technology policy. The discussion synthesises contemporary scholarship, surveys empirical evidence on AI adoption, critically analyses the implications of AI for human flourishing, and proposes novel contributions and recommendations.

AI refers to a set of computational techniques that allow machines to perform tasks that would ordinarily require human intelligence – such as reasoning, planning, problem solving and learning from experience. Importantly, AI is not monolithic; it ranges from rule-based expert systems to large language models capable of generating coherent prose. Work becomes meaningful when individuals perceive their labour as having worth, significance or a higher purpose. Philosophers and business ethicists argue that meaningful work supports human well-being and flourishing; it enables the exercise of rational capacities and the pursuit of self-realisation. Yet the increasing deployment of AI raises the prospect that tasks central to workers' identities might be automated. The challenge is therefore not just technical but existential: how to preserve meaning in a world where machines perform a growing share of cognitive labour.

The literature on meaningful work identifies both task-specific and holistic factors. Hackman and Oldham's Job Characteristics Model (JCM) emphasises task identity, task significance and autonomy. These characteristics support meaning by allowing workers to complete a whole piece of work, understand its impact and exercise discretion. Lips-Wiersma and Morris provide a holistic model that balances being (developing and becoming oneself) and doing (making a difference), and between self and others. Integrating these frameworks yields five dimensions: task integrity (the ability to execute complete tasks), self-development (opportunities for growth), serving others (contributing to society), unity with others (feeling connected to colleagues) and work significance (perceiving one's labour as valuable). These dimensions serve as a lens through which to assess AI's impact on meaningful work. Scholars and policymakers have proposed several ethical frameworks to guide AI development. The FATE framework – fairness, accountability, transparency and ethics – emphasises human oversight and algorithmic explainability. A scoping review of AI in social media and health care shows that human review of algorithmic recommendations is essential for ensuring fairness and for preventing discriminatory outcomes. The American Medical Informatics Association expands FATE with additional principles such as dependability and auditability. The OECD AI Principles, an intergovernmental standard adopted in 2019 and updated in 2024, articulate values-based principles including inclusive growth and well-being, human rights and democratic values, transparency and explainability, robustness, security and safety and accountability. These principles call on AI actors to respect human rights, provide meaningful information about AI systems and ensure that AI is robust and secure throughout its lifecycle. Industry initiatives such as Transcend's policy brief highlight fairness and non-discrimination, privacy and data protection and responsible data sourcing. Collectively, these frameworks form the normative bedrock for ethical AI governance. Understanding the scale of AI adoption is critical for assessing its impact on work. Surveys compiled by the U.S. Federal Reserve Board reveal that estimates of firm-level AI adoption vary widely: the U.S. Census Bureau's Business Trends and Outlook Survey (BTOS) reports that fewer than 5 % of firms used AI in the preceding two weeks, whereas when the same data are employment-weighted and cover a six-month horizon the adoption rate rises to about 20 %. Other firm-level surveys conducted in late 2023 and mid-2024 cluster between 20 % and 40 %. Worker-level surveys show similar ranges but focus more on generative AI; adoption rates vary between 20 % and 40 %, with computer programmers reporting especially high uptake. These data suggest that AI use is growing rapidly across sectors. Indeed, the Chamber of Commerce recorded a 73 % annualised growth rate between 2023 and 2024, the Census BTOS shows a 78.4 % growth rate and the American Bar Association reported a 38 % rate.

The relationship between AI adoption and job satisfaction is complex. A longitudinal study of part-time students and graduates in Switzerland indicates that digitalisation – including AI – can make work more interesting and increase productivity, thereby raising job satisfaction. However, the same study observes that digitalisation increases time pressure and worsens work-life balance. These mixed effects underscore the need to design AI systems that enhance, rather than erode, workers' well-being. Bankins and Formosa distinguish three paths of AI deployment: replacing tasks, tending the machine and amplifying human skills. Replacing tasks involves automation of both simple and complex activities, potentially freeing workers from drudgery but also risking deskilling and the erosion of task integrity. Tending the machine refers to new roles centred on maintaining, training and supervising AI systems; while these roles require technical skills, they can fragment work into narrow monitoring tasks and raise ethical questions about the human role. Amplifying human skills emphasises AI as a complement that expands human capabilities; by automating routine tasks, AI can create space for creative, analytical and relational work, thereby enhancing self-development and work significance.

Table 1 compares key ethical frameworks. FATE stresses fairness and accountability; the OECD principles broaden the scope to include inclusive growth, human rights and robustness; and the Transcend/Messenger framework highlights non-discrimination, privacy and responsible data sourcing. Together, these frameworks illustrate the multifaceted nature of AI ethics, encompassing both values and operational guidelines.

Table 1. Comparison of key ethical frameworks

Framework	Key principles
FATE (Fairness, Accountability,	Fairness; accountability; transparency; ethics;

Transparency, Ethics)	explainability; dependability; auditability
OECD AI Principles	Inclusive growth & well-being; human rights & democratic values; transparency & explainability; robustness & safety; accountability
Transcend / MDPI Ethical Principles	Transparency & explainability; fairness & non-discrimination; privacy & data protection; responsible data sourcing

The frameworks provide complementary rather than competing guidance. FATE focuses on process (ensuring fairness and accountability in algorithmic decision-making), the OECD emphasises both values and technical safeguards, while Transcend foregrounds data stewardship and privacy. A pluralistic approach that synthesises these principles is therefore necessary to protect human dignity and ensure AI supports meaningful work.

Results and discussion. To translate these frameworks into practice, organisations need empirical data about AI adoption and its effects. Table 2 summarises the major surveys on AI use in the workplace. The BTOS survey distinguishes between a two-week lookback period (less than 5 % adoption) and a six-month period weighted by employment (about 20 %). Other firm-level surveys report adoption rates ranging from 20 % to 40 %, though their samples may skew towards larger firms. These figures highlight the rapid diffusion of AI even in contexts where adoption was previously low.

Table 2. AI adoption in the workplace: key surveys

Survey	Adoption rate (approx)	Sample (approx)
Census BTOS (2-week lookback)	<5 %	164 500 firms
Census BTOS (6-month lookback, employment-weighted)	≈20 %	164 500 firms (employment-weighted)
Other firm-level surveys	20–40 %	Varies (approximately 1 000–5 000 firms)

For visual clarity, Figure 1 plots these adoption rates, while Figure 2 shows the annualised growth rates reported by different organisations.

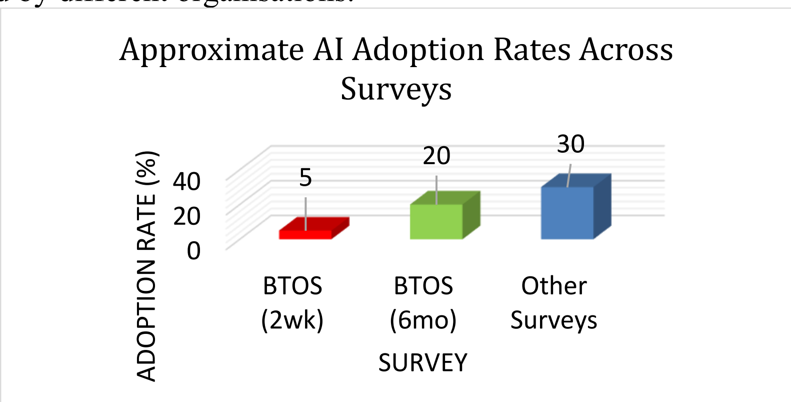


Figure 1 – Approximate AI adoption rates across major surveys

Both charts indicate that AI adoption is accelerating and that worker-level surveys often show higher generative AI uptake than firm-level surveys.

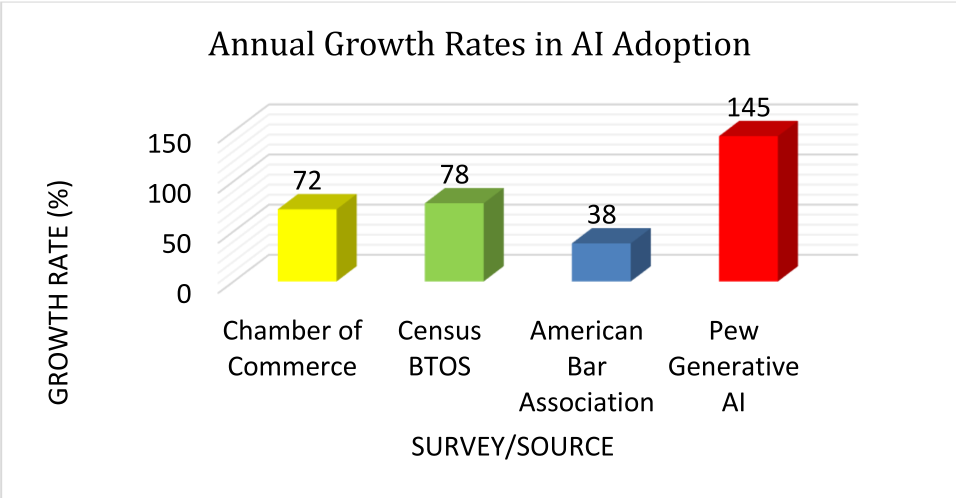


Figure 2 – Annualised growth rates in AI adoption reported by different sources

Table 3 synthesises the theoretical discussion of AI deployment paths and their ethical implications for meaningful work. It indicates how replacement may diminish task integrity and sense of purpose, whereas amplifying human skills supports self-development and social contribution.

Table 3. AI adoption trajectories and ethical implications for meaningful work

AI deployment path	Task integrity	Self-development	Serving others	Unity with others	Work significance
Replacement of tasks	Reduces autonomy and wholeness of tasks	Potential deskilling and alienation	May distance workers from social contribution	Less teamwork due to automation	Can diminish sense of purpose
Tending the machine	New maintenance tasks; may fragment work	Requires new technical skills	Shifts focus to system upkeep	New collaboration with AI specialists	Raises ethical questions about the human role
Amplifying human skills	Enhances ability to complete whole tasks	Encourages learning and growth	Frees time to serve clients and communities	Supports collaboration through augmentation	Amplifies meaning through creative tasks

Ethical challenges: fairness, autonomy and surveillance

Although AI offers opportunities to enrich work, it also raises serious ethical concerns. Fairness and discrimination constitute perhaps the most pressing challenges. AI systems trained on biased data can perpetuate or amplify existing inequalities. Recent scandals involving automated hiring tools that favour male candidates or penalise applicants with gaps in their CVs illustrate the dangers. The FATE framework mandates fairness audits and bias mitigation, while the OECD principles call for non-discrimination and respect for human rights. However, bias mitigation techniques remain an open research problem, particularly when dealing with intersectional identities (e.g., the combined effects of gender and ethnicity). Ongoing algorithmic audits and independent oversight are therefore essential.

Autonomy and control are also at stake. When AI replaces decision-making with automated recommendations, workers may feel reduced to cogs in a machine. A human-in-the-loop design, where humans retain ultimate control and can override or contest AI recommendations, is vital. Moreover, workers should have the right to abstain from using certain AI tools if they conflict with personal values or professional judgment.

Surveillance and privacy present another set of ethical concerns. AI enables pervasive monitoring of employee behaviour, performance and even emotional states. Without stringent privacy safeguards, such surveillance can cause anxiety, distraction and feelings of manipulation. A University of Michigan analysis reports that workers exposed to emotion-recognition AI experience psychological harm and privacy violations. While emotion-recognition technologies fall under the scope of the EU AI Act's prohibition, other forms of AI monitoring remain largely unregulated. Employers should therefore adopt transparent data-collection policies, limit monitoring to what is strictly necessary and obtain informed consent.

Figure 3 presents a qualitative radar chart that compares the perceived impact of different AI deployment paths on the five dimensions of meaningful work. Notably, 'amplifying human skills' yields positive scores across all dimensions, whereas 'replacing tasks' scores lowest on task integrity and work significance.

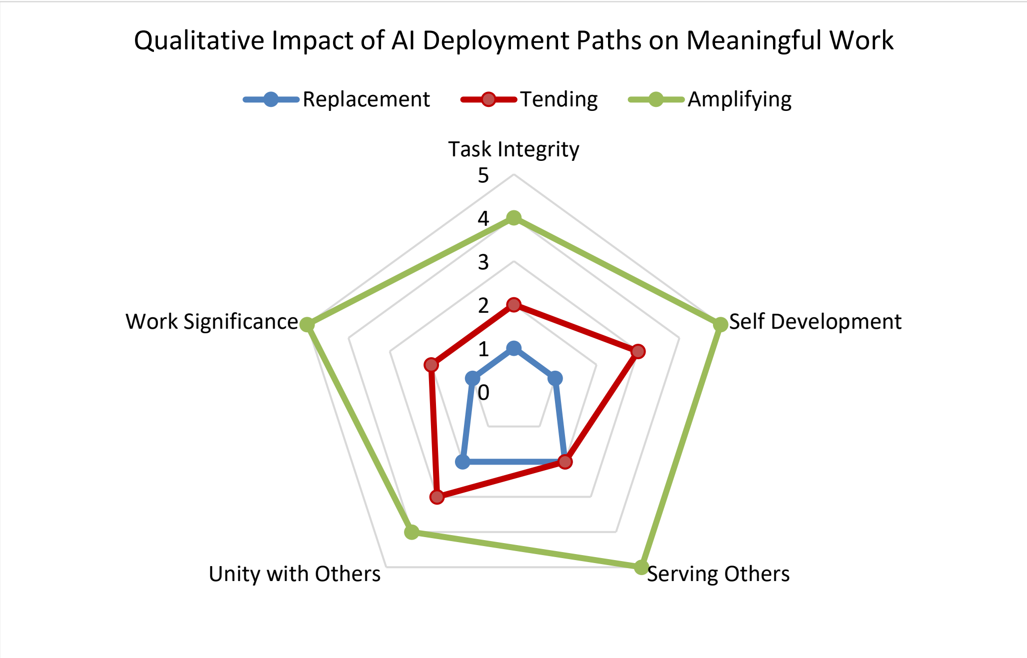


Figure 3 – Qualitative assessment of how different AI deployment paths affect dimensions of meaningful work

The foregoing analysis highlights the need for innovative approaches to ensure that AI enhances meaningful work. Building on existing literature, I propose several original contributions:

1. Meaningful-Work Impact Assessment (MWIA) – Before deploying AI systems in the workplace, organisations should conduct a Meaningful-Work Impact Assessment that evaluates the

potential effects on the five dimensions of meaningful work. MWIA would complement existing impact assessments focused on bias and privacy. It should involve workers, ethicists and technologists to ensure diverse perspectives.

2. Participatory co-design – Involve workers directly in the design and implementation of AI tools that affect their tasks. Participatory co-design can reveal context-specific insights that developers might overlook and empower workers to shape technologies that support their values.

3. Human-centric AI dashboards – Develop dashboards that provide transparent information about AI decision-making (e.g., the data sources, model confidence and reasons for recommendations). Such dashboards would enhance user trust and allow workers to challenge decisions that negatively impact their meaning at work.

4. Ethics training and continuous education – Integrate ethics and digital literacy into professional development programmes. Workers and managers must understand AI's capabilities and limitations to use it responsibly. Ongoing education can also prepare employees for new roles created by AI, supporting self-development.

5. Interdisciplinary research on AI and meaning – Encourage collaboration between philosophers, psychologists, technologists and labour scholars to study how AI influences workers' sense of purpose. Mixed-methods research combining qualitative interviews with quantitative surveys could uncover nuanced dynamics between AI adoption and meaning.

Conclusion. Artificial intelligence has the potential to profoundly reshape the experience of work. Empirical evidence suggests that AI adoption is accelerating and that its effects on job satisfaction are mixed. Ethical frameworks such as FATE, the OECD principles and privacy-oriented guidelines provide valuable guidance, but they must be applied in concert and adapted to specific contexts. By examining the dimensions of meaningful work and the paths of AI deployment, has highlighted both risks and opportunities. It proposes novel mechanisms – such as Meaningful-Work Impact Assessments and participatory co-design – to ensure that AI serves human flourishing. The future of meaningful work depends on our ability to harness AI ethically and imaginatively.

References

1. Lysova E. I. et al. Ethics and the future of meaningful work: Introduction to the special issue //Journal of Business Ethics. – 2023. – T. 185. – №. 4. – p. 713-723. https://link.springer.com/article/10.1007/s10551-023-05345-9
2. Santoni de Sio F. Artificial intelligence and the future of work: Mapping the ethical issues //The Journal of Ethics. – 2024. – T. 28. – №. 3. – p. 407-427. https://link.springer.com/article/10.1007/s10892-024-09493-6?trk=public_post_comment-text
3. Singhal A., Chen J., Sharma R., Chouhan V. Toward Fairness, Accountability, Transparency, and Ethics in AI for Social Media and Health Care: Scoping Review // JMIR Medical Informatics. – 2024. – Vol. 12. – e50048. – DOI: https://doi.org/10.2196/50048
4. OECD. AI principles (updated) // Organisation for Economic Co-operation and Development. – 2024. – URL: https://oecd.ai/en/ai-principles
5. Crane L., Green M., Soto P. Measuring AI uptake in the workplace // FEDS Notes. Board of Governors of the Federal Reserve System. – 2025. – 5 Feb. – DOI: https://doi.org/10.17016/2380-7172.3652
6. Bolli T., Pusterla F. Decomposing the effects of digitalization on workers' job satisfaction // International Review of Economics. – 2022. – Vol. 69. – P. 263–300.
7. Blustein D. L., Lysova E. I., Duffy R. D. Understanding decent work and meaningful work //Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior. – 2023. – T. 10. – №. 1. – p. 289-314. https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-orgpsych-031921-024847
8. Bankins S., Formosa P. The ethical implications of artificial intelligence (AI) for meaningful work //Journal of Business Ethics. – 2023. – T. 185. – №. 4. – C. 725-740. https://link.springer.com/article/10.1007/s10551-023-05339-7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ОБУЧЕНИИ РУССКОМУ ЯЗЫКУ В ПОЛИКУЛЬТУРНОЙ СРЕДЕ

Нурмуханбетова Тана Кабыкеновна
Томский государственный педагогический университет, Томск, Россия
Научный руководитель: ***Дубина Людмила Витальевна***
Томский государственный педагогический университет, Томск, Россия,dubina.ludmila@yandex.

Аннотация. Поликультурная среда Казахстана требует особого подхода к обучению русскому языку. В таких условиях особенно важна гибкость и адаптивность методов преподавания. В статье рассматривается использование электронных образовательных ресурсов (ЭОР) как средства повышения эффективности преподавания русского языка в поликультурных классах. Рассмотрены конкретные примеры внедрения ЭОР и их влияние на мотивацию и успеваемость учеников.

***Ключевые слова*:**электронные образовательные ресурсы, русский язык, поликультурная среда, Казахстан, цифровые технологии, **LearningApps,**билингвизм**.**

Казахстан — многонациональное государство, в котором русский язык сохраняет статус языка межнационального общения. Образовательная система республики ориентирована на развитие билингвальной и полиязычной личности. В связи с этим, обучение русскому языку в условиях поликультурного класса требует использования современных и эффективных подходов, в том числе — ЭОР.(1,с.5)

Использование ЭОР в поликультурной среде позволяет:

-Адаптировать учебный процесс под уровень знаний учащихся

-Использовать визуальные, аудиальные и интерактивные средства для развития языковых компетенций;

-Повышать интерес к предмету через игровые и мультимедийные формы.

Подбирать ЭОР педагогам необходимо в соответствии с возрастом и владения русским языком,а также систематически оценивать эффективность применения цифровых инструментов.

В условиях поликультурного общества ЭОР становятся необходимым элементом обучения русскому языку. Они позволяют формировать интерес, мотивировать учеников, обеспечивать гибкость преподавания и развивать все виды речевой деятельности. Практика показала, что интеграция ЭОР способствует не только лучшему усвоению материала, но и формированию толерантности и межкультурного понимания.(2,с.8)

Одним из сервисов, достаточно продуктивным и лёгким в использовании, является сервис LearningApps.org. Он предоставляет возможность учителю и самим учащимся создавать интерактивные учебно-методические пособия. LearningApps.org является приложением Web 2.0 для поддержки обучения и процесса преподавания с помощью интерактивных модулей. Интерактивные задания этого сервиса можно использовать при проверке знаний учащихся в качестве текущего контроля, при обобщении и повторении темы, во внеклассной работе по предмету, включать как тренажёры при подготовке к ОГЭ. Игровая форма способствует познавательной активности учащихся, повышает мотивацию учащихся к предмету. На сайте имеются готовые интерактивные упражнения, систематизированные как по популярности, так и по предметным областям. Здесь представлено 34 макета для создания интерактивных дидактических материалов. Макеты распределены по блокам в зависимости от вида деятельности: выбор, распределение, последовательность, заполнение, онлайн-игры, инструменты. Если нет времени, можно использовать готовые задания по теме. Этот сайт полезен тем, что не только учитель, но и ученик может создать интерактивное упражнение.

Все шаблоны от сервиса LearningApps.org можно наполнить своим содержанием. Для создания заданий не требуется никаких инструкций. С помощью готовых шаблонов, которые рассматриваются на http://learningapps.org/, можно пошагово освоить конструирование заданий.

Для использования сервиса LearningApps.org нужно зарегистрироваться, выбрать язык и ознакомиться с возможностями сервиса. Здесь можно создать свои задания различного типа (игры на развитие памяти, кроссворды, викторины с выбором правильного ответа, тесты, найти пару и установить соответствие, игру «Виселица», «Как стать миллионером».(3,с.12) На главной странице можно выбрать необходимую форму задания из предложенного каталога. Для создания своего задания необходимо нажать на кнопку «Новое упражнение», сделать выбор и сконструировать задание. Для того чтобы воспользоваться готовыми заданиями, необходимо нажать кнопку «Все упражнения», где представлена коллекция упражнений по предметам. Такое задание можно дать на уроке для всего класса, используя интерактивную доску или свой компьютер и экран проектора. Но самое важное: можно зарегистрировать на этом сайте своих учеников и давать им задание на дом (решить или составить кроссворд, викторину, составить или заполнить таблицу и т.п.) Ученику обязательно понравится домашнее задание с использованием компьютера.

Итак, порядок работы с сайтом:

1. Зарегистрироваться на сайте.
2. Выбрать тип упражнения.
3. Создать подобное приложение.
4. Сохранить приложение.

Прежде чем создать новое упражнение на сайте, нужно подобрать материал для задания по теме (по классу).(4)

Таким образом, задания интерактивного образовательного ресурса LearningApps.org способствуют развитию мыслительных навыков. Задания учат классифицировать, сопоставлять, анализировать, принимать решения, делать выводы. Исправлять свои ошибки. При выполнении интерактивных домашних заданий, построенных с помощью данного сервиса, учащиеся получают навыки самостоятельной работы, формируют у обучающихся универсальные учебные действия и позволяют более эффективно достигать планируемых результатов.

Ссылки на задания на сайте:

1.Ссылка на интерактивный ресурс «Заполни пропуски»: http://LearningApps.org/display?v=posbfgtga16

2. Ссылка на интерактивный ресурс «Кто хочет стать миллионером» : http://LearningApps.org/display?v=p8h14i30j16

3. Ссылка на интерактивный ресурс «Найди пару»: http://LearningApps.org/display?v=pbwayahen16

Платформа **LearningApps** предоставляет широкие возможности для создания интерактивных упражнений по русскому языку, способствуя повышению мотивации и вовлеченности учащихся.

Почему именно игровые сервисы привлекли мое внимание? Дело в том, что, как писал А.С. Макаренко «Игра имеет важное значение в жизни ребенка, имеет то же значение, какое у взрослого имеет деятельность, работа, служба. Каков ребенок в игре, таков во многом он будет в работе, когда вырастет».

Игра требует напряжения эмоциональных и умственных сил. Она помогают детям стать творческими личностями, дает возможность показать себя. В игре ученик реализует такие важные составляющие его жизни как самовыражение, самопроверка, самоопределение.

В рамках обновленного содержания образования мотивация к обучению занимает важное место. Цель мотивации - формирование у детей устойчивого интереса к предмету, развитие логического мышления и умения применять полученные теоретические знания на практике.

Следующая платформа,которую применяю на уроках в качестве образовательного игрового сервиса,является Wordwall.Эта платформа позволяет в значительной степени активизировать учеников и интенсифицировать учебный процесс на уроках русского языка и литературы. В контексте интерактивных игр знания приобретают иные формы. Особенностью таких знаний является то, что учащийся получает ее не в виде уже готовой системы от педагога, а в процессе собственной активности.

Wordwall – это многофункциональный инструмент для создания интерактивных и печатных материалов. Самое главное, что сервис очень прост в использовании, что выгодно отличает его от других, сложных сервисов, представляющих некоторую трудность для педагогов. Работа на этом сервисе доступна на любом устройстве: компьютере, телефоне, планшете, - лишь бы был доступ в Интернет.

Но если такого доступа нет, можно использовать печатные версии, и использовать их на обычных уроках как самостоятельное учебное задание. Как видим, использование этого сервиса не ограничивается только дистанционной формой обучения, имеет большое будущее и во время обычных уроков.

Игровые задания создаются с помощью шаблонов. Надо выбрать шаблон и заполнить его своим учебным материалом. Затем отправить ссылку ученикам, нажимая на которую они начинают играть, выбирая правильные ответы. Ответив на все вопросы, ученики отправляют их, написав свое имя, и учитель в режиме реального времени узнает уровень знаний учащихся по той или иной теме. Есть таблица лидеров, которая мотивирует детей, развивает в них дух здорового соперничества.

Сама игра проходит очень быстро, занимает мало времени, но при этом активизирует мыслительную деятельность, развивает логику, быстроту мышления и концентрацию внимания учеников.(8)

Список литературы:

1.Байтурсынова А. Роль русского языка в поликультурной образовательной среде Казахстана. — Алматы: Қазақ университеті, 2020.
2.Селевко Г.К. Современные образовательные технологии. — М.: Народное образование, 2021.
3.Шарипова А.М. Электронное обучение и его возможности в билингвальной школе. // Образование и инновации. — 2022. — №3.
4.Оспанова Д.Ц. Интерактивные технологии в полиязычном образовании. — Нур-Султан: Білім, 2019.
5.Сайт Bilimland.kz — Электронная платформа для школ Казахстана.
6.Полат Е.С, Моисеева М.В., Петров А.Е. Педагогические технологии дистанционного обучения /Под ред. Е.С.Полат. — М., "Академия", 2006
7.Вайндорф-Сысоева М.Е. Педагогика в виртуальной образовательной среде: Хрестоматия. М.:МГОУ, 2006. – 167 с.
8.Ковальчук Е.А.Использование электронных игровых сервисов «Wordwall» и «Cahoot» на уроках русского языка и литературы.

ОЦЕНКА РОЛИ СОБАК В ПРАКТИКЕ ОБНАРУЖЕНИИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Рустем Даукеев
руководитель кинологической службы – начальник отдела,
Служба государственной охраны Республики Казахстан,
Республика Казахстан, г. Алматы
rusdau87@gmail.com

Аннотация. В работе проводится комплексная оценка роли собак в практике обнаружения взрывчатых веществ. Рассматриваются ключевые преимущества использования специально обученных собак, такие как высокочувствительное обоняние, мобильность и быстрая реакция. Анализируются методики подготовки и тренировки животных, особенности взаимодействия с кинологами и эффективность собак в различных условиях работы – от аэропортов и вокзалов до полевых операций. Также обсуждаются ограничения и вызовы, включая влияние усталости, стрессовых факторов и необходимость регулярной переаттестации. Статья подчеркивает значимость собак как незаменимых помощников в обеспечении безопасности и предупреждении террористических угроз, а также предлагает рекомендации по оптимизации их применения в современных антитеррористических и правоохранительных практиках.

Ключевые слова: собаки-ищейки, обнаружение взрывчатых веществ, кинологическая служба, тренировка собак, безопасность, антитеррористическая практика, обоняние животных.

ASSESSMENT OF THE ROLE OF DOGS IN EXPLOSIVES DETECTION PRACTICE

Rustem Daukeyev
Head of the cynological service - Head of the Department,
State Security Service of the Republic of Kazakhstan,
Republic of Kazakhstan, Almaty
rusdau87@gmail.com

Abstract. The article provides a comprehensive assessment of the role of dogs in the practice of detecting explosives. The key advantages of using specially trained dogs, such as highly sensitive sense of smell, mobility and quick reaction, are considered. The methods of animal training and training, the specifics of interaction with dog handlers and the effectiveness of dogs in various working conditions, from airports and train stations to field operations, are analyzed. Limitations and challenges are also discussed, including the effects of fatigue, stress factors, and the need for regular recertification. The article highlights the importance of dogs as indispensable assistants in ensuring security and preventing terrorist threats, and also offers recommendations for optimizing their use in modern anti-terrorism and law enforcement practices.

Keywords: sniffer dogs, explosives detection, dog training, security, anti-terrorist practice, animal sense of smell.

В современном мире вопросы безопасности и предотвращения террористических угроз занимают приоритетное значение. Одним из наиболее эффективных и надежных способов обеспечения безопасности общественных объектов, транспортных узлов и массовых мероприятий является использование служебных собак-ищеек. Благодаря острому обонянию и высокой обучаемости, собаки способны с высокой точностью обнаруживать взрывчатые вещества, даже в минимальных концентрациях. Их роль в системе безопасности нельзя переоценить – именно они часто становятся первым и самым быстрым звеном в выявлении и предотвращении потенциальных угроз.

Традиционные методы поиска и выявления взрывчатых веществ, такие как технические средства и химический анализ, имеют определенные недостатки – высокая стоимость, ограниченная мобильность, необходимость специализированного персонала. Собаки же, обладая естественными способностями и правильно подготовленные, способны дополнить и существенно повысить эффективность комплексных мер безопасности.

Поиск взрывчатых веществ с помощью собак – это одна из наиболее эффективных и широко используемых практик в области обеспечения безопасности. Эти животные являются незаменимыми помощниками в спасательных операциях, правоохранительных мероприятиях и на крупных мероприятиях. Услуги собак охватывают широкий спектр задач, включая обнаружение взрывчатых веществ, повышение уверенности в безопасности и проведение учебных операций. Углубимся в каждый из аспектов этой важной темы, рассмотрим методы обучения и применения служебных собак, а также их вклад в обеспечение общественной безопасности. Отметим значение собак в практике обнаружения взрывчатых веществ, методы их подготовки и оценки эффективности, а также современные тенденции и перспективы развития данной области. Особое внимание уделяется взаимодействию между кинологами и собаками, критериям оценки их работы и анализу успешных примеров из реальной практики.

Таким образом, материал позволит создать комплексное понимание роли собак-ищеек в обеспечении общественной безопасности и совершенствовании антитеррористической деятельности.

Использование собак для обнаружения различных веществ, включая взрывчатку, имеет многовековую историю, которая начинается с их естественной способности ориентироваться по запаху. Однако систематическое применение собак именно для поиска взрывчатых веществ получило развитие в XX веке.

Впервые собаки начали активно использоваться для обнаружения взрывчатых веществ и других опасных материалов во время Первой мировой войны, когда возникла необходимость в быстром выявлении мин и снарядов. Однако массовое и целенаправленное применение собак-ищеек в антитеррористической практике связано с послевоенным периодом.

Вторая мировая война дала мощный толчок развитию кинологии в военной сфере. Собаки использовались для обнаружения мин, взрывчатых веществ и других боеприпасов. В послевоенное время методики подготовки собак к обнаружению взрывчатых веществ были усовершенствованы и переработаны, внедряя новые техники тренировки и расширяя список веществ, которые собаки способны обнаруживать.

С развитием террористической активности в конце XX – начале XXI века роль собак в обеспечении безопасности резко возросла. Собаки стали незаменимым инструментом на вокзалах, аэропортах, митингах и других массовых мероприятиях. Их способность быстро и точно находить даже малые следы таких веществ, как тротил, пластиды или взрывчатые смеси, снижают риск терактов и способствуют спасению жизней.

Сегодня подготовка собак для обнаружения взрывчатки проходит по строгим международным стандартам, а их использование в службе безопасности продолжается активно развиваться с внедрением новых методик и технологий взаимодействия с кинологами.

Роль собак в практике обнаружения взрывчатых веществ исторически сложилась как одна из ключевых в системе обеспечения безопасности, базируясь на уникальных природных качествах животных и постоянно совершенствующихся методах подготовки.

Отметим, что современная практика привлечения собак в обнаружении взрывчатых веществ основана на уникальной способности животных к обонянию, позволяющей выявлять даже минимальные следы опасных материалов. Собаки используются в различных сферах безопасности – на транспорте (аэропорты, вокзалы, метро), таможенных пунктах, при обеспечении общественного порядка на массовых мероприятиях, а также в военной и полицейской деятельности для патрулирования и поиска тайников (рис. 1).

Рис. 1 - Досмотр транспортного средства [1]

Обучение собак включает распознавание запахов различных взрывчатых веществ, таких как тротил, пластид, динамит и других, с использованием методов положительного подкрепления и регулярной переподготовки для поддержания высокой эффективности.

Среди пород чаще всего применяются лабрадоры, немецкие овчарки и спрингер-спаниели, отличающиеся хорошей способностью к концентрации и обучаемостью. Преимуществами применения собак являются высокая чувствительность обоняния, мобильность, оперативность и относительная экономичность по сравнению с техническими средствами. Современные подходы предусматривают интеграцию работы собак с техническими инструментами обнаружения, что повышает уровень безопасности. Основные вызовы связаны с необходимостью правильного отбора и тренировки животных, а также подготовкой их к работе в стрессовых и разнообразных условиях.

Обучение собак для поиска взрывчатых веществ основывается на формировании у животного устойчивого условного рефлекса, при котором запах взрывчатого вещества ассоциируется с положительным подкреплением – лакомством, похвалой или игрой (табл. 1).

Таблица 1 - Обучение собак для поиска взрывчатых веществ

	Этап	Характеристика
	Выбор породы	Для работы в этой сфере часто выбирают породы с хорошо развитыми обонятельными способностями. Обычно это: Немецкие овчарки. Лабрадоры. Бельгийские овчарки.
	Основы дрессировки	Собаки проходят начальную дрессировку, которая включает в себя: Основные команды (сидеть, лежать, ко мне). Социализацию (привыкание к различным условиям и окружению).
	Обучение нюху	Собак учат различать запахи взрывчатых веществ. Это выполняется через: позитивное подкрепление: собака получает награду (лакомство, похвалу) за правильное поведение. Ассоциации: собака связывает специфический запах с получением награды.
	Практика	Собак обучают в реальных условиях Искусственные тренировки

		с использованием безопасных аналогов взрывчатых веществ. Поиск в различных местах (открытые пространства, здания).
	Поддержка навыков	Регулярные тренировки необходимы для поддержания уровня подготовки. Это могут быть: повторение команд, усложнение задач, симуляции реальных ситуаций.

Для обучения поиску взрывчатых веществ производится отбор собак служебных и охотничьих пород. Отбирают особей с хорошо развитым обонянием, с подвижным типом высшей нервной деятельности (сангвиники, холерики) и ориентированных на работу с человеком. Это такие породы, как немецкая овчарка, лабрадор, доберман, спаниель, терьеры, шнауцеры. Собаки этих пород также отличаются активностью в работе и выносливостью.

Дрессировку собаки следует начинать в возрасте 8-16 месяцев. К этому возрасту щенок должен быть обучен основным командам общего курса дрессировки. Это подход по команде «Ко мне!», умение ходить рядом с проводником, команды «Сидеть!», «Лежать!», «Стоять!». Также необходимы умения подносить предметы по команде «Апорт!», преодолевать препятствия и безразлично относиться к посторонним людям и звуковым раздражителям.

Подготовка специально обученных собак требует серьёзной организации и больших затрат. Нужна хорошая материальная база, достаточное количество помощников. Условия для занятий по дрессировке должны быть максимально приближены к реальным. При этом существует необходимость строгого учёта взрывчатых веществ.

Сначала собаке дают понюхать вещество или его безопасную имитацию, после чего сразу награждают, закрепляя мотивацию для поиска конкретного запаха. Тренировки начинают в простых условиях, постепенно усложняя задачи – поиск в контейнерах, среди посторонних запахов, в разном окружении. Игровой метод применяется для поддержания интереса: игрушка или лакомство становятся наградой за успешное обнаружение, что позволяет поддерживать высокую мотивацию.

Положительное подкрепление – ключевой элемент, негативные методы не используются, чтобы не снижать эффективность. Собак учат концентрации в шумных и отвлекающих ситуациях, а также выдержке для продолжительной работы. На разных этапах применяют как имитации, так и настоящие взрывчатые вещества под строгим контролем. Регулярные переподготовки обеспечивают сохранение и улучшение навыков. Качество обучения во многом зависит от профессионализма тренера и индивидуальных особенностей собаки.

Отметим, что применение служебных собак с целью раскрытия и расследования преступлений недооценено в некоторых правоохранительных органах России и требует плановой работы на основании научного подхода. В связи с этим для повышения эффективности применения собак, на наш взгляд, их необходимо регулярно использовать в режимных, оперативно-розыскных и следственных мероприятиях. Способность собаки к анализу различных запахов является уникальным качеством, которое не могут заменить никакие технические средства, например «искусственный нос» [2].

Собаки более эффективны для обнаружения запахов из-за их скорости, универсальности и надежности. Одним из основополагающих факторов успешной работы служебных собак является их физиологическое здоровье, но в условиях реальной деятельности может наблюдаться обонятельная «усталость». С целью повышения обонятельной активности собак в уголовно-исполнительной системе ведется работа по изучению влияния ряда химических соединений на общефизиологические показатели у животных [3].

Важно отметить, что проблемы в практике привлечения собак для обнаружения взрывчатых веществ связаны с несколькими факторами. Во-первых, сложность условий поиска: наличие множества посторонних запахов, погодные условия (дождь, ветер, жара) снижают эффективность работы собак, так как запахи могут быстро рассеиваться или смешиваться.

Во-вторых, высокий уровень стресса у собак и их тренеров в условиях реальной операции, что может привести к снижению концентрации и ошибкам в работе. В-третьих, ограниченная продолжительность эффективной работы из-за быстрой утомляемости и необходимости отдыха собак. Кроме того, возможность ложных срабатываний из-за сходства запахов или перебора веществ усложняет интерпретацию результатов.

Технические и организационные проблемы включают недостаточную подготовку и квалификацию персонала, неправильное обращение с животными и несоблюдение стандартов обучения. Также существуют проблемы с обеспечением безопасности, так как собаки и тренеры подвергаются риску при работе в потенциально опасных зонах. Всё это требует комплексного подхода, улучшения условий тренировки и оперативной поддержки для повышения эффективности применения собак в обнаружении взрывчатых веществ.

По нашему мнению, пути решения проблем применения собак для обнаружения взрывчатых веществ предполагают комплексный и многоуровневый подход. Во-первых, необходимо улучшать условия подготовки и тренировки собак, ориентируясь на реалистичные сценарии с разнообразными запахами и различными погодными условиями. Это позволит повысить устойчивость собак к внешним факторам и уменьшить влияние посторонних запахов.

Во-вторых, важно регулярно проводить медицинское и психологическое обследование собак, а также обучать тренеров и младший персонал методам работы со стрессом у животных, что обеспечит сохранение высокой продуктивности и здоровья животных.

Для предотвращения ложных срабатываний следует внедрять стандартизированные методики оценки и контроля работы собак, а также использовать специальные тренировочные образцы, максимально приближённые к реальным взрывчатым веществам. Совмещение работы собак с современными техническими средствами (сенсоры, спектрометры) позволит повысить точность обнаружения и снизить человеческий фактор. Важно также систематизировать повышение квалификации персонала, внедрять современные методики обучения и проводить регулярные учения с реальными условиями.

Организационно необходимо создать чёткую систему планирования и распределения задач, обеспечить достаточное время для отдыха и восстановления собак, чтобы избежать переутомления. При работе в опасных зонах нужно применять меры безопасности, включая использование защитного снаряжения, и организовывать взаимную поддержку между командами. Разработка и внедрение национальных стандартов и нормативов для использования собак в подобных операциях позволит привести практику к единым требованиям.

Таким образом, комплексный подход, включающий улучшение подготовки животных и персонала, применение технических средств, оптимизацию условий работы и жесткий контроль качества, значительно повысит эффективность и безопасность использования собак для обнаружения взрывчатых веществ.

Привлечение служебных собак для обнаружения взрывчатых веществ является одним из самых эффективных и надёжных методов обеспечения безопасности на объектах различного масштаба – от аэропортов и вокзалов до массовых мероприятий. Собака обладает уникальной способностью улавливать даже минимальные запаховые следы взрывчатых веществ, что существенно повышает качество проверки по сравнению с техническими средствами.

Однако эффективность работы этих животных напрямую зависит от нескольких факторов: правильного и систематического обучения, условий содержания, мотивации и психологического состояния собаки. Важным аспектом является также опыт и квалификация кинологов, которые работают с животными. Только сбалансированные подходы к подготовке обеспечивают высокую точность и минимизируют вероятность ложных срабатываний.

Современные тенденции в области безопасности также предполагают интеграцию работы собак с технологическими системами – контрольно-пропускными комплексами, химическими детекторами и видеонаблюдением. Такой комплексный подход позволяет повысить общую эффективность и оперативность реагирования на угрозы.

В заключение можно отметить, что служебные собаки остаются незаменимым элементом системы безопасности, их потенциал ежедневно подтверждается в реальных условиях. Для максимальной отдачи необходимо продолжать развивать методы их обучения, создавать комфортные условия работы и поддерживать высокие профессиональные стандарты среди кинологов. Это позволит сохранить высокий уровень защиты общества и предупреждать теракты и инциденты с применением взрывчатых веществ.

Список литературы

1. Астахова, Л. А. Поиск и обнаружение наркотических и психотропных веществ в учреждениях УИС - одна из важнейших задач кинологической службы ФСИН России. Ведомости уголовно-исполнительной системы, (12 (103)), 2010, С. 30-33.
2. Зыкова С.С., Фетищева Л.М. Актуальные проблемы эффективности применения служебных собак в ходе раскрытия и расследования преступлений. Ведомости уголовно-исполнительной системы, (6 (193)), 2018, С. 21-25.
3. Крушинский Л. В., Флесс Д. А. Искусственное усиление обоняния у служебных собак // Журнал высшей нервной деятельности. 1959. Т. 9, вып. 2. С. 284–290.

“Международный научный журнал АКАДЕМИК”

ISSN 2958-5104

№ 2 (243), 2024 г.
ФЕВРАЛЬ, 2024 г.

В авторской редакции
мнение авторов может не совпадать с позицией редакции

Международный научный журнал "Академик". Юридический адрес:
010000, Республика Казахстан, г.Астана

Свидетельство о регистрации в СМИ: KZ12VPY00034539 от 14 апреля 2021 г. Журнал зарегистрирован в комитете информации, министерства информации и общественного развития Республики Казахстан, регистрационный номер: KZ12VPY00034539
Web-сайт: www.journal-academic.com
E-mail:info@journal-academic.com