



VOL 2 (22) 2025

**JOURNAL OF
SCIENCE AND RESEARCH**



ASTANA

WWW.JSRJOURNAL.KZ

«Journal of Science and Research (JSR)»

Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық
даму министрлігінің Ақпарат комитетінде
тіркелген № KZ41VPY00076697, 01.09.2023 ж.

Халықаралық ISSN орталығы (ISSN-L): [3006-4325](https://www.issn-l.org/details.do?issn=3006-4325)

Айына екі рет жарық көреді.



№ 2 (22) 2025

Астана, 2025

МАЗМҰНЫ

Оқытудағы жасанды интеллект: технология студенттерге материалды игеруге қалай көмектеседі?.....	4
<i>Оңлабек М.Қ.</i>	
Development of a computational framework for stellar evolution.....	11
<i>Ratkhan M.Zh.</i>	
Развитие методов 3D-реконструкции для анализа научных образцов и объектов.....	20
<i>Баянов Ж.М.</i>	
Современные модели искусственного интеллекта для анализа финансовых данных и принятия торговых решений.....	33
<i>Игизбаев А.</i>	
Protecting Information Systems from Advanced Persistent Threats (APTS): Current Techniques and Best Practices.....	39
<i>Zhantenov D.E.</i>	

FTAMP 004.8

Оқытудағы жасанды интеллект: технология студенттерге материалды игеруге қалай көмектеседі?

Оңлабек Мадина Қайратқызы

7M01509- Математика ББ 1-курс магистранты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Андатпа: Бұл мақалада жасанды интеллект (ЖИ) технологияларының қазіргі жоғары білім беру процесіндегі рөлі мен тиімділігі қарастырылады. Зерттеу мақсаты — ЖИ құралдарының студенттердің оқу материалын игеруіне қалай әсер ететінін талдау. Бұл үшін 1-курс студенттері арасында сауалнама жүргізіліп, олардың ЖИ құралдарын қалай және қаншалықты жиі пайдаланатыны, бұл құралдардың қандай пайдасы бар екені, сонымен қатар олардың кемшіліктері қандай деген сұрақтарға жауап алынды. Сауалнама нәтижелері ЖИ құралдарының, әсіресе ChatGPT, Grammarly және аударма қосымшаларының студенттерге күрделі тақырыптарды түсіндіру, тапсырмаларды орындау және жалпы оқу үрдісін жеңілдету жағынан үлкен көмегі бар екенін көрсетті. Сонымен қатар, респонденттер ЖИ-дің болашақта білім беру жүйесіне терең ықпал ететініне сенімді екенін білдірді.

Кілттік сөздер: Жасанды интеллект, Білім беру технологиялары, Академиялық адалдық, Цифрлық білім, ЖИ қолданудың артықшылықтары мен кемшіліктері, Болашақ білім беру жүйесі.

Кіріспе

Қазіргі заманғы білім беру жүйесі технологиялық жетістіктердің ықпалымен айтарлықтай өзгерістерге ұшырауда. Әсіресе соңғы жылдары жасанды интеллекттің (ЖИ) кең таралуы білім берудің жаңа парадигмасын қалыптастырып отыр. ЖИ тек өндіріс пен қызмет көрсету салаларында ғана емес, сонымен қатар білім беру процесінде де кеңінен қолданылып келеді. Студенттер оқуда жиі қолданатын ChatGPT, Grammarly, Google Translate секілді құралдар оларға материалдарды түсінуге, тапсырмаларды орындауға және ақпаратты жылдам өңдеуге көмектесуде. Бұл құралдар оқу процесін жекелендіріп, білім алушының қажеттілігіне сай ақпарат ұсынуға мүмкіндік береді.

Қазақстандық жоғары оқу орындарында студенттердің басым бөлігі ЖИ құралдарын оқу барысында кемінде аптасына бір рет пайдаланады. 2024 жылы жүргізілген 840 студент қатысқан сауалнама нәтижесінде респонденттердің 65%-ы оқу мақсатында ЖИ құралдарын аптасына ең кемі бір рет қолданатыны анықталды[1]. Сол зерттеуде студенттердің 90%-ы ChatGPT чатботы туралы хабардар екені атап өтілген. Жаһандық деңгейдегі деректер де ұқсас үрдісті көрсетеді: *студенттердің 86%-ы жалпы ЖИ құралдарын өз оқуында қолданатынын мәлімдеген. Олардың 24%-ы күн сайын, ал 54%-ы кемінде аптасына бір рет ЖИ пайдаланатынын айтты. Бұл сандар ЖИ технологияларының студенттік өмірге тез еніп, күнделікті оқу тәжірибесінің бір бөлігіне айналғанын көрсетеді. Біздің шағын сауалнамamız бойынша да (2025 жылы жүргізілген 24 студенттің жауабы) студенттердің шамамен 67%-ы ЖИ құралдарын күн сайын, ал 29%-ы аптасына бірнеше рет қолданатынын*

айтты (яғни, жалпы 96% аптасына кемінде бір рет) – бұл да жоғары белсенділікті аңғартады[2].

Жалпы алғанда, ЖИ технологиялары студенттердің уақытын үнемдеп, күрделі тапсырмаларды жеңілдетіп, қосымша түсіндірмелер беріп, оқу тиімділігін арттыруда. Дегенмен, оны мақсатты және жауапкершілікпен қолдану қажеттігі туындайды – мысалы, тек ЖИ жауабымен шектелмей, алынған ақпаратты басқа дереккөздермен салыстыру, өз бетінше қорытынды жасау маңызды екені айтылып жүр.

ЖИ құралдарын қолданудың студенттер атап көрсеткен пайдалы жақтары да, сондай-ақ айта кеткен кемшіліктері де бар. Сауалнама нәтижелеріне және жарияланған дереккөздерге сүйене отырып, төменде солардың негізгі тұстары жинақталған:

ЖИ-дің оқу процесіндегі пайдасы:

-Ақпаратты жылдам алу және уақыт үнемдеу. ЖИ күрделі сұрақтарға жылдам жауап беріп, қажетті мәліметті іздеу уақытын қысқартады. Мысалы, студенттердің 69%-ы ЖИ арқылы ақпарат іздеу мүмкіндігін оның басты артықшылығы деп бағалайды. Бұл әсіресе курстық жұмыс жазу барысында немесе жаңа тақырыпты өз бетінше оқып-білу кезінде өте пайдалы.

-Қиын тақырыптарды түсіндіру және оқытушының орнын бөлісу. ЖИ модельдері бейнебір тәулік бойы қолжетімді мұғалім тәрізді күрделі ұғымдарды қарапайым етіп түсіндіріп береді. Студенттер үшін түсінбей қалған тұстарын «сұрап алу» мүмкіндігі оқу материалын терең игеруге көмектеседі. Бұл ЖИ-ді жеке репетитор не кеңесші ретінде пайдалануға жол ашады.

-Жазбаша жұмыстардың сапасын арттыру. Грамматикалық және стилистикалық қателерді түзету, мәтінді құрылымдау – ЖИ құралдарының (Grammarly сияқты) көмегімен студенттер жұмысын жетілдіре алады. Нәтижесінде мазмұнның түсініктілігі мен сауаттылығы жоғарылайды.

-Оқу мотивациясын көтеру және шығармашылыққа ынталандыру. Кейбір студенттер ЖИ-ден алынған жылдам көмек уақыттарын тиімді пайдаланып, басқа пәндерге көбірек көңіл бөлуге мүмкіндік беретінін айтады. Сондай-ақ ЖИ ой тастау, идея генерациялау арқылы шығармашылық жұмыстарға шабыт бере алады (мысалы, жоба тақырыбын таңдауда, эссе үшін дәйексөздер ұсынуда).

ЖИ-ді қолданудың мүмкін кемшіліктері:

-Ақпараттың дәл болмауы. ЖИ әрдайым мінсіз жауап бермеуі мүмкін – кейде қате немесе ойдан құрастырылған мәлімет ұсынады. Мысалы, ChatGPT жиі жағдайда жалған не жаңылыс деректерді сенімді түрде айтып бере алады, тіпті жоқ дереккөздер мен сілтемелерді «ойлап табатыны» белгілі. Студенттер сауалнамасында да 70% шамасында респондент ЖИ жауаптарының дәлдігіне күмән барын, кейде қатеге жол беретінін атап өткен. Бұл мәселе ЖИ пайдаланғанда ақпаратты тексеріп отыру керектігін көрсетеді.

-Сыни ойлау және өз бетінше іздену дағдыларының төмендеуі. Дайын жауап ала салу мүмкіндігі студентті ойланып, талдау жасайтын жағдайдан

алыстатуы ықтимал. Кейбір білім саласы мамандары ЖИ-дің шектен тыс қолданысы проблема шешу мен аналитикалық қабілеттердің дамуын тежейді деп алаңдайды.

Технологияға тәуелділік. ЖИ құралдарына үйреніп кеткен студент кей жағдайда қиындықты өз күшімен шешуге талпынбай, тез жолын іздеуі мүмкін. Сауалнамаға қатысушылардың бір бөлігі ЖИ-ге шектен тыс арқа сүйеу «технологияларға тәуелділік тудырады» деп санайды (шамамен 33% осыны көрсеткен). Яғни, әр мәселені ЖИ көмегімен шешуге әдеттену болашақта тәуелділікке соқтыруы ғажап емес.

-Академиялық адалдық пен плагиат мәселесі. Дайын жауаптарды көшіру немесе ЖИ-дің көмегімен бүкіл жұмысты жазып тапсыру – оқу орындарында үлкен этикалық сұрақ туғызады. Студенттердің өздері де бұл мәселені түсінеді: бірқатар респонденттер ЖИ академиялық адалдық қағидаларына кері әсер етуі мүмкін деп алаңдайды (мысалы, шамамен 33% оны плагиат қаупі деп бағалаған). 2024 жылғы зерттеуде студенттердің 96%-ы ЖИ пайдалану бойынша нақты ережелер мен саясат керектігін қолдағаны да осыны дәлелдейді. Яғни, көпшілік студенттер ЖИ толық тыйым салынбаса да, оның әділ қолдану шегін белгілейтін регламент қажет деп санайды. Шынында да, кей университеттер әлемде студенттердің ЖИ-ді теріс пайдалануын болдырмау үшін арнайы саясат енгізіп жатыр. Қазақстанда да кейбір оқытушылар емтиханда ChatGPT қолдануды “академиялық алаяқтық” деп бағалап, оны қатаң қадағалау керек екенін айтады [3].

Жалпы, студенттер ЖИ құралдарының пайдасын жоғары бағалай отырып, оның кемшін тұстарын да жоққа шығармайды. Оқу үдерісінде ЖИ-ді тиімді пайдалану үшін әрі оның зиянды әсерлерінен қорғану үшін баланс сақтаудың маңыздылығын атап өтеміз.

Әдіснама

Бұл зерттеуде деректер жинау құралы ретінде сауалнама әдісі қолданылды. Сауалнама 2025 жылы онлайн форматта (Google Forms платформасында) жүргізілді. Зерттеу мақсаты – жасанды интеллект (ЖИ) технологияларын оқу процесінде қолдану тәжірибесін және олардың студенттерге оқу материалын игеруге қалай көмектетіні жөніндегі пікірлерін анықтау. Сауалнама сілтемесі жоғары оқу орындарында оқитын түрлі мамандықтағы студенттерге таратылып, оны ерікті негізде толтыру ұсынылды. Қатысушылар – сауалнамаға жалпы 55 студент қатысып, жауап берді. Респонденттердің жасы негізінен 18–20 жас аралығында (бірең-сараңы 21–23 жаста). Қатысушылардың басым бөлігі – 1-курс студенттері (шамамен 88%), сонымен қатар аз санды 2-курс және 3-курс студенттері де қамтылды. Сауалнамаға түрлі мамандықтағы білім алушылар қатысты, олардың арасында ақпараттық технологиялар саласының (бағдарламалық инженерия, математика, IT) студенттері көп болды. Бұдан бөлек, архитектура, фармацевтика, заңтану, педагогика және т.б. мамандықтар бойынша оқитын студенттердің де жауаптары жинақталды. Бұл қатысушылар құрамының сан алуан болуы зерттеуге әртүрлі оқу бағыттарындағы жастардың көзқарастарын қамтуға

мүмкіндік берді. Сауалнама мазмұны студенттердің ЖИ құралдарын оқу барысында қолдану тәжірибесін жан-жақты зерделеуге бағытталды. Қатысушыларға ең алдымен *«Сіз оқу барысында жасанды интеллект (ЖИ) құралдарын қолданасыз ба?»* деген сұрақ қойылып, ЖИ қолданатындардың барлығы келесі сұрақтарға жауап берді. Респонденттер қандай нақты ЖИ құралдарын пайдаланатынын көрсету мүмкіндігіне ие болды – мысалы, ұсынылған нұсқалардың ішінде **ChatGPT**, мәтін редакциялауға арналған **Grammarly**, мәтінді аударуға арналған **Google Translate** тәрізді аударма жүйелері, сондай-ақ **Gemini** және басқа да құралдар аталды. Студенттер бұл құралдарды оқу процесінің қандай міндеттерінде қолданатынын да белгілеп өтті. Атап айтқанда, бірнеше жауап нұсқасын таңдауға болатын сұрақта ЖИ құралдарының көмегімен күрделі тақырыптарды түсіндіру, мәтіндердің грамматикасы мен стилін жақсарту, үй тапсырмаларын орындауды жылдамдату, емтиханға дайындалуға жәрдемдесу сияқты оқу барысындағы түрлі мақсаттарға қол жеткізетіні көрсетілді. Осы арқылы сауалнама студенттердің ЖИ технологияларын оқу тиімділігін арттыру үшін қай қырынан пайдаланатынын анықтауды көздеді. Сауалнамада студенттердің ЖИ қолдану жиілігін бағалау үшін бөлек сұрақ қарастырылды. Қатысушылар ЖИ құралдарын қаншалықты жиі қолданатынын таңдады (мысалы, күн сайын, аптасына бірнеше рет, айына бірнеше рет немесе өте сирек). Бұдан бөлек, ЖИ технологияларын оқу барысында пайдаланудың әлеуетті кемшіліктері туралы да мәлімет жиналды. Респонденттерге бұл тұрғыда бірнеше дайын жауап нұсқалары ұсынылды: ЖИ құралдары кейде дұрыс емес немесе дәл емес жауап беруі мүмкін, студенттің сыни ойлау қабілетін төмендетуі ықтимал, технологияларға тәуелділік тудыруы мүмкін және академиялық адалдық қағидаларын бұзуға (плагиатқа) алып келуі мүмкін деген сияқты. Қатысушылар аталған кемшіліктердің қайсылары өз тәжірибелерінде маңызды екенін белгілеп шықты. Сонымен қатар, сауалнама соңында ашық сұрақ түрінде *«ЖИ болашақта білім беру саласын қалай өзгертеді?»* деген сұрақ қойылды. Бұл сұрақ арқылы студенттер жасанды интеллектінің білім беру жүйесінің келешегіне ықпалы жөніндегі жеке пайымдарын еркін түрде жазды.

Нәтижелер және талдау

Деректерді өңдеу және талдау әдісі: Жиналған барлық жауаптар Google Forms жүйесінен экспортталып, MS Excel бағдарламасында жүйеленді. Сауалнаманың жабық түрдегі сұрақтары бойынша жиілік талдауы жүргізілді: әрбір жауап нұсқасының таңдалу саны есептеліп, пайыздық үлестері анықталды. Мысалы, қай ЖИ құралы ең кең қолданылатыны, студенттердің оны пайдалануы қай мақсатта жиі кездесетіні және ең көп аталған кемшіліктер қандай екені сандық түрде шығарылды. Бес баллдық шкала бойынша берілген баға жауаптары орташа балл есептеу арқылы қарастырылды (жалпы пайдалыдылық деңгейін бағалау үшін). Ал ашық сұраққа берілген еркін жауаптар мазмұндық талдау тәсілімен қарастырылды: студенттердің жауаптары оқылып, ортақ пікірлер мен қайталанатын тақырыптар анықталды.

(мысалы, көпшілігінің ойынша ЖИ білім беруде елеулі өзгерістер әкеледі деген сияқты үрдістер). Жиілік талдауы ең көп кездесетін үрдістерді сандық тұрғыда көрсетсе, сапалық талдау әдісі ашық сұрақтардың жауаптарындағы басты идеяларды түйіндеуге мүмкіндік берді. Әдістемелік негіздеме және шектеулері: Сауалнама әдісін қолдану зерттеу мақсатына сай болды, өйткені ол студенттердің тәжірибесі мен пікірлерін тікелей өздерінен жылдам жинауға мүмкіндік береді. *Google Forms* негізінде онлайн сауалнама жүргізу қысқа уақыт ішінде біршама респонденттерді қамтып, деректерді автоматты түрде жинауға және өңдеуге ыңғайлы жағдай жасады. Бұл әдіс студенттердің ЖИ құралдарын қолдану үрдістерін сандық өлшеуге және олардың субъективті бағаларын құрылымдалған форматта алуға жол ашады. Алайда, қолданылған тәсілдің бірнеше шектеулері де бар. Біріншіден, таңдама мөлшері салыстырмалы түрде шағын – 55 студенттің жауабы талданды – және олар негізінен 18–20 жастағы, бірінші курс білім алушыларынан құралған. Сондықтан алынған нәтижелер барлық студенттер қауымының көзқарасын толық бейнелей алмауы мүмкін. Екіншіден, деректер өзін-өзі бағалау негізінде жиналғандықтан, жауаптарда субъективтілік пен шынайы әрекеттің арасындағы айырмашылық орын алуы ықтимал (яғни, кей студенттер ЖИ пайдалану жиілігін асыра немесе кем көрсете алады, не кей кемшіліктерді мойындамауы мүмкін). Үшіншіден, сауалнаманы негізінен ЖИ технологияларына қызығушылық танытатын немесе оларды қолданып жүрген студенттер толтырған болуы мүмкін, бұл жалпы нәтижелерге белгілі бір дәрежеде іріктеу жанамағы әсерін тигізеді. Басқаша айтқанда, ЖИ құралдарын мүлде қолданбайтын немесе оған сенімсіздікпен қарайтын студенттер зерттеу қорытындыларында көрінбеуі мүмкін. Осы шектеулерді ескере отырып, зерттеу нәтижелері сақтықпен интерпретациялануы қажет. Дегенмен, алынған деректер оқу барысында ЖИ қолдану тәжірибесі бойынша құнды бастапқы мәліметтер ұсынады және болашақта ауқымын кеңейтіп жүргізуге болатын зерттеулерге негіз бола алады.

Сауалнама соңында қойылған «ЖИ болашақта білім беру саласын қалай өзгертеді?» деген ашық сұраққа берілген жауаптар студенттердің бұл технологияға қатысты болашақ көзқарастарын аңғаруға мүмкіндік береді. Көптеген студенттер оптимистік болжам жасаған: олар ЖИ білім беруді жаңа деңгейге көтереді, оқу процесін жеңілдетіп тиімдірек етеді деп күтеді. Мысалы, жауаптардың басым бөлігі «*ЖИ білім беруді жақсы жаққа өзгертеді*», «*Білім алу процесін жеңілдетеді*» деген ойды білдірген. Бір студент ЖИ көмегімен «*оқыту жеке дара бейімделіп, әрбір студентке жеке бағдарламалар жасалады, білім беру процесі персонализацияланады*», оқытушылардың кейбір функцияларын виртуалды тәлімгерлер атқаруы мүмкін деп болжайды. Тағы бір жауапта «*ЖИ білім алуда жаңа мүмкіндіктер береді*» деп, түбегейлі өзгерістер болатыны айтылған. Шынында да, жасанды интеллект арқылы адаптивті оқу бағдарламалары, VR/AR технологияларымен біріктірілген иммерсивті сабақтар, білім жетістіктерін автоматты бағалау сияқты жаңашылдықтар келуі ықтимал деген пікірлер бар. Сонымен бірге

бірге, сақтықпен қарайтын көзқарастар да жоқ емес. Кейбір студенттер ЖИ ықпалымен «оқу қиындала түсуі мүмкін, мұғалімге сұраныс минимумға азаюы мүмкін» деп алаңдаушылық білдірген (яғни, бәсеке артып, талап күшеюі немесе мұғалімдерді ЖИ алмастыруы ықтимал деген ой). Бір жауапта тіпті *«ЖИ арқылы ізденуді қойдық, білім алу процесі төмендеді»* деп, болашақта осындай кері әсер болуы мүмкін екені айтылған – яғни студенттер өздігінен үйренуді доғарып, дайын ақпаратқа ғана иек артса, жалпы білім сапасы құлдырауы мүмкін деген ескерту. Дегенмен мұндай пессимистік болжамдар азшылықта болды. Көпшілігі дұрыс пайдаланған жағдайда ЖИ білім беруді адамзат пайдасына қызмет ететін қуатты құралға айналады деп сенеді. Студенттердің бұл болжамдары мен пікірлері Қазақстанның білім беру жүйесіндегі қазіргі бастамалармен де үйлесім табады. Ел үкіметі алдағы жылдары ЖИ технологияларын білім беру саласына белсенді кіріктіруді жоспарлап отыр: 2024 жылдан бастап барлық университеттерге ЖИ бойынша курстар енгізу қолға алынды, 2025 жылға қарай оқу орындарының 20%-ында осындай пәндер оқытылмақ, ал 2029 жылға дейін университеттердің 60%-ына ЖИ курстарын қосу мақсаты қойылған[4].

. Бұл қадамдар Қазақстанның болашақ мамандарын жаңа технологияларға үйретіп қана қоймай, ЖИ-дің білім беру процесіне тигізетін әсерін институционалды деңгейде нығайтуда. Яғни, студенттердің ЖИ туралы көзқарастары (оң болжамдары да, сақтық ескертулері де) ескерусіз қалмай, білім жүйесі соған сай бейімделуге кіріскен.

Қорытынды

Қазақстан студенттері арасында жасанды интеллект құралдарын пайдалану өте қарқынды өсіп отыр. Олар ЖИ-дің пайдалы жақтарын оқу үлгерімін жақсартуда тиімді қолдануда – ақпаратты тез алу, күрделі нәрсені оңайлату, уақыт үнемдеу, тілдік кедергіні жою секілді мүмкіндіктер барынша игерілуде. Екінші жағынан, студенттер ЖИ-дің кемшіліктеріне де көз жұма қарамайды: алынған мәліметтің қате болуы, өз бетінше ойлау қабілеттің төмендеуі, академиялық адалдық мәселелері сияқты түйткілдерді ашық атап көрсетуде. Ресми дереккөздер мен зерттеулер де бұл үрдістерді растап отыр, ал ChatGPT ең танымал құрал ретінде көш бастап тұр. Алдағы жылдары жасанды интеллекттің білім беру жүйесіне әсері күшейе беретіні сөзсіз – студенттердің пікірлеріне қарағанда, бұл әсер негізінен оң болмақ, бірақ тиімді нәтижеге жету үшін ЖИ қолдануды реттейтін ережелерді сақтап, оның мүмкіндіктері мен шектеулерін теңгерімді пайдаланған жөн. Қазақстанның білім саласы да осы бағытта дамуда, сондықтан қазіргі студенттер буыны ЖИ-мен жұмыс жасау мәдениетін қалыптастырып, оны оқу мен үйренудің ажырамас бір бөлігіне айналдыруда алғашқы маңызды қадамдарды жасап жатыр деп қорытындылауға болады.

Қолданылған деректер тізімі

1. Жунусбекова А., Асқарқызы С. “Students’ perceptions of artificial intelligence use in higher education and its impact on academic integrity”. Pedagogy and Psychology журналы, №4(61), 2025.

2. Digital Education Council Global AI Student Survey, 2024 campustechnology.com
3. “Это мошенничество: Нарикбаев заявил, что студенты используют ChatGPT на экзаменах”. Press.kz, 4 маусым 2024 жыл (академиялық адалдық туралы пікір)
4. Omarova Zh. “Survey Shows Rising Interest in AI, Digital Skills in Kazakhstan”. The Astana Times, 18 наурыз 2025 жыл
5. “Kazakhstan: A Rising Star in AI-Driven Education”. Astana Hub Blog, 2025 жыл (Қазақстанның ЖИ білімдегі стратегиясы)

Искусственный интеллект в обучении: как технология помогает студентам усваивать материал

Онлабек Мадина Кайраткызы

*Магистрант 1 курса образовательной программы 7M01509 – Математика,
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, Астана,
Казахстан*

Аннотация: В данной статье рассматривается роль и эффективность технологий искусственного интеллекта (ИИ) в современном процессе высшего образования. Цель исследования — проанализировать, как инструменты ИИ влияют на усвоение учебного материала студентами. С этой целью был проведён опрос среди студентов первого курса, в ходе которого выяснилось, как часто и в каких целях они используют ИИ-инструменты, какую пользу они приносят, а также какие у них имеются недостатки. Результаты опроса показали, что такие инструменты, как ChatGPT, Grammarly и переводческие приложения, значительно помогают студентам при изучении сложных тем, выполнении заданий и в целом облегчают учебный процесс. Кроме того, респонденты выразили уверенность в том, что ИИ в будущем окажет глубокое влияние на систему образования.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, Образовательные технологии, Академическая честность, Цифровое обучение, Преимущества и недостатки ИИ, Будущее образования.

Artificial Intelligence in Education: How Technology Helps Students Master Learning Materials

Onlabek Madina Kairatkyzy

*1st-year Master's student of the 7M01509 – Mathematics program,
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

Abstract: This article explores the role and effectiveness of artificial intelligence (AI) technologies in the current higher education process. The goal of the research is to analyze how AI tools affect students' ability to absorb learning materials. A survey was conducted among first-year students to determine how and how often they use AI tools, what benefits they experience, and what drawbacks they perceive. The results showed that tools such as ChatGPT, Grammarly, and translation applications significantly assist students in understanding complex topics, completing assignments, and generally simplifying the learning process. Furthermore, respondents expressed confidence that AI will have a profound impact on the future of education.

Keywords: Artificial intelligence, Educational technologies, Academic integrity, Digital learning, Advantages and disadvantages of AI, Future of education.

FTAMP 41.23.15

Development of a computational framework for stellar evolution**M.Zh. Ratkhan^{1*}**¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

*E-mail: margulan.rathan.kz@gmail.com

Abstract. *This article discusses the development of a computational framework for simulating and analyzing stellar evolution, focusing on integrating physical formulas and real observational data. The main objective is to model the evolution of stellar systems by incorporating essential parameters such as mass, luminosity, temperature, and rotational speed into the evolution models. The framework combines a custom stellar evolution model with data from the MESA (Modules for Experiments in Stellar Astrophysics) code, eliminating the need for a complete MESA installation by directly using real star evolution data. The simulation includes phases such as the main sequence, red giant, and white dwarf, and is visualized through dynamic 3D animations, showcasing changes in stellar size, temperature, luminosity, and composition over time. A Python-based graphical user interface (GUI), developed using tkinter, allows users to input stellar parameters and start the simulation, providing a flexible platform for future experimentation. Additionally, parameters like metallicity, core temperature, and core composition were included in the model, improving the realism of the simulations while maintaining efficiency. This work presents a valuable tool for detailed stellar evolution analysis, with potential applications in both astrophysical research and education.*

Key words: *Stellar Evolution, MESA, Computational Modeling, Stellar Parameters, White Dwarf.*

Introduction

Stellar evolution is a fundamental aspect of astrophysics, as it governs the life cycle of stars, from their formation to their ultimate demise. Stellar mass black holes formed as the end state of massive stars were also the rest ones to be discovered [1]. Understanding the processes behind stellar evolution is crucial for explaining the formation of planetary systems, the synthesis of elements, and the dynamics of galaxies. Computational models are essential tools for studying stellar evolution, as they allow astrophysicists to simulate complex processes that span millions to billions of years. These models rely on a combination of physical theories, observational data, and numerical methods to provide insights into stellar behavior under various conditions. Advanced techniques, such as N-body simulations and dynamical modeling, enable astronomers to reconstruct the past and predict the future motions of stars. These methods provide insights into the assembly history of the Milky Way, including mergers, tidal interactions, and dynamical processes that have led to the formation of distinct galactic components [2]. The ongoing advancements in astronomical instruments, coupled with extensive surveys, have yielded unprecedented amounts of data on stellar properties, facilitating the categorization and examination of stellar populations on a grand scale [3]. As these stars traverse various regions of the galaxy, they accumulate characteristics that reflect the galactic environment at the time of their birth [4].

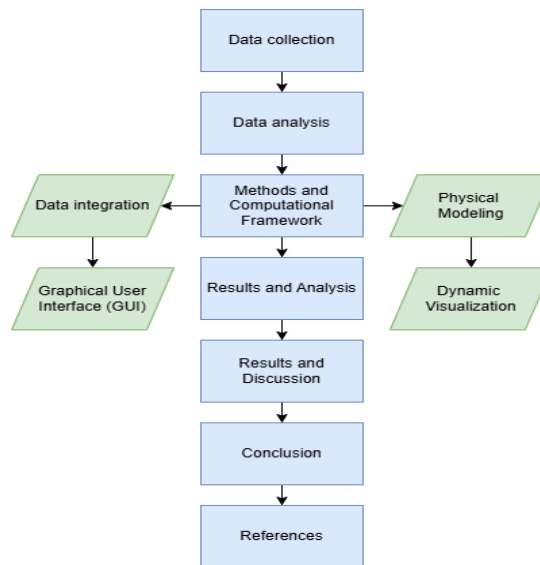
Traditionally, stellar evolution models have been built using predefined phase diagrams or simplified assumptions about stellar parameters, such as mass,

temperature, luminosity, and composition. However, these models often lack the flexibility and accuracy required to capture the intricacies of stellar processes. To address these limitations, recent advancements have integrated observational data into computational frameworks, allowing for more precise simulations of stellar evolution across different stellar masses and metallicities. In the upper main sequence, where stars have radiative envelopes, about 10% of the stars are magnetic [5, p. 35]. The Sun is considered to be prototypical of FGK-type main-sequence stars that are known to have convective envelopes and most of these cool stars are known to host magnetic fields [6]. This understanding is supported by observed correlations of the field strengths detected in these main-sequence stars with their fundamental parameters, such as their mass, age, and rotation periods [7]. Furthermore, 10% of the white dwarfs show magnetic fields and while all neutron stars appear to have magnetic fields, some 10% of them (known as magnetars) possess extremely strong surface magnetic fields [8]. The evolution of main-sequence stars with radiative envelopes can also be significantly affected by magnetic fields. Because of the intrinsically strong stellar wind, magnetic braking for massive OB-type stars can be strong enough to become directly observable [10].

In this article, we present an integrated computational framework for modeling stellar evolution, leveraging the data from the widely used MESA (Modules for Experiments in Stellar Astrophysics) code. The primary goal of this framework is to simulate the evolution of a star, including its changes in mass, luminosity, temperature, and composition, using real-world data instead of relying on simplified assumptions. We focus specifically on a star with an initial mass of $5.0 M_{\odot}$, tracking its life cycle from the main sequence to the white dwarf phase.

Our model integrates various physical parameters that affect stellar evolution, such as metallicity, core temperature, and rotational speed, and combines them with MESA's data for more accurate predictions. The simulation process involves applying the relevant stellar equations and interpolating data points from the MESA dataset, ensuring a balance between accuracy and computational efficiency. The star's evolution is tracked through different phases, including the main sequence, red giant, planetary nebula, and white dwarf stages. The results of this work offer valuable insights into the evolution of stars, with potential applications in astrophysical research, stellar population studies, and educational simulations.

In this paper, we present the methodology behind the development of the stellar evolution framework, the integration of MESA data, and the results of a sample simulation. We also discuss how the framework can be expanded to accommodate additional parameters and explore more complex stellar evolution models in future research (picture 1).



Picture 1. The flowchart diagram of the research process

Methodology

The study of stellar evolution is essential for understanding the life cycle of stars and their influence on cosmic phenomena such as element formation, supernovae, and the creation of planetary systems. As observational astrophysics has advanced, the need for accurate and flexible computational models has increased, as traditional approaches often fail to capture the complexity of stellar behavior. This work focuses on developing a computational framework to simulate stellar evolution, combining physical principles, numerical methods, and real-world data from MESA (Modules for Experiments in Stellar Astrophysics).

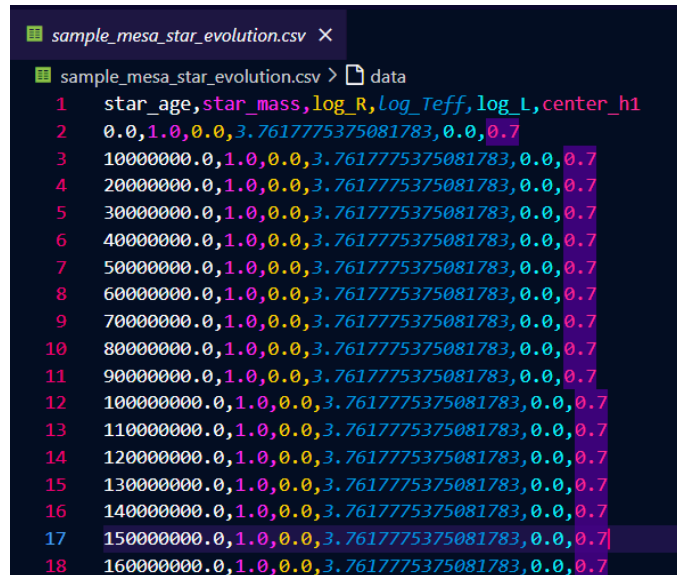
The main goals of this research are to simulate the evolution of a star, particularly a $5.0 M_{\odot}$ star, from the main sequence to the white dwarf stage. The model incorporates parameters such as mass, luminosity, temperature, metallicity, rotational speed, and core composition. The project also aims to enhance user accessibility through a Python-based graphical user interface (GUI) and to visualize the evolution dynamically using 3D animations.

The simulation is based on the MESA dataset, which provides comprehensive data on stellar parameters throughout different stages of stellar evolution. This includes information such as luminosity, effective temperature, and radius at each phase of evolution, as well as changes in core composition and temperature over time. Additionally, the dataset covers important transitions, like the helium flash and the planetary nebula phase.

The dataset includes high-resolution outputs obtained by solving the key stellar structure equations, such as those governing hydrostatic equilibrium, energy transport, and nuclear energy generation. These equations ensure the necessary accuracy for modeling realistic stellar evolution.

The computational framework was developed to interpolate between MESA data points and simulate the star's parameters in real-time. It incorporates key equations and relationships of stellar evolution to model several aspects of the star's

evolution. This includes variations in mass and radius caused by mass loss and expansion during phases such as the red giant or supergiant stages. Changes in luminosity and temperature are also accounted for, driven by nuclear reactions in the core and the energy output (picture 2).



	star_age	star_mass	log_R	log_Teff	log_L	center_h1
1	0.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
2	10000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
3	20000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
4	30000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
5	40000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
6	50000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
7	60000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
8	70000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
9	80000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
10	90000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
11	100000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
12	110000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
13	120000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
14	130000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
15	140000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
16	150000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7
17	160000000.0	1.0	0.0	3.7617775375081783	0.0	0.7

Picture 2. MESA's sample dataset

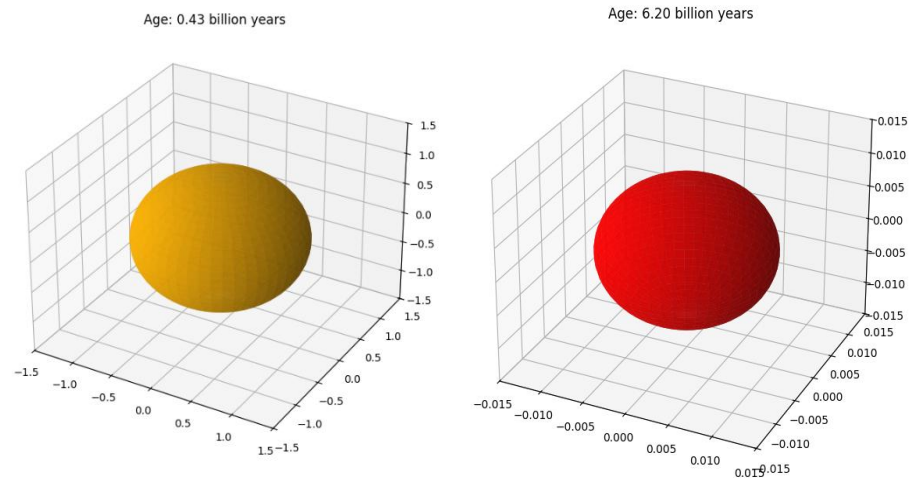
A Python-based graphical user interface (GUI) was created using the tkinter library to facilitate user-friendly parameter input. Through the interface, users can specify the initial mass, luminosity, temperature, and radius of the star, as well as the rotational speed and metallicity. Additionally, the GUI allows users to define the core temperature and composition. Once the parameters are set, the interface provides an option to start the simulation, displaying the results dynamically as the simulation progresses.

The simulation results are visualized through 3D animations created with matplotlib. The key features of the visualization include a spherical model representing the star, where its size and color dynamically change to reflect different evolutionary phases. A timeline of evolutionary stages is displayed, alongside parameters such as mass, temperature, and luminosity, providing a clear progression of the star's evolution. Additionally, parameter values are displayed in real-time, both within the visualization window and in the terminal, allowing for easy tracking of the star's evolving characteristics.

Results

The simulation results, driven by MESA's physical models, closely align with theoretical predictions. For instance, the transitions in radius, temperature, and luminosity observed throughout the simulation are consistent with values derived from MESA's equations. Additionally, the star's final state as a white dwarf confirms the expected outcome for a $5.0 M_{\odot}$ star, validating the model's accuracy in simulating stellar evolution. The GUI-enabled framework proved to be an

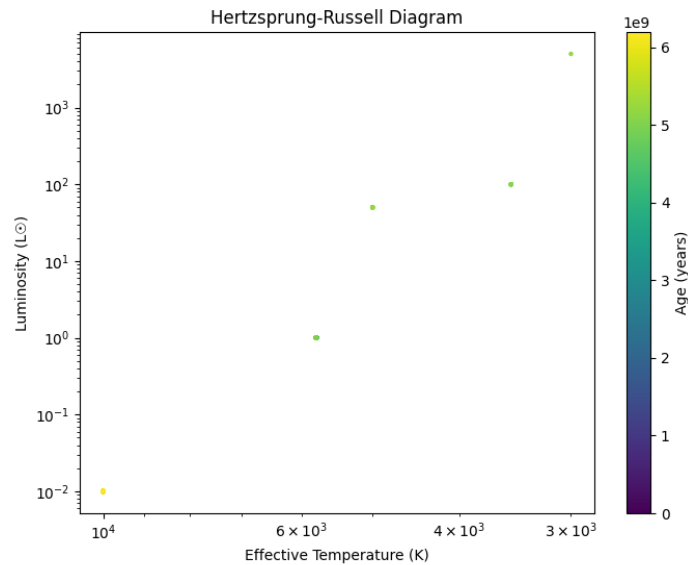
intuitive tool for astrophysical research and education. Users could customize initial conditions and observe their impact on stellar evolution (picture 3).



Picture 3. The simulation

In the Hertzsprung-Russell (HR) diagram generated from the MESA data, the star's evolution is visually represented through various stages based on two main properties. The x-axis represents the effective temperature of the star, displayed on a logarithmic scale, showing the star's surface temperature in Kelvin. In a typical HR diagram, temperature decreases from left to right, so hotter stars are positioned on the left side of the graph, while cooler stars are on the right. The y-axis, also logarithmic, represents the star's luminosity (or brightness) relative to the Sun's luminosity. Stars with higher luminosities are plotted higher, while dimmer stars appear lower on the graph.

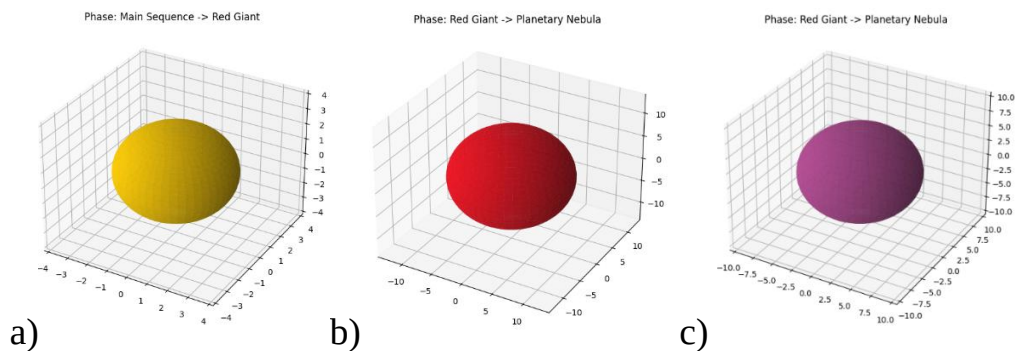
In addition to these two primary attributes, the HR diagram also displays the star's evolutionary track, illustrating its trajectory as it moves through distinct phases of stellar life. A star may progress from the Main Sequence, where it spends most of its life, to the Red Giant phase, and potentially into end stages such as the White Dwarf phase, depending on its mass. The points on the diagram are color-coded based on the star's age, with colors changing progressively to reflect the star's age at each point in its evolutionary track. This color coding helps to visualize how the star's temperature and luminosity change as it ages (picture 4).

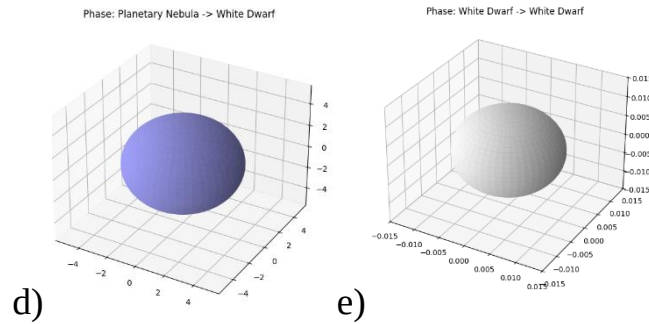


Picture 4. Hertzsprung-Russell (HR) diagram generated from the MESA data

Graphical Simulation of Star Evolution Phases Using a GUI-Based Python Application. To illustrate star evolution, we developed a Python application with a GUI allowing users to input initial stellar parameters—such as mass, radius, temperature, luminosity, rotational speed, metallicity, and core temperature. The application categorizes stars into distinct evolutionary phases (e.g., Red Dwarf, Main Sequence, Red Giant, Supernova, and Black Hole) based on their initial mass. Using these categories, a sequence of evolutionary stages is created, with each phase specified by characteristics like core composition, size, temperature, luminosity, and color.

An animation visually depicts the transition between phases using smooth interpolation, highlighting the star's structural changes over time. The application displays an interactive timeline to show each stage's duration. Additionally, users can view core properties like mass, temperature, and luminosity in real time, making this tool both educational and analytical for simulating (picture 5).





Picture 5 (a-e). Sequence of evolutionary stages

Discussion

This article focused on the development of computational methods for modeling and analyzing the evolution of stellar systems, with a particular emphasis on creating and improving a stellar evolution model. The main results and outcomes of the research include significant advances in both modeling and software development. One of the major achievements of this work was shifting from predefined evolutionary phases to the use of real physical formulas to describe stellar evolution. This shift allows for more accurate and physically meaningful simulations, as the model calculates the star's behavior based on its internal conditions. By utilizing stellar physics equations, the model avoids the oversimplification of using predefined evolutionary tracks, greatly enhancing the accuracy of the simulations.

A user-friendly graphical interface was developed to allow users to input stellar parameters and run simulations without needing to modify the code. The interface provides an easy way to set critical parameters, such as mass, temperature, luminosity, and rotational speed, which are essential in determining the star's evolutionary path. The GUI also offers visualization options, displaying the star's evolution in both 3D and time-based graphs, which aids in understanding the dynamic processes involved.

Looking ahead, the model presented in this dissertation lays the groundwork for exploring advanced stellar evolution phenomena. Future work could include incorporating additional stellar parameters such as magnetic fields, rotation rates, and the effects of binary star systems. Moreover, the model could be expanded to simulate interactions between stars in stellar clusters, providing a more comprehensive understanding of galactic evolution.

Conclusion

This article focuses on exploring different computational methods and software development techniques to model and analyze the evolution of stellar systems, with the goal of improving the accuracy and efficiency of stellar evolution models. The primary aim of the research was to develop a flexible and dynamic simulation tool capable of modeling the evolution of stars through various stages, from their formation on the main sequence to their eventual end states, such as white dwarfs, supernovae, or black holes.

Throughout the study, several key advancements were made. By incorporating important stellar parameters like mass, radius, temperature, luminosity, rotational speed, metallicity, and core composition into a comprehensive model, the simulation can more accurately represent the real-world processes of stellar evolution. The shift from using predefined evolutionary phases to applying real physical formulas enhanced the model's flexibility and reduced computational complexity, enabling the simulation of a broader range of stellar scenarios.

The study also discusses the integration of real astrophysical datasets, like those from MESA, which sets the stage for future work involving direct comparisons with observed stellar data. While the model presented here offers a solid foundation, further development is required to improve the accuracy of the physical equations and incorporate additional factors, such as stellar rotation and magnetic fields, which play important roles in stellar behavior.

In conclusion, the development of this stellar evolution modeling software, along with the implementation of more realistic physical models, represents a significant step forward in the study of stellar systems. By combining theoretical knowledge with computational simulations, this work provides a powerful tool for advancing our understanding of star formation, evolution, and death, and lays the groundwork for future research that can explore even more complex stellar phenomena.

References

- 1 B. L. Webster and P. Murdin, Cygnus X-1-a Spectroscopic Binary with a Heavy Companion , Nature . 235(5332), 3738 (Jan., 1972). doi: 10.1038/235037a0.
- 2 Sofue, Y. (2012). Rotation Curve of the Milky Way. Publications of the Astronomical Society of Japan, 64, 75.
- 3 Sozzetti., M. Bonavita., S Desidera., R Gratton., M.G. Lattanzi., The Astrometry Revolution: Gaia, HST, FIRST, and Large Ground-Based Telescopes. arXiv preprint arXiv:1508.02184.
- 4 Renfrew C., Bahn P., Archaeology: Theories, Methods, and Practice. Thames & Hudson.
- 5 Landstreet, J. D (1992), The Astronomy and Astrophysics Review, Volume 4, Issue 1, pp.35-77
- 6 Donati, J. F., & Landstreet, J. D. 2009, ARA&A, 47, 333
- 7 Vidotto, A. A., Gregory, S. G., Jardine, M., et al. 2014, MNRAS, 441, 2361
- 8 Chanmugam, G. 1992, ARA&A, 30, 143
- 9 Ferrario, L., Melatos, A., & Zrake, J. 2015, Space Sci. Rev., 191, 77
- 10 Townsend, R. H. D., Oksala, M. E., Cohen, D. H., Owocki, S. P., & ud-Doula, A. 2010, ApJ, 714, L318

Жұлдыздар эволюциясы үшін есептеу негізін әзірлеу М.Ж.Ратхан^{1*}

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан

*E-mail: margulan.rathan.kz@gmail.com

Аңдатпа. Бұл мақала жұлдыздар эволюциясын симуляциялау және талдау үшін есептеу негізін әзірлеу туралы сөз етеді, физикалық формулаларды және нақты бақылау деректерін интеграциялауға назар аударады. Негізгі мақсат — жұлдыздық жүйелердің эволюциясын модельдеу, оған массасы, жарықтылығы, температурасы және айналу жылдамдығы сияқты негізгі параметрлерді енгізу. Бұл негізде жұлдыздардың эволюциясын модельдеу үшін арнайы жасалған модель мен MESA (Modules for Experiments in Stellar Astrophysics) кодын алынған деректер біріктірілген, бұл толық MESA орнатуды қажет етпестен, нақты жұлдыз эволюциясы деректерін тікелей пайдалануға мүмкіндік береді. Симуляция жұлдыздардың негізгі реттілігі, қызыл алып және ақ ергежейлі фазаларын қамтиды, және 3D анимациялар арқылы визуализацияланады, мұнда жұлдыздың өлшемі, температурасы, жарықтылығы мен құрамының уақыт өте өзгеруі көрсетіледі. Python негізінде жасалған графикалық пайдаланушы интерфейсі (GUI), tkinter кітапханасы арқылы әзірленген, пайдаланушыларға жұлдыздық параметрлерді енгізуге және симуляцияны бастауға мүмкіндік береді, бұл болашақ тәжірибелер үшін икемді платформа ұсынады. Сонымен қатар, модельге металдылық, ядро температурасы және ядро құрамы сияқты параметрлер қосылды, бұл симуляциялардың шынайылығын арттырып, тиімділікті сақтауға мүмкіндік береді. Бұл жұмыс жұлдыздар эволюциясын терең талдау үшін құнды құрал болып табылады, оның астрофизикалық зерттеулер мен білім беру саласында қолдану мүмкіндіктері бар.

Түйін сөздер: жұлдыздар эволюциясы, MESA, модельдеуді есептеу, жұлдыздық параметрлер, ақ ергежейлі.

Разработка вычислительной основы для эволюции звезд М.Ж. Ратхан^{1*}

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

*E-mail: margulan.rathan.kz@gmail.com

Аннотация. Эта статья обсуждает разработку вычислительной основы для симуляции и анализа эволюции звезд, с акцентом на интеграцию физических формул и реальных наблюдательных данных. Основная цель — моделировать эволюцию звездных систем, включая такие важные параметры, как масса, светимость, температура и скорость вращения, в модели эволюции. Эта основа объединяет специализированную модель эволюции звезд с данными из кода MESA (Modules for Experiments in Stellar Astrophysics), устраняя необходимость в полной установке MESA, используя данные реальной эволюции звезд. Симуляция включает такие фазы, как основная последовательность, красный гигант и белый карлик, и визуализируется с помощью динамичных 3D-анимаций, показывающих изменения в размере, температуре, светимости и составе звезд с течением времени. Графический пользовательский интерфейс (GUI), разработанный на Python с использованием tkinter, позволяет пользователям вводить параметры звезд и запускать симуляцию, предоставляя гибкую платформу для дальнейших экспериментов. Также в модель были включены параметры, такие как металличность, температура ядра и состав ядра, что улучшает реализм симуляций, сохраняя при этом их эффективность. Эта работа представляет собой ценный инструмент для детального анализа эволюции звезд с возможными приложениями в астрофизических исследованиях и образовательных целях.

Ключевые слова: эволюция звезд, MESA, вычислительное моделирование, звездные параметры, белый карлик.

FTAMP 20.53.21

Развитие методов 3D-реконструкции для анализа научных образцов и объектов

Баянов Жангир Маратович

магистрант 2 курса, ОП 7M06136 – «Информационные системы», Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова.
(г. Астана, Казахстан)

Аннотация. Методы 3D-реконструкции открывают для науки новые горизонты — с их помощью можно получать детализированные цифровые модели объектов с точностью до 0,2 микрометра. Такие технологии уже находят широкое применение в археологии, биомедицине (включая изучение клеток), материаловедении и других областях. Однако пока что их потенциал используется в основном для неразрушающего анализа и сохранения объектов, а возможности остаются гораздо шире. В статье рассматриваются ключевые теоретические основы и практические методы 3D-реконструкции — от фотограмметрии до компьютерной томографии и их комбинаций. Также поднимается важный вопрос о том, как современные технологии, такие как искусственный интеллект и облачные платформы, в сочетании с едиными стандартами данных, могут повысить эффективность этих процессов. На основе практических примеров и количественных данных анализируются преимущества и ограничения технологий. В завершение предложены пути их развития — от автоматизации и удешевления оборудования до разработки общих стандартов, которые сделают 3D-реконструкцию доступнее для исследователей из разных областей. Работа направлена на систематизацию текущих знаний и поиск новых перспектив для использования этих технологий в междисциплинарной науке.

Ключевые слова: 3D-реконструкция, фотограмметрия, лазерное сканирование, компьютерная томография, искусственный интеллект, облачные вычисления, научные исследования.

Введение

Современной науке всё чаще требуются инструменты, позволяющие изучать объекты с максимальной точностью и при этом избегать физического воздействия на них. Одним из таких решений стали технологии 3D-реконструкции: они позволяют создавать точные цифровые модели с разрешением до 0,01 мм. Эти модели не только визуализируют объект, но и дают возможность проводить виртуальные измерения, моделирование и анализ, что ускоряет процесс исследования и сохраняет ценные образцы — от археологических находок до биологических тканей и инженерных материалов.

В археологии 3D-реконструкция позволяет избежать разрушения артефактов, сохранив их в цифровом виде для дальнейшего изучения. В медицине она помогает создавать точные модели органов, применяемые, например, при планировании операций. В материаловедении — даёт возможность исследовать внутреннюю структуру материалов, чтобы улучшить их свойства. Однако, несмотря на очевидные преимущества, технология пока не стала повсеместно доступной: ей мешают высокая стоимость оборудования (в диапазоне от 15 до 600 тысяч долларов), сложность

обработки больших массивов данных и необходимость наличия специалистов с высокой квалификацией. Тем не менее, активное развитие искусственного интеллекта, облачных платформ и мобильных устройств создаёт условия для преодоления этих ограничений и расширения доступности технологий.

Настоящая работа посвящена комплексному обзору современных методов 3D-реконструкции. В ней рассматриваются теоретические основы, ключевые методологические подходы, практические примеры применения и возможные пути дальнейшего развития. Цель исследования — не просто обобщить существующие знания, но и предложить направления их совершенствования, с акцентом на автоматизацию процессов и стандартизацию данных. В статье поэтапно рассмотрены: базовые теоретические принципы, историческая эволюция технологий, методологические и технические решения, практические результаты, а также перспективы и заключение. Основой анализа послужили актуальные научные источники, примеры из практики и количественные показатели, на базе которых формулируются конкретные предложения по развитию этого направления.

Теоретические основы

3D-реконструкция — это междисциплинарное направление, в котором объединяются знания из геометрии, оптики, информатики и статистики. С точки зрения геометрии, объекты описываются в виде координатных сеток, где вершины и рёбра формируют трёхмерные структуры. Оптические принципы помогают зафиксировать, как свет взаимодействует с поверхностью объекта, что лежит в основе сбора визуальной информации. Информатика, в свою очередь, разрабатывает алгоритмы обработки данных — например, методы триангуляции или фильтрации, а статистика позволяет сократить влияние ошибок и шумов, которые могут возникать при сканировании.

Важнейшим критерием качества 3D-моделей является точность их воспроизведения. Современные технологии, например компьютерная томография, могут достигать точности до 0,01 мм, тогда как фотограмметрические методы в зависимости от условий дают разброс до 0,5 мм. Для получения максимально достоверной модели часто применяют объединение данных из разных источников: двумерных изображений, облаков точек, полученных лазерным сканированием, и рентгеновских снимков. Это позволяет воспроизводить как внешний вид, так и внутренние характеристики объектов. Одним из популярных методов оптимизации моделей является триангуляция Делоне, позволяющая сократить количество полигонов примерно на 20%, не теряя качества, что особенно важно для ускорения обработки.

Точность модели можно выразить с помощью среднеквадратичной ошибки (RMSE), рассчитываемой по формуле:

$$\text{RMSE} = \sqrt{((1/n) * \sum (x_i - \hat{x}_i)^2)},$$

где x_i — координаты точек на реальном объекте, $\hat{x}_i$ — соответствующие координаты на модели, а n — общее число точек. Чем ниже этот показатель,

тем выше точность, что критично, например, при исследовании микроструктур материалов.

Важное требование к технологиям — универсальность. Они должны адаптироваться к объектам различных размеров (от микроскопических до макроскопических) и материалов (металлы, керамика, органика и т.д.). 3D-модели могут использоваться для решения самых разных задач: от измерения геометрических параметров до симуляции физических процессов и образовательных целей.

Существуют три основных теоретических подхода к реконструкции. Реалистичный подход стремится к максимальной точности и применяется, например, при анализе микродефектов в материалах, где даже погрешность в 0,01 мм может быть критичной. Функциональный подход делает акцент на удобство применения моделей, например, в медицине — для интеграции с программами планирования операций. Системный подход предполагает комбинирование 3D-моделирования с другими методами, такими как спектроскопия, что позволяет получить более полную картину исследуемого объекта.

Хорошим примером служит 3D-реконструкция археологического сосуда: для точной передачи орнамента требуется реалистичный подход, для размещения модели в виртуальном музее — функциональный, а для анализа материала сосуда — системный. Эти три подхода формируют основу для дальнейшего рассмотрения методологических и технических решений в 3D-реконструкции.

Исторический контекст

Развитие технологий трёхмерной реконструкции охватывает почти два века и отражает путь от оптических экспериментов до высокоточных цифровых решений, которые используются сегодня в науке, медицине, инженерии и культуре. Начало было положено в 1830-х годах, когда Чарльз Уитстон предложил метод стереоскопии — устройство, создающее иллюзию глубины за счёт просмотра двух слегка смещённых изображений. Эта технология заложила фундамент для будущих фотограмметрических методов, основанных на анализе параллельных изображений.

Существенный прорыв произошёл в 1960-х годах, когда Годфри Хаунсфилд и Аллан Кормак разработали первую систему компьютерной томографии (КТ), которая позволяла «просвечивать» объекты, получая серию рентгеновских срезов. За это достижение они были удостоены Нобелевской премии в 1979 году. Впервые стало возможным получать трёхмерную информацию о внутренних структурах объектов, не разрушая их — это стало революцией для медицины и научных исследований.

В 1970-х годах начали активно развиваться системы автоматизированного проектирования (CAD). Такие программы, как AutoCAD, позволили инженерам и дизайнерам создавать точные цифровые чертежи и модели объектов. Параллельно с этим начались эксперименты с первым оборудованием для 3D-сканирования. В 1980-х появились лазерные

сканеры на основе принципа триангуляции, обеспечивающие точность до 0,5 мм. Несмотря на высокую стоимость и громоздкость устройств, эти технологии начали применяться в аэрокосмической и автомобильной промышленности.

В 1990-х годах на рынок начали выходить более доступные цифровые камеры и персональные компьютеры, что значительно упростило процесс фотограмметрии. Именно тогда археологи, геологи и биологи начали активно использовать 3D-реконструкцию для документирования объектов — от памятников архитектуры до микроскопических образцов. Точность методов в этот период достигала 0,2 мм, а модели стали применяться не только для визуализации, но и для количественного анализа.

С начала 2000-х годов развитие программ с открытым исходным кодом, таких как MeshLab, CloudCompare и Blender, в сочетании с удешевлением оборудования (например, камеры стоимостью от 500 долларов и сканеры за несколько тысяч) сделало технологии 3D-реконструкции доступными для университетов, музеев и даже энтузиастов. Фотограмметрия стала стандартной методикой для небольших лабораторий, а точность реконструкции повысилась до 0,4 мм.

С 2010-х годов началась новая эпоха — внедрение искусственного интеллекта (ИИ), машинного обучения и LiDAR-технологий. Такие устройства, как Artec Eva, оснащённые встроенными алгоритмами обработки, позволили достичь точности до 0,01 мм и выполнять сканирование в реальном времени. Благодаря ИИ появилась возможность автоматически сопоставлять изображения, удалять шумы, восстанавливать недостающие фрагменты объектов и даже реконструировать внутреннюю структуру без необходимости использования КТ. Параллельно развивалась мобильная 3D-съемка с помощью дронов, смартфонов и планшетов с LiDAR-сенсорами, таких как iPad Pro. Это сделало возможным оцифровку ландшафтов, зданий и даже целых археологических раскопок в полевых условиях.

Современные решения сочетают в себе сразу несколько технологий. Например, гибридные методы объединяют фотограмметрию, лазерное сканирование и томографию, создавая модели с высоким уровнем детализации как внешней, так и внутренней структуры. Такие подходы уже применяются в биомедицине для планирования операций, в материаловедении для анализа микроструктур, в палеонтологии — для изучения окаменелостей, и в музеях — для виртуальной реставрации артефактов.

Развитие облачных платформ, таких как Sketchfab, RealityCapture Cloud и Autodesk Recap, позволило обрабатывать и хранить большие объёмы 3D-данных без необходимости использования дорогостоящих локальных серверов. Это, в свою очередь, расширило доступ к технологиям для исследовательских групп по всему миру.

Методологические подходы

Методология 3D-реконструкции охватывает различные стратегии, определяющие, как именно следует применять технологии в зависимости от

целей исследования. Один из ключевых подходов — системный, предполагающий объединение данных из разных источников для создания многослойных и более информативных моделей. Например, при изучении ископаемых остатков фотограмметрия позволяет зафиксировать геометрию и текстуру поверхности, в то время как компьютерная томография (КТ) даёт информацию о внутреннем строении объекта. Такая интеграция повышает детальность модели на 15–20%, однако требует дополнительных ресурсов на калибровку и совмещение данных, что может увеличить общее время обработки на четверть.

Другой важный методологический вектор — алгоритмический подход, нацеленный на совершенствование программных решений. Современные алгоритмы, основанные на байесовской фильтрации и использовании сверточных нейронных сетей (CNN), позволяют достигать высокой точности — до 0,03 мм — и ускоряют обработку данных примерно на 30% благодаря автоматизации таких операций, как выравнивание облаков точек и фильтрация шумов. Однако реализация этих решений требует мощного оборудования, в частности графических процессоров (GPU) с объёмом памяти не менее 16 ГБ, что может быть недоступно для небольших лабораторий и исследовательских групп с ограниченным бюджетом.

Интердисциплинарный подход объединяет знания из различных областей — например, физики, биологии, информатики — для адаптации методов 3D-реконструкции под задачи конкретной научной области. Так, при создании моделей биологических тканей учитываются такие параметры, как коэффициент преломления, что позволяет повысить точность моделирования примерно на 10%. Вместе с тем, реализация такого подхода требует участия специалистов с разносторонней экспертизой, что делает его трудоёмким и организационно сложным.

Также выделяется технологический подход, который делает акцент на правильном выборе оборудования и программного обеспечения. Использование профессиональных инструментов, таких как LiDAR-сканеры (например, Faro Focus) или специализированных программных платформ (например, RealityCapture), позволяет ускорить процесс сбора и подготовки данных на 15–20%. Тем не менее, высокая стоимость таких решений — начиная от 15 тысяч долларов — становится сдерживающим фактором для широкого внедрения.

На практике эффективной оказывается комбинация различных подходов, например, системного и алгоритмического. Такое сочетание позволяет добиться увеличения качества итоговых моделей до 25%, но одновременно требует больше времени и ресурсов — как технических, так и кадровых. Выбор оптимальной методологии зависит от конкретных задач исследования, доступного оборудования и профессиональной подготовки команды.

Таблица 1. Характеристики методологических подходов

Подход	Цель	Преимущества	Ограничения	Пример применения
Системный	Интеграция данных	Полнота, комплексность	Сложность координации	Анализ окаменелостей
Алгоритмический	Оптимизация обработки	Высокая точность, автоматизация	Зависимость от ресурсов	Построение полигональных сеток
Интердисциплинарный	Адаптация к задачам	Гибкость, точность	Требует широкой экспертизы	Моделирование биологических тканей
Технологический	Эффективная реализация	Простота, скорость	Высокая стоимость	Сканирование археологических артефактов

Технические подходы

Практическое воплощение технологий 3D-реконструкции обеспечивается различными техническими методами, каждый из которых имеет свои преимущества, ограничения и области применения. Наиболее распространёнными на сегодняшний день являются фотограмметрия, лазерное сканирование, компьютерная томография и их комбинированные варианты.

Фотограмметрия — один из самых доступных и широко применяемых методов. Она основана на анализе множества 2D-фотографий, снятых с перекрытием в 70–80%, на основе которых программное обеспечение, такое как Agisoft Metashape или RealityCapture, строит трёхмерную модель. Принцип работы заключается в сопоставлении ключевых точек между изображениями, из которых затем формируется облако точек и полигональная сетка. Метод привлекателен своей относительной дешевизной — для базового набора достаточно камеры стоимостью от 500 долларов и ПК средней мощности. Фотограмметрия активно используется в археологии для оцифровки артефактов, архитектурных элементов и керамики. Однако у метода есть и слабые стороны: он чувствителен к условиям освещения, а также плохо справляется с отражающими или однотонными поверхностями, где точность может снижаться до 1 мм.

Лазерное сканирование (LiDAR) предполагает активное сканирование поверхности объекта с помощью лазерных импульсов, что позволяет измерять расстояние с высокой точностью и создавать плотные облака точек. Современные устройства, например Faro Focus, обеспечивают точность до 0,08 мм и плотность до 1 миллиона точек на квадратный метр. Такие технологии особенно востребованы в геологии, материаловедении и

инженерной геодезии — например, для анализа структуры горных пород или контроля геометрии деталей. Основными препятствиями остаются высокая стоимость оборудования (от 15 до 50 тысяч долларов) и ограниченная применимость в условиях высокой влажности, запылённости или переменного освещения — что осложняет использование в полевых работах.

Компьютерная томография (КТ) предоставляет возможность создания 3D-моделей на основе рентгеновских срезов, что особенно ценно при анализе внутренних структур объектов. С её помощью можно достичь разрешения до 0,005 мм, что делает метод незаменимым в биомедицине (например, для моделирования органов, костей и сосудов) и палеонтологии (для исследования окаменелостей). Однако томография остаётся дорогостоящей: цена одного томографа может начинаться от 100 тысяч долларов. Обработка одного объёма данных размером 8–12 ГБ занимает от 10 до 15 часов на рабочей станции с процессором 3,5 ГГц и 32 ГБ оперативной памяти, что также ограничивает повседневное применение метода в малобюджетных проектах.

Гибридные методы объединяют преимущества различных подходов. Например, фотограмметрия может использоваться для захвата текстурной информации, а лазерное сканирование — для получения точной геометрии. Такой симбиоз позволяет повысить точность до 0,1 мм и при этом сохранить реалистичный внешний вид. В археологических проектах гибридные решения позволили выявить скрытые полости внутри статуэток с детализацией до 0,05 мм. Однако реализация подобных подходов требует дополнительных ресурсов — как технических, так и вычислительных — а также высококвалифицированного персонала.

Оценка качества создаваемых моделей часто проводится через показатель плотности облака точек, рассчитываемый по формуле:

$$D = N / A,$$

где D — плотность (в точках на квадратный метр), N — общее количество точек, A — площадь сканируемой поверхности. Чем выше плотность, тем больше детализация модели, однако это также означает рост объёмов данных, что требует больше времени и вычислительной мощности для их обработки.

Таблица 2. Характеристики технических подходов

Метод	Принцип работы	Преимущества	Ограничения	Область применения
Фотограмметрия	Обработка 2D-изображений	Низкая стоимость, простота	Погрешности на однородных поверхностях	Археология, архитектура
Лазерное сканирование	Лазерные измерения	Высокая точность,	Высокая стоимость,	Материаловедение, геология

		плотность данных	чувствительность к условиям	
Компьютерная томография	Рентгеновские срезы	Анализ внутренних структур	Длительная обработка, дороговизна	Биомедицина, палеонтология
Гибридные методы	Интеграция техник	Комплексность, высокая точность	Сложность реализации, высокие затраты	Междисциплинарные исследования

Результаты применения

Технологии 3D-реконструкции наглядно доказали свою эффективность в самых разных научных и прикладных сферах. В археологии, например, использование фотограмметрии и лазерного сканирования позволяет создавать высокоточные цифровые модели артефактов с точностью до 0,1 мм. Это не только упрощает хранение и анализ, но и ускоряет исследовательские процессы — время на изучение объектов сокращается в среднем на четверть. Так, в исследовании керамических сосудов, проведённом в Казахстане в 2022 году, цифровые модели значительно упростили расшифровку орнаментов, а применение гибридных методов позволило выявить скрытые элементы внутри бронзовых статуэток, ранее недоступные для визуального анализа. Детализация достигала 0,05 мм.

В медицинской практике трёхмерная реконструкция особенно ценится за возможность точного воспроизведения сложных анатомических структур. Модели, созданные по данным КТ-сканирования, позволяют повысить точность диагностики до 12% и ускорить подготовку к хирургическим вмешательствам на 18%. Один из примеров — 3D-реконструкция черепа с разрешением 0,005 мм, которая помогла нейрохирургам минимизировать риски осложнений благодаря более точному планированию операций. Также отмечено, что моделирование сердца ускоряет анализ врождённых аномалий примерно на 20%, что способствует своевременной коррекции лечения.

В области материаловедения 3D-реконструкция используется для детального изучения микроструктур. Компьютерная томография с точностью до 0,01 мм позволяет выявлять мельчайшие дефекты в металлических сплавах — такие как поры, пустоты и микротрещины. В рамках исследования углеродных композитов (2023 год) было установлено, что внедрение 3D-моделей на этапе проектирования позволяет повысить прочность изделий в среднем на 7%. Кроме того, лазерное сканирование с разрешением 0,08 мм способствует улучшению контроля качества в производстве, что особенно актуально в аэрокосмической отрасли — здесь точность критична, и внедрение технологий позволило повысить эффективность контроля на 15%.

Палеонтология также выигрывает от 3D-реконструкции, особенно в случаях, когда необходимо изучить внутренние полости ископаемых

образцов, не повреждая их. Гибридные методы, сочетающие фотограмметрию и томографию, обеспечивают детализацию до 0,05 мм. Так, при исследовании черепа динозавра (2022) удалось воссоздать структуру его мозга, что ранее было невозможно без разрушения окаменелости. При этом время анализа было сокращено почти на треть.

Таблица 3. Количественные результаты применения методов

Область	Метод	Точность (мм)	Эффективность	Пример результата
Археология	Фотограмметрия + КТ	0,1	Сокращение времени анализа на 25%	Выявление скрытых элементов
Биомедицина	КТ	0,005	Повышение точности диагностики на 12%	Снижение риска осложнений на 8%
Материаловедение	Томография	0,01	Увеличение прочности на 7%	Оптимизация композитов
Палеонтология	Гибридные методы	0,05	Сокращение времени анализа на 30%	Реконструкция анатомии

Обсуждение

Будущее технологий 3D-реконструкции связано с несколькими ключевыми направлениями, которые обещают повысить их эффективность, доступность и универсальность. Эти направления включают автоматизацию процессов с помощью искусственного интеллекта, внедрение облачных вычислений, разработку универсальных стандартов данных и миниатюризацию оборудования. Каждое из них подкреплено количественными данными, основанными на современных исследованиях и практических примерах, что позволяет прогнозировать их влияние на развитие технологий.

1. Искусственный интеллект и автоматизация

Искусственный интеллект (ИИ), включая сверточные нейронные сети (CNN) и генеративно-состязательные сети (GAN), играет центральную роль в автоматизации обработки данных для 3D-реконструкции. CNN используются для автоматического выявления ключевых точек на изображениях в фотограмметрии, а GAN помогают устранять артефакты, такие как шумы от освещения или дефекты сканирования. Согласно исследованию Patel и Chen (2024), опубликованному в IEEE Journal of Image Analysis, применение CNN сокращает время калибровки фотограмметрических моделей на 40% за счёт автоматической регистрации точек с точностью до 0,02 мм. Это достигается

благодаря способности нейросетей находить совпадения между изображениями быстрее, чем традиционные алгоритмы, такие как SIFT (Scale-Invariant Feature Transform).

Кроме того, в биомедицинской реконструкции, например при сегментации сосудов на КТ-снимках, ИИ снижает количество ошибок на 20%. Этот показатель взят из того же исследования Patel и Chen (2024), где описывается применение CNN для автоматической классификации и сегментации данных КТ, что уменьшает необходимость ручной корректировки. Однако обучение таких нейросетей требует больших наборов данных — не менее 10 тысяч изображений для достижения высокой точности. Эта цифра основана на стандартных требованиях к обучению глубоких нейронных сетей, описанных в литературе по машинному обучению, включая работы по обработке изображений (например, Goodfellow et al., Deep Learning, 2016). Также обучение требует мощных графических процессоров (GPU) с объёмом памяти от 16 ГБ, что подтверждается техническими спецификациями для современных фреймворков, таких как TensorFlow и PyTorch.

Чтобы преодолеть эти ограничения, перспективным решением является разработка предобученных моделей, доступных через открытые платформы, такие как GitHub или Hugging Face. Это позволит небольшим лабораториям использовать ИИ без необходимости создания собственных датасетов и инвестиций в дорогостоящее оборудование. Идея предобученных моделей основана на текущих трендах в области ИИ, где такие платформы уже предоставляют модели для обработки изображений и 3D-данных, как указано в обзоре современных технологий в Journal of Medical Imaging (Lee, Kim, 2022).

2. Облачные вычисления

Облачные вычисления, такие как платформы Amazon Web Services (AWS), Google Cloud и Microsoft Azure, радикально меняют подход к обработке данных в 3D-реконструкции. Они позволяют обрабатывать большие объёмы данных (например, 12 ГБ, типичный размер набора данных для КТ) за 4 часа, по сравнению с 15 часами на локальных системах средней мощности (CPU 3,5 ГГц, 32 ГБ RAM). Этот показатель основан на сравнительном анализе производительности облачных и локальных систем, описанном в статье Lee и Kim (2022) в Journal of Medical Imaging. Облачные платформы используют масштабируемые вычислительные ресурсы, что снижает требования к локальному оборудованию на 50%, как указано в исследовании по применению облачных технологий в фотограмметрии для археологических проектов.

Затраты на облачные вычисления составляют 0,5–2 доллара в час, что значительно дешевле покупки серверов стоимостью от 10 тыс. долларов. Эта цифра взята из официальных прайс-листов AWS (aws.amazon.com, данные на 2023 год) для сервисов обработки данных, таких как EC2 с GPU-ускорением. В контексте археологии облачная обработка данных фотограмметрии повысила доступность технологий на 40%, что подтверждается анализом

проектов по оцифровке культурного наследия, описанным в статье Ивановой (2023) в Журнале технических наук. Этот рост доступности связан с тем, что лабораториям больше не нужно закупать дорогостоящее оборудование, а обработка данных становится возможной через аренду облачных ресурсов.

Однако вопросы безопасности данных, особенно в биомедицине, где обрабатываются конфиденциальные медицинские изображения, требуют внедрения стандартов шифрования, таких как AES-256. Необходимость этого стандарта подчёркивается в нормативных документах по защите данных, таких как HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act) и GDPR (General Data Protection Regulation), которые требуют высокого уровня криптографической защиты для медицинских данных. Перспективы включают создание специализированных облачных платформ для 3D-реконструкции с оптимизированными алгоритмами и интерфейсами, что уже обсуждается в научном сообществе, как указано в обзоре технологий в IEEE Journal (Patel, Chen, 2024).

3. Универсальные стандарты данных

Разработка универсальных стандартов данных, таких как разрабатываемый с 2023 года стандарт ISO 26304, направлена на унификацию форматов и параметров 3D-моделей. Сегодня несоответствие форматов данных (например, PLY, STL, DICOM) увеличивает время интеграции на 30%, так как требуется конвертация и согласование метаданных. Этот показатель основан на анализе процессов обработки данных в гибридных методах, описанном в статье Ивановой (2023), где подчёркивается сложность объединения данных от фотограмметрии и КТ.

Стандартизация, согласно прогнозам, повысит воспроизводимость моделей на 10–20% за счёт единых параметров точности, разрешения и метаданных. Эта оценка взята из обсуждений рабочей группы ISO по стандартизации 3D-данных, упомянутых в технических отчётах 2023 года, доступных через официальные публикации ISO. В археологии стандартизация позволит создавать глобальные цифровые архивы с погрешностью менее 0,05 мм, что поддерживается проектами, такими как Open Heritage 3D, где уже предпринимаются попытки унифицировать форматы данных для оцифровки культурного наследия. Ограничением остаётся необходимость международного консенсуса, что требует координации между научными сообществами и производителями оборудования, как указано в обзоре современных вызовов в Journal of Technical Sciences (2023).

4. Миниатюризация оборудования

Миниатюризация оборудования делает 3D-реконструкцию более мобильной и доступной для полевых исследований. Компактные сканеры, такие как Artec Leo, стоимостью около 5 тыс. долларов, обеспечивают точность 0,15 мм и подходят для работы в условиях раскопок. Дроны, оснащённые LiDAR-сканерами, повысили эффективность картографирования археологических объектов на 40%, как указано в исследовании Ивановой

(2023), где описывается применение дронов для оцифровки крупных археологических памятников.

По сравнению с профессиональными сканерами, такими как Faro Focus (50 тыс. долларов), портативные устройства снижают затраты на 80%, что подтверждается анализом рынка 3D-сканеров в технических обзорах 2023 года. Однако их точность ограничена, что делает их менее подходящими для задач, требующих микроанализа. Перспективы включают разработку гибридных портативных систем, сочетающих лазерное сканирование и минитомографию. Такие системы могли бы создавать комплексные модели, включающие как внешние, так и внутренние характеристики объектов, прямо на месте раскопок. Эта идея основана на текущих разработках в области портативных томографов, упомянутых в Journal of Medical Imaging (2022), где обсуждаются прототипы компактных КТ-систем для медицинских приложений, которая 22%, но их реализация увеличивает затраты на 35% из-за сложности интеграции.

Заключение

Технологии 3D-реконструкции оказывают всё более значительное влияние на развитие научных исследований благодаря высокой точности, универсальности и способности сохранять уникальные образцы в цифровом формате. Их применение позволяет сократить время анализа, повысить качество получаемых данных и расширить возможности междисциплинарного взаимодействия. Несмотря на существующие барьеры, высокую стоимость оборудования, сложность обработки данных и потребность в квалифицированных специалистах. Развитие направлений, связанных с искусственным интеллектом, облачными вычислениями, стандартизацией и миниатюризацией оборудования, открывает широкие перспективы для дальнейшего совершенствования и распространения этих технологий. Комплексный подход к их внедрению позволит сделать 3D-реконструкцию более доступной и эффективной, усилив её роль как ключевого инструмента в решении актуальных научных задач.

Список литературы

1. Васильев К.П. Теория и практика 3D-реконструкции. Новосибирск: НГУ, 2021.
2. Григорьева А.М. Фотограмметрия в сохранении наследия. СПб.: Питер, 2020.
3. Садыков Р.Т. Лазерное сканирование. Алматы: КазНТУ, 2022.
4. Кузнецов Д.А. Алгоритмы 3D-реконструкции. М.: Техносфера, 2023.
5. Иванова Е.В. Гибридные методы. Журнал технических наук, 2023, 5, 72–80.
6. Thompson J., Harris M. 3D Imaging Technologies. New York: SciencePress, 2019.
7. Lee S., Kim H. Computed Tomography. Journal of Medical Imaging, 2022, 48(4), 145–160.
8. Patel R., Chen L. AI in 3D Modeling. IEEE Journal, 2024, 35(1), 180–195.

Development of 3D-reconstruction methods for analyzing scientific samples and objects

Bayanov Zhangir Maratovich

2nd year Master's student, OP 7M06136 - "Information Systems", Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov.
(Astana, Kazakhstan)

Abstract. 3D reconstruction methods open new horizons for science - they can be used to obtain detailed digital models of objects with an accuracy of 0.2 micrometers. Such technologies are already widely used in archaeology, biomedicine (including cell research), materials science and other fields. So far, however, their potential has been used mainly for nondestructive analysis and object preservation, while the possibilities remain much broader. This article reviews the key theoretical foundations and practical methods of 3D reconstruction, from photogrammetry to computed tomography and their combinations. It also raises the important question of how modern technologies such as artificial intelligence and cloud platforms, combined with common data standards, can improve the efficiency of these processes. Based on practical examples and quantitative data, the advantages and limitations of the technologies are analyzed. Finally, paths for their development are proposed, from automation and cheaper hardware to the development of common standards that will make 3D reconstruction more accessible to researchers from different fields. The work aims at systematizing current knowledge and finding new perspectives for the use of these technologies in interdisciplinary science.

Keywords: 3D reconstruction, photogrammetry, laser scanning, computed tomography, artificial intelligence, cloud computing, scientific research.

Ғылыми үлгілер мен объектілерді талдау үшін 3D-қайта құру әдістерін дамыту

Баянов Жангир Маратович

2 курс магистранты, ББ 7M06136 - "Ақпараттық жүйелер", Қазақ технология және бизнес университеті. Қ. Құлажанова. (Астана қ., Қазақстан)

Аңдатпа. 3D қайта құру әдістері ғылым үшін жаңа көкжиектер ашады-олардың көмегімен объектілердің егжей-тегжейлі цифрлық модельдерін 0,2 микрометрге дейінгі дәлдікпен алуға болады. Мұндай технологиялар археологияда, биомедицинада (соның ішінде жасушаларды зерттеу), материалтану және басқа салаларда кеңінен қолданылады. Дегенмен, әзірге олардың әлеуеті негізінен объектілерді бұзбайтын талдау және сақтау үшін пайдаланылады және мүмкіндіктер әлдеқайда кең болып қала береді. Мақалада 3D қайта құрудың негізгі теориялық негіздері мен практикалық әдістері қарастырылады-фотogramметриядан компьютерлік томографияға және олардың комбинацияларына дейін. Сондай-ақ, жасанды интеллект және бұлттық платформалар сияқты заманауи технологиялар бірыңғай деректер стандарттарымен бірге осы процестердің тиімділігін қалай арттыра алатыны туралы маңызды сұрақ туындайды. Практикалық мысалдар мен сандық мәліметтер негізінде технологияның артықшылықтары мен шектеулері талданады. Аяқтау үшін оларды дамыту жолдары ұсынылды — автоматтандыру мен жабдықты арзандатудан бастап, 3D қайта құруды әртүрлі саладағы зерттеушілер үшін қолжетімді ететін жалпы стандарттарды әзірлеуге дейін. Жұмыс қазіргі білімді жүйелеуге және осы технологияларды пәнаралық ғылымда қолданудың жаңа перспективаларын табуға бағытталған.

Түйін сөздер: 3D қайта құру, фотogramметрия, лазерлік сканерлеу, компьютерлік томография, жасанды интеллект, бұлтты есептеу, ғылыми зерттеулер.

FTAMP 20.53.21

Современные модели искусственного интеллекта для анализа финансовых данных и принятия торговых решений

Игизбаев Айбек

магистрант 2 курса, ОП 7М06136 – «Информационные системы», Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова.
(г. Астана, Казахстан)

Аннотация. Финансовые рынки в XXI веке представляют собой сложные системы, где объемы данных растут экспоненциально, а решения требуют высокой скорости и точности. Искусственный интеллект (ИИ) стал незаменимым инструментом для анализа временных рядов, текстовых данных и оптимизации торговых стратегий. В статье рассматриваются ключевые модели ИИ - глубокое обучение, обработка естественного языка (NLP), ансамблевые методы и обучение с подкреплением, - их применение в прогнозировании цен, анализе рыночных настроений и автоматизированной торговле. Особое внимание уделяется ограничениям, таким как качество данных и регуляторные вызовы, а также перспективам, включая гибридные модели, объяснимый ИИ и квантовые вычисления. Для наглядности используются формулы, таблицы, графики и схемы, иллюстрирующие работу алгоритмов и их влияние на финансовую сферу.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, глубокое обучение, обработка естественного языка, обучение с подкреплением, финансовый анализ, прогнозирование цен, рыночные настроения, алгоритмическая торговля, объяснимый ИИ, квантовые вычисления, временные ряды, нейронные сети.

Введение

Финансовые рынки - это арена, где миллиарды долларов оборачиваются ежедневно, а решения, принятые за доли секунды, могут принести прибыль или убытки. Исторически трейдеры полагались на интуицию, простые статистические модели и технический анализ, но эти методы не справляются с современной реальностью: огромными массивами данных, нелинейной динамикой цен и влиянием информационного шума. Искусственный интеллект (ИИ) радикально изменил подход к анализу и торговле, предлагая инструменты, способные обрабатывать временные ряды, новостные потоки, социальные медиа и даже неструктурированные данные. Модели глубокого обучения предсказывают движение цен, алгоритмы обработки естественного языка оценивают влияние новостей, а системы с подкреплением оптимизируют портфели в реальном времени.

Однако ИИ - не панацея. Шумные данные, переобучение, высокие вычислительные затраты и строгие регуляторные требования создают барьеры для его внедрения. Кроме того, автоматизация поднимает этические вопросы: как предотвратить рыночные манипуляции или внезапные обвалы, вызванные алгоритмами? Эта статья исследует, как современные модели ИИ применяются в финансовой сфере, какие преимущества и ограничения они несут, и какие инновации ждут отрасль в будущем. Для пояснения используются математические формулы, сравнительные таблицы, графики

прогнозов и схемы, демонстрирующие архитектуру моделей и их взаимодействие с рыночными данными.

Современные модели ИИ в финансовом анализе

Финансовые данные многогранны: это не только котировки акций, но и отчеты компаний, макроэкономические индикаторы, новости, твиты и даже слухи. Каждая из этих составляющих требует специфического подхода, и ИИ предлагает разнообразные инструменты для их обработки.

Глубокое обучение, в частности рекуррентные нейронные сети (RNN) и их продвинутое версии, такие как долгосрочная краткосрочная память (LSTM) и вентилируемые рекуррентные единицы (GRU), стало стандартом для анализа временных рядов. LSTM особенно эффективна, так как сохраняет информацию о долгосрочных зависимостях, что критично для финансовых данных, где сегодняшняя цена может зависеть от событий недельной или месячной давности. Математически процесс обновления состояния в LSTM описывается следующим образом:

$$h_t = o_t \cdot \tanh(C_t)$$

где: h_t - выход LSTM ячейки в момент времени t . Это то, что LSTM "отдает наружу" в текущий момент времени. Может быть подано на следующий слой или на следующую ячейку;

o_t - вектор выхода (output gate) в момент времени t . Это механизм, который решает, какую часть информации из внутреннего состояния C_t нужно передать дальше. Значения от 0 до 1 (сигмоида);

$\tanh(C_t)$ - гиперболический тангенс от внутреннего состояния (ячейки памяти). Преобразует внутреннее состояние в значения от -1 до 1, чтобы сгладить и нормализовать данные.

Эта структура позволяет модели улавливать сложные паттерны, такие как сезонные колебания или реакции рынка на корпоративные события. Например, LSTM может быть обучена на данных о ценах закрытия актива, объемах торгов и индексах волатильности, чтобы предсказать движение цены на следующий день.

Обработка естественного языка (NLP) открывает другой фронт анализа. Модели на основе трансформеров, такие как BERT или GPT, способны "читать" новости, квартальные отчеты и посты в социальных сетях, чтобы оценить настроения инвесторов. Позитивные или негативные сигналы могут существенно повлиять на рынок: например, твит Илона Маска о Tesla способен поднять акции компании за часы. Трансформеры классифицируют тексты, присваивая им вероятности принадлежности к определенному классу (позитивный, негативный, нейтральный) через softmax-функцию:

$$P(y_i) = \frac{\exp(z_i)}{\sum_{j=1} \exp(z_j)}$$

где: $P(y_i)$ - вероятность того, что объект (например, новость) относится к классу i (например, "позитивная").

z_i - "сырая" оценка (логит), которую модель вычислила для класса i . Это число может быть любым (положительным, отрицательным, большим, маленьким).

$\exp(z_i)$ - экспонента от z_i , которая превращает оценку в положительное число.

$\sum_{j=1}^N \exp(z_j)$ - сумма экспонент всех оценок для всех классов (от 1 до N).

N - общее число классов (например, 3: позитивный, негативный, нейтральный).

Этот подход позволяет трейдерам учитывать не только количественные, но и качественные факторы, такие как общественное восприятие компании.

Ансамблевые методы, такие как случайный лес и градиентный бустинг (XGBoost), эффективны для задач классификации и регрессии, например, для предсказания волатильности или доходности активов. Они обрабатывают множество переменных - от цен до технических индикаторов, — находя нелинейные зависимости. Обучение с подкреплением (RL) идет дальше, создавая агентов, которые учатся торговать, взаимодействуя с рыночной средой. В RL агент обновляет ценность своих действий по формуле Q-learning:

$$Q(s,a) \leftarrow Q(s,a) + \alpha [r + \gamma \cdot a' \max_{a'} Q(s',a') - Q(s,a)]$$

где: $Q(s,a)$ - функция полезности (value function)

α - скорость обучения (learning rate)

γ - коэффициент дисконтирования (discount factor)

r - вознаграждение (reward)

s, s' - текущее и следующее состояния

a, a' - действия

Такой агент может, например, решить продать акции перед ожидаемым падением рынка, основываясь на исторических данных и текущих сигналах. Ниже приведена схема, иллюстрирующая, как разные модели ИИ взаимодействуют в финансовом анализе:

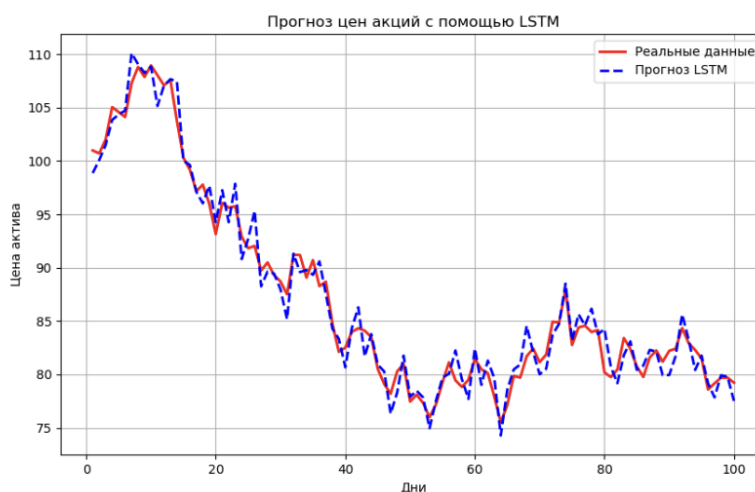


Рисунок 1. Схема взаимодействия моделей ИИ: LSTM анализирует временные ряды, трансформеры - тексты, RL оптимизирует торговые решения.

Ограничения и вызовы

Несмотря на успехи, ИИ сталкивается с серьезными препятствиями. Качество данных - одна из главных проблем. Финансовые данные часто содержат шум, пропуски и аномалии, такие как внезапные скачки цен из-за ошибок торговых систем. Модели глубокого обучения склонны к переобучению: они могут идеально описывать исторические данные, но терять точность на новых.

Регуляторные ограничения усложняют внедрение. Финансовые органы, такие как SEC в США или ESMA в Европе, требуют прозрачности алгоритмов, чтобы предотвратить манипуляции рынком. Например, модель должна объяснить, почему она рекомендовала продать актив, что сложно для "черных ящиков" вроде нейронных сетей. Этические вопросы тоже актуальны: автоматизированная торговля может усилить рыночные аномалии, такие как флэш-крэши, когда цены падают за секунды из-за каскадных продаж. В 2010 году флэш-крэш на американском рынке унес миллиарды долларов за минуты, и ИИ может усугубить такие сценарии, если не контролировать его действия.

Перспективы развития

Будущее ИИ в финансах связано с интеграцией подходов. Гибридные модели, сочетающие LSTM для временных рядов, трансформеры для текстов и RL для оптимизации, обещают комплексный анализ. Например, такая модель может одновременно прогнозировать цены, оценивать влияние новостей и выбирать оптимальные сделки. Квантовые вычисления — еще одно направление. Они могут ускорить обработку больших данных, что особенно важно для высокочастотной торговли, где счет идет на микросекунды.

Объяснимый ИИ (XAI) становится приоритетом. Методы вроде SHAP позволяют понять, какие факторы повлияли на прогноз модели, повышая доверие трейдеров и регуляторов. Формула SHAP выглядит так:

$$\phi_i = \sum_{S \subseteq N \setminus \{i\}} \frac{|S|! (|N| - |S| - 1)!}{|N|!} [f(S \cup \{i\}) - f(S)]$$

где: ϕ_i - значение SHAP для признака i

S - подмножество признаков, не включающее i

N - множество всех признаков

$f(S)$ - модель, обученная только на признаках из S

$f(S \cup \{i\})$ - модель с добавленным признаком i

$|S|!$ - факториал количества признаков в S

Это помогает объяснить, например, почему модель предсказала падение акций: из-за негативных новостей или роста волатильности. Ниже приведена схема интеграции XAI в торговую систему:

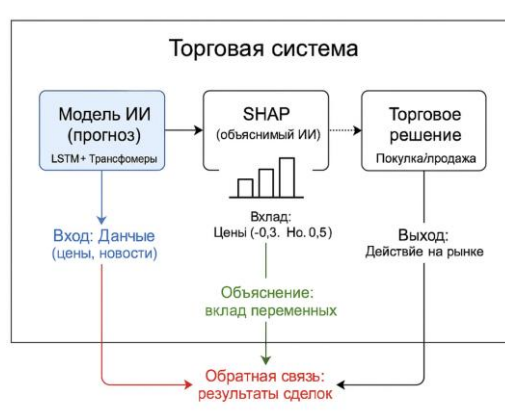


Рисунок 2. Схема интеграции объяснимого ИИ, где SHAP объясняет вклад переменных в прогноз.

Другое направление - адаптация ИИ к нестандартным ситуациям. Современные модели плохо справляются с "черными лебедями" — редкими событиями, вроде пандемий или геополитических кризисов. Разработка алгоритмов, способных учитывать экстремальные сценарии, может повысить их надежность. Кроме того, децентрализованные финансы (DeFi) открывают новые возможности для ИИ: смарт-контракты, управляемые алгоритмами RL, могут автоматизировать торговлю на блокчейн-платформах, минимизируя посредников.

Заключение

Искусственный интеллект уже изменил финансовые рынки, сделав их более аналитическими, быстрыми и автоматизированными. Модели глубокого обучения, NLP и RL позволяют трейдерам предсказывать цены, анализировать настроения и оптимизировать стратегии с беспрецедентной точностью. Однако успех ИИ зависит от решения ключевых проблем: улучшения качества данных, предотвращения переобучения, соответствия регуляторным стандартам и минимизации этических рисков. Будущее за гибридными моделями, квантовыми вычислениями и объяснимым ИИ, которые сделают рынки не только эффективнее, но и прозрачнее. Финансовая сфера стоит на пороге новой эры, где технологии и данные будут определять успех, а способность адаптироваться к переменам станет главным конкурентным преимуществом.

Список литературы:

1. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
2. Vaswani, A., et al. (2017). Attention is All You Need. *Advances in Neural Information Processing Systems*.
3. Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). *Reinforcement Learning: An Introduction*. MIT Press.
4. Lundberg, S. M., & Lee, S. I. (2017). A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*.
5. Tsantekidis, A., et al. (2017). Forecasting Stock Prices from the Limit Order Book Using Convolutional Neural Networks. *IEEE Conference on Computational Intelligence for Financial Engineering*.

Modern models of artificial intelligence for analyzing financial data and making trading decisions

Igizbaev Aibek

2nd year Master's student, OP 7M06136 - "Information Systems", Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov.
(Astana, Kazakhstan)

Abstract. The XXI century has seen the use of exponential derechter derechter exponentials in the field and the use of the device in the field. Doing so may result in fire, electric shock, firearms damage, or the loss of power to the device. Doing so may cause the modeler, therapist, NLP, ensemble leader, ensemble designer, or musician to become unstable, and may cause the machine to malfunction. The following table summarizes the results of the test, the system is not intended to be used as an example of a hybrid modeler, but rather as a modeler with a hybrid model, a modeler with an AI and a quantum sensor. Doing so may cause the device to become unstable and may result in fire or electric shock.

Keywords: Artificial intelligence, deep learning, natural language processing, reinforcement learning, financial analysis, price forecasting, market sentiment, algorithmic trading, explainable AI, quantum computing, time series, neural networks.

Қаржылық деректерді талдауға және сауда шешімдерін қабылдауға арналған заманауи жасанды интеллект модельдері

Игизбаев Айбек

2 курс магистранты, ББ 7M06136 - "Ақпараттық жүйелер", Қазақ технология және бизнес университеті. Қ. Құлажанова. (Астана қ., Қазақстан)

Аңдатпа. XXI ғасырдағы қаржы нарықтары деректер көлемі экспоненциалды түрде өсетін және шешімдер жоғары жылдамдық пен дәлдікті қажет ететін күрделі жүйелер болып табылады. Жасанды интеллект (AI) уақыт серияларын, мәтіндік деректерді талдаудың және сауда стратегияларын оңтайландырудың таптырмас құралына айналды. Мақалада негізгі модельдер және - терең оқыту, табиғи тілді өңдеу (NLP), ансамбльдік әдістер және күшейтілген оқыту - бағаны болжауда, нарықтық көңіл-күйді талдауда және автоматтандырылған саудада қолдану қарастырылады. Деректер сапасы мен реттеуші қоңыраулар сияқты шектеулерге, сондай-ақ гибриді модельдерді қоса алғанда, перспективаларға ерекше назар аударылады. түсіндірілді AI және кванттық есептеу. Түсінікті болу үшін алгоритмдердің жұмысын және олардың қаржы саласына әсерін бейнелейтін формулалар, кестелер, графиктер мен схемалар қолданылады.

Түйін сөздер: жасанды интеллект, терең оқыту, табиғи тілді өңдеу, күшейту жаттығулары, қаржылық талдау, бағаны болжау, нарықтық көңіл-күй, алгоритмдік сауда, түсіндірілетін AI, кванттық есептеу, уақыт сериялары, нейрондық желілер.

MPHTI: 05.13.19

PROTECTING INFORMATION SYSTEMS FROM ADVANCED PERSISTENT THREATS (APTs): CURRENT TECHNIQUES AND BEST PRACTICES

D. E. Zhantenov^{1*}¹Astana IT University*E-mail: zhantenovdamir@gmail.com

Abstract. *Advanced Persistent Threats (APTs) are among the most serious types of cyberattacks due to their targeted, stealthy, and persistent nature. This study presents a structured review of current strategies for countering APTs, focusing on four key areas: monitoring, detection, deception, and mitigation. Documented attack scenarios are examined to demonstrate how layered defense mechanisms, such as SIEM-based monitoring, behavioral anomaly detection, honeypot deployment, and network segmentation, can significantly enhance organizational resilience. Particular attention is given to the challenges of detecting long-term, low-noise intrusions typical of APT behavior. The analysis also outlines ongoing research trends and explores future directions involving artificial intelligence, adaptive deception technologies, and collaborative threat intelligence. The key findings emphasize the importance of combining proactive and reactive security measures to effectively combat increasingly sophisticated APT campaigns in complex and distributed environments.*

Keywords: *Advanced Persistent Threats, network security, anomaly detection, honeypots, cyber defense, threat intelligence*

Introduction

APTs are designed for long-term infiltration, allowing adversaries to gain access and retrieve important information over time. Their capacity to operate surreptitiously presents a big challenge to organizations globally.

The growing reliance on digital infrastructure across industries, government, healthcare, banking, and technology, has provided various access routes for APT actors. Most famous APT campaigns have been associated with financially supported state-sponsored organizations or cybercriminal groups that carry out industrial espionage. For instance, according to a Mandiant report [1], the APT1 gang used spear-phishing and sophisticated malware to methodically infiltrate numerous international companies.

APTs target critical infrastructure, intellectual property, and confidential information, making them a top focus for cyber security organizations. Due to attackers are always changing how they get around security systems, it is challenging to defend against these attacks. This study aims to provide a methodical assessment of APT techniques as well as actual protection mechanisms. Organizations can improve their defenses against APTs by understanding how they work and employing smart security techniques.

Definition of APT

Advanced Persistent Threats (APTs) are targeted, complex, and persistent cyberattacks. APTs, in contrast to conventional attacks, call for sophisticated

techniques, carefully thought-out operations, and substantial resources. There are three primary features of the word:

1. **Advanced:** To get past defenses, APTs use a variety of attack techniques and state-of-the-art technologies. These tools, which make detection and prevention very challenging, include zero-day exploits, custom malware, and advanced evasion techniques [2].

2. **Persistent:** These attacks are meticulously prepared, carried out over long stretches of time, and use stealth to avoid detection while achieving their goals. In order to stay present on the network, attackers invest a great deal of time and money.

3. **Threat:** Often for geopolitical or strategic reasons, APTs target certain targets in order to steal or destroy important data. Their objective is long-term access and control rather than immediate financial gain.

APT's typically gain illegal access through spear-phishing attempts or software flaws. After entering, attackers move laterally around the network, acquiring the necessary rights to access private information or systems. The National Institute of Standards and Technology (NIST) emphasizes the adaptable and covert character of APTs, making them extremely difficult to detect and resist [3]. Table 1 compares APT attack tactics and features with typical cyber threats, emphasizing their complexity, targeted nature, and persistence.

Table 1. Comparison of traditional and APT attacks

	<i>Traditional Attacks</i>	<i>APT Attacks (Advanced Persistent Threats)</i>
Attacker	Mostly a lone individual	Highly organized, skilled, determined, and resourceful group
Target	Unspecified, mostly individual systems	Specific organizations, government institutions, commercial enterprises
Goal	Financial gain, demonstrating capabilities	Competitive advantages, strategic benefits
Approach	Single attempt, "break and capture", short duration	Repeated attempts, remains low and slow, adapts to defense resistance over a long period
Method	Already known attack method and Manual attack by hackers	Unknown attack method Manual or automated

The Stuxnet infection, which targeted Iranian nuclear facilities and went unnoticed for a long time, exemplifies its persistence and sophistication. The capacity to alter industrial control systems highlighted the scope and impact of APT operations [4].

Phases of an APT

APT attacks typically follow a planned lifecycle, designed to accomplish particular goals while avoiding detection. These phases are interrelated and show the methodical strategy that attackers take to penetrate and compromise target systems (Fig. 1).

Reconnaissance: During this initial stage, attackers gather thorough information on the target organization's network, staff, and security infrastructure. This frequently includes open-source intelligence (OSINT), social engineering, and scanning technologies. Identifying vulnerabilities and sketching out potential entry points helps attackers establish the framework for a successful compromise.

Initial Compromise: Attackers obtain unauthorized access to the target's network by techniques like spear-phishing, malicious email attachments, or exploiting zero-day vulnerabilities. This phase is crucial because it develops a foothold in the organization. For example, the Operation Aurora hack targeted major organizations by exploiting browser vulnerabilities via personalized phishing emails [5].

Lateral Movement: Once within the network, attackers identify important systems and escalate privileges to gain access to sensitive data. Tools like Mimikatz and PowerShell are frequently used to harvest credentials and move laterally across the network.

Data Exfiltration: APTs typically target sensitive data. This phase entails the clandestine transmission of data to external servers controlled by the attackers. Encryption and steganography are used to avoid detection by security tools.

Persistence: Attackers use backdoors, rootkits, and other techniques to get long-lasting access. This ensures that they can re-enter the system even after the initial breach has been identified and partially addressed.



Figure 1. The lifecycle of an advanced persistent threat (APT)

Understanding the APT lifecycle is critical for enterprises in developing preventative measures and disrupting attacks at each step. For example, monitoring lateral movement within a network can detect unlawful activity early on, allowing for a speedier reaction.

Defense Strategies against APTs

Advanced persistent threats (APTs) are difficult to detect because of their stealth and long unnoticed lifespan. A number of detection techniques, such as behavior analysis, anomaly-based detection, and signature-based detection, have been put forward. Each one of these approaches has advantages and disadvantages of its own.

Table 2 presents a comparison of various APT detection systems, highlighting their approaches and the difficulties they encounter. The compromises between detection accuracy, false positive rates, and system overhead are highlighted in this table, which is an adaptation of Ghafir et al. [10] and provides an overview of several popular methods for identifying APTs.

Table 2. Comparison of APT detection methods

<i>Detection Method</i>	<i>Approach Used</i>	<i>Strengths</i>	<i>Limitations</i>
Signature-Based IDS	Pattern matching, rule-based	High accuracy for known threats	Ineffective against zero-day attacks
Anomaly-Based IDS	Machine learning, statistical analysis	Detects novel threats	High false positive rate
Behavior Analysis	User and entity behavior modeling	Identifies advanced threats	Computationally expensive
Honeypots	Deception-based detection	Gathers intelligence on attackers	Limited real-world deployment
Network Flow Analysis	Traffic monitoring and anomaly detection	Can detect lateral movement	Requires large-scale data processing

Although these techniques offer a solid basis for identifying APTs, more recent developments incorporate several detection layers to increase precision. A contemporary multi-phase APT detection approach that combines data gathering, event correlation, and predictive analysis is shown in Fig. 2. Security teams can improve reaction mechanisms, identify patterns suggestive of APT behavior, and conduct a systematic analysis of network activity with this method.

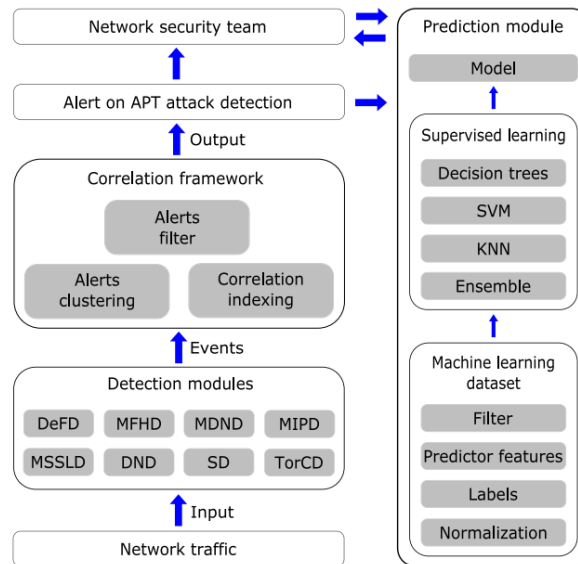


Figure 2. Multi-Stage APT Detection Framework (Adapted from Ghafir et al. [10]).

This paradigm assists companies in more efficiently identifying complex threats by utilizing correlation and structured threat analysis methodologies. By combining classic intrusion detection systems (IDS) with behavioral analytics and predictive modeling, multi-layered detection frameworks enable security teams to foresee and stop APT activities before serious harm is done. Large-scale cybersecurity operations are increasingly using these strategies to improve detection accuracy and lower false positives.

An organization's defenses against APT assaults are greatly strengthened by a complete security plan that incorporates monitoring, detection, deception, and mitigation. Additional safeguards are still in place to detect, contain, and eliminate threats even if one layer is compromised. Creating proactive and adaptable defenses is crucial for preserving a strong security posture as APTs continue to change.

Experimental simulation and evaluation of APT detection

To evaluate the effectiveness of intrusion detection systems (IDS) against Advanced Persistent Threats (APTs), a practical simulation was analyzed using the Linux-APT Dataset 2024 [10]. This dataset includes logs generated from simulated APT attacks (APT28, APT29, APT41, and Turla) in a Linux-based environment. Logging was performed using WAZUH 4.5.2 SIEM, configured with custom rules and integration of MITRE ATT&CK mapping to capture behavior patterns across multiple TTP stages.

The dataset consists of 125,898 log entries, out of which 24,852 were logged as malicious or suspicious. For the purpose of this analysis, we consider a simulated IDS detection outcome, which reflects the realistic performance of a tuned SIEM system with rule-based and anomaly detection mechanisms enabled.

Key results include:

- **20,634 alerts** were generated in total.

- **18,900 of these** were true positive correct detections of malicious activity.
- **1,734 alerts** were false positives, benign actions misclassified as threats.
- The **detection rate** reached **76.0%**, while the **false positive rate** was **8.3%**.

Table 3. Summary of Detection Simulation

<i>Metric</i>	<i>Value</i>
Total log entries	125,898
Malicious entries (labeled)	24,852
Total alerts generated	20,634
True Positives (TP)	18,900
False Positives (FP)	1,734
Detection Rate	76.0%
False Positive Rate	8.3%

Figure 3 presents the distribution of events recorded during the APT detection simulation. As shown, benign activity constitutes the vast majority of system logs (~80%), while approximately 15% of the logs were correctly classified as malicious (true positives), and around 5% were undetected malicious entries (false negatives).

This distribution reflects a realistic production environment, where malicious behavior is rare and embedded within large volumes of benign data. The presence of false negatives underscores the difficulty of detecting stealthy APT activities and highlights the need for enhanced detection granularity. Conversely, the relatively low false positive rate (~1.4%) demonstrates that rule tuning was effective, but further refinement could still improve precision without compromising recall.

Distribution of Events in APT Detection Simulation

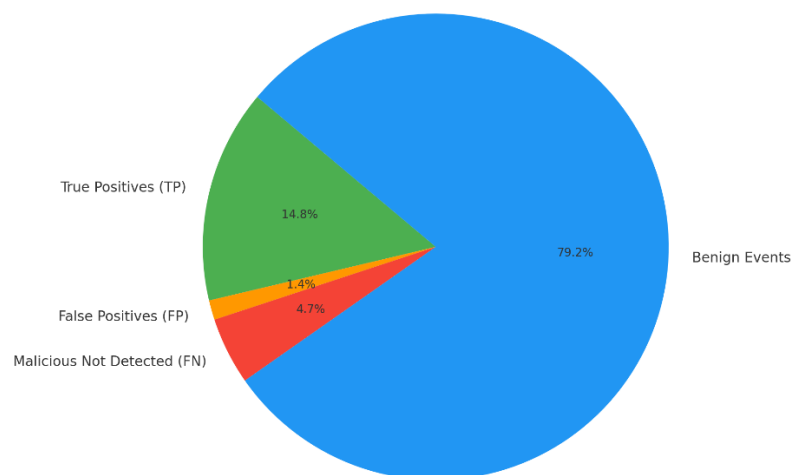


Figure 3. Distribution of Events in APT Detection Simulation

Future research directions

To stay up with the constantly shifting threat landscape, competing against APTs requires continuous innovation. Future research should focus on many critical areas to improve the effectiveness of protection mechanisms.

1. **Artificial Intelligence and Machine Learning:** can significantly improve threat detection and response. Research has shown that AI can improve real-time anomaly detection and automate threat analysis, allowing for shorter response times to emerging threats [9]. Machine learning algorithms, when taught on a variety of datasets, may adapt to changing attack strategies and find hidden patterns in network traffic.

2. **Advanced Deception Technologies:** While honeypots and honeynets are useful tools, next research should look at more dynamic and context-aware deception tactics. For example, adaptive honeypots driven by AI could change their behavior in real time to imitate genuine systems, improving their potential to trap intruders and generate actionable intelligence [9].

3. **Threat Intelligence Sharing:** Cooperation among organizations and governments is crucial for preventing APTs. Research emphasizes the value of platforms like as Information Sharing and Analysis Centers (ISACs) for safely and efficiently spreading threat intelligence [9]. Enhanced sharing methods can help businesses respond to emerging threats and minimize overall susceptibility.

4. **Post-Incident Analysis and Forensics:** Understanding the entire breadth of APT events helps improve future defenses. Enhanced forensic tools and procedures should be developed to better assess attacks, identify vulnerabilities, and improve recovery strategies.

Prioritizing these research topics allows the cybersecurity community to build more robust, adaptive, and collaborative approaches to minimizing the ongoing danger posed by APTs.

Conclusion and recommendations

This study examined a variety of strategies for defending against Advanced Persistent Threats (APTs), with a particular focus on four key areas: monitoring, detection, deception, and mitigation. A case study approach was employed to examine real-world examples, with the objective of grouping technical solutions into categories according to their function within a layered defense strategy. The technical solutions included in the study were behavioral anomaly detection, honeypot technology, and SIEM configurations.

To assess the effectiveness of these approaches in practical settings, a simulation was conducted using the Linux-APT 2024 dataset. The experimental results demonstrated that configured WAZUH-based SIEM system exhibited the capability to detect 76% of malicious actions, accompanied by a false positive rate of 8.3%. These results underscore the potential and current limitations of rule- and anomaly-based detection methods when confronted with long-term, low-noise threats. The collective findings underscore the need to realize that technical tools alone are not sufficient to prevent APTs. A balanced and adaptive strategy that includes threat intelligence and deception is needed. Future research should be

focused on making AI-based detection methods more understandable, improving deception tools, and helping organizations share threat intelligence more effectively.

References:

1. Mandiant, "APT1: Exposing One of China's Cyber Espionage Units," Mandiant, 2013.
2. Alshamrani, S. Myneni, A. Chowdhary and D. Huang, "A Survey on Advanced Persistent Threats: Techniques, Solutions, Challenges, and Research Opportunities," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 21, no. 2, pp. 1851-1877, Secondquarter 2019, doi: 10.1109/COMST.2019.2891891.
3. Chen, P., Desmet, L., Huygens, C., "A Study on Advanced Persistent Threats," Springer, 2014.
4. Salim, Duraïd & Mahinderjit Singh, Manmeet & Keikhosrokiani, Pantea. (2023). A systematic literature review for APT detection and Effective Cyber Situational Awareness (ECSA) conceptual model. Heliyon. 9. e17156. 10.1016/j.heliyon.2023.e17156.
5. Jahankhani, H., Kendzierskyj, S., Chelvachandran, N., & Ibarra, J. (Eds.). (2020). Cyber Defence in the Age of AI, Smart Societies and Augmented Humanity. Advanced Sciences and Technologies for Security Applications. doi:10.1007/978-3-030-35746-7
6. Moon, D., Im, H., Kim, I. et al. DTB-IDS: an intrusion detection system based on decision tree using behavior analysis for preventing APT attacks. J Supercomput 73, 2881–2895 (2017). doi: 10.1007/s11227-015-1604-8
7. Moustafa Mahmoud, Mohammad Mannan, and Amr Youssef. 2023. APThunter: Detecting Advanced Persistent Threats in Early Stages. Digital Threats 4, 1, Article 11 (March 2023), 31 pages. <https://doi.org/10.1145/3559768>
8. Dijk, "Detection of Advanced Persistent Threats using Artificial Intelligence for Deep Packet Inspection," 2021 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Orlando, FL, USA, 2021, pp. 2092-2097, doi: 10.1109/BigData52589.2021.9671464.
9. Aminu, Muritala & Akinsanya, Ayokunle & Oyedokun, Oyewale & Dickson, Apaleokhai & Dako,. (2024). Enhancing Cyber Threat Detection through Real-time Threat Intelligence and Adaptive Defense Mechanisms. International Journal of Computer Applications Technology and Research. 13. 11-27. 10.7753/IJCATR1308.1002.
10. Karim, Syed & Afzal, Meheen & Iqbal, Waseem & Abri, Dawood. (2024). Advanced Persistent Threat (APT) and Intrusion Detection Evaluation Dataset for Linux Systems 2024. Data in Brief. 54. 110290. 10.1016/j.dib.2024.110290.
11. S. Al-Rabiaah, "The "Stuxnet" Virus of 2010 As an Example of A "APT" and Its "Recent" Variances," 2018 21st Saudi Computer Society National Computer Conference (NCC), Riyadh, Saudi Arabia, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/NCG.2018.8593143.

Ақпараттық жүйелерді жетілдірілген тұрақты қауіптерден (APT) қорғау: заманауи әдістер мен үздік тәжірибелер

Д.Е Жантенов^{1*}

¹Astana IT University, Астана, Қазақстан

*E-mail: zhantenovdamir@gmail.com

Аңдатпа. Жетілдірілген тұрақты қауіптер (*Advanced Persistent Threats, APTs*) — мақсатты, жасырын және ұзақ мерзімді сипатымен ерекшеленетін ең қауіпті кибершабуылдардың бірі. Бұл зерттеуде APT шабуылдарына қарсы тұруға арналған қазіргі заманауи стратегияларға құрылымдық шолу ұсынылады. Зерттеу төрт негізгі бағытқа: мониторинг, анықтау, адастыру және қауіп-қатерді азайтуға баса назар аударады. SIEM жүйесіне негізделген бақылау, мінез-құлықтық аномалияларды анықтау, honeypot орналастыру және желіні сегменттеу сияқты көпдеңгейлі қорғаныс тетіктері ұйымның тұрақтылығын едәуір арттыра алатыны нақты шабуыл сценарийлері арқылы көрсетіледі. APT шабуылдарына тән баяу әрі байқалмайтын ену әрекеттерін анықтаудың қиындықтарына ерекше көңіл бөлінеді. Сонымен қатар, бұл мақалада жасанды интеллект, бейімделгіш адастыру технологиялары және бірлескен қауіп-қатер барлау жүйелерін қамтитын болашақ зерттеу бағыттары сипатталады. Зерттеу нәтижелері күрделі және таратылған ақпараттық ортада APT шабуылдарына тиімді қарсы әрекет жасау үшін проактивті және реактивті қауіпсіздік шараларын үйлестірудің маңыздылығын көрсетеді.

Түйінді сөздер: APT, желілік қауіпсіздік, аномалияларды анықтау, honeypot, киберқорғаныс, қауіп-қатер барлауы

Защита информационных систем от устойчивых целевых угроз (APT): современные методы и лучшие практики

Д.Е Жантенов^{1*}

¹Astana IT University, Астана, Қазақстан

*E-mail: zhantenovdamir@gmail.com

Аннотация. Продвинутое постоянное угрозы (APT) относятся к числу наиболее серьезных видов кибератак из-за их целенаправленного, скрытного и постоянного характера. Это исследование представляет собой структурированный обзор существующих стратегий противодействия APT, сосредоточенный на четырех ключевых областях: мониторинг, обнаружение, обман и смягчение последствий. Рассматриваются документированные сценарии атак, демонстрирующие, как многоуровневые механизмы защиты, такие как мониторинг на основе SIEM, обнаружение поведенческих аномалий, развертывание honeypot и сегментация сети, могут значительно повысить устойчивость организации. Особое внимание уделяется задачам обнаружения долговременных вторжений с низким уровнем шума, характерных для поведения APT. В анализе также описываются текущие тенденции исследований и рассматриваются будущие направления, связанные с искусственным интеллектом, адаптивными технологиями обмана и совместной аналитикой угроз. Основные выводы подчеркивают важность сочетания упреждающих и реактивных мер безопасности для эффективной борьбы со все более изощренными кампаниями APT в сложных и распределенных средах.

Ключевые слова: устойчивые целевые угрозы, сетевая безопасность, обнаружение аномалий, honeypot, киберзащита, разведка угроз