



Қазақстан Республикасы  
Ұлттық инженерлік академиясының

# ХАБАРШЫСЫ

---

## ВЕСТНИК

Национальной инженерной академии  
Республики Казахстан

№ 3 (89)

Алматы  
2023

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
ВЕСТНИК НАЦИОНАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ РК**

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**  
**академик Б. Т. ЖУМАГУЛОВ**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**Н. М. Темирбеков** – академик, заместитель главного редактора; **Е. И. Имангалиев** – ответственный секретарь; академик **Ж. М. Адиллов**, академик **А. Ч. Джомартов**, академик **Р. А. Алшанов**, академик **М. Ж. Битимбаев**, академик **А. В. Болотов**, академик **А. И. Васильев** (Украина), академик **Б. В. Гусев** (Россия), академик **Г. Ж. Жолтаев**, академик **В. Ч. Вуйцик** (Польша), академик **К. К. Кадыржанов**, академик **К. С. Кулажанов**, академик **А. А. Кулибаев**, академик **М. М. Мырзахметов**, академик **Х. Милошевич** (Сербия), академик **Г. А. Медиева**, академик **А. М. Пашаев** (Азербайджан), академик **А. К. Тулешов**, академик **Б. Б. Телтаев**, академик **Ю. И. Шокин** (Россия).

**INTERNATIONAL  
SCIENTIFICALLY-TECHNICAL JOURNAL  
HERALD TO NATIONAL ENGINEERING ACADEMY  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**B. T. ZHUMAGULOV**  
**Editor-in-Chief, academician**

**THE EDITORIAL BOARD:**

**N. M. Temirbekov** – academician, Deputy Editor; **Y. I. Imangaliyev** – Managing Editor; **Zh. M. Adilov**, academician; **A. Ch. Dzhomartov**, academician; **R. A. Alshanov**, academician; **M. Zh. Bitimbayev**, academician; **A. V. Bolotov**, academician; **A. I. Vasilyev**, academician (Ukraine); **B. V. Gusev**, academician (Russia); **G. Zh. Zholtayev**, academician; **Wójcik Waldemar** academician (Poland); **K. K. Kadyrzhanov**, academician; **K. S. Kulazhanov**, academician; **A. A. Kulibayev**, academician; **M. M. Myrzakhmetov**, academician; **H. Miloshevich**, academician (Serbiya); **G. A. Mediyeva**, academician; **A. M. Pashayev**, academician (Azerbaijan); **A. K. Tuleshov**, academician; **B. B. Teltayev**, academician; **Yu. I. Shokin**, academician (Russia).

## **УЧРЕДИТЕЛЬ:**

Республиканское общественное объединение  
«Национальная инженерная академия Республики Казахстан».

Издается с 1997 года.

Выходит 4 раза в год.

Свидетельство о регистрации издания № 287 от 14.11.1996 г.,  
выдано Национальным агентством по делам печати и массовой информации  
Республики Казахстан.

Свидетельство о перерегистрации № 4636-Ж от 22.01.2004 г.,  
выдано Министерством информации Республики Казахстан.

Журнал включен Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан  
в перечень изданий для публикации основных результатов научно-технических работ соис-  
кателей ученых степеней доктора философии PhD и доктора по профилю и ученых званий  
доцента и профессора.

Журнал включен в международную англоязычную базу реферативных данных по техниче-  
ским наукам INSPEC.

Подписку на журнал можно оформить в отделениях связи АО «Казпочта»,  
ТОО Агентстве «Евразия пресс» и ТОО Агентстве «Еврика пресс».

### ***Подписной индекс:***

для физических лиц – **75188**,  
для юридических лиц – **25188**.

Подписка продолжается в течение года.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 80, к. 415.

Тел. 8-7272-915290, факс: 8-7272-915190,

e-mail: [nia\\_rk@mail.ru](mailto:nia_rk@mail.ru), [ntpneark@mail.ru](mailto:ntpneark@mail.ru), [www.neark.kz](http://www.neark.kz)

## **FOUNDER:**

Republic public association  
“National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan”.

Published since 1997 year.

Issued 4 times a year.

Certificate about registration the edition N 287, November, 14, 1996,  
was given by National agency on affaires of press and mass information  
of the Republic of Kazakhstan.

Certificate about re-registration N 4636-Zh, January, 22, 2004,  
was given by Ministry of information of the Republic of Kazakhstan.

The Committee of Science of Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan has included the Journal into the list of issues for publication of the main results of scientific-technical investigations of applicants for scientific degrees ( Doctor philosophy PhD, Doctor on specialization) and academic ranks (Professor and Associate professor).

The Journal was included into international English-language abstracts database on technical sciences “INSPEC”.

Subscription to journal may be drawn up at post offices of OJSC “Kazpochta”,  
in PLL Agency “Evraziya press” and PLL Agency “Evriska press” .

### ***Subscription index:***

for natural persons – **75188**,

for juristic persons – **25188**.

Subscription continues during a year.

Address of editorial offices: 050010, Almaty city, Bogenbay Batyr str., 80, off. 415.

Tel. 8-7272-915290, fax: 8-7272-915190,

e-mail: [nia\\_rk@mail.ru](mailto:nia_rk@mail.ru), [ntpneark@mail.ru](mailto:ntpneark@mail.ru), [www.neark.kz](http://www.neark.kz)



**Бакытжан ЖУМАГУЛОВ,**  
*Президент математического общества  
тюркского мира,  
Академик НАН РК*

## **ТРИУМФАТОР НАУКИ СРЕДНЕВЕКОВЬЯ**

Провидческих и актуальных открытий, принесших людям реальную пользу при жизни аль-Бируни, хватило бы на целую академию.

Целую плеяду гениев подарила человечеству «золотая эпоха» исламской науки, к которой относят VIII–XII века: аль-Хорезми, аль-Фараби, аль-Бируни, ибн Сина... Ученые-энциклопедисты, они составили настоящее созвездие на небосводе мировой мысли. И кажется, заставили ярче сиять само Солнце и ночные светила, пролив лучи знаний на их сущность и значительно продвинув астрономию и математику в ряду других наук.

Помимо уникальной многогранности и колоссального цивилизационного вклада, великих мудрецов роднит их принадлежность к Центральной Азии, где они родились и провели большую часть жизни. Тогда многие нынешние нации только формировались, и потому казахи, узбеки и другие народы, населяющие регион, небезосновательно гордятся ими как земляками и соплеменниками.

В 2020 году весь научный мир широко отмечал 1150-летие Второго Учителя после Аристотеля – уроженца Фараба (ныне местность относится к Отрарскому району Туркестанской области) аль-Фараби. Теперь настал черед воздать должное «триумфатору науки средневековья», «объединителю трех культур» аль-Бируни в связи с 1050-летием. По одной версии «круглая» дата приходится на 4 сентября, по другой – на 4 октября текущего года. В масштабах Истории расхождение незначительное. Но сам он, скрупулезнейший математик, ни при астрономических, ни при календарных исчислениях подобных погрешностей не допускал. И был равновеликим во всех областях знаний, которые охватывал своим широчайшим талантом.

## **МАТЬ ПРОГРЕССА – МАТЕМАТИКА**

Характеризуя феноменальное наследие человека-титана, основатель истории науки Джордж Сартон эмоционально написал: «История астрономии и математики, астрологии и географии, антропологии и этнографии, философии, археологии, ботаники и минералогии осиротела бы без его великого имени». При этом биограф

упустил физику, религиоведение, геодезию, фармакологию и так далее, дав слишком короткий перечень дисциплин и направлений поисков реформатора и первопроходца наук. Ведь Бируни владел почти всеми науками своего времени.

Полное имя ученого – Абу Райхан Мухаммад ибн Ахмад аль-Бируни. Он родился в 973 году в городе Кяте, тогдашней столице Хорезма – мощного государства с заметной централизацией на территории Центральной Азии. В средневековых источниках главный город Хорезма называли «воротами в Туркестан, местом скопления товаров тюрок Туркестана, Мавераннахра и области хазаров и местом стечения купцов». Город, где родился великий ученый, с 1957 года в его честь носит название Беруни (также Бируни – узб. *Beruniy*, каракалп. *Biḡuniy*) и находится на территории Каракалпакстана.

О ранних годах жизни Бируни известно очень мало, кроме того, что он был круглым сиротой. Что подтверждается стихами самого ученого: «Не знаю я, по правде, своего родословия, ведь я не знаю по-настоящему своего деда, да и как мне знать своего деда, раз я не знаю отца!». О социальном происхождении сложилось тоже не очень четкое представление. Долгое время исходили из нисба (прозвище по месту рождения) «бирун», то есть предместья, где селились ремесленники и владельцы мелких мануфактур.

Но впоследствии эту версию поставил под сомнение доктор филологических наук П. В. Булгаков. Им предложено более убедительное толкование звучащего в веках «псевдонима». Географ Йакут, посетивший Хорезм незадолго до монгольского нашествия, в своем «Биографическом словаре» упоминает, что словом «бируни» хорезмийцы называли каждого, кто покинул свою родину, а Бируни оставлял ее трижды и более тридцати лет прожил вдали от нее. Тогда, по всей вероятности, имя это ученый получил не при рождении или в молодости, а уже в достаточно зрелом возрасте.

Иначе за какие заслуги отпрыск простолюдинов был бы принят на воспитание в один из богатейших домов – визиря и двоюродного брата хорезмшаха? На склоне лет Бируни напишет: «Семья Ираков вскормила меня своим молоком и вывела в люди...».

Приемный отец, хозяин высокородного семейства Абу Наср Мансур ибн Ирак ал-Джади, автор фундаментальных трудов по астрономии, математике и тригонометрии, стал и его первым учителем. Да и в дальнейшем правители благосклонно, участливо относились к деятельности ученого, ни в чем его не ущемляли, поощряли все устремления. Так что наверняка имели место родственные связи, к тому же у пытливого юноши рано проявились незаурядные дарования. Он уже на 17-м году вел самостоятельные астрономические наблюдения.

Рассказывая об ученых, я постоянно подчеркиваю, что основа их выдающихся достижений – всегда талант, помноженный на большой и упорный труд. Аль-Бируни – пример полной самоотдачи и абсолютного служения истине. Его тяга к знаниям была неутолима, поглощала всецело, требуя постоянной сосредоточенности. «Его рука почти никогда не расставалась с пером, его глаза – с наблюдением и его ум – с размышлением, за исключением двух праздничных дней в году», – сделал записи современник, имя которого, к сожалению, не сохранилось. Даже на смертном одре он

не давал себе успокоения, продолжал мыслить, обдумывать важные темы: «Я посетил его, когда его душа была почти готова отлететь и предсмертное дыхание стесняло ему грудь. И в этом состоянии он сказал мне: «Как это ты объяснил мне однажды такой-то вопрос исследования?». Я ему сказал с состраданием: «В этом-то состоянии?» – и он ответил: «Не лучше ли, если я прощусь с миром, зная этот вопрос, чем не зная его?». Тогда я ему повторил вопрос, и он запомнил его и обучил меня тому, что он обещал; затем я вышел от него и уже на улице услышал крики, возвещавшие о его смерти» («Аль-Бируни – арабский Леонардо да Винчи», dzen.ru, 19.02.2021).

«Академический» портрет аль-Бируни дополняет полилингвизм. Он владел хорезмийским, персидским, арабским, греческим, сирийским языками, ивритом и санскритом, благодаря чему работал с первоисточниками, многие учения и трактаты читал в оригинале, был приобщен к ведущим школам и научным сообществам того времени и предшествующих периодов.

Высокообразованный, обладавший фундаментальными знаниями, он был убежден, что в природе все существует и изменяется по законам природы, а постигнуть эти законы можно только с помощью науки. Особо любил и ценил математику, считая ее универсальным ключом постижения всего сущего. А в математическом спектре выделял тригонометрию. Проницательный ум много работал над тем, как проецировать сферу на плоскость, и придумал новый способ цилиндрической проекции. Аль-Бируни также принадлежит сведение задач о трисекции угла и удвоении куба к решению уравнений 3-й степени.

Превосходный системщик, он оставил после себя весьма солидную «математическую» библиотеку, к которой, кроме значительной части универсального «Канона Мас'уда», относятся сочинения «Об определении хорд в круге при помощи вписанной в него ломаной линии» (здесь рассматривается ряд принадлежащих Архимеду теорем, не сохранившихся в греческих рукописях), «Об индийских рашиках» (в этой книге обсуждается так называемое тройное правило), «Сферика», «Книга жемчужин о плоскости сферы», вопросам прикладной математики посвящен трактат «Тени» и так далее.

Большинство же его открытий было на стыке наук.

## **ЗЕМЛЯ, ПОКЛОНИСЬ ЧЕЛОВЕКУ!**

В первую очередь повезло астрономии. Гений средневековья фактически предвосхитил последующее открытие Коперника и Галилея о гелиоцентричности нашего мира и внес весомый вклад в каноны науки о Вселенной.

Право, во славу и этого ученого мужа звучит гордая поэтическая фраза Олжаса Сулейменова «Земля, поклонись человеку!». Потому что он, возможно, первым в истории подошел к объективно верному осмыслению ее места и роли в мироздании. Солнце, как и другие звезды, аль-Бируни считал огненным шаром, в отличие от планет, отражающих солнечный свет. И такие мощные откровения природы он получал с помощью точных наук, собственноручно собранных приборов и уникальной силы своего мышления.

Важнейшими задачами астрономии в те времена были совершенствование календаря и ориентирование по небесным светилам. Необходимо было максимально точно

определять положение на небе Солнца, Луны и звезд, корректно измерять так называемые астрономические постоянные – наклон эклиптики к экватору, длину солнечного, звездного года и прочее. А это, соответственно, требовало развития математики, в частности – плоской и сферической тригонометрии, а также подходящих измерительных приспособлений.

Аль-Бируни усовершенствовал основные астрономические инструменты, которыми пользовались в то время (астролябию, секстант) и сконструировал неподвижный (стенной) квадрант радиусом 7,5 метра для точных наблюдений небесных тел, непревзойденный по параметрам и эффективности на протяжении четырехсот лет.

Будучи еще совсем молодым, в 21 год ученый с исключительной точностью определил величину наклона плоскости эклиптики к экватору. Понятия «первый», «впервые» – это часто о нем. В том числе и глобус – изобретение триумфатора науки средневековья. На эксклюзивной копии земного шара диаметром пять метров с помощью построения на его поверхности сферических треугольников определялись географические координаты и расстояния между населенными пунктами. Позднее на этой основе аль-Бируни составил филигранно выверенные географические таблицы координат. Еще среди открытий – новые методы определения радиуса Земли по степени понижения горизонта при наблюдении с горы (исходя из представлений о ее шарообразной форме), долготы и широты.

Мощный интеллект и широчайший кругозор позволили аль-Бируни раскрыть многие тайны природы. Он объяснил явление утренней и вечерней зари как следствие свечения пылинок в лучах скрытого за горизонтом солнца. В области географии предложил принципиально новую гипотезу расположения морей на земной поверхности, отличную от концепции Птолемея, которой придерживались многие поколения ученых. В частности, он пришел к следующему выводу: Африка омывается океаном с востока, что делает возможным морской путь из Индии в Европу. Обосновал существование большого материка между Атлантическим и Тихим океанами, доказал, что между Азией и другой, еще неведомой землей (речь опять же об Америке) есть пролив (Беринга – Авт.), который действительно был обнаружен, правда, лишь семьсот лет спустя. Опять же он, проникавший мыслью и в недра, впервые в мире сформулировал гипотезу о движении материков, получившую развитие лишь в новейшее время, разработал рекомендации по поиску месторождений полезных ископаемых, морские приливы и отливы связал с воздействием Луны, установил, что свет распространяется быстрее звука. И этот список, касающийся географии, геологии, геодезии, в совокупности большой группы смежных наук, можно продолжать и продолжать. Как провидческих, так и актуальных открытий, принесших людям реальную пользу при жизни аль-Бируни, хватило бы на целую академию. А он, обладавший непревзойденным авторитетом, как раз и возглавлял академию, которая объединяла виднейших ученых Востока. Чтобы получить представление об уровне и статусности высокого научного сообщества, достаточно сказать, что в состав ее входил ибн Сина (Авиценна), с которым аль-Бируни вел многолетнюю переписку.

Из любопытства заглянул в Википедию: когда же в мире появилась первая академия наук? И получил ответ: «Первые научные академии возникли в Европе в XVII веке». А самая первая – в 1603 году в Италии. Академия дей Линччей была основана



аристократом графом Федерико Чези. Целью ее было изучение и распространение научных знаний в области физики.

Не берусь утверждать, что научные академические собрания при дворах хорезмийских властителей были наипервейшими, но они реально существовали и, безусловно, объединяли цвет научной мысли. Еще одно существенное уточнение: развитию этой мысли ислам отнюдь не вредил, Европу же через половину тысячелетия, будто история потекла вспять, накрыли волны инквизиции.

На Востоке было иначе. Жаль, «диалога» эпох не получилось: Запад слишком поздно познакомился с научным наследием Востока. А так, как знать, возможно, от каких-то тупиковых установок Европа и отказалась бы.

Аль-Бируни не на словах, а на деле, своим упорным трудом исповедовал принцип, сегодня формулируемый как «наука без границ». Взять хотя бы фармакологию. В незавершенном трактате «Фармакогнозия в медицине» он описал лекарственные свойства и способы применения более 880 лекарственных растений, и сделал это на санскрите, иврите, хорезмийском, арабском, тюркских – в итоге на 20 языках и диалектах разных народов. Так в науку был введен принцип интернационализации опыта и результатов исследований.

Даже в самом первом своем сочинении – «Хронология, или Памятники минувших поколений» (1000-й год) ученый предстает как исследователь широчайшего, мирового диапазона, так как собрал и описал здесь все известные системы календаря, применявшиеся у разных народов, и составил хронологическую таблицу всех эпох, начиная от библейских патриархов.

## ПРИНАДЛЕЖАЩИЙ МИРУ

Ученому несколько раз выпала перемена мест. После взятия в 995 году Кята эмиром Гурганджа и переноса в последний столицы Хорезма аль-Бируни, поддерживавший свергнутую династию Афригидов, уехал в Рей, где работал у ал-Ходжанди, затем работал в Гургане при дворе Зияридского эмира Табаристана Шамс аль-Ма'али Кабуса, которому посвятил «Хронологию...». Далее следует возвращение в Хорезм, ко двору шаха.

И вновь происходит смена режима. Наступает эпоха завоеваний султана Махмуда Газневи. В 1017 году аль-Бируни вместе с другими плененными учеными был вынужден переехать в Газну, где работал при дворе Махмуда и его преемников Масуда и Маудуда. Великий хорезмиец также участвовал в походах Махмуда в Индию, где прожил несколько лет.

Газнийский период стал самым плодотворным в жизни титана мысли. Его индийские путешествия вылились в написание фундаментального труда «Разъяснение принадлежащих индийцам учений, приемлемых разумом или отвергаемых» (1030 г.). Здесь дается полноохватное описание быта, культуры и научных достижений индийцев, их религиозно-философского мировоззрения. Сочинение изобилует ссылками на Гомера, Платона, Аристотеля, Галена, других авторов, сопоставляются индийская и исламская мысль, особенно выделяется учение суфиев как наиболее близкое к индийским теориям санхьи и йоги. А при сравнении обычаев упоминаются особенности быта славян, тибетцев, хазар, тюрков и других. Его исследование Индии до сих

пор считается образцовым, а некоторые страницы ее прошлого известны в наши дни лишь благодаря аль-Бируни.

По разным оценкам, перу Абу Райхана аль-Бируни принадлежат от 150 до 180 объемных трудов, трактатов и сочинений. А одним из самых главных считается «Канон Мас'уда по астрономии и звездам», в котором дается стройное и научно обоснованное представление об общей картине мира. Очередное посвящение властителю шахства – сыну Махмуда Масуду автор объясняет так: «Он дал мне возможность целиком посвятить остаток жизни служению науке». Так и могущественный монарх остался в истории.

Творчество аль-Бируни оказало значительное влияние на поколения ученых Ближнего и Среднего Востока. «Великим учителем и ученым» называл аль-Бируни математик и астроном XIII века Насир ад-Дин Туси, а современник, сирийский астроном, математик и врач Абу-л-Фарадж написал: «Произведения его многочисленны, совершенны и предельно надежны. Одним словом, не было ни среди его коллег в его время, ни после, вплоть до сего рубежа, ученого, более искушенного в науке астрономии и более сведущего как в ее главных положениях, так и в тонкостях». Лаконично, но не менее выразительно отозвался о своем кумире исследователь Йакут: «Время не приносило другого, подобного ему по учености и уму».

Напоследок необходимо подчеркнуть: это имя объединяет. Не только страны региона, соседствующие с родиной ученого, но и весь прогрессивный, думающий и сотрудничающий мир. Как сказал накануне празднования тысячелетнего юбилея гения бывший первый секретарь ЦК КП Таджикистана и директор Института востоковедения АН СССР доктор исторических наук, академик Бободжон Гафуров, «аль-Бируни многие страны считают своим, но он был выходцем из Хорезма, и он принадлежит всем народам».

Память о великом ученом нетленна и увековечена в мемориалах, названиях многочисленных улиц и учреждений Узбекистана, Ирана и других государств, в его честь назван лунный кратер, о нем созданы фильмы, издано множество книг. День геодезиста в ИРИ привязан именно к дню его рождения. Эта страна подарила отделу Организации Объединенных Наций в Вене Павильон персидских ученых, включающий статую аль-Бируни.

Главное же – он жив в идеях и науках, которые развивал и лелеял, в своих во многом современных трудах, читаемых легко и с увлечением, поскольку написаны доходчиво и ясно, обладают выверенной логикой, ведь их создал Учитель на века и тысячелетия.

Совсем скоро, 20–23 октября в древнем Туркестане, который с Хорезмом соединял Великий шелковый путь, пройдет VII Всемирный конгресс математиков тюркского мира с участием пятисот ведущих ученых математиков из пяти десятков стран. Его цель – расширение научного сотрудничества, содействие развитию математической науки и применению достижений математики, информационных технологий в научных исследованиях, технике и образовании. На форуме также, в свете 1050-летия нашего гениального предшественника аль-Бируни, будет обсуждена историческая тематика. О вкладе выдающегося земляка в мировую науку расскажут видные казахстанские ученые и наши коллеги из ближнего и дальнего зарубежья.

Вечная слава Учителю!

---

---

# ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 616.053.(035.3)

<https://doi.org/10.47533/2023.1606-146X.25>

**СН. А. АЛИМБАЙЕВ<sup>1,2</sup>, ЗН. С. ОРЫНБАЙ<sup>2,3\*</sup>**

*<sup>1</sup>U. Joldasbekov Institute of Mechanics and Engineering, Almaty, Kazakhstan*

*<sup>2</sup>Satbayev University, Department of Robotics and technical means of automation,  
Almaty, Kazakhstan*

*<sup>3</sup>International Educational Corporation, Almaty, Kazakhstan  
e-mail: zhansilaa@gmail.com, chingiz\_kopa@mail.ru*

## **A STUDY OF ELECTROCARDIOGRAPHIC CHANGES IN TYPE 2 DIABETES MELLITUS PATIENTS**

*Diabetes, which is known since the early I century, is an illness with a large number of types and affected people and it has become one of the global problems. From them, type 2 diabetes, which has many affecting factors, is one of the most common types of diabetes. The objective of our study is to determine the sugar levels of patients with Type 2 diabetes through a non-invasive method which does not cause infections, that is the electrocardiogram (ECG). The study lasted for two days. There were two parts of the experiment: one was carried out on an empty stomach until 8:00 on the first day, and the second one was done two hours after eating on the second day until 20:00. In order to compare the results the sugar levels of 20 women and 32 men with Type 2 diabetes were determined with an electrocardiogram and a glucometer. Data on gender, age, overweight, duration of illness, smoking habits, income, parental history of diabetes, early cardiovascular disease (CVD) was collected accordingly. The results of the study show that in patients with Type 2 diabetes the S, T, ST, QTc, QRS intervals of electrocardiogram (ECG) change and sugar levels are higher in the evening than in the morning.*

**Key words:** *type 2 diabetes mellitus, electrocardiography, electrocardiosignals, non-invasive method, cardioanalyzer.*

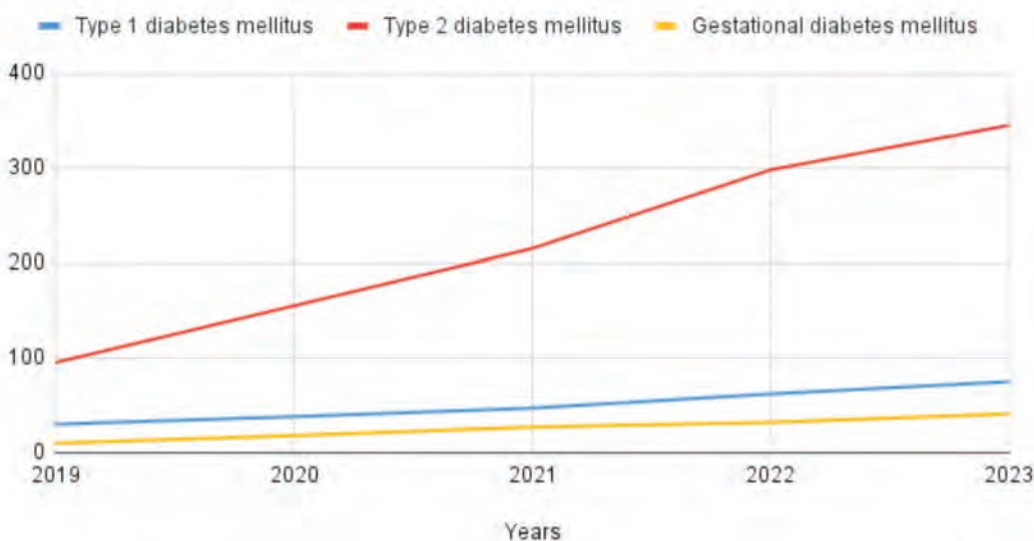
**Introduction.** Diabetes is one of the widely spread diseases worldwide and among its various types the proportion of patients with Type 2 diabetes is about 90% higher than the number of patients with Type 1 diabetes, gestational diabetes, and other types. According to previous statistics, the majority of patients with Type 2 diabetes were adults, particularly men, and citizens of sedentary countries with low incomes, but nowadays adolescents and young people are also suffering from Type 2 diabetes. According to statistical data obtained from the Almaty department of the "Republican Electronic Health Care Center", the growth rate of diabetes mellitus over the past 5 years is shown in Figure 1.

---

\* E-mail корреспондирующего автора: [chingiz\\_kopa@mail.ru](mailto:chingiz_kopa@mail.ru)

In worse cases of Type 2 diabetes, there is a high chance of patients developing diseases of the brain, kidneys, bones and joints, eyes, their nervous system, and cardiovascular system. Patients with Type 2 diabetes must keep blood sugar levels under control constantly to avoid complications. There is currently the invasive detection of diabetes in use which is done by inserting a needle or laser into the finger, wrist and abdomen, but it can cause infections and be painful for patients. The heart has a great connection to the human life conditions, hence patients with Type 2 diabetes who often have heart problems should be tested using an electrocardiogram, a non-invasive method.

### Prevalence rate per 1000 population



*Figure 1* – Dynamics of the prevalence of diabetes mellitus per 1000 population, Almaty, 2019-2023 yy.

The ECG results in patients with Type 2 diabetes show that the QRS interval moves to the left, the R indicator increases and the T indicator decreases. Cardiovascular diseases are more common among older men and smokers; also patients' behavior affects CVD [1]. In patients who have Type 2 diabetes for a long time, CVD is more common and the QTc interval is longer [2]. Patients with type 2 diabetes who also suffer from obesity, abdominal obesity, adult men and smokers develop myocardial ischemia and the ST segment changes [3]. In patients with Type 2 diabetes, smoking, albuminuria, hemoglobin, arterial hypertension and body weight indicators have an effect on changes in the Q, ST, T intervals of ECG [4-14]. In the study conducted by Holter monitor on a total of 104 patients with Type 1 and type 2 diabetes it was found that patients with Type 2 diabetes most commonly suffer from latent myocardial ischemia and silent heart ischemia than patients with Type 1 diabetes [5]. Another study with 237 patients with Type 2 diabetes, the vast majority of which were male, presented the results where the majority of patients suffer from silent heart ischemia [6]. Diabetes is the main risk

factor for CVD mortality. In patients with Type 2 diabetes mellitus, the QT interval increases according to the ECG result [7]. Patients with diabetes are more prone to diabetic peripheral neuropathy [8-15]. Various ECG myocardial infarction, ischemic disorders, left ventricular hypertrophy, atrial fibrillation are caused by Type 2 diabetes [9]. According to the study conducted in patients with Type 2 diabetes in the Amhara National Regional Public Hospitals of Ethiopia, ECG fluctuations were associated with excess weight, hypertension, duration of the disease, high income, high blood sugar on an empty stomach [10].

Taking previous research in consideration, it was found that the gender, age, duration of pain in patients with Type 2 diabetes and the possibility of the presence of cardiovascular diseases might influence the change in ECG, and there is an insufficient number of studies conducted on the population of Kazakhstan. The purpose of the study is to test Kazakhstan patients with Type 2 diabetes using ECG, taking into account individual characteristics.

**Materials and Methods.** 52 people with type 2 diabetes with an average age of 55 participated in the study. The experiment was held on Almaty citizens and the data about the patients was taken from the Almaty department of the "Republican Electronic Health Care Center". The data collected is shown in Table 1.

**Table 1** – Data about the participants with type 2 diabetes

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
female n = 20	40 < 50 n = 6	+n = 4 6	1 y < 5 y n = 15	+n = 18	+n = 3	lower n = 20	+n = 2 5
male n = 32	50 < 60 n = 27	-n = 6	5y < 10y n = 24	-n = 34	-n = 4 9	average n = 26	-n = 27
–	60 < 70 n = 19	–	more than 10 years n = 18	–	–	higher n = 6	–

Number (n), present (+n), absent (-n). I, gender; II, age; III, overweight; IV, duration of illness; V, smoking habits; VI, early CVD; VII, income; VIII, presence of type 2 diabetes in parents.

The ECG signals were registered by the PCA 83G portable cardiac analyzer made by the former professor of Satbayev University K.A. Ozhikenov's students which is shown on Figure 2 [11-12].

PCA 83G is intended to carry out screening studies in order to diagnose and monitor heart conditions. A portable cardiac analyzer can be used on an active patient to diagnose the condition of the heart.

In a portable cardiognostics system, a set of filters was used to change the relationship between their parameters depending on the signal-interference condition in the local parts of the filter to increase the efficiency of slowing down the interference in the electrocardiosignal and the resistance of ECG diagnostics systems to interference [13]. This principle of combining filters is called adaptive aggregation of filters (AAF). According to this principle, each local part of the signal (electrocardiosignal or its component) is processed by a separate filter.

To conduct this experiment, electrocardiosignals of the participants in the experiment were taken at the research center of the Department of robotics and automation tools of technology (Satbayev University) in Figure 3.



*Figure 2* – Portable cardiac analyzer used in the experiment



*Figure 3* – Participant in an experiment with an ECG with one channel electrode

To compare the ECG results in patients with type 2 diabetes mellitus, a normal sinus rhythm was used in Figure 4, obtained from the educational and methodological complex of the Kislovodsk Medical College.



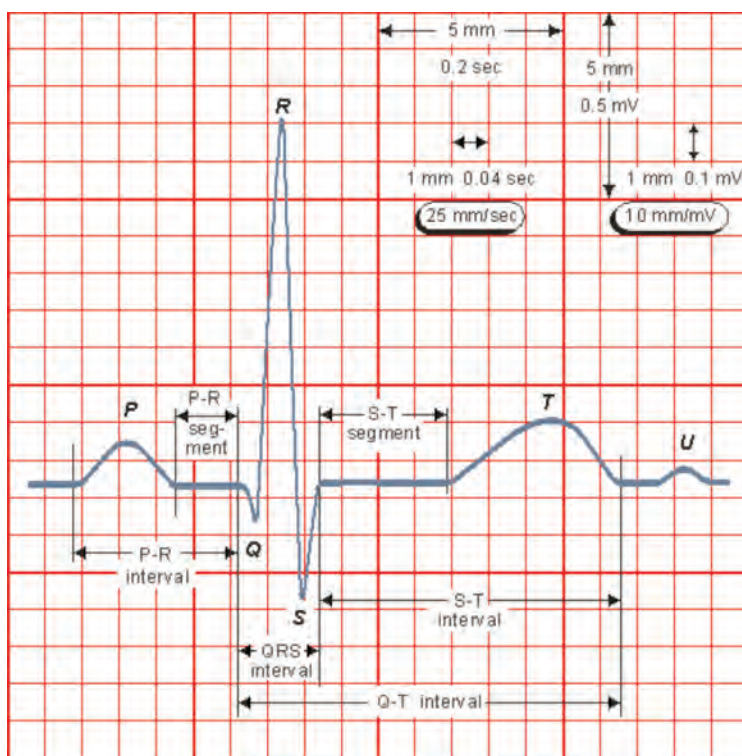


Figure 4 – Normal sinus rhythm

To compare the ECG results of the participants, a normal reading for adults and children with Type 2 diabetes shown in Table 2 was used (it was recommended by the American Diabetes Association), determining the sugar level with a traditional glucometer.

Table 2 – Normal indication for adults and children with type 2 diabetes

Time	Average indicator
On an empty stomach (before the meal)	80-130 mg/dl
1-2 hours after the meal	less than 180 mg/dl

Milligram/deciliter (mg/dl).

**Results and Discussion.** The study was conducted over two days. On the first day, the experiment was carried out on an empty stomach until 8:00 in the morning, and on the second day, the data was collected 2 hours after eating until 20.00 in the evening. Unlike previous research, in this study, participants were not given a glucose solution. Participants went through two different tests over two days. First, blood sugar levels were measured by glucometer after taking blood from the fingers of the participants, and then they had undergone the ECG procedure. The results of the experiment are summarized in Table 3.

**Table 3** – The results of the experiment held in the morning on the first day and in the evening on the second day

	<b>Participants to the experiment</b>	<b>The morning ECG results</b>	<b>The morning glucometer results</b>	<b>The evening ECG results</b>	<b>The evening glucometer results</b>
	1	2	3	4	5
I	female	S, T, QTc, ST, QRS change (18%)	80-130 mg/dl (65%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (52%)	180 mg/dl lower (35%)
	male	S, T, QTc, ST, QRS change (32%)	80-130 mg/dl(57%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (66%)	180 mg/dl lower (22%)
II	40<50	S, T, QTc, ST, QRS change (15%)	80-130 mg/dl(87%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (45%)	180 mg/dl lower (43%)
	50<60	S, T, QTc, ST, QRS change (28%)	80-130 mg/dl(68%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (52%)	180 mg/dl lower (40%)
	60<70	S, T, QTc, ST, QRS change (34%)	80-130 mg/dl(57%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (58%)	180 mg/dl lower (39%)
III	+n=46	S, T, QTc, ST, QRS change (26%)	80-130 mg/dl(55%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (39%)	180 mg/dl lower (28%)
	-n=6	S, T, QTc, ST, QRS change (24%)	80-130 mg/dl(57%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (38%)	180 mg/dl lower (29%)
IV	1 y < 5 y n=15	S, T, QTc, ST, QRS change (15%)	80-130 mg/dl(25%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (37%)	180 mg/dl lower (65%)
	5 y < 10 y n=24	S, T, QTc, ST, QRS change (28%)	80-130 mg/dl(33%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (42%)	180 mg/dl lower (53%)
	more than 10 years n=18	S, T, QTc, ST, QRS change (36%)	80-130 mg/dl(45%)S,	T, QTc, ST, QRSchange (54%)	180 mg/dl lower (35%)
V	+n=18	S, T, QTc, ST, QRS change (38%)	80-130 mg/dl(43%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (51%)	180 mg/dl lower (36%)
	-n=34	S, T, QTc, ST, QRS change (25%)	80-130 mg/dl(55%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (37%)	180 mg/dl lower (48%)
VI	+n=3	S, T, QTc, ST, QRS change (44%)	80-130 mg/dl(41%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (54%)	180 mg/dl lower (36%)



Окончание таблицы 3

	1	2	3	4	5
	-n=49	S, T, QTc, ST, QRS change (36%)	80-130 mg/dl(47%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (43%)	180 mg/dl lower (46%)
VII	lower n=20	S, T, QTc, ST, QRS change (24%)	80-130 mg/dl(50%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (41%)	180 mg/dl lower (42%)
	average n=26	S, T, QTc, ST, QRS change (22%)	80-130 mg/dl(48%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (38%)	180 mg/dl lower (44%)
	higher n=6	S, T, QTc, ST, QRS change (23%)	80-130 mg/dl(52%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (38%)	180 mg/dl lower (44%)
VIII	+n=25	S, T, QTc, ST, QRS change (27%)	80-130 mg/dl(63%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (42%)	180 mg/dl lower (35%)
	-n=27	S, T, QTc, ST, QRS change (24%)	80-130 mg/dl(61%)	S, T, QTc, ST, QRSchange (40%)	180 mg/dl lower (38%)

I, gender; II, age; III, overweight; IV, duration of illness; V, smoking habits; VI, early CVD; VII, income; VIII, presence of type 2 diabetes in parents.

According to the results obtained in the morning, the change in ECG intervals was higher in men compared to women by 14% (I), in participants aged 60<70 years by 19%, by 6% (II) compared to those aged 40<50, 60<70 years, by 2% (III) in overweight participants, by 21% for patients who are ill for more than 10 years compared to 8% (IV) of those who are ill for 1 year < 5 years, 5 years < 10 years, by 13% for smokers compared to non-smokers (V), in patients with early CVD by 8% (VI) compared to patients without CVD, by 2%, 1% for low-income compared to middle-income and high-income patients (VII), and by 3% in patients whose parents had Type 2 diabetes (VIII). And, according to the evening results, the change in ECG intervals in men compared to women was higher by 14% (I), in participants aged 60<70 years 13%, by 6% (II) compared to those aged 40<50, 60<70 years 13%, 6% (III) in overweight participants, for patients who are ill for more than 10 years by 17%, 12% (IV) compared to those who have had the disease for 1 year < 5 years, 5 years < 10 years, by 14% for smokers compared to non-smokers (V), patients with early CVD by 11% (VI) compared to patients without CVD, by 3% (VII) for low- income compared to middle-income and high-income people, and by 2% for people whose parents also suffered from Type 2 diabetes (VIII).

**Conclusion.** In conclusion, the research results show that the S, T, QTc, ST, QRS intervals in ECG changed more for male rather than female patients, adults over sixty years of age, smokers, and participants with early CVDs. Although, the participants' income, weight gain, and presence of diabetes in their parents did not have a significant impact on changes in ECG intervals, we assume that these factors might have more influence on the

occurrence of diabetes in patients. In the future we plan to do research to determine whether physical activity of the body, the types of temperament, and mental state affects the rise in blood sugar levels and the occurrence of CVD.

**Acknowledgment.** This research has been funded by the Science Committee of the Science and High education Ministry of the Republic of Kazakhstan Grant BR20280990 «Design, development fluid and gas mechanics, new deformable bodies, reliability, energy efficiency of machines', mechanisms', robotics' fundamental problems solving methods».

## REFERENCES

- 1 P. P. Harms, A. A. Heijden, F. Rutters, H. L. Tan, J. W. J. Beulens, G. Nijpels, P. Elders, "Prevalence of ECG abnormalities in people with type 2 diabetes: The Hoorn Diabetes Care System cohort," *Journal of Diabetes and Its Complications*, 2021.
- 2 V. Subashini, K. Ganesamoorthy, P. Usha, T. Ravikumar, "Cardiac Autonomic Neuropathy- An ECG Correlation in Type 2 Diabetes," *J. Evolution Med. Dent. Sci./eISSN- 2278-4802, pISSN- 2278-4748/ Vol. 8/ Issue 35/ Sept. 02, 2019.*
- 3 L. Mfeukeu-Kuate, V. A. Meyanui, A. M. Jingi, V. Ndobo-Koe, F. Mballa, M. Ntep-Gweth, M. E. Etoga, J. J. Noubiap, E. E. Sobngwi, A. Menanga, "Prevalence and determinants of silent myocardial ischemia in patients with type 2 diabetes in Cameroon: a cross-sectional study," *Volume 42, Article 41, 16 May 2022.*
- 4 M. C. T. Gregers, M. Schou, M. T. Jensen, J. Jensen, M. C. Petrie, T. Vilsbøll, J. P. Goetze, P. Rossing, P. G. Jørgensen, "Diagnostic and prognostic value of the electrocardiogram in stable outpatients with type 2 diabetes," *Scandinavian Cardiovascular Journal*, 56:1, 256-263, 2022.
- 5 D. Rokicka, A. Bożek, M. Wróbel, A. Nowowiejska-Wiewióra, A. Szymborska-Kajaneck, T. Stołtny, M. Gąsior, K. Strojek, "Identification of Silent Myocardial Ischemia in Patients with Long-Term Type 1 and Type 2 Diabetes," *Int. J. Environ. Res. Public Health* 1420, 19, 2022.
- 6 N. Zia, S. Aftab, N. I. Butt, F. Ashfaq, A. Anser, S. Saeed, "Prevalence of Silent Cardiac Ischemia in Type II Diabetes Mellitus," *Pak Heart J.* 54(02):162-166, 2021.
- 7 S. Yogesh, U. M. K. Sankar, K. Shenbagaram, R. Hanushraj, "A study of QT dispersion among type 2 diabetics attending a tertiary care hospital in Puducherry," *J. Evolution Med. Dent. Sci.*, 7(23):2773- 2776, 2018.
- 8 H. C. Wei, N. Ta, W. R. Hu, S. Y. Wang, M. X. Xiao, X. J. Tang, J. J. Chen, H. T. Wu, "Percussion Entropy Analysis of Synchronized ECG and PPG Signals as a Prognostic Indicator for Future Peripheral Neuropathy in Type 2 Diabetic Subjects," *Diagnostics (Basel)*, 10(1):32., PMID: 31936481; PMCID: PMC7168256, 9 Jan 2020.
- 9 G. Nijpels, A. A. W. A. Heijden, P. Elders, J. W. J. Beulens, H. C. W. Vet, "The interobserver agreement of ECG abnormalities using Minnesota codes in people with type 2 diabetes," *PLoS ONE* 16(8): e0255466, 2021.
- 10 D. Sinamaw, M. Getnet, M. Abdulkadir, K. Abebaw, M. Ebrahim, M. Diress, Y. Akalu, A. Ambelu, B. Dagne, "Patterns and associated factors of electrocardiographic abnormality among type 2 diabetic patients in Amhara National Regional State Referral Hospitals, Ethiopia: a multicenter institution-based cross-sectional study," *BMC Cardiovasc Disord* 22, 230, 2022.
- 11 Z. N. Alimbayeva, C. A. Alimbayev, N. A. Bayanbay, K. A. Ozhikenov, O. N. Bodin, Y. B. Mukazhanov, "Portable ECG Monitoring System," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 13(4), 2022.

12 C. A. Alimbayev, Z. N. Alimbayeva, K. A. Ozhikenov, O. N. Bodin, Y. B. Mukazhanov, "Development of Measuring System for Determining Life-Threatening Cardiac Arrhythmias in a Patient's Free Activity," February 29, 2020, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(9 (103)), 12-22, 2020.

13 C. A. Alimbayev, O. N. Bodin, K. A. Ozhikenov, E. B. Mukazhanov, Z. N. Alimbayeva, "Development of the structure of a multicomponent filter based on the principle of adaptive aggregation of filters," 2018 IEEE 12th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), Almaty, Kazakhstan, 2018, pp. 1-4.

14 A. A. Ibrahim, A. A. Wahby, I. Ashmawy, R. M. Saleh, H. Soliman, "Association of Exosomal miR-34a with Markers of Dyslipidemia and Endothelial Dysfunction in Children and Adolescents with T1DM," J Clin Res Pediatr Endocrinol., J Clin Res Pediatr Endocrinol, 2020 Nov 25;12(4):401-409, Epub 2020 Jul 13.

15 S. Edelman, F. L. Zhou, R. Preblick, S. Verma, S. Paranjape, M. J. Davies, V. N. Joish, "Burden of Cardiovascular Disease in Adult Patients with Type 1 Diabetes in the US," Pharmacoecon Open, 2020 Sep;4(3):519-528.

### **Ч. А. АЛИМБАЕВ<sup>1,2</sup>, Ж. С. ОРЫНБАЙ<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Академик *Ө. А. Жолдасбеков атындағы механика және машинатану институты,*  
Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, Роботты техника және техниканың  
автоматика құралдары кафедрасы, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup>Халықаралық Білім беру Корпорациясы, Алматы, Қазақстан  
e-mail: zhansilaa@gmail.com, chingiz\_kora@mail.ru

## **2 ТИПТІ ҚАНТ ДИАБЕТИМЕН АУЫРАТЫН НАУҚАСТАРДАҒЫ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ ЗЕРТТЕУ**

Қант диабеті ерте I гасырдан бері белгілі, түрлері және ауыратындар саны көп жаһандық мәселелердің біріне айналған ауру. Ал 2 типті қант диабеті көптеген факторлардың әсерінен пайда болатын, қант диабетінің кеңінен таралған бір түрі. Біздің зерттеудің жалпы мақсаты 2 типті қант диабеті бар науқастардың қант деңгейін инфекция тудырмайтын, инвазивті емес әдіс электрокардиограмма (ЭКГ) арқылы анықтау. Зерттеу екі күнге созылды. Бірінші күні таңғы 8:00-ге дейін аш қарынға, ал екінші күні тамақтанғаннан кейін екі сағаттан соң кешкі 20:00-ге дейін эксперимент жүргізілді. Зерттеуде 2 типті қант диабеті бар 20 әйел және 32 ер адамның қант деңгейі электрокардиограммамен және нәтижелерді салыстыру мақсатында глюкометрмен анықталды. 2 типті қант диабеті бар науқастардың жынысы, жасы, артық салмағының болуы, ауыру ұзақтығы, темекі шегу әдеті, табыс мөлшері, қант диабетінің (ҚД) ата-насында болуы, ерте жүрек-қан тамырлар ауруларының (ЖҚА) болуы туралы деректер қатар алынды. Зерттеу нәтижесі бойынша 2 типті қант диабетімен ауыратын науқастарда ЭКГ-ның S, T, ST, QTc, QRS аралықтары өзгеріске ұшырайтыны және таңғы уақытқа қарағанда кешкі уақытта қант деңгейінің мөлшері жоғарырақ болатыны анықталды.

**Түйін сөздер:** 2 типті қант диабеті, электрокардиография, электрокардиосигнал, инвазивті емес әдіс, кардиоанализатор.

**Ч. А. АЛИМБАЕВ<sup>1,2</sup>, Ж. С. ОРЫНБАЙ<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Институт механики и машиноведения имени академика У. А. Джолдасбекова,  
Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>КазНИТУ им. К. И. Сатпаева, Кафедра Робототехники и технических средств  
автоматики, Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Международная Образовательная Корпорация, Алматы, Казахстан  
e-mail: zhansilaa@gmail.com, chingiz\_kopa@mail.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА**

Диабет, который известен с начала I века, является болезнью с большим количеством типов и поражающих людей, и он стал одной из глобальных проблем. Из них диабет 2 типа, который имеет множество влияющих факторов, является одним из наиболее распространенных типов диабета. Целью нашего исследования является определение уровня сахара у пациентов с сахарным диабетом 2 типа с помощью неинвазивного метода, который не вызывает инфекций, то есть электрокардиограммы (ЭКГ). Исследование длилось два дня. Эксперимент состоял из двух частей: одна проводилась натоцак до 8:00 в первый день, а вторая - через два часа после еды на второй день до 20:00. Чтобы сравнить результаты, уровень сахара у 20 женщин и 32 мужчин с сахарным диабетом 2 типа был определен с помощью электрокардиограммы и глюкометра. Соответствующим образом были собраны данные о поле, возрасте, избыточном весе, продолжительности болезни, привычках к курению, доходах, диабете в анамнезе родителей, ранних стадиях сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Результаты исследования показывают, что у пациентов с сахарным диабетом 2 типа изменяются интервалы S, T, ST, QTc, QRS на электрокардиограмме (ЭКГ), а уровень сахара вечером выше, чем утром.

**Ключевые слова:** сахарный диабет 2 типа, электрокардиография, электрокардиосигнал, неинвазивный метод, кардиоанализатор.

**Y. AMIRGALIYEV<sup>1</sup>, B. KADYROV<sup>2\*</sup>, N. KHLIFA<sup>3</sup>, C. KENSHIMOV<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Information and Computing Technologies, Almaty, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Suleyman Demirel University, Kaskelen, Kazakhstan*

<sup>3</sup>*Higher Institute of Medical Technologies of Tunis, Tunis, Tunisia*

## **AUTHENTICITY DETECTION OF EYE IMAGES USING DEEP LEARNING TECHNOLOGY IN ONLINE EXAMS**

*The use of online education technologies is one of the most effective ways to achieve the universal goal of quality education throughout life for the sustainable development of UNESCO. During the writing of the article, the features that have appeared in the field of application of online exam technologies will be described. The existing forms, methods and tools for conducting the exam in an online format, their potential and risks are analyzed. Attention is drawn to the fact that the methods and tools used for conducting online control have disadvantages, such as significant costs in organizing proctoring and difficulties in assessing one of the student's key competencies, namely, readiness to use systematized theoretical and practical knowledge to formulate and solve research problems.*

*This research introduces an innovative proctoring system that harnesses deep learning techniques, specifically the Yolo algorithm. The primary objective of this system is to accurately detect the eyes of the exam-taker by utilizing a standard web camera as the sole input source. The obtained results from the deep learning model are subsequently subjected to processing through the Cascaded Haar Classifier to yield a definitive outcome. The proposed approach demonstrates considerable proficiency in discriminating between authentic exam-takers and static images, achieving a notable level of accuracy. Leveraging the capabilities of deep learning in conjunction with the cascaded classifier enables real-time eye detection and localization within images or video frames, thereby establishing the proctoring system as a reliable and effective solution for ensuring academic integrity during online examinations.*

**Key words:** *Distance learning technologies, online examination, eye tracking, YOLO, Darknet Framework, Cascaded Haar Classifier, Proctoring system.*

**Introduction.** Since mid-March 2020, Moscow universities have switched to distance learning due to the high-readiness regime in the conditions of the spread of coronavirus [1]. This situation was a definite challenge to Russian higher education, a test of its ability to quickly adapt to the remote form of work. Distance learning technologies have been used in teaching for more than a year, students and teachers have personal offices, mail, electronic space in the unified educational system of their university for placing educational materials, testing, attaching completed assignments, practical work. However, this format of work is not comprehensive, it is used by teachers as necessary, in particular, to build an individual trajectory of education of a particular student, study group. Therefore, the promptness with which both teachers and students joined the online format of seminars, practical classes, lectures, allows us to conclude about the flexibility of our educational system, about significant developments in the field of digitalization of education.

The most pressing issue today is the issue of student certification, conducting current and final control. So, in the current conditions, the rectors of Russian universities spoke out for the willingness of universities to hold the session remotely [2].

---

\* E-mail корреспондирующего автора: [1202107003@stu.sdu.edu.kz](mailto:1202107003@stu.sdu.edu.kz)

And then the point-rating evaluation system comes to the fore, which allows you to evaluate the current work in accordance with the technological map of the discipline, and at the end, according to the results of the exam or test, to put a final grade. This is a convenient tool in the hands of a teacher. Discussions, discussion of essays, analytical notes, reports and practical classes can be organized during the semester in the format of webinars, and students can send calculation and graphic works, essays, summaries of articles to the teacher for verification by e-mail or attach assignments in their personal cabinets. This allows you to do, for example, the Microsoft Teams program, in which work, in particular, teachers of Moscow State Pedagogical University. MADI, RANHIGS and other universities of the capital.

The written form of the exam in the conditions of distance learning provides for students to attach documents with answers to the «Tasks» cell of MS Teams, Moodle, Zoom or send them by e-mail to the teacher. The advantage in the organization of the written exam is the possibility of checking the originality of the materials sent by the student through the «Anti-Plagiarism» system, the disadvantage is the lack of supervision of the examinee during the assignment, which does not allow to unambiguously determine who exactly performed the issued written assignment. [5]

The final chord is a test or exam, and here the question arises about how to conduct them in an online learning environment. But if teachers agree to set a credit for a discipline on the scale of a point-rating evaluation system, in which, for example, the condition for obtaining a credit is 60 points or more scored by a student while working in a semester, then it is problematic to set an exam grade without an exam. After all, the exam is the stage of control that allows you to assess the depth of a student's knowledge, his scientific outlook and the ability to apply theoretical material in practice. This article raises the problem of conducting an online exam, analyzes the existing forms, methods and tools of its implementation, their potential and disadvantages, and also offers methodological recommendations for conducting the exam in an online format.

The present investigation employs a set of fundamental tools for proctoring purposes, encompassing identity verification of exam participants, the prohibition of additional web browsers, and the monitoring of student behavior. These sophisticated programs facilitate the administration of examinations in remote settings, enabling students to partake in assessments from their own homes via personal computers. The utilization of the YOLO (You Only Look Once) model in conjunction with a well-trained model enables real-time localization and extraction of the eye regions from the exam-taker's visual feed.

Proctoring technologies serve as invaluable aids to educators in identifying areas of least comprehension among students and subsequently directing their attention during subsequent instructional sessions to address these specific deficiencies. A key characteristic of the proctoring system lies in its primary function, which is not centered on individual identification but rather focuses exclusively on analyzing the exam-taker's movements throughout the assessment process. Should a user's face deviate from the authorized trajectory, resulting in a loss of fixation, the system promptly issues a warning message to the individual.

As an outcome of incorporating the proctoring system, the instructor receives a comprehensive summary report containing crucial data on student behavior, which plays a pivotal role in the determination of assessment outcomes. Leveraging a combination of pertinent features, such as the duration of examination, frequency of authentic violations,



and occurrences of suspicious behavior, the teacher gains the ability to construct a comprehensive overview of the entire task completion process[6]. This information aids the instructor in making informed decisions regarding the evaluation and enrollment of examination results.

The objective of this study was to construct a liveness detection model for online exams, employing computer vision techniques. To accomplish this aim, a dataset of approximately 4000 images of exam-takers was curated and utilized in training a model, integrating the YOLO (You Only Look Once) and Darknet Frameworks. The determination of the model's optimal weight was predicated on the calculation of the Mean Average Precision (mAP). Specifically, the model was trained to focus on the eye region of the exam-taker and subsequently predict whether the individual under examination was a genuine person or merely represented by an image.

**Literary review.** «High-quality online exams can no longer be considered a second-rate way of learning. They form students competencies no worse than face-to-face classes», said **Igor Chirikov**, head of the study, senior researcher at the University of California Berkeley and associate fellow at the HSE Institute of Education.

Most likely, the transition to an online format of higher education will be accelerated. The current situation caused by the Covid-19 pandemic has actually become a forced live experiment in this transition.

“We see that universities have adapted much faster in this situation, which have made better progress in creating and using online exams,” says Chirikov. And the national platform with online courses from leading universities, in their opinion, gave Russia a great advantage for the rapid transfer of universities online.

“Now it is especially important to invest in the creation of advanced online platforms, interactive online content and the development of new teaching methods,” says Igor Chirikov. This will expand access to quality education without significant additional costs and ensure the flexibility of student trajectories. In addition, it will help to prepare for various unforeseen situations, such as the coronavirus epidemic that has affected the whole world.”[2]

Firstly, students can pass certification within e-courses, and there are now more than 1.2 thousand of them in TPU in a variety of disciplines. An external proctoring system is supposed to be used here — this is a system for monitoring and controlling remote testing, such technologies are used in many of the world's leading universities. Such a scheme is more suitable, of course, for an intermediate assessment of student success.

TPU also has its own platform for evaluating the results and competencies of students. On it, students will be able to perform tasks in the format of computer testing. The correctness of the answers is checked automatically. We are now also connecting a proctoring system to this platform. Examination tickets of the traditional form will also be placed on it. Students will upload answers to the questions directly to the teacher or discuss them at the webinar. Teachers will be at their workplaces, and students will be in dormitories or at home. This option ensures transparency of the procedure for the administration and students, and we recommend it to teachers who do not have exam tickets in the test form.

Admission of exams, tests, defense of course projects and works, practices in traditional oral form will also be organized through webinars. In the process, the student's identity

will be identified, possible violations will be monitored, and the exam protocol will be maintained.

Teachers and heads of their departments will decide which of these schemes to choose, depending on their needs. Everything is flexible here [3].

Due to the transition of the educational process to a remote format at the K.A. Timiryazev RGAU-MSHA in the process of online exams, including state exams, it became necessary to ensure a high level of reliability and reliability of the diagnosis of educational results, for which proctoring was used. Even before the full transition to distance learning at the university, key provisions on the implementation of e-learning and the use of distance learning technologies in the implementation of educational programs were approved, including recommendations for the admission of current exams have been developed, term papers, student debts and the organization of the state final certification using information and communication technologies.

At the Faculty of Humanities and Pedagogy of the FSUE About 140 full-time teachers work at the RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev, who had to take exams in such an unusual format. More than 70% of teaching staff noted that during the certification procedures, some students tried to violate the requirements and recommendations of local regulations acts of the university related to the implementation of e-learning and DOT. Note that in the presence of an auto-proctoring system, this percentage could be much lower, since the automated system is much more objective [5].

**Method and materials.** The security of facial recognition systems is becoming increasingly important as the technology becomes more widely used. Fake faces, for example, created from images or video clips of people, can be used to deceive facial recognition algorithms[7]. As a result, a real face recognition system usually includes a face liveness detection module that can distinguish a fake face from a real one. The determination of the liveliness of the face has aroused great interest, and many studies have been proposed. A real face has a three-dimensional structure in the physical world, while a fake face from a photo or video is a two-dimensional plane. The image of a fake face just seems to be a mirror image and has some degree of shape deformation compared to the image of a real face. It is impossible to distort the color and lose any important information during the second shooting.

The objectives of the proposed work are the following:

- Implement a reliable facial liveness detection system to detect fake attacks.
- Distinguish between a legitimate and illegitimate subject during the exam.
- To determine the photo image and the real face of the subject during the exam.

There are different methods used by different researchers to detect fraud. Some of the efforts made by the researchers are as follows:

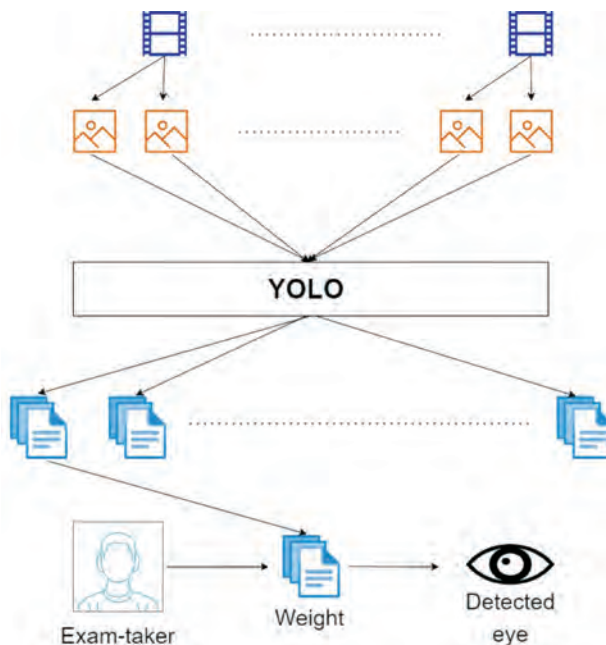
This section aims to furnish comprehensive insights into two key aspects of the present research: the dataset utilized and the architecture of the employed deep learning model. Pertaining to the dataset, a thorough account will be provided regarding the source of the images, the total quantity of images included, the specific attributes characterizing these images, and the meticulous labeling procedure employed. Furthermore, we shall present statistical analyses outlining the distribution of classes within the dataset.

Furthermore, we will delve into a detailed discourse concerning the rationale underlying the choices made in dataset selection and model architecture. We will elucidate the series



of experiments conducted to rigorously evaluate the performance of distinct architectures and hyper parameters. The intention is to establish a comprehensive understanding of the decisions made during the course of this study, as well as to determine the efficacy of the adopted strategies.

**Proposed method.** To realize our goal of developing a robust proctoring system with a stringent emphasis on accuracy, a diverse array of methodologies was harnessed throughout this investigation. To facilitate this, a sequence of experimental procedures was conducted, commencing with the curation of a bespoke dataset. Subsequently, the decision was made to employ the YOLO algorithm in synergy with the Darknet Framework for the training of our deep learning model. Additionally, during the testing phase, the Cascaded Haar Classifier was incorporated to refine the predictive outcomes. The complete sequence of operations undertaken in this study is visually depicted in Figure 1.

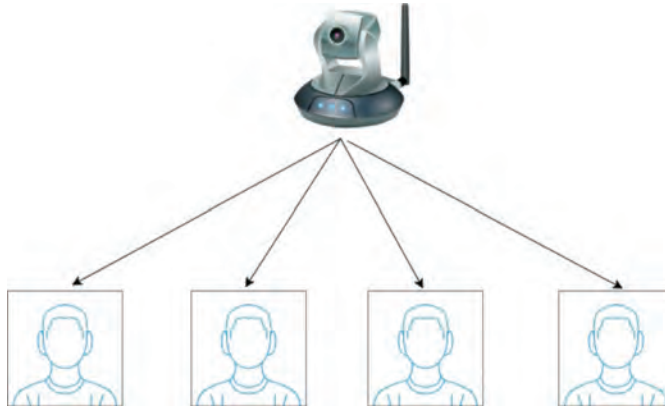


*Figure 1* – Yolo learning process using Darknet framework

**Dataset.** To facilitate our experimentation, a dataset was required for training a deep-learning model, specifically designed to discern and localize the eyes of exam-takers. Although there exist publicly accessible datasets within the research community, they did not conform to our specific criteria aimed at simulating examination conditions accurately. For robust testing accuracy, it was imperative to obtain a dataset comprising images of individuals captured by a web camera at a close distance of approximately 50cm.

Regrettably, several available datasets for eye tracking were acquired using professional-grade cameras or from considerable distances, thereby rendering them unsuitable for our intended objectives. Consequently, we deemed it necessary to curate our own dataset, custom-tailored to meet the desired requirements. To this end, we enlisted the participation

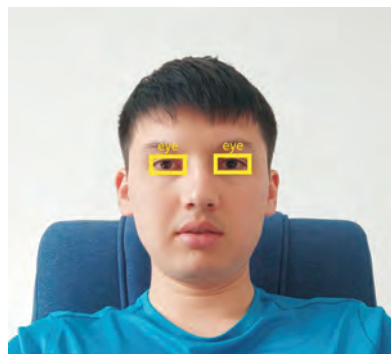
of eighty volunteers, each recorded through a webcam-equipped notebook for video capture, with a duration of approximately 25 to 30 seconds per video. In an effort to ensure temporal consistency among the images, our aim was to extract four images from each one-second video segment. Ultimately, this data collection process yielded an assemblage of over 4000 images (Figure 2).



**Figure 2** – A set of four images was extracted from each one-second segment of video capture.

**Used deep learning models and Training process.** For training our model, we employed the YOLO algorithm, which stands for “You Only Look Once.” YOLO represents an intelligent convolutional neural network (CNN) designed specifically for real-time object detection tasks. This algorithm adopts a unique approach by employing a single neural network to process the entire image and subsequently divides the image into regions to predict the respective bounding boxes and associated probabilities for each region.

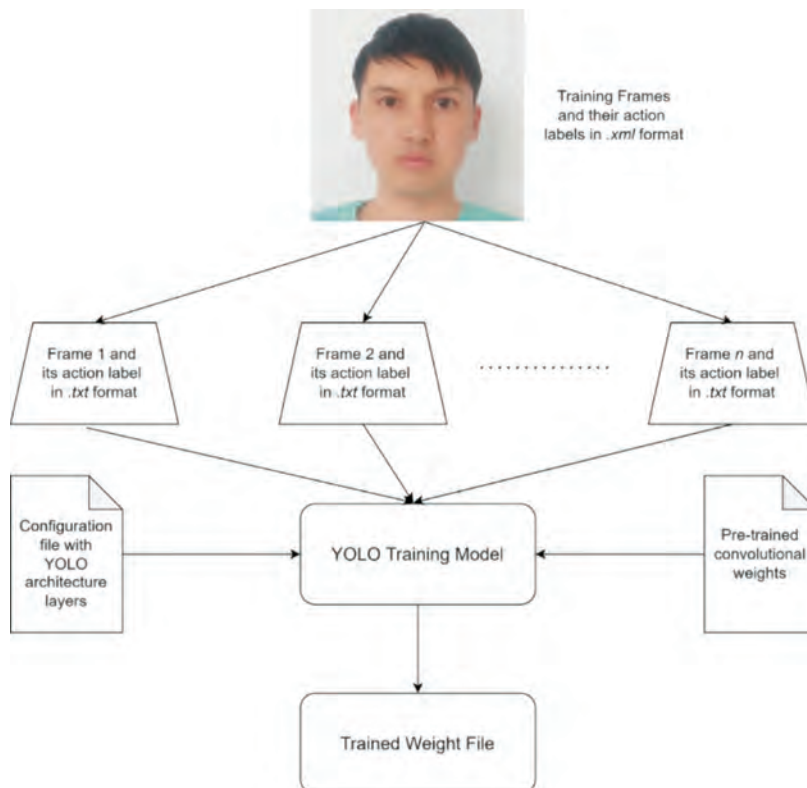
To obtain the desired predictions, we trained the YOLO algorithm using our custom dataset. To facilitate this process, each image in the dataset was meticulously labeled using the LabelImg software, as depicted in Figure 3. LabelImg is a graphical image annotation tool, coded in Python and featuring a user-friendly GUI built on the Qt framework. This software facilitated the task of annotating the images by defining the regions of interest required for training the YOLO model effectively.



**Figure 3** – Labeled image using LabelImg software

Within our dataset, a singular labeled class named “eye” was meticulously generated. This particular label served the purpose of both training the model and subsequently detecting the eyes of the exam-taker during the testing phase.

Once the process of labeling the images was successfully completed, we proceeded to train our model employing the Darknet platform. The training process was conducted on a laptop equipped with a 9th generation Intel i7-9750H processor, a GeForce GTX 1650 graphics card featuring 4GB memory, and 32GB DDR RAM (as depicted in Figure 4). This computational setup provided the necessary resources to carry out the training of the deep learning model effectively.



**Figure 4** – Yolo learning process using Darknet framework

Darknet is an extensively employed open-source framework renowned for its proficiency in executing neural networks at a high level of performance. Its development was undertaken through the utilization of C and CUDA programming languages, endowing it with compatibility for both Central Processing Units (CPUs) and Graphics Processing Units (GPUs). This characteristic renders Darknet a flexible and adaptable option for sophisticated implementations of deep neural networks. Notably, Darknet encompasses various advanced applications of deep learning, including the real-time object detection capability provided by the You Only Look Once (YOLO) algorithm, ImageNet classification, and Recurrent Neural Networks (RNNs), among others.

**Testing process and accuracy metrics.** Before commencing the training process, the dataset was divided into two distinct subsets: 80% allocated for training purposes and the remaining 20% reserved for testing. The test dataset played a crucial role in assessing the accuracy of the trained models and subsequently determining the optimal model for selection.

In order to evaluate the effectiveness of object detection, we employed the Mean Average Precision (mAP) metric. This widely-used evaluation metric is also known as Average Precision (AP) and finds extensive application in various domains, including document/information retrieval and object detection tasks (as illustrated in Figure 5). The choice of mAP was predicated on its ability to provide a comprehensive assessment of the model’s performance by computing the average precision across multiple classes and multiple detection outcomes, thereby offering a robust evaluation of object detection accuracy.

$$mAP = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{k=n} AP_k$$

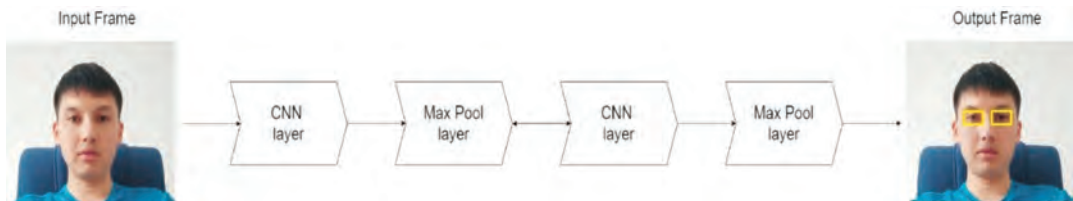
**Figure 5** –  $AP_k$  = the AP of class k and n = the number of classes

In order to prevent overfitting and to discern weights that exhibited superior accuracy, we employed the Mean Average Precision (mAP) metric across all scales. The outcomes of this analysis are presented in Table 1.

**Table 1** – Eight different weights with percentages

	Weights							
Percentage	Weight 1	Weight 2	Weight 3	Weight 4	Weight 5	Weight 6	Weight 7	Weight 8
	85.17 %	84.21 %	89.59 %	92.28 %	85.27 %	69.45 %	72.36 %	64.21 %

Upon a thorough evaluation of the generated models, it was observed that weight number four demonstrated the highest accuracy, achieving an impressive performance of 92.28%. This noteworthy outcome serves as a testament to the suitability of our curated dataset for the precise task of eye tracking. Furthermore, Figure 6 illustrates corroborating results that reinforce the efficacy of our dataset in facilitating accurate eye tracking. The remarkable accuracy achieved by the model trained with weight number three provides further evidence of the dataset’s efficacy in enabling precise and reliable eye tracking capabilities.

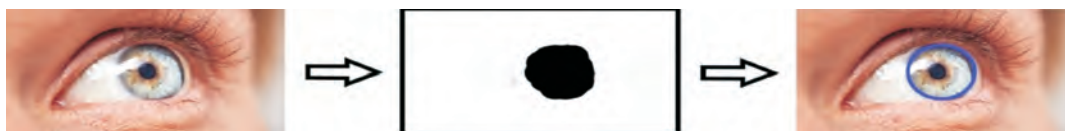


**Figure 6** – Testing process

**Iris detection with the Cascade Classifier.** In the subsequent phase, we employed image processing techniques, particularly the Cascade Classifier with OpenCV, to facilitate iris detection. Notably, one of the well-regarded iris recognition algorithms, namely “haarcascade,” was utilized. This algorithm is recognized for its computational efficiency, expeditious processing, and commendable accuracy.

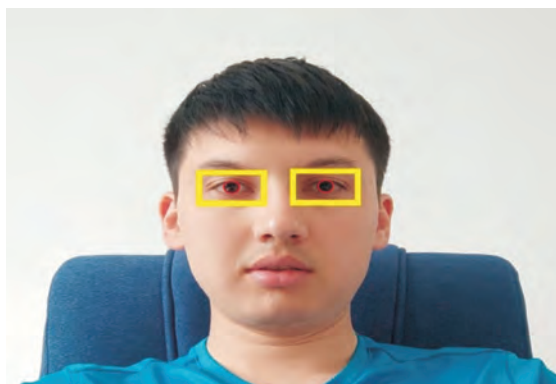
The Cascaded Haar Classifier, as a machine learning classifier, operates based on Haar functions and is encapsulated within the `cv2.CascadeClassifier` class. OpenCV is bundled with several XML files, each housing Haar functions tailored for diverse objects. These Haar functions function analogously to feature maps within conventional convolutional neural networks (CNNs). In essence, they compute features for numerous image regions, summing pixel intensities and subsequently computing the differences between these sums. Consequently, an image-downsampling process generates a simplified feature map that serves as a basis for detecting patterns within images. In our context, we utilized the “haarcascade\_eye.xml” file for iris detection.

In order to optimize the speed and precision of iris detection, we capitalized on the output generated by the YOLO algorithm, which had already identified the eye regions in the images. Concretely, we extracted the eye regions from the original frames, converted them to grayscale, and then applied the Haar-cascade classifier XML file to detect the iris. The schematic representation of this approach is depicted in Figure 7. This method enabled us to efficiently and accurately detect the iris in the images, consequently enhancing the overall performance of our model.



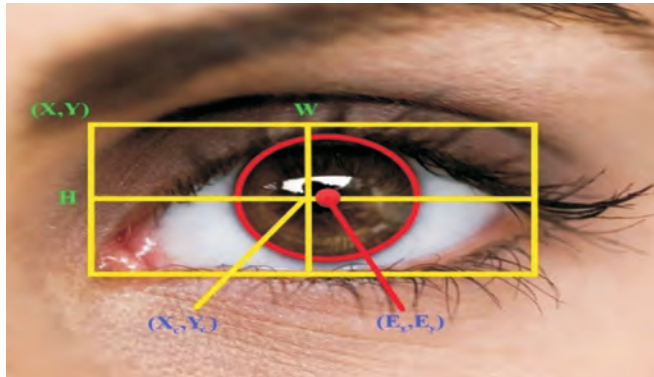
*Figure 7 – Iris detection*

Consequently, we integrated the outcomes obtained from YOLO with image processing techniques, which yielded a novel result encompassing iris detection. The visualization of this outcome is displayed in Figure 8.



*Figure 8 – Final result*

At present, we have successfully obtained the precise coordinates of both the eyes and the iris. The graphical depiction of this outcome is illustrated in Figure 9.



**Figure 9** – Eye and iris coordinates.  $(X, Y)$  are the top coordinates of the eye region.  $W$  is the width of the eye and  $H$  is the height of the eye.  $E_x$  and  $E_y$  are the midpoint coordinates of the iris.  $(X_c, Y_c)$  are midpoint of eye region.

Using existing coordinates we can easily calculate  $X_c, Y_c$ .

$$X_c = X - \frac{H}{2} - \frac{H}{2} \quad Y_c = Y + \frac{W}{2} + \frac{W}{2}$$

With the acquired coordinates of both the eyes and the iris, we are now able to compute the distance between the midpoint of the eye region and the iris.

$$D = \sqrt{(E_x - X_c)^2 + (E_y - Y_c)^2}$$

**Results.** Liveness Detection of survivability is a method of verifying that a person is really present, and not just from a photo or video. This is a common tool used in security applications, for example, to prove that someone is who they say they are.

In our fast-changing, constantly connected world, security is more important than ever. The number of online attacks and cyber-scams is only growing and becoming more dangerous: According to a report by the FTC Consumer Sentinel Network, the number of reported identity thefts doubled from 2019 to 2020 and is expected to grow in the coming years[8]. That's why more and more companies are turning to liveness detection as a means of protecting their data and building trust between the company and its customers.

Liveness detection can also be used as a way to verify the identity of the user who logs in. This is especially important for sensitive systems, such as those used by banks or other financial institutions.

At this stage, we possess the capability to compute the distance between the midpoint of the eye region and the iris for every frame extracted from the real-time video. By monitoring these distances over a specific duration, typically 15-20 seconds, we can ascertain whether the video depicts a genuine individual or merely a static photo in front of the web camera. This determination is based on the observation that the facial features and iris of a real



person are subject to constant changes, thereby leading to fluctuations in the coordinates and distances between the eye region and the iris. Conversely, a static image would exhibit minimal alterations in these coordinates and distances over the designated time period, consequently signifying its non-live nature.

In order to assess the efficacy of our proposed solution, we conducted extensive testing involving a sample of more than 200 volunteers. The results of our method demonstrated an impressive accuracy of 91.8% in detecting images of exam-takers. This outcome substantiates the effectiveness of our approach, affirming its suitability for real-world application.

**Discussion.** This research capitalizes on deep learning methodologies and a pre-trained model to achieve real-time detection of eye regions. Leveraging deep learning in this context presents a highly effective means of processing vast datasets, rendering it a well-suited approach for the task at hand. Moreover, the augmentation of our dataset through additional data collection facilitates enhanced model training, thereby potentially elevating its performance and precision. Additionally, the comparative evaluation of the collected data in tandem with other deep learning techniques affords valuable insights, aiding in the selection of the most appropriate and optimal approach.

In the current era of the 21st century, ensuring adherence to academic ethics has emerged as a paramount priority in establishing a conducive and proficient educational environment. Consequently, novel technologies are being actively developed and integrated to curtail practices that contradict the fundamental principles of academic integrity, particularly in the context of distance learning[9]. These technological advancements aim to minimize instances of academic misconduct, ultimately fostering a more robust and trustworthy educational landscape.

Upon examining international practices, it becomes evident that a promising approach to address this matter is through the implementation of proctoring functions. Proctoring solutions offer the capacity for educational institutions to conduct remote monitoring and supervision of participants during online examinations. By leveraging proctoring technologies, administrators can establish a secure examination environment, effectively deterring and deterring instances of academic dishonesty among students.

One of the key advantages of proctoring technologies is their ability to facilitate online exams for students regardless of their geographical location. This flexibility empowers students to undertake examinations from anywhere in the world, thereby promoting academic integrity as they are consciously aware of being under artificial surveillance. Consequently, the presence of proctoring technology instills a sense of accountability and encourages students to maintain an atmosphere of academic honesty, thereby minimizing unnecessary disruptions during exams.

**Conclusion.** It is important to acknowledge that no existing automatic proctoring system can ensure complete immunity against deceptive behaviors. The primary objective of such systems is primarily geared towards establishing an environment in which devising dishonest tactics becomes futile, encouraging students to channel their efforts into thoroughly acquainting themselves with course lectures and study materials in preparation for examinations.

The scientific novelty of this article lies in its exploration of the potential integration of proctoring system capabilities within domestic educational practices. The study's theoretical and practical significance is manifested through the examination of theoretical frameworks and practical mechanisms for implementing a proctoring system as a means of conducting remote exams.

In this research, we devised an online proctoring system by deploying a deep learning model and the Cascade Classifier technique. The resulting system demonstrates a remarkable capability to accurately predict whether the exam taker is a genuine individual or a mere image. The seamless integration of this system with any online examination platform empowers educators with a valuable tool to uphold the integrity of the examination process. The synergistic utilization of deep learning and Cascade Classifier technologies empowers the system to efficiently identify and localize the eyes within image or video frames in real-time, thus presenting a dependable and effective solution for online proctoring.

Acknowledgment. This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, Grant AP14871625.

## REFERENCES

1 Order of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation of March 14 2020 №397 «On the organization of educational activities in organizations implementing educational programs of higher education and relevant additional professional programs, under warning conditions the spread of a new coronavirus infection in the Russian Federation» [Electronic resource]

2 Vasilyeva A. The student's hands should be visible on the screen [Electronic resource] // Newspaper «Kommersant» from 04.04.2020

3 Dodonov B.M., Borisov S.V., Artemyeva T.L., Mashkin A.L. Electronic learning complex in theoretical mechanics on the MOODLE platform (from project to course) // Man and the Universe. 2019.

4 Sorokova M.G. Digital educational environment of the university: who is more comfortable in her to study? // Psychological science and education. 2020. Volume 25.

5 Enikolopov S.N., Boyko O.M., Medvedeva T.I., Vorontsova O.Y., Kazmina O.Y. Dynamics of psychological reactions at the initial stage of the COVID-19 pandemic [Electronic resources] // Psychological and pedagogical research. 2020. Volume 12.

6 Starodubtsev V.A., Sitnikova O.V., Lobanenko O.B. Online course content optimization based on user activity statistics // Higher education in Russia. 2019.

7 Gromyko Y.V. Davydov-the founder of the activity practice of education // Psychological science and education. 2020.

8 Bloom B.S. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Handbook I, cognitive domain. New York: Longman. 1956. 207 p.

9 Chenqiang Gao, Xindou Li, Fengshun Zhou, Song Mu, «Face Liveness Detection Based on the Improved CNN with Context and Texture Information», Chinese Journal of Electronics (6.11.2019).



**Е. ӘМІРҒАЛИЕВ<sup>1</sup>, Б. ҚАДЫРОВ<sup>2</sup>, Н. ХЛИФА<sup>3</sup>, С. КЕНШІМОВ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ақпараттық және есептеу технологиялары институты, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Сүлейман Демирел Университеті, Қаскелең, Қазақстан

<sup>3</sup>Тунис жоғары медициналық технологиялар институты, Тунис

## **ОНЛАЙН ЕМТИХАНДАРДА ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП КӨЗ КЕСКІНДЕРІНІҢ ШЫНАЙЫЛЫҒЫН АНЫҚТАУ**

ЮНЕСКО-ның тұрақты даму аясында сапалы білім берудің әмбебап мақсатына жетуде білім берудің онлайн технологиялары тиімді болып табылады. Мақалада онлайн емтихан технологияларын қолданудағы ерекшеліктер сипатталады. Онлайн форматтағы емтихан жүргізудің қолданыстағы формаларына, әдістері мен құралдарына талдау жасалып, оларды қолданудағы мүмкіндіктері мен келеңсіз жақтары сипатталады. Онлайн бақылауды жүргізудің қолдану әдістері мен құралдарының кемшіліктері ретінде олардың сынақ кезіндегі көп уақыт шығыны мен оқушылардың зерттеу есептерін шешудегі олардың негізгі жүйелі білімдері мен дағдыларын бағалауды ескеру мүмкіндіктерінің күрделілігі сипатталады.

Бұл жұмыста терең оқыту технологиясы ретінде ұсынылған Yolo алгоритміне негізделген инновациялық прокторинг жүйесі келтірілген. Жүйенің негізгі мақсаты жалғыз сигнал көзі ретінде стандартты веб камерасын қолдана отырып емтихан тапсырушының көзін бақылау және тану. Терең оқыту моделінде алынған нәтижелер қорытынды шешім алу мақсатында Хаар каскадтық классификаторы арқылы өңделеді. Ұсынылған әдіс жоғарғы дәлдікпен емтихан тапсырушының көзінің шынайы кескінінің тұрақты кескіннен айырмашылығын анықтап береді. Терең оқыту технологиясын каскадты классификатормен үйлестіре қолдану мүмкіндігі нақты уақыт режимінде ұсынылған кескіндегі немесе видеокадрларда емтихан тапсырушының көзінің шынайы кескінін дәл тануға мүмкіндік береді, ал ол кезегінде онлайн емтихан кезінде академиялық адалдықты сақтау мақсатында прокторинг жүйесіннің тиімділігін және сенімділігін білдіреді.

**Түйін сөздер:** қашықтан оқыту технологиясы, онлайн-емтихан, айтрекинг, Yolo, Darknet Framework, Хаар каскадты классификаторы, прокторинг жүйесі.

**Е. АМИРҒАЛИЕВ<sup>1</sup>, Б. КАДЫРОВ<sup>2</sup>, Н. ХЛИФА<sup>3</sup>, С. КЕНШИМОВ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Университет Сулеймана Демиреля, Каскелен, Казахстан

<sup>3</sup>Высший институт медицинских технологий Туниса, Тунис

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДЛИННОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ГЛАЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В ОНЛАЙН-ЭКЗАМЕНАХ**

Использование технологий онлайн-образования является одним из наиболее эффективных способов достижения универсальной цели качественного образования в рамках устойчивого развития ЮНЕСКО. В работе описаны особенности, появившиеся в области применения технологий онлайн-экзаменов. Анализируются существующие формы, методы и инструменты проведения

экзамена в онлайн-формате, их потенциал и риски. Обращается внимание на то, что методы и инструменты, используемые для проведения онлайн-контроля, имеют недостатки, такие как значительные затраты на организацию прокторинга и сложности в оценке одной из ключевых компетенций обучающегося, а именно готовности использовать систематизированные теоретические и практические знания для формулировки и решения исследовательских задач.

В этой работе представлена инновационная система прокторинга, в которой используются методы глубокого обучения, в частности алгоритм Yolo. Основная цель этой системы — используя стандартную веб-камеру в качестве единственного источника входного сигнала, точно распознавать глаза экзаменуемого. Полученные результаты в модели глубокого обучения впоследствии подвергаются обработке с помощью каскадного классификатора Хаара для получения окончательного результата. Предлагаемый подход демонстрирует значительную способность и точность различения изображения подлинных экзаменуемых и статичные изображения. Использование возможностей глубокого обучения в сочетании с каскадным классификатором позволяет в режиме реального времени обнаруживать и локализовать глаза на изображениях или видеокдрах, тем самым делая систему прокторинга надежным и эффективным решением для обеспечения академической честности во время онлайн-экзаменов.

**Ключевые слова:** технологии дистанционного обучения, онлайн-экзамен, айтрекинг, YOLO, Darknet Framework, каскадный классификатор Хаара, система прокторинга.

**А. С. БАЙМАХАНОВА<sup>1\*</sup>, К. М. БЕРКИМБАЕВ<sup>1</sup>, А. К. ЖУМАДИЛЛАЕВА<sup>2</sup>,  
Э. Т. АБДРАШОВА<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,  
Түркістан, Қазақстан*

<sup>2</sup>*Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан*

<sup>3</sup>*Мұқтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті,*

*Шымкент, Қазақстан  
aygerim.baymakhanova@ayu.edu.kz*

## **DEEP LEARNING АЛГОРИТМДЕРІН ҚОЛДАНУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ**

*Терең оқыту – бұл машиналық оқытудың зерттеу саласы (machine learning-ML). Терең оқыту әдістемесі үлкен дерекқорларда сызықтық емес түрлендірулердің жоғары деңгейлі үлгі абстракцияларын қолданады. Басқада салаларда терең оқыту архитектурасын енгізу жасанды интеллекттің дамуына айтарлықтай үлес қосуда. Бұл мақалада терең оқытудың жаңа қолданбалы алгоритмдері туралы соңғы зерттеулер ұсынылған. Терең оқытуда конволюционды нейрондық желіні пайдаланылуы көрсетіледі. Мәліметтер қорын басқару жүйесі – PostgreSQL объектінің реляциялық дерекқоры.*

*Жүзеге асыру нәтижесінде алға қойылған мақсаттар мен міндеттерге қол жеткізілді. Мақалада кірістерді талдау әдістері қарастырылады, машиналық және терең оқыту арасындағы айырмашылықтар сипатталған, сондай-ақ терең оқыту алгоритмдерінің бірін, атап айтқанда жестілеу тілінің кескіндерін білдіретін кескіндерді жіктеу үшін логистикалық регрессияны қолдану мысалын енгізу келтірілген. Терең нейрондық желілердің альтернативті тәсілдерге қарағанда қол жетімді деректердің барлық жиынтығымен жұмыс істей алады. Оқыту үрдісінде нейрондық желінің өзі деректердегі қандай белгілер маңызды және қандай белгілер керек болмайтынын анықтайды. Жасанды нейрондық желілер адамдардың болжай алмайтын белгілерін болжай алады. Сондықтан терең нейрондық желілердің көмегімен машиналық оқытудың дәстүрлі алгоритмдері орындай алмайтын міндеттерін шеше алады. Тексеру негізінде қол жеткізуді басқаруды басқару жүйесін құрылады.*

***Түйін сөздер:** терең оқыту, әдістеме, жасанды интеллект, машиналық оқыту, нейрондық желі, объектіні тану.*

**Кіріспе.** Deep Learning немесе терең оқыту – қолданыстағы ақпараттық технологиялар инфрақұрылымына біріктіруге болатын жасанды интеллект саласындағы тұжырымдамалардың бірі болып табылады. Ол қауіпсіздіктің жоғары деңгейімен, кең функционалдылығымен ерекшеленеді. Құрылымдалған деректерді оқыту машиналық оқыту әдістерінің жиынтығы. Әр түрлі салаларда қолдануға болатын әмбебап өнім алынады: дауысты тану, суреттер, мәтіндік зерттеулер және т. б. [1].

Deep Learning технологиясы жасанды нейрондық желілерге негізделген. Оларға алгоритмнің өзі де, осы тренингті өткізу үшін мәліметтер де беріледі, олардың көлемін үнемі көбейтеді. Нейрондық желілер ақпаратты неғұрлым көп алса, оқыту үрдісі соғұрлым тиімді болады [2].

---

\* E-mail корреспондирующего автора: [aygerim.baymakhanova@ayu.edu.kz](mailto:aygerim.baymakhanova@ayu.edu.kz)

Терең оқыту – бұл машиналық оқытудың (ML) жаңа саласы. Ол жасанды нейрондық желілердің бірнеше жасырын қабаттары мен жұмыс жасайды. Терең оқыту әдістемесі сызықты емес түрлендірулерді және үлкен дерекқорларда жоғары деңгейлі модельдік абстракцияларды пайдаланады. Көптеген салалардағы терең білім беру архитектурасындағы соңғы жетістіктер жасанды интеллектке айтарлықтай үлес қосты. Сонымен қатар, терең оқыту әдістемесінің және оның деңгейлердегі және сызықтық емес операциялардағы иерархиясының артықшылықтары мен кемшіліктері ұсынылған және әдеттегі қолданбалардағы дәстүрлі алгоритмдермен салыстырылады [3].

Deep learning қолданбасы imagenet жобасындағы суреттердегі нысандарды тану қателерінің үлесін 16%-ға дейін төмендетуге мүмкіндік берді. Бүгінгі таңда нейрондық желілер мұндай тапсырмаларды 94-99% дәлдікпен орындайды, бұл адамның мүмкіндіктерінен асып түседі [4].

Deep Learning оқыту үрдісі 2 кезеңге бөлінеді:

Тікелей оқыту. Бұл кезеңде деректердің үлкен көлемі белгіленеді, олардың негізгі сипаттамалары анықталады. Содан кейін жүйе оларды салыстырады, есте сақтайды.

Қорытындыларды қалыптастыру. Келіп түскен сұраныс туралы терең ақпаратқа ие бола отырып, жүйе өз бетінше интеллектуалды қорытынды жасай алады.

Deep Learning оқыту үрдісінде үлкен деректер қорымен жұмыс жасау өте тиімді нәтиже көрсетеді.

Deep Learning жүйесі өзінің эталондық нәтижесін қалыптастыру үшін кірістерді дербес бөлуі керек. Бұл опцияның мысалы ретінде интернет-дүкен пайдаланушыларының белгілі бір критерийлерге сәйкес бөлінуін атауға болады: жынысы, жасы, сатып алу белсенділігі деңгейі және т. б. [5].

Deep Learning пайдалану аймақтары.

Терең машиналық оқыту тәжірибеде келесі салаларда кеңінен қолданылды:

Машиналық аударма. Мұнда нейрондық желілер миллиондаған мысалдармен оқытылады. Мәтін фрагменттерінің жұптары және олардың аудармасы көрсетіледі. Deep Learning тек аударманы механикалық түрде ғана емес, сонымен қатар мәтінді талдауға, грамматикаға, белгілі бір сөздерді қолдану маңыздылығына назар аударуға қабілеттілігі жоғары.

Компьютерлік көру. Бұл жағдайда терең оқыту суреттердегі объектілерді тануға қабілетті. Нейрондық желілер фотосуретті бөлімдерге бөлу, үлгілерді табу арқылы мүмкіндігінше егжей-тегжейлі зерттеуге үйретеді. Іс жүзінде Deep Learning компьютерлік көру Яндекс, Google іздеу жүйелерінде қолданылады.

Сөйлеуді өндіру және тану. Өте жоғары дәлдікпен дайындалған жасанды нейрондық желілер сөйлеу ерекшеліктеріне назар аудара отырып, дауыстарды (кез-келген тілде) тани алады [6]. Machine Learning және Deep Learning-бұл жасанды интеллект саласындағы екі ұғым, бүгінде тәжірибеде өте қарқынды қолданылады [7]. Табиғи тілді өңдеу Natural Language Processing (NLP) әр түрлі қосымшаларда жазу сапасын тиімді етіп жақсартады. NLP-дегі ең классикалық бөлім-бұл машиналық аудармалар, оны тілдер арасындағы аударма деп түсінеді [8].

**Зерттеудің әдістемесі және нәтижелері.** Машиналық оқытудағы жиі кездесетін мәселе-ML модельдерінің тану кезінде кездескендерге қарағанда әртүрлі мысалдарда дұрыс жұмыс істей алмауы.

Шешімін күтетін бірнеше маңызды, ашық мәселелер бар. Айта кету керек үлкен мәселе-орнықсыздық әсері. Дж. Гудфеллоу мен авторлардың жұмысында алғаш рет келесі әсер байқалды: адамның кішкентай, көрінбейтін көзімен суреттің бұзылуы, нейрондық желіні болжау танылған үлгіні басқа класқа аударады [9].

Әрине, Машиналық оқыту проблемалары мұнымен шектелмейді, сонымен қатар модельдерді түсіндіруде қиындықтар, біржақтылық пен этика мәселелері, оқытудың ресурс сыйымдылығы және басқалар бар [10]. Табиғи тілді тану машиналық оқыту алгоритмдерін зерттеудің маңызды саласы болып табылады. Жаңа табиғи сөйлеумен жұмыс істеудің технологиялары мен әдістері пайда болады, бұл оның қажеттілігін білдіреді осы технологиялардың аналитикалық зерттеулерін жүргізу және олардың танымал салаларда қолданылуын іздеу ескірген алгоритмдерді алмастыратын ғылыми өрістер [11].

Машиналық оқыту атқара алатын әртүрлі әрекеттерді ескере отырып, белгілі бір тапсырма үшін қандай нақты машинаны оқыту архитектурасын пайдалану керек деген сұрақ туындауы мүмкін. Оңтайландыруға арналған тегін түскі ас теоремасын ескере отырып, 63 көптеген алгоритмдер өзара ауыстырылады [12].

Машиналық оқытудың мақсаты - адамдардың қызметінің әртүрлі салаларында күрделі кәсіби мәселелерді толық шешеді.

Машиналық оқытудың көптеген қосымшалары:

- Сөйлеуді тану
- Қимылдарды тану
- Қолжазбаны тану
- Үлгіні тану
- Техникалық диагностика
- Құжаттарды санаттау
- Ақпараттық іздеуде рейтингті оқыту

Машиналық оқытуды қолданудың аясы үнемі кеңейіп келеді [13]. Барлық жерде ақпараттандыру ғылымда, өндірісте, бизнесте, көлікте, денсаулық сақтауда үлкен көлемдегі деректердің жинақталуына әкеледі. Міндеттер мүлдем қойылмаған немесе мүлдем басқа әдістермен шешілген [14].



Сурет 1 – Жасанды интеллект (ЖИ) саласындағы зерттеулер

Бөлшектерді сүзу және сенімді тарату алгоритмін қолдану (Bayesian – belief propagation). Бұл қосымшаның негізгі тұжырымдамасы адам бет кескінінің жартысын ғана байқау арқылы басқа адамның бетін тани алады деп санайды, сондықтан компьютер кесілген кескіннен бет кескінін қалпына келтіре алады [15]. Мысалы, түрлі түсті қабықшаларды тану үшін конволюциялық нейрондық желілерді (convolutional Neural Networks — CNN) қолдану әдеттегі сенсорларды қолданудан гөрі тиімдірек болуы мүмкін. CNN тиімділігі 99,35% дәлдікке жетуі мүмкін.

Артықшылықтары мен кемшіліктері

Дегенмен, deep learning-ті объективті бағалау үшін артықшылықтар мен кемшіліктерді салыстыру маңызды. DL ерекшеліктері:

- Қолданыстағы IT инфрақұрылымына интеграциялау мүмкіндігі;
- Қауіпсіздіктің жоғары деңгейі;
- Нейрондық желілерді дамытудың қажетті бағытында ғана жұмыс істейтін оқытудың кең мүмкіндіктері;
- Нақты өмірде терең оқытуды енгізудің көптеген сәтті мысалдары.

Шындығында, артықшылықтарды көбірек бөлуге болады. Олардың арасында жоғары икемділік және TensorFlow, Keras, PyTorch, Caffe және т.б. мысалында ойластырылған оқу құралдарына қол жеткізу бар [16].

Бірақ бұл технологияның кемшіліктері де жоқ емес. Мысалы, әзірге жүйені қолайсыз мақсаттарда қолданудан қорғану қиын. Енді DeepFake және басқа аналогтар жиі кездеседі, олар қабаттасқан беттермен немесе басқа элементтермен фотосуреттер мен бейнематериалдар жасауға ықпал етеді. Техникалық іске асыру тұрғысынан кемшіліктер жоқ. Дегенмен, технологияны толық қолдану үшін GPU негізіндегі қуатты компьютерлік қор қажет [17].

Технологияның қолданылуын талдау. Мақалада IT-технологиялар саласында терең оқытуды қолданудың негізгі аспектілері қарастырылады. Нейрондық желілерді пайдаланудың негізгі модельдері мен алгоритмдері, сондай-ақ жестілеу (қолмен іс-қимыл) тіліндегі арнайы белгілерді тану мысалында оларды жаңарту қарастырылады [18].

Терең оқыту-бұл үлкен көлемдегі деректермен жұмыс істеу кезінде үлкен өнімділік пен дәлдіктің арқасында басқа әдістерден асып түсетін машиналық оқыту әдістерінің бірі. Мақалада терең оқыту технологиясын іс жүзінде қолдануды қарастырамын [19].

Терең оқыту модельденетін деректердің негізгі таралу көріністерінің бірнеше деңгейлерін автоматты түрде үйренуге мүмкіндік береді [20]. Бұл қарым-қатынас стилінде нөлден тоғызға дейінгі сандар қолданылады, яғни он ерекше таңба қолданылады. 2-суретте индекстері сәйкесінше 260 және 900 болатын бірлік пен нөл белгісі көрсетілген.

Қолданыстағы dataset-тің проблемасы-үш өлшемді кескіндердің болуы, нәтижесінде оларды екі өлшемді ету қажет. Нәтижесінде «x» жиынтығында 64-тен 64 пиксельге дейінгі 410 сурет бар, ал «y» жиынтығында нөл немесе бір дегенді білдіретін 410 белгі бар (сурет.3).





Сурет 2 – Dataset демонстрациясы

```
print("X shape: ", X.shape)
print("Y shape: ", Y.shape)
```

X shape: (410, 64, 64)  
Y shape: (410, 1)

Сурет 3 – Кіші үлгіні көрсету

Logistic Regression. Екілік классификация деп аталатын ең тиімді алгоритм-логистикалық регрессия. Шын мәнінде, логистикалық регрессия қарапайым нейрондық желінің типтік мысалы болып табылады, нәтижесінде кіріске dataset-тен кескіндер жіберіледі және әр кескін пикселдерден тұрады, нәтижесінде әр пиксель өзінің бастапқы салмағына ие болуы керек. Осылайша, біз әр пиксельдің салмағын 0.01 деп инициализациялаймыз, ал бастапқы орын ауыстыру 0 болады:

```
def initialize_weights_and_bias(dimension):
    w = np.full((dimension, 1), 0.01)
    b = 0.0
    return w, b
```

Содан кейін кіріс матрицасын ауыстырып, оны сигма тәрізді функцияға беру керек, бұл белгілі бір сыныпқа түсу ықтималдығын қайтарады. Қолданылатын әдістің орындылығын қатенің мәнін анықтау арқылы тексеруге болады. Егер сіз теңдеуге бір белгісі бар суретті және бірлікке тең белгіні берсеңіз, онда қате нөлге тең болады, бұл таңдалған алгоритмнің дұрыс қолданылуын білдіреді.

Метрикалық өлшемдерге Accuracy, Precision и Recall қарастырсақ. Accuracy - барлық сыныптар бойынша үлгінің жалпы болжамды дәлдігін сипаттайтын көрсеткіш. Дұрыс болжамдар санының олардың жалпы санына қатынасы ретінде есептеледі.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

Precision – оң ретінде дұрыс жіктелген үлгілер санының дәлдік позитивті классты анықтау кезінде үлгінің дәлдігін өлшейді.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

Recall - оң үлгілердің жалпы санына қатынасы ретінде есептеледі. Позитивті класқа жататын үлгілерді анықтау мүмкіндігін өлшейді. Қайта шақыру неғұрлым жоғары болса, соғұрлым оң үлгілер табылды.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

```

def metrics(test_data, model):
    data = test_data[... , 0]
    observations = test_data[... , 1]
    prediction = model.predict(data)
    true_positive = np.logical_and(prediction, observations)
    false_positive = np.logical_and(prediction, np.logical_not(observations))
    true_negative = np.logical_and(np.logical_not(prediction), np.logical_not(observations))
    false_negative = np.logical_and(np.logical_not(prediction), observations)
    tp, fp, tn, fn = (x.sum() for x in (true_positive, false_positive, true_negative, false_negative))
    accuracy = (tp + tn) / (tp + fp + fn + tn)
    precision = tp / (tp + fp)
    recall = tp / (tp + fn)
    f1_score = 2 * (recall * precision) / (recall + precision)
    #dump(data, observations, prediction, true_positive, false_positive, true_negative, false_negative)
    return tp, fp, tn, fn, accuracy, precision, recall, f1_score

def dump(temp, obs, pred, tp, fp, tn, fn):
    print('{:5} {}'.format('Temp', ' '.join(map(str, temp))))
    for name, v, comment in (
        ('Obs', obs, '(TP+FN)'),
        ('Pred', pred, '(TP+FP)'),
        ('TP', tp, ''),('FP', fp, ''),
        ('TN', tn, ''),('FN', fn, '')):
        print('{:5} {}'.format(name, ' '.join([False: '.', True: 'T']*[bool(x) for x in v], sum(v), comment)))
    pass
print(' T TP FP TN FN Accur Prec Recll F1')
for model_param in range(10):
    m = metrics(TEST, Model(model_param))
    print('{:2d} {:2d} {:2d} {:2d} {:2d} {:.3f} {:.3f} {:.3f} {:.3f}'.format(model_param, *m))

```

Сурет 4 – Метрикалық өлшемдер нәтижесі

Бұл деректер мен жоғары өңдеу қуаты қазір көпшілікке қол жетімді, бұл IT технологиясының үлкен өсуіне ықпал етеді. Reinforcement learning – оқытуды күшейту әдісі. Қоршаған ортаны қабылдауға және түсіндіруге, әрекеттер жасауға және сынақ пен қателік арқылы үйренуге қабілетті. Deep learning және Reinforcement learning үшін жаңа мүмкіндіктер береді. IT индустриясындағы жылдам өзгерістер жағдайында озық технологияларға ілесу оңай емес. PostgreSQL, MySQL басқару жүйелерімен өзара әрекеттесу үшін стандартты тіл – SQL (Structured Query Language) тіліне



сүйенеді. PostgreSQL деректер қоры негізі үшін жасалған. Берклидегі Калифорний университетінде 1986 жылы Postgres жобасы бастау алған.

Майкл Стоунбрейкер компьютерлік серіктестікке қатысты «Post Ingres» және Postgres бағдарламасымен көптеген зерттеулерді іске асырған.

Deep learning және Reinforcement learning екеуі де машиналық оқыту мүмкіндіктері болып табылады, олар өз кезегінде жасанды интеллект құралдарының кең ауқымының бөлігі болып табылады. Ең қызығы, Deep learning және Reinforcement learning екеуі де компьютерге есептерді шешу алгоритмін өз бетінше жасауға мүмкіндік береді. Іс жүзінде Deep learning-тің жарқын мысалы - Apple 's Face ID. Телефонды орнату кезінде алгоритмге сіз бетіңізді сканерлеу арқылы үйретесіз. Face ID көмегімен кірген сайын TrueDepth камерасы сіздің бетіңіздің егжей-тегжейлі бейнесін жасайтын мындаған деректер нүктелерін түсіреді, ал кіріктірілген нейрондық желі кіруге тырысып жатқанындығын талдайды.

**Қорытындылар.** Терең оқыту-бұл машиналық оқытудың шынымен тез өсіп келе жатқан қолданысы болып табылады. Жоғарыда сипатталған көптеген қосымшалар оның бірнеше жыл ішінде қарқынды дамуын дәлелдейді. Бұл алгоритмдерді әртүрлі салаларда қолдану оның әмбебаптығын көрсетеді. Осы зерттеуде жасалған басылымдарды талдау осы технологияның өзектілігін анық көрсетеді және терең оқытудың өсуі мен осы саладағы болашақ зерттеулерге қатысты тенденциялардың нақты суретін береді.

Терең оқытудың негізгі құндылығы инновациялық иерархиялық өңдеу арқылы машиналық оқытудағы бар қолданбаларды оңтайландыру болып табылады. Терең оқыту сандық кескінді өңдеу және сөйлеуді тану кезінде тиімді нәтижелерге қол жеткізе алады. Қателер пайызының төмендеуі (10-нан 20% - ға дейін) қолданыстағы және дәлелденген әдістердің жақсарғанын анық растайды.

Мақалада кірістерді талдау әдістері қарастырылады, машиналық және терең оқыту арасындағы айырмашылықтар сипатталған, сондай-ақ терең оқыту алгоритмдерінің бірін, атап айтқанда жестілеу тілінің кескіндерін білдіретін кескіндерді жіктеу үшін логистикалық регрессияны қолдану мысалын енгізу келтірілген. Ұсынылған алгоритм алдын-ала қолданылған шығындар функциясын азайту алгоритмі, жіктеудің жоғарғы дәлдігін көрсетті.

Осы себепті және шынайы оңтайландыруды дәлелдей отырып, терең оқыту жасанды интеллектті дамытудың заманауи және қызықты пән болып табылады.

## ӘДЕБИЕТ

1 Abdel-Hamid, O., Mohamed, A. R., Jiang, H., & Penn, G. (2012, March). Applying convolutional neural networks concepts to hybrid NN-HMM model for speech recognition. In 2012 IEEE international conference on Acoustics, speech and signal processing (ICASSP) (pp. 4277-4280). IEEE.

2 Kussul, N., Lavreniuk, M., Skakun, S., & Shelestov, A. (2017). Deep learning classification of land cover and crop types using remote sensing data. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 14(5), 778-782.

3 VARGAS, R., & Lourdes, R. U. Í. Z. (2017). Deep learning: previous and present applications. Journal of awareness, 2(Special 3), 11-20.

- 4 Ismail Fawaz, H., Forestier, G., Weber, J., Idoumghar, L., & Muller, P. A. (2019). Deep learning for time series classification: a review. *Data mining and knowledge discovery*, 33(4), 917-963.
- 5 Mosavi, A., & Varkonyi-Koczy, A. R. (2017). Integration of machine learning and optimization for robot learning. In *Recent Global Research and Education: Technological Challenges* (pp. 349-355). Springer, Cham.
- 6 Allam, A., Nagy, M., Thoma, G., & Krauthammer, M. (2019). Neural networks versus Logistic regression for 30 days all-cause readmission prediction. *Scientific reports*, 9(1), 1-11.
- 7 Rajesh, G., & Chaturvedi, A. (2019). Correlation analysis and statistical characterization of heterogeneous sensor data in environmental sensor networks. *Computer Networks*, 164, 106902.
- 8 Rybalov, A. (2020). On generic NP-completeness of the graph clustering problem. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1441, No. 1, p. 012167). IOP Publishing.
- 9 Vercio, L. L., Amador, K., Bannister, J. J., Crites, S., Gutierrez, A., MacDonald, M. E., ... & Forkert, N. D. (2020). Supervised machine learning tools: a tutorial for clinicians. *Journal of Neural Engineering*, 17(6), 062001.
- 10 Bannister, F. (2005). When paradigms shift: IT evaluation in a brave new world. *The Electronic Journal of Information Systems Evaluation*, 8(1), 21-30.
- 11 Bannister, F. (2012). When Paradigms Shift: IT Evaluation in a Brave New. *Leading Issues in ICT Evaluation*, 1, 145.
- 12 Chumakov, V. E. (2020). Techniques for hybridization of intelligent methods for detecting malicious traffic. *Информатика, телекоммуникации и управление*, 13(3), 31-43.
- 13 Bengio, Y.: Learning deep architectures for AI. *Foundations and trends in Machine Learning* 2, 1-127 (2009).
- 14 Mosavi, A., Varkonyi-Koczy, A. R., Fullsack, M.: Combination of Machine Learning and Optimization for Automated Decision-Making. *MCDM* (2015).
- 15 Deng L, Yu D Deep learning: methods and applications. *Foundations and Trends in Signal Processing* 7, 197-387 (2014)
- 16 Coudray, N., Ocampo, P. S., Sakellaropoulos, T., Narula, N., Snuderl, M., Fenyö, D., ... & Tsirigos, A. (2018). Classification and mutation prediction from non-small cell lung cancer histopathology images using deep learning. *Nature medicine*, 24(10), 1559-1567.
- 17 Chen, Z., Andrejevic, N., Drucker, N. C., Nguyen, T., Xian, R. P., Smidt, T., ... & Li, M. (2021). Machine learning on neutron and x-ray scattering and spectroscopies. *Chemical Physics Reviews*, 2(3), 031301.
- 18 Safaryan, O., Cherckesova, L., Korochentsev, D., Zelensky, A., Revyakina, Y., Chumakov, V., ... & Lobodenko, A. (2021, December). Development of Semantic Analysis Software Tool for Solving Problems of Text Formalization. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2131, No. 2, p. 022100). IOP Publishing.
- 19 Minaee, S., Kalchbrenner, N., Cambria, E., Nikzad, N., Chenaghlu, M., & Gao, J. (2021). Deep learning--based text classification: a comprehensive review. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(3), 1-40.
- 20 Lauzon, F. Q. (2012, July). An introduction to deep learning. In *2012 11th International Conference on Information Science, Signal Processing and their Applications (ISSPA)* (pp. 1438-1439). IEEE.

## REFERENCES

- 1 Abdel-Hamid, O., Mohamed, A. R., Jiang, H., & Penn, G. (2012, March). Applying convolutional neural networks concepts to hybrid NN-HMM model for speech recognition. In *2012 IEEE international conference on Acoustics, speech and signal processing (ICASSP)* (pp. 4277-4280). IEEE.

2 Kussul, N., Lavreniuk, M., Skakun, S., & Shelestov, A. (2017). Deep learning classification of land cover and crop types using remote sensing data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 14(5), 778-782.

3 VARGAS, R., & Lourdes, R. U. Í. Z. (2017). Deep learning: previous and present applications. *Journal of awareness*, 2(Special 3), 11-20.

4 Ismail Fawaz, H., Forestier, G., Weber, J., Idoumghar, L., & Muller, P. A. (2019). Deep learning for time series classification: a review. *Data mining and knowledge discovery*, 33(4), 917-963.

5 Mosavi, A., & Varkonyi-Koczy, A. R. (2017). Integration of machine learning and optimization for robot learning. In *Recent Global Research and Education: Technological Challenges* (pp. 349-355). Springer, Cham.

6 Allam, A., Nagy, M., Thoma, G., & Krauthammer, M. (2019). Neural networks versus Logistic regression for 30 days all-cause readmission prediction. *Scientific reports*, 9(1), 1-11.

7 Rajesh, G., & Chaturvedi, A. (2019). Correlation analysis and statistical characterization of heterogeneous sensor data in environmental sensor networks. *Computer Networks*, 164, 106902.

8 Rybalov, A. (2020). On generic NP-completeness of the graph clustering problem. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1441, No. 1, p. 012167). IOP Publishing.

9 Vercio, L. L., Amador, K., Bannister, J. J., Crites, S., Gutierrez, A., MacDonald, M. E., ... & Forkert, N. D. (2020). Supervised machine learning tools: a tutorial for clinicians. *Journal of Neural Engineering*, 17(6), 062001.

10 Bannister, F. (2005). When paradigms shift: IT evaluation in a brave new world. *The Electronic Journal of Information Systems Evaluation*, 8(1), 21-30.

11 Bannister, F. (2012). When Paradigms Shift: IT Evaluation in a Brave New. *Leading Issues in ICT Evaluation*, 1, 145.

12 Chumakov, V. E. (2020). Techniques for hybridization of intelligent methods for detecting malicious traffic. *Informatika, telekommunikacii i upravlenie*, 13(3), 31-43.

13 Bengio, Y.: Learning deep architectures for AI. *Foundations and trends in Machine Learning* 2, 1-127 (2009).

14 Mosavi, A., Varkonyi-Koczy, A. R., Fullsack, M.: Combination of Machine Learning and Optimization for Automated Decision-Making. *MCDM* (2015).

15 Deng L, Yu D Deep learning: methods and applications. *Foundations and Trends in Signal Processing* 7, 197-387 (2014)

16 Coudray, N., Ocampo, P. S., Sakellaropoulos, T., Narula, N., Snuderl, M., Fenyo, D., ... & Tsirigos, A. (2018). Classification and mutation prediction from non-small cell lung cancer histopathology images using deep learning. *Nature medicine*, 24(10), 1559-1567.

17 Chen, Z., Andrejevic, N., Drucker, N. C., Nguyen, T., Xian, R. P., Smidt, T., ... & Li, M. (2021). Machine learning on neutron and x-ray scattering and spectroscopies. *Chemical Physics Reviews*, 2(3), 031301.

18 Safaryan, O., Cherkesova, L., Korochentsev, D., Zelensky, A., Revyakina, Y., Chumakov, V., ... & Lobodenko, A. (2021, December). Development of Semantic Analysis Software Tool for Solving Problems of Text Formalization. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2131, No. 2, p. 022100). IOP Publishing.

19 Minaee, S., Kalchbrenner, N., Cambria, E., Nikzad, N., Chenaghlu, M., & Gao, J. (2021). Deep learning--based text classification: a comprehensive review. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(3), 1-40.

20 Lauzon, F. Q. (2012, July). An introduction to deep learning. In *2012 11th International Conference on Information Science, Signal Processing and their Applications (ISSPA)* (pp. 1438-1439). IEEE.

**A. S. BAIMAKHANOVA, K. M. BERKIMBAYEV, A. K. ZHUMADILLAYEVA,  
E. T. ABDRAASHOVA**

*Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan  
L.N Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan  
South Kazakhstan University named after Mukhtar Auezov, Shymkent, Kazakhstan*

## **TECHNOLOGY OF USING DEEP LEARNING ALGORITHMS**

*Deep learning is a branch of machine learning (machine learning-ML). Deep learning methods utilize high-level model abstraction of nonlinear transformations in large databases. In other areas, the implementation of deep learning architectures has contributed significantly to the development of artificial intelligence. This paper presents recent research on newly applied deep learning algorithms. Convolutional Neural Networks are used in deep learning. Database Management System - PostgreSQL object-relational database.*

*The implementation resulted in achieving the set goals and objectives. The method of analyzing the input data is described, the differences between machine learning and deep learning are explained, and an example of classifying an image representing a sign language image using logistic regression, one of the deep learning algorithms, is presented. Deep neural networks can work with the full set of available data better than alternative approaches. During the learning process, the neural network itself determines which features in the data are important and which are not. Artificial neural networks can predict symptoms that humans cannot. Thus, with the help of deep neural networks, we can solve problems that traditional machine learning algorithms cannot perform.*

**Key words:** *deep learning, methodology, artificial intelligence, machine learning, neural network, object recognition.*

**A. C. БАЙМАХАНОВА, К. М. БЕРКИМБАЕВ, А. К. ЖУМАДИЛЛАЕВА,  
Э. Т. АБДРАШОВА**

*Международный казахско-турецкий университета имени Ходжи Ахмеда Ясави,  
Туркестан, Казахстан  
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан  
Южно-Казахстанский университет имени Мухтара Ауэзова,  
Шымкент, Казахстан*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ**

*Глубокое обучение – это ветвь машинного обучения (машинное обучение – ML). Методы глубокого обучения используют абстракции моделей высокого уровня нелинейных преобразований в больших базах данных. В других областях внедрение архитектуры глубокого обучения вносит значительный вклад в развитие искусственного интеллекта. В этой статье представлены недавние исследования новых прикладных алгоритмов глубокого обучения. Сверточная нейронная сеть используется в глубоком обучении. Система управления базами данных – объектно-реляционная база данных PostgreSQL.*

*В результате реализации поставленные цели и задачи были достигнуты. В статье обсуждаются методы анализа входных данных, описываются различия между машинным обучением и*

глубоким обучением, а также приводится пример использования одного из алгоритмов глубокого обучения, а именно логистической регрессии для классификации изображений, представляющих изображения языка жестов. Глубокие нейронные сети могут работать со всем набором доступных данных, чем альтернативные подходы.

В процессе обучения нейронная сеть сама определяет, какие признаки в данных важны, а какие нет. Искусственные нейронные сети могут предсказать симптомы, которые люди не могут. Поэтому с помощью глубоких нейронных сетей они могут решать задачи, которые не могут выполнить традиционные алгоритмы машинного обучения.

**Ключевые слова:** глубокое обучение, методология, искусственный интеллект, машинное обучение, нейронная сеть, распознавание объектов.

**М. А. БЕЙСЕНБИ\*, А. ТЕМИРБЕК**

*Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,*

*Астана, Казахстан*

*beisenbi@mail.ru, aiku08@mail.ru*

## **СИНТЕЗ НАСТРАИВАЕМОГО РЕГУЛЯТОРА ОСНОВНОГО КОНТУРА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ОДНИМ ВХОДОМ И ОДНИМ ВЫХОДОМ**

*Предлагается для решения задачи синтеза настраиваемого регулятора основного контура адаптивной системы управления градиентно-скоростным методом вектор-функции Ляпунова. Представление эталонной модели и основного контура управления как градиентные системы, а функций Ляпунова как потенциальные функции позволяет применить градиентно-скоростной метод вектор-функции Ляпунова для исследования устойчивости, робастности и качества работы основного контура адаптивной системы управления. Аperiodическая робастная устойчивость настраиваемого регулятора основного контура адаптивной системы управления гарантирует робастной устойчивости и качества системы управления.*

**Ключевые слова:** *адаптивная система управления, градиентно-скоростной метод вектор-функции Ляпунова.*

**Введение.** Методы адаптивного управления [1,2,3,4,5,6] служат для построения систем управления при значительной неопределенности параметров объекта управления, особенно условий его функционирования (характеристик среды), имеющейся на стадии проектирования или в процессе эксплуатации системы. Рассматриваются такие задачи управления, при которых динамические свойства объекта могут изменяться в широких пределах неизвестным заранее образом. Имеющейся априорной информации недостаточно для построения систем управления с заданными показателями качества. В адаптивных системах управления недостаток априорной информации восполняются в процессе ее функционирования на основе текущих данных о поведении объекта. Эти данные обрабатываются в реальном масштабе времени (в темпе протекания управляемого процесса) и используются для повышения качества системы.

Процесс адаптивного управления можно рассматривать как процесс взаимодействия трех подсистем [1,2,3,6]: объекта, настраиваемого регулятора основного контура (собственно регулятора), блока адаптации (адаптера). Два последних блока объединяются в адаптивный регулятор, который имеет двухуровневую иерархическую структуру. Регулятор основного контура непосредственно формирует управляющее воздействие  $u(t)$ , поступающее на регулирующий орган объекта управления. Закон (алгоритм) управления в основном контуре зависит от некоторого набора настраиваемых параметров  $K$ . Настройка этих параметров производится на втором уровне, в соответствии с некоторым законом, называемым алгоритмом адаптации на основе доступной текущей информации. Задача алгоритма адаптации состоит в настрой-

---

\* E-mail корреспондирующего автора: beisenbi@mail.ru



ке коэффициентов регулятора таким образом, чтобы свести рассогласование между объектом управления и эталонной моделью к нулю. Это может быть достигнуто при асимптотической робастной устойчивости системы с требуемой динамикой. При этом основной проблемой исследования является отсутствие универсальных методов построения функций Ляпунова [1,3,4] для исследования адаптивных систем управления. В настоящее время этот метод является в основном инструментом для теоретических исследований и не может дать ответы на все вопросы касающиеся устойчивости и качества работы адаптивных регуляторов в реальных условиях. Поэтому предлагается для исследования адаптивных систем управления новый градиентно-скоростной метод вектор функции Ляпунова [7,8,9,10,11,12], где система управления рассматривается как градиентные системы и функция Ляпунова, как потенциальные функций из теории катастроф [13,14]. Условия градиентности позволяют однозначно построить функцию Ляпунова, и условие существования функции Ляпунова соответствует условию асимптотической робастной устойчивости системы управления с требуемой динамикой [9,10,11]. Это также обеспечивает достижение основной цели управления.

Статья посвящена решению задачи синтеза настраиваемого регулятора основного контура адаптивной системы управления градиентно-скоростным методом вектор функции Ляпунова.

**Материалы и методы.** Рассмотрим линейную стационарную систему управления. Систему исследуем на аperiodической робастной устойчивости градиентно-скоростным методом вектор-функций Ляпунова [7,9,10]:

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad y(t) = x(t), \tag{1}$$

где  $x(t) \in R^n$  – вектор состояния объекта управления;  $u(t) \in R^m$  – вектор управления,  $A \in R^{n \times n}$  – матрица объекта управления.

Закон управления задан в виде

$$u(t) = -Kx(t), \tag{2}$$

где  $K$  – подлежащая определению  $n \times 1$  – матрица коэффициентов регулятора. Замкнутая система объект-регулятор описывается уравнением

$$\dot{x}(t) = (A - BK)x(t), \tag{3}$$

где

$$A = \left\| \begin{array}{cccccc} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -a_n & -a_{n-1} & -a_{n-2} & \dots & -a_1 \end{array} \right\|, \quad B = \left\| \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ b_n \end{array} \right\|, \quad K = \|k_1, k_2, \dots, k_n\|$$

Как легко убедиться непосредственно подстановкой, матрица  $A - BK$  замкнутой системы (3) также имеет вид матрицы Фробениуса.

Качество и устойчивость системы управления определяются элементами матрицы замкнутой системы. Поэтому исследуем систему на аperiodической робастной устойчивости, где переходные процессы происходят без всплеска в начальный период, и система работает без колебаний и без перерегулирования.

Систему (3) в развернутой форме представим в виде

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = x_3 \\ \vdots \\ \dot{x}_{n-1} = x_n \\ \dot{x}_n = -(a_n + b_n k_1)x_1 - (a_{n-1} + b_n k_2)x_2 - (a_{n-2} + b_n k_3)x_3 - \dots \\ \dots, -(a_1 + b_n k_n)x_n \end{cases} \quad (4)$$

Находим условие аperiodической робастной устойчивости системы (4) градиентно-скоростным методом вектор-функции Ляпунова.

Из уравнения состояния (4) находим компонент вектора градиента от вектор-функции Ляпунова  $V(x) = (V_1(x), V_2(x), \dots, V_n(x))$  [7,9]:

$$\begin{cases} \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_2} = -x_2, \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_3} = 0, \dots, \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_n} = 0 \\ \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_3} = -x_3, \dots, \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_n} = 0 \\ \dots \\ \frac{\partial V_{n-1}(x)}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial V_{n-1}(x)}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial V_{n-1}(x)}{\partial x_3} = 0, \dots, \frac{\partial V_{n-1}(x)}{\partial x_n} = -x_n \\ \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_1} = (a_n + b_n k_1)x_1, \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_2} = (a_{n-1} + b_n k_2)x_2, \\ \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_3} = (a_{n-2} + b_n k_3)x_3, \dots, \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_n} = (a_1 + b_n k_n)x_n \end{cases} \quad (5)$$

Из (4) определяем компоненты разложения вектора скорости по координатам системы  $(x_1, \dots, x_n)$  [7,9,10]:

$$\begin{cases} \left(\frac{dx_1}{dt}\right)_{x_1} = 0, \left(\frac{dx_1}{dt}\right)_{x_2} = x_2, \left(\frac{dx_1}{dt}\right)_{x_3} = 0, \dots, \left(\frac{dx_1}{dt}\right)_{x_n} = 0 \\ \left(\frac{dx_2}{dt}\right)_{x_1} = 0, \left(\frac{dx_2}{dt}\right)_{x_2} = 0, \left(\frac{dx_2}{dt}\right)_{x_3} = x_3, \dots, \left(\frac{dx_2}{dt}\right)_{x_n} = 0 \\ \dots \\ \left(\frac{dx_{n-1}}{dt}\right)_{x_1} = 0, \left(\frac{dx_{n-1}}{dt}\right)_{x_2} = 0, \left(\frac{dx_{n-1}}{dt}\right)_{x_3} = 0, \dots, \left(\frac{dx_{n-1}}{dt}\right)_{x_n} = x_n \\ \left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x_1} = -(a_n + b_n k_1)x_1, \left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x_2} = -(a_{n-1} + b_n k_2)x_2, \\ \left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x_3} = -(a_{n-2} + b_n k_3)x_3, \dots, \left(\frac{dx_n}{dt}\right)_{x_n} = -(a_1 + b_n k_n)x_n \end{cases} \quad (6)$$

Градиентно-скоростной метод вектор-функции Ляпунова базируется на теореме об асимптотической устойчивости системы, согласно которой для асимптотической устойчивости состояния равновесия системы необходимо и достаточно, чтобы суще-

становала положительно определенная функция  $V(x)$ , такая, чтобы полная производная по времени от функции Ляпунова с учетом уравнения состояния (4) являлась отрицательно определенной функцией [3,7]. Поэтому вычисляется полная производная от вектор-функции Ляпунова как скалярное произведение вектора градиента вектор-функции Ляпунова (5) на вектор скорости (6) [7]:

$$\frac{dV(x)}{dt} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n \frac{\partial V_i(x)}{\partial x_i} \left(\frac{dx_i}{dt}\right)_{x_k} = -x_2^2 - x_3^2, \dots, -x_n^2 - (a_n + b_n k_1)^2 x_1^2 - (a_{n-1} + b_n k_2)^2 x_2^2 - (a_{n-2} + b_n k_3)^2 x_3^2, \dots, -(a_1 + b_n k_n)^2 x_n^2, \tag{7}$$

Из (7) очевидно, что полная производная по времени от вектор-функции Ляпунова является знакоотрицательной функцией.

Функцию Ляпунова из (5) можем получить в виде

$$V(x) = \frac{1}{2}(a_n + b_n k_1)x_1^2 + \frac{1}{2}(a_{n-1} + b_n k_2 - 1)x_2^2 + \frac{1}{2}(a_{n-2} + b_n k_3 - 1)x_3^2 + \dots + \frac{1}{2}(a_1 + b_n k_n - 1)x_n^2, \tag{8}$$

Условие положительной определенности функции (8), т.е. условие существования функции Ляпунова определяется неравенствами:

$$\begin{cases} a_n + b_n k_1 > 0 \\ a_{n-1} + b_n k_2 - 1 > 0 \\ a_{n-2} + b_n k_3 - 1 > 0 \\ \dots \dots \dots \\ a_1 + b_n k_n - 1 > 0 \end{cases} \tag{9}$$

Система неравенств (9) является условием аperiodической робастной устойчивости системы управления с одним входом и с одним выходом – SISO системы.

Выбор эталонной модели зависит от требований, предъявляемых к замкнутой системе. При этом, предположим, что матрица  $A_M$  – не только гурвицевой, но и требуемый, и был аperiodической робастной устойчивой.

Рассмотрим задачу обеспечение объекта управления желаемой динамики (аperiodической робастной устойчивости), которую зададим с помощью эталонной модели

$$\dot{x}_M = A_M x_M + B_M r(t), \tag{10}$$

где  $x_M(t) \in R^n$  – вектор состояния эталонной модели;  $r(t) \in R^m$  – задающее воздействие.

$$A_M = \left\| \begin{array}{cccccc} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -d_n & -d_{n-1} & -d_{n-2} & \dots & -d_1 \end{array} \right\|, \quad B_M = \left\| \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ b_{Mn} \end{array} \right\|, \quad B_M = b_{Mn},$$

Эталонной моделью выберем аperiodическую робастную устойчивую, которая показывает хорошие качества управления. Исследуем эталонную модель. Таким образом, систему (10) записываем в развернутой форме.

$$\begin{cases} \dot{x}_{M1} = x_{M2} \\ \dot{x}_{M2} = x_{M3} \\ \vdots \\ \dot{x}_{M(n-1)} = x_{Mn} \\ \dot{x}_{Mn} = -d_n x_{M1} - d_{n-1} x_{M2} - d_{n-2} x_{M3} - \dots - d_1 x_{Mn} + \\ \quad + b_{Mn} r_1 + b_{Mn} r_2 + b_{Mn} r_3 + \dots + b_{Mn} r_m \end{cases} \quad (11)$$

Исследуем на аperiodической робастной устойчивости системы (11) градиентно-скоростным методом вектор-функции Ляпунова.

Из уравнения (11) определяем компоненты вектора градиента от вектор-функции Ляпунова  $V(x_M, r) = (V_1(x_M, r), V_{n-1}(x_M, r), \dots, V_n(x_M, r))$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial V_1(x_M, r)}{\partial x_{M1}} = 0, \quad \frac{\partial V_1(x_M, r)}{\partial x_{M2}} = -x_{M2}, \quad \frac{\partial V_1(x_M, r)}{\partial x_{M3}} = 0, \dots, \quad \frac{\partial V_1(x_M, r)}{\partial x_{Mn}} = 0 \\ \frac{\partial V_2(x_M, r)}{\partial x_{M1}} = 0, \quad \frac{\partial V_2(x_M, r)}{\partial x_{M2}} = 0, \quad \frac{\partial V_2(x_M, r)}{\partial x_{M3}} = -x_{M3}, \dots, \quad \frac{\partial V_2(x_M, r)}{\partial x_{Mn}} = 0 \\ \dots \\ \frac{\partial V_{n-1}(x_M, r)}{\partial x_{M1}} = 0, \quad \frac{\partial V_{n-1}(x_M, r)}{\partial x_{M2}} = 0, \quad \frac{\partial V_{n-1}(x_M, r)}{\partial x_{M3}} = 0, \dots, \quad \frac{\partial V_{n-1}(x_M, r)}{\partial x_{Mn}} = -x_{Mn} \\ \frac{\partial V_n(x_M, r)}{\partial x_{M1}} = d_n x_{M1}, \quad \frac{\partial V_n(x_M, r)}{\partial x_{M2}} = d_{n-1} x_{M2}, \quad \frac{\partial V_n(x_M, r)}{\partial x_{M3}} = d_{n-2} x_{M3}, \dots \\ \dots, \quad \frac{\partial V_n(x_M, r)}{\partial x_{Mn}} = d_1 x_{Mn}; \\ \frac{\partial V_n(x_M, r)}{\partial r_1} = -b_{Mn} r_1, \quad \frac{\partial V_n(x_M, r)}{\partial r_2} = -b_{Mn} r_2, \quad \frac{\partial V_n(x_M, r)}{\partial r_3} = -b_{Mn} r_3, \dots \\ \dots, \quad \frac{\partial V_n(x_M, r)}{\partial r_m} = -b_{Mn} r_m, \end{array} \right. \quad (12)$$

Из (11) определяем компоненты разложения вектора скорости по координатам системы  $(x_{M1}, \dots, x_{Mn}; r_1, \dots, r_m)$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{dx_{M1}}{dt}\right)_{x_{M1}} = 0, \left(\frac{dx_{M1}}{dt}\right)_{x_{M2}} = x_{M2}, \left(\frac{dx_{M1}}{dt}\right)_{x_{M3}} = 0, \dots, \left(\frac{dx_{M1}}{dt}\right)_{x_{Mn}} = 0; \\ \left(\frac{dx_{M2}}{dt}\right)_{x_{M1}} = 0, \left(\frac{dx_{M2}}{dt}\right)_{x_{M2}} = 0, \left(\frac{dx_{M2}}{dt}\right)_{x_{M3}} = x_{M3}, \dots, \left(\frac{dx_{M2}}{dt}\right)_{x_{Mn}} = 0; \\ \dots \\ \left(\frac{dx_{M(n-1)}}{dt}\right)_{x_{M1}} = 0, \left(\frac{dx_{M(n-1)}}{dt}\right)_{x_{M2}} = 0, \left(\frac{dx_{M(n-1)}}{dt}\right)_{x_{M3}} = 0, \dots \\ \dots, \left(\frac{dx_{M(n-1)}}{dt}\right)_{x_{Mn}} = x_{Mn}; \\ \left(\frac{dx_{Mn}}{dt}\right)_{x_{M1}} = -d_n x_{M1}, \left(\frac{dx_{Mn}}{dt}\right)_{x_{M2}} = -d_{n-1} x_{M2}, \left(\frac{dx_{Mn}}{dt}\right)_{x_{M3}} = -d_{n-2} x_{M3}, \dots \\ \dots, \left(\frac{dx_{Mn}}{dt}\right)_{x_{Mn}} = -d_1 x_{Mn}; \\ \left(\frac{dx_{Mn}}{dt}\right)_{r_1} = b_{Mn} r_1, \left(\frac{dx_{Mn}}{dt}\right)_{r_2} = b_{Mn} r_2, \left(\frac{dx_{Mn}}{dt}\right)_{r_3} = b_{Mn} r_3, \dots, \left(\frac{dx_{Mn}}{dt}\right)_{r_m} = b_{Mn} r_m. \end{array} \right. \quad (13)$$

Полная производная по времени от вектор-функции Ляпунова вычисляется как скалярное произведение вектора скорости (13) на вектор градиентов (12).

$$\begin{aligned} \frac{dV(x, r)}{dt} = & -x_{M2}^2 - x_{M3}^2, \dots, -x_{Mn}^2 - d_n^2 x_{M1}^2 - d_{n-1}^2 x_{M2}^2 - d_{n-2}^2 x_{M3}^2, \dots \\ & \dots, -d_1^2 x_{Mn}^2 - b_{Mn}^2 r_1^2 - b_{Mn}^2 r_2^2 - b_{Mn}^2 r_3^2, \dots, -b_{Mn}^2 r_m^2, \end{aligned} \quad (14)$$

Функция (14) является гарантированно знакоотрицательной функцией, т.е. достаточное условие асимптотической устойчивости выполняется.

Функцию Ляпунова из (12) можем получить в виде:

$$\begin{aligned} V(x) = & \frac{1}{2} d_n x_{M1}^2 + \frac{1}{2} (d_{n-1} - 1) x_{M2}^2 + \frac{1}{2} (d_{n-2} - 1) x_{M3}^2 + \dots + \frac{1}{2} (d_1 - 1) x_{Mn}^2 - \\ & - \frac{1}{2} b_{Mn} r_1^2 - \frac{1}{2} b_{Mn} r_2^2 - \frac{1}{2} b_{Mn} r_3^2, \dots, - \frac{1}{2} b_{Mn} r_m^2, \end{aligned} \quad (15)$$

Положительную определенность функций Ляпунова (15) можно представить в виде:

$$\left\{ \begin{array}{ll} d_n > 0 & \text{и} \quad -b_{Mn} r_1 > 0 \\ d_{n-1} - 1 > 0 & -b_{Mn} r_2 > 0 \\ d_{n-2} - 1 > 0 & -b_{Mn} r_3 > 0 \\ & \dots \dots \dots \\ d_1 - 1 > 0 & -b_{Mn} r_m > 0 \end{array} \right. \quad (16)$$

**Результаты и обсуждение.** Таким образом, из (15) следует, что внешнее воздействие  $r(t)$  должно быть ограниченным и при нарушении условия (16) эталонная модель теряет апериодическую робастную устойчивость.

В целом, для достижения цели при фиксированных значениях (параметров) системы должен выполняться, которую можно получить из (9) и (16)

$$\begin{cases} b_n k_1 x_1 + b_{Mn} r_1 = d_n - a_n \\ b_n k_2 x_2 + b_{Mn} r_2 = d_{n-1} - a_{n-1} \\ b_n k_3 x_3 + b_{Mn} r_3 = d_{n-2} - a_{n-2} \\ \dots \\ b_n k_n x_n + b_{Mn} r_n = d_1 - a_1 \end{cases} \quad (17)$$

**Выводы.** Синтез адаптивных систем управления неразрывно связан с обеспечением устойчивости замкнутого объекта с контуром адаптации. Метод функции Ляпунова является одним из основных методов исследования устойчивости и качества движения линейных и нелинейных систем. Но в связи с отсутствием универсальных подходов к построению функций Ляпунова метод ограниченно применяется для исследования адаптивных систем управления. В настоящее время этот метод является в основном инструментом для теоретических исследований и не может дать ответы на все вопросы, касающиеся устойчивости и качества работы адаптивных регуляторов в реальных условиях.

Представление эталонной модели и основного контура управления как градиентной системы, а функции Ляпунова как потенциальной функции позволяет применить градиентно-скоростной метод вектор-функции Ляпунова для исследования устойчивости, робастности и качества работы основного контура адаптивной системы управления. Где из условий апериодической робастной устойчивости эталонной модели и основного контура адаптивной системы управления при фиксированных значениях параметров объекта управления вычисляются соответствующие коэффициенты обратной связи основного контура адаптивной системы управления. При этом коэффициенты обратной связи основного контура адаптивной системы управления можно определить по комплексу показателей качества, таких как устойчивость, робастность, колебательность, быстродействие, отсутствие перерегулирования, статическая точность, желаемый вид переходных процессов в системе и т.д.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт. Т.5: Методы современной теории автоматического управления/ под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 784с.

2 Петров Б.Н., Рутковский В.Ю., Крутова И.Н., Земляков С.Д. Принципы построения и проектирования самонастраивающихся систем управления. – М.: Машиностроение, 1972. – 260с.

3 Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления. Гл.13, Управление нелинейными колебательными и хаотическими системами. Спб.: Наука, 1999.

4 Фрадков А.Л. Адаптивное управление в сложных системах. – М.: Наука, 1990. – 292с.

5 Nazenda K.S., Volavani L.S. A comparison of Lyapunov and hyperstability approaches to adaptive control of continuous systems // IEEE Trans. Automat. Confr. – 1980. – Vol. AC-25. – №2. – p.243-247.



6 Козлов Ю.М., Юсупов Р.М. Беспойсковые самонастраивающиеся системы. – М.: Наука, 1969-456с.

7 Бейсенби М.А. Исследование робастной устойчивости систем автоматического управления методом функции А.М. Ляпунова. – Астана, 2015 – 204с.

8 Beisenbi, M.A., Basheyeva, Zh.O. Solving output control problems using Lyapunov gradient-velocity vector function. International Journal of Electrical and Computer Engineering, Volume 9, Issue 4, 2019, Pages 2874-2879.

9 Beisenbi, M., Kaliyeva, S. The solution to the problem of synthesis of control of multidimensional objects. International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2019 November 2019, Номер статьи 90120642019 International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2019; Tashkent; Uzbekistan; 4 November 2019 до 6 November 2019

10 Beisenbi, M., Sagymbay, A., Satybaldina, D., Kissikova, N. Velocity gradient method of Lyapunov vector functions. ACM International Conference Proceeding Series 10 January 2019, Pages 88-925<sup>th</sup> International Conference on e-Society, e-Learning and e-Technologies, ICSLT 2019; Vienna; Austria.

11 Beisenbi, M., Kaliyeva, S. Synthesis of the control systems by the state of an object with input and single output by a gradientvelocity method of A.M. Lyapunov vector functions. International Journal of Civil Engineering and Technology Volume 9, Issue 10, October 2018, Pages 2080-2086.

12 Мамырбек, В., Алиа, С., Гулжан, У., Жанар, Y. Robust stability of spacecraft traffic control system using lyapunov functions. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. Volume 88, Issue 2, 20 June 2016, Pages 252-261.

13 Гилмор Р. Прикладная теория катастроф. В 2-томах. Т.1. – М.: Мир, 1984.

14 Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и ее приложения. – М.:Наука, 2001.

## REFERENCES

1 Metody klassicheskoy i sovremennoj teorii avtomaticheskogo upravlenija: Uchebnik v 5-i tt. T5: Metody sovremennoj teorii avtomaticheskogo upravlenija/ pod red. K.A. Pupkova, N.D. Egupova [Methods of classical and modern theory of automatic control: Textbook in 5 vols. vol.5: Methods of modern theory of automatic control]. – М.: izd-vo MGTU im. N. E. Bauman, 2004. -784p.

2 Petrov B.N., Rutkovskij V.Ju., Krutova I.N., Zemljakov S.D. Printsipy postroenija i proektirovanija samonastrajavuschisja sistem upravlenija [Principles of construction and design of self-adjusting control systems]. – М.: Mashinostroenie, 1972. – 260p.

3 Andrievskij B.R., Fradkov A.L. Izbrannye glavy teorii avtomaticheskogo upravlenija. Gl.13, Upravlenie nelinejnymi kolebatel'nymi i haoticheskimi sistemami [Selected chapters of automatic control theory. Chapter.13, Control with nonlinear oscillatory and chaotic systems]. Spb.: Nauka, 1999.

4 A.L. Fradkov Adaptive control in complex systems [Adaptive control in complex system]. - М.: Science, 1990. — 292pp.

5 Nazenda K.S., Volavani L.S. A comparison of Lyapunov and hyperstability approaches to adaptive control of continuous systems // IEEE Trans. Automot. Confr. – 1980. – Vol. AC-25.-№2.- p.243-247.

6 Kozlov Ju.M., Jusupov R.M. Bespoiskovyje samonastrajavuschiesja sistemy [Searchless self-tuning systems]. – М.: Nauka, 1969-456p.

7 Beisenbi M.A. Issledovanie robastnoj ustojchivosti sistem avtomaticheskogo upravlenija metodom funktsii A.M. Ljapunova [Investigation of the robust stability of automatic control system by the function method A.M. Lyapunov]. – Astana, 2015-204p.

8 Beisenbi, M.A., Basheyeva, Zh.O. Solving output control problems using Lyapunov gradient-velocity vector function. International Journal of Electrical and Computer Engineering, Volume 9, Issue 4, 2019, Pages 2874-2879.

9 Beisenbi, M., Kaliyeva, S. The solution to the problem of synthesis of control of multidimensional objects. International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2019 November 2019, Номер статьи 90120642019 International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2019; Tashkent; Uzbekistan; 4 November 2019 до 6 November 2019

10 Beisenbi, M., Sagymbay, A., Satybalдина, D., Kissikova, N. Velocity gradient method of Lyapunov vector functions. ACM International Conference Proceeding Series 10 January 2019, Pages 88-925<sup>th</sup> International Conference on e-Society, e-Learning and e-Technologies, ICSLT 2019; Vienna; Austria.

11 Beisenbi, M., Kaliyeva, S. Synthesis of the control systems by the state of an object with input and single output by a gradientvelocity method of A.M. Lyapunov vector functions. International Journal of Civil Engineering and Technology Volume 9, Issue 10, October 2018, Pages 2080-2086.

12 Mamyrbek, B., Aliya, S., Gulzhan, U., Janar, Y. Robust stability of spacecraft traffic control system using lyapunov functions. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. Volume 88, Issue 2, 20 June 2016, Pages 252-261.

13 Gilmor R. Prikladnaja teorija katastrof. V 2-tomah. T.1 [Applied Catastrophe Theory, in 2 vol. vol. 1]. -M.: Mir, 1984.

14 Poston T., Stjuart I. Teorija katastrof i ee prilozhenija [The theory of catastrophes and its applications]. – M.: Nauka, 2001.

***М. А. БЕЙСЕНБИ, А. ТЕМИРБЕК***

*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,  
Астана, Қазақстан  
beisenbi@mail.ru, aiku08@mail.ru*

## **БІР КІРІСІ ЖӘНЕ БІР ШЫҒЫСЫ БАР АДАПТИВТІ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ НЕГІЗГІ КОНТУРЫНЫҢ БАПТАЛАТЫН РЕГУЛЯТОРЫНЫҢ СИНТЕЗІ**

*Ляпуновтың градиенті-жылдамдықтық вектор-функциясы тәсілімен адаптивті басқару жүйесінің негізгі контурының бапталатын регуляторын синтездеу мәселесін шешу ұсынылады. Эталондық модель мен басқарудың негізгі контурын градиенттік жүйелер ретінде, ал Ляпунов функцияларын потенциалды функциялар ретінде көрсету адаптивті басқару жүйесінің негізгі контурының орнықтылығын, робастылық және сапасын зерттеу үшін Ляпуновтың градиенті-жылдамдықтық вектор-функциясы тәсілін қолдануға мүмкіндік береді. Адаптивті басқару жүйесінің негізгі контурының бапталатын регуляторының аperiodтық, робастық орнықтылығы басқару жүйесінің робасты орнықтылығы мен сапасына кепілдік береді.*

***Түйін сөздер:*** адаптивті басқару жүйесі, Ляпуновтың градиенті-жылдамдықтық вектор-функциясы тәсілі.

---

**M. A. BEISENBI, A. TEMIRBEK**

*L.N. Gumilyov Eurasian National University,  
Astana, Kazakhstan*

*beisenbi@mail.ru, aiku08@mail.ru*

**SYNTHESIS OF A CONFIGURABLE CONTROLLER OF THE MAIN  
CIRCUIT OF AN ADAPTIVE CONTROL SYSTEM WITH ONE INPUT  
AND ONE OUTPUT**

*It is proposed to solve the problem of synthesis of a tunable controller of the main contour of an adaptive control system, using the gradient-velocity method of the Lyapunov vector function. The representation of the reference model and the main control loop as gradient systems, and the Lyapunov functions as potential functions allows us to apply the gradient-velocity method of the Lyapunov vector function to study the stability, robustness and quality of the main loop of an adaptive control system. The aperiodic robust stability of the adjustable controller of the main circuit of the adaptive control system guarantees the robust stability and quality of the control system.*

**Key words:** *adaptive control system, gradient-velocity method of the Lyapunov vector -valued function*

**А. Г. ЖАХИЕНА<sup>1\*</sup>, Г. Н. МИЗАМОВА<sup>2</sup>, А. Х. ВАХИТОВА<sup>3</sup>,  
О. В. НАСС<sup>4</sup>, Г. Ш. УТЕШЕВА<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3</sup> «Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті»  
КеАҚ, Орал қ.

<sup>4</sup> Д.Ф. Устинова атындағы «ВОЕНМЕХ» Балтық мемлекеттік техникалық  
университеті, Санкт-Петербург қ.

<sup>5</sup> «Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті», Орал қ.  
E-mail: [aizatmail@mail.ru](mailto:aizatmail@mail.ru) [mizamgul@mail.ru](mailto:mizamgul@mail.ru) [aiza\\_200485@mail.ru](mailto:aiza_200485@mail.ru)  
[nass\\_ov@voenmeh.ru](mailto:nass_ov@voenmeh.ru) [Utesheva.gulnara@mail.ru](mailto:Utesheva.gulnara@mail.ru)

## **ТЕХНИКАЛЫҚ ЖОО-НЫҢ ОҚУ ПРОЦЕСІНДЕ МОБИЛЬДІ ОҚЫТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ**

Мақалада білім беру процесінің барлық қатысушыларының тиімді өзара іс-қимылын ұйымдастыруға, бірлескен жұмысты жоспарлауға, ресурстарды сауатты бөлуге, оқу міндеттерін шешу үшін қажетті құралдармен қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін дәстүрлі оқыту әдістерімен салыстырғанда мобильді оқыту технологияларының маңыздылығы талқыланады.

Мақала авторлары техникалық университетте оқу процесін ұйымдастырудың құрылымы туралы өзіндік көзқарастарын ұсынады.

Оқу процесінде мобильді оқыту технологияларын қолдану мүмкіндіктері оқытушының қызметінде білім алушылардың өзін-өзі дамытуы мен оқытуы орын алатын білім беру виртуалды ортасын қалыптастыру саласына баса назар аударуға мүмкіндік беретіні анықталды.

Мақалада мобильді оқыту цифрлық оқытудың даму келешегі ретінде қарастырылады, оқу процесін ұйымдастыру кезінде мобильді оқытудың бірқатар артықшылықтары және кемшіліктері сипатталады және білім беру процессіндегі мобильді қосымшалардың мазмұнын ашады. Сондай ақ, қазіргі білім беруде мобильді оқытуды қолдану бағыттары қарастырылған. Білім алушылар арасында ұялы телефондардың кең таралуы мен қол жетімділігіне қарамастан, мобильді оқыту отандық жоғары оқу орындарында аз таралған.

Бұл мақалада мобильді оқыту терминіне түсінік беріліп, мобильді оқытудың білім беруде қолдану мәселелері мен оның зерттелулеріне тоқталған. Білім алушыларды оқытуда мобильді технологияларды қолдануға техникалық және психологиялық дайындығын талдау мақсатында Жәңгір хан атындағы аграрлық – техникалық университетінің «Ақпараттық технологиялар» білім беру бағдарламасының білім алушыларына оқу процесінде мобильді құрылғыларды пайдалануға сауалнама жүргізілді және нәтижесі талданды.

Білім алушылардың көпшілігі білім беруде мобильді технологияларды қолдануға техникалық және психологиялық тұрғыдан дайын және ЖОО-ның оқу процесінде мобильді оқыту технологиясын тиімдірек пайдалану үшін жаңа мүмкіндіктерін одан әрі зерттеуді қажет етеді деген қорытындыға келді.

**Түйін сөздер:** мобильді оқыту, цифрлық технология, мобильдік қосымша, портативті мобильді құрылғылар, сымсыз желілер.

Бұл мақалада дәстүрлі оқыту әдістерімен салыстырғанда Мобильді оқытудың маңыздылығы талқыланады. Мобильді технологиялар білім беру процесінің барлық қатысушыларына тиімді өзара іс-қимылды қамтамасыз етеді, бірлескен жұмысты

---

\* E-mail корреспондирующего автора: [aizatmail@mail.ru](mailto:aizatmail@mail.ru)

ұйымдастыруға, ресурстарды тиімді бөлуге және оқу міндеттерін шешу үшін қажетті құралдарды ұсынуға мүмкіндік береді.

Мақала авторлары техникалық университетте оқу процесін ұйымдастыруға өз көзқарастарын білдіреді. Олар оқу процесінде мобильді технологияларды қолдану студенттер оқытушының жетекшілігімен дамып, оқытылатын білім беру виртуалды ортасын қалыптастыруға назар аударуға мүмкіндік беретінін анықтады.

Мақалада мобильді оқыту цифрлық білім беруді дамытудың перспективалық бағыты ретінде қарастырылады. Оқу процесін ұйымдастыруда мобильді оқытудың артықшылықтары мен кемшіліктері сипатталады, сонымен қатар білім беру процесінде мобильді қосымшалардың мазмұны ашылады. Сондай-ақ, қазіргі білім беруде мобильді оқытуды қолдану мысалдары келтірілген.

Ұялы телефондар білім алушылар үшін кең таралған және қол жетімді болғанына қарамастан, отандық жоғары оқу орындарында мобильді оқыту сирек қолданылады. Мақалада «мобильді оқыту» термині түсіндіріледі және оны білім беруде қолдану мен зерттеу мәселелерін қарастырады. Білім алушылардың мобильді технологияларды қолдануға дайындығын талдау үшін Жәңгір хан атындағы аграрлық-техникалық университетінің «Ақпараттық технологиялар» *білім беру бағдарламасының білім алушыларына* сауалнама жүргізілді. Сауалнама нәтижелері талданды.

Сауалнама нәтижесінде ЖОО-ның оқу процесінде білім алушылардың мобильді технологияларды қолдануға техникалық және психологиялық тұрғыдан дайындығы мобильді оқыту технологиясын тиімдірек пайдалану үшін жаңа мүмкіндіктерді одан әрі зерттеу қажет деген қорытындыға келді.

**Кіріспе.** Қазіргі уақытта кез келген қызметті алу қашықтық пен уақыт бойынша шектелмейді. Сондай ақ, Интернет технологиялардың дамуы білім беру саласында да өзгерістерге алып келеді. Бүгінгі білім берудің ең маңызды шарты – педагогикалық технологияны цифрлық технологиялардың элементтерімен толықтыру. Осы бағытта аудиториялық бетпе-бет оқыту мен онлайн оқытуды біріктіретін аралас оқыту ең қолайлы болып табылады. Бұл дегеніміз, білім алушылардың танымдық қажеттіліктері мен мүмкіндіктеріне сәйкес өзін-өзі тәрбиелеу әрекеттеріне мүмкіндіктер жасайды [1].

«Мобильді оқыту» *mobile learning (m-learning)* термині PDA (personal digital Assistants) қалта компьютерлері, ұялы телефондар, электронды кітаптар, ноутбуктер және планшеттік компьютерлер сияқты мобильді және портативті ақпараттық технология құрылғыларын білім беру мен білім алуда қолдануды қарастырады[2].

Қазіргі таңда кез-келген уақытта және кез-келген жерде білім алу Интернет желісі арқылы қол жетімді болды. Бұл портативті мобильді құрылғыларды пайдаланатын оқытудың жаңа технологиясы - мобильді оқытудың қарқынды дамып, білім беру саласында өз позициясын берік ала бастауына әсер етті.

Іс жүзінде білім алушылар мен оқытушылар арасында мобильді құрылғылар қол жеткізу еркін болғанымен және ғылыми орталықтар тарапынан осы мәселеге айтарлықтай қызығушылық танытқанына қарамастан, мобильді оқыту оқу тәжірибесінде кең таралған емес.

Осылайша, өзектілік мобильді оқытуды интеграциялау үшін мобильді қосымшалар әдістемесінің жеткіліксіз дамуымен және оларды барлық деңгейдегі білім беру процесінде практикалық іске асыру қажеттілігімен анықталады.

Мобильді қосымшалар арқылы пәндерді үйрену-бұл танымалдылыққа ие болудың салыстырмалы түрде жаңа тәсілі. Қазіргі уақытта қосымшалар негізінде оқытудың жаңа жүйесін құру үшін жеткілікті күшті негіз жоқ, бірақ «Қазақстан-2050» стратегиясы білім беру ортасында онлайн-жүйелерді оқыту және дамыту әдістемелеріне қатысты негізгі тұстарды атап көрсетеді. Жоғарыда айтылғандарға байланысты мобильді қосымшаны білім беру жүйесінде көмекші элемент ретінде пайдалану қонымды болып табылады.

Мобильді құрылғылардың көпшілігі басқару, ұйымдастыру және тәжірибе алушы мамандар үшін білім беру, сондай-ақ білім алушыларды оқыту процессінде техникалық құралдармен қолдау үшін пайдалы.

Бұл ретте мобильді оқытудың бірқатар артықшылықтары бар:

- білім берудің қол жетімділігі жақсарады және жеңілдетіледі, яғни, күнделікті қолданып жүрген арзан технологияларды пайдалана отырып, өз ағымында оқу мүмкіндігі көбейеді;

- оқу сұраныстары неғұрлым толық қанағаттандырылады: оқуға деген қызығушылықтар ақысыз оқу материалдары немесе подкасттар сияқты қосымша ресурстарға қол жеткізу барысында қанағаттандырылады; мобильді құрылғылар бәсекеге қабілеттілікті арттыруға, өмірлік дағдылар мен тәжірибелерді алуға, жұмыс әдістерін жақсартуға ықпал ететін заманауи іскерлік өмірдің бір бөлігі болып табылады;

- өзара әрекеттесу құралы ретінде байланыста болу: болып жатқан оқу процесі туралы әсерлерімен бірден бөлісу; оқытудағы ықтимал проблемаларды жақсырақ диагностикалауды және бағалауды жүзеге асыру үшін “қауіпті” топтағы білім алушыларға әлеуметтік желілер арқылы психологиялық қолдау көрсете алады;

- оқытудың басқа түрлерімен біріктіру мүмкіндігі бар;

- оқу процесін қарқындалтуға мүмкіндік бар;

- білім деңгейі бүгінгі күннің сұраныстарына жауап береді.

Алайда, келесі ықтимал кемшіліктерді де ескеру қажет:

- PDA (personal digital Assistants) шағын мобильді экрандары көрсетілетін ақпараттың сапасы мен түрін шектейді.

- Ұялы телефондар мен PDA сақтау мүмкіндігі шектеулі.

- Батареялар үнемі жұмыс істеуі керек, егер дұрыс жұмыс жасамаса деректер жоғалуы мүмкін.

- Олар дербес компьютерге қарағанда әлдеқайда қауіпсіз болмауы мүмкін

- әсіресе ұялы телефондарда графикамен жұмыс жасау қиын, дегенмен 3G және 4G бұған мүмкіндік береді.

- Нарық тез өзгереді, әсіресе ұялы телефондар үшін, сондықтан құрылғылар тез ескіруі мүмкін.

- Сымсыз желілерді пайдаланатын пайдаланушылар көп болған кезде өткізу қабілеттілігі төмендеуі мүмкін.

Осыған байланысты мобильді оқыту саласының болашағы мобильді өндірушілердің, мобильді қызмет жеткізушілерінің, сондай-ақ оқыту саласының сарапшыларының бірлескен күш-жігерін талап етеді [3].

**Материал және әдістер.** Білім берудегі жаңа технология ретінде мобильді оқытуды ұйымдастыру үшін мобильді оқытудың келесі санаттары ерекшеленеді:



- Технологиялық мобильді оқыту (Technology-driven mobile learning) - кейбір нақты технологиялық инновациялар техникалық және педагогикалық мүмкіндіктерді көрсету үшін академиялық ортада орналасады.

- Аудиториямен байланысты оқыту (Connected classroom learning) – технологиялар интерактивті тақталар сияқты аудиториядағы басқа технологиялармен байланысқан бірлескен оқытуды қолдау үшін қолданылады.

- Бейресми, дербестендірілген, ситуациялық мобильді оқыту (Informal, personalized, situated mobile learning) - технологиялар қосымша функционалдылықпен күшейтіледі, мысалы, білім беру қызметіне бағытталған жергілікті хабар немесе бейнебағдарлама алу.

- Мобильді оқыту/тиімділікті қолдау (Mobile training/ performance support) - технологиялар мобильді қызметкерлердің өнімділігі мен тиімділігін арттыру үшін пайдаланылады.

- Қашықтықтан/ауылдық/дамып келе жатқан мобильді оқыту (Remote/ rural/ development mobile learning)-технология білім беруде әдеттегі электронды оқыту технологиялары жұмыс істей алмайтын экологиялық және инфрақұрылымдық мәселелерді шешу үшін қолданылады.

Оқу процесіне мобильді технологияларды енгізудің нақты нысандары мен әдістеріне тоқталайық.

Біріншіден, ұялы телефон оқыту ақпараты бар сайттарға кіруді қамтамасыз етеді, яғни қашықтықтан оқытудың бір түрі ретінде қолданылады. Бірінші әдіс-ұялы телефонды ғаламдық желіге кіру құралы ретінде пайдалану. Электрондық оқу курстары, тесттер, практикалық тапсырмалар және қосымша оқу материалдары (суреттер, фотосуреттер, дыбыстық және бейне файлдар) бар мамандандырылған сайттарға кіруді ұйымдастыруға болады. Сондай-ақ, білім беру мақсатында электрондық пошта алмасу және ұялы телефондарға арналған нұсқалары бар ICQ, QIP бағдарламаларында жедел хабар алмасу мүмкіндігі бар. Осылайша, оқытудың барлық кезеңдерінде білім алушыға ақпараттық материалдарды беру, сонымен қатар барлық оқу процесін бақылау және туындаған мәселелерді шешуге көмектесу мүмкіндіктері бар.

Ұялы телефондарды пайдаланудың мысалы ретінде Швецияның Learning Academy WorldWide ұйымы әзірлеген 2007 жылдың екінші жартысынан бастап дамып келе жатқан M-Ubuntu жобасы болып табылады [4]. Осы жоба аясында қашықтықтан оқыту платформасы ұсынылды, ол жаңа білім алуға, тіпті шалғай өңірлер мен үшінші әлем елдерінде де жаңа ақпараттық технологияларды белсенді пайдалануға барлық жағдай жасауға мүмкіндік береді.

Екіншіден, ұялы телефон - дыбыстық, мәтіндік, бейне және графикалық файлдарды ойнату құралы бар оқу ақпараты. Оқу үшін ұялы телефондарды қолданудың екінші әдісі-Office Word, Power Point, Excel сияқты кеңсе бағдарламаларының файлдарын ашуға және көруге қабілетті ұялы телефон платформаларына арналған арнайы бағдарламаларды қолдану. Осылайша, ұялы телефонның жадында оқу ақпараты бар файлдардың көмегімен олардың телефон экранына арнайы бейімделген нұсқаларын ыңғайлы айналдыру жолақтарымен, қолайлы қаріппен және ыңғайлы интерфейспен көруге болады. Бұл оқыту әдісін сәтті қолданудың мысалы ретінде Жапония мен Қытай университеттеріндегі бірқатар білім беру бағдарламаларын алуға болады. Мобильді

технологияларды қарастыра отырып, осы университеттердің оқытушылары оларды қазіргі қоғамды ақпараттандыру жағдайында өте перспективалы деп санайды. Интернет арқылы қашықтықтан оқытуға маманданған Жапониядағы ұлттық КиберИнститут 2008 жылы үйде де, кафеде де, метрода да кез - келген пәнді оқуға мүмкіндік беретін ұялы телефон арқылы оқытудың инновациялық жүйесін ұсынды. Егер сабақ кезінде компьютерде экранның ортасында дәрістің мәтіні және барлық қажетті суреттер көрсетілсе, ал бұрышта дәрістің бейнежазбасы көрсетілсе, онда ұялы телефонның нұсқасы бейне ағынының технологиясына негізделген және барлық мәтіндер мен сызбалар қосымша жүктеледі [5]. Білім беру технологиялары саласында финдік Nokia және Pearson бүгін Beijing Mobiledu Technologies бірлескен кәсіпорнының құрылғанын жариялады. Бұл кәсіпорынның мақсаты-қытай азаматтары үшін ұялы телефон арқылы қашықтықтан оқыту. Негізгі мақсаттардың бірі-ағылшын тілін насихаттау. Mobiledu-бұл дамуға ұсынылатын бағдарламаның атауы. Бағдарлама 2007 жылы басталды, оған ағылшын тіліндегі оқу материалдары және көптеген жедел ақпарат жеткізушілерінен ұялы телефондарға дейінгі басқа да білім беру мазмұны кіреді[6].

Келесі әдіс бұл – ұялы телефон және оның функционалдық мүмкіндіктері бейімделген электрондық оқулықтарды, оқу курстарын және оқыту ақпараты бар мамандандырылған типтегі файлдарды пайдалана отырып тікелей мобильді телефон платформаларына арналған оқытуды ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

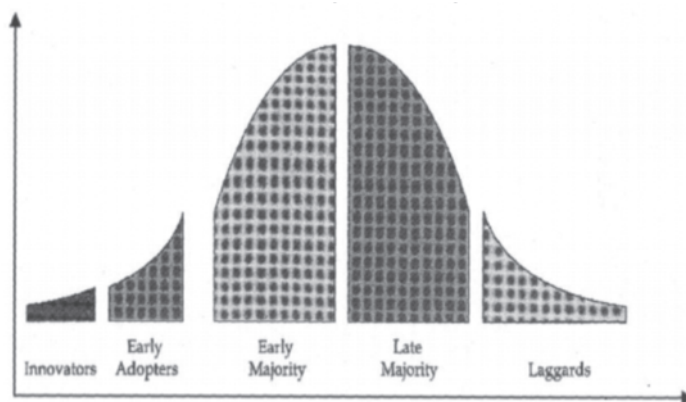
Оқу үшін ұялы телефондарды қолданудың тағы бір тәсілі – білім алушылардың ұялы телефондарында көруге және орындауға бейімделген арнайы электронды оқулықтар мен курстарды пайдалану. Белгілі бір пәндер бойынша тестілеуді, сондай-ақ оларды сәтті орындау үшін қажетті ақпаратты қамтуға Java қосымшасын жүктеуге болады.

Заманауи технологиялар осындай электронды құралдарды жобалауды және бағдарламалық түрде жүзеге асыруды жеңілдетеді. Схемаларды, сызбаларды және формулаларды орналастыру мүмкіндігі PDA арналған электронды оқу курстарын жазуды жан жақты және кез-келген пәнге қолдануын қамтамасыз етеді. Сондай ақ, портативті ақпараттық технология құрылғыларындағы графика мүмкіндіктерін қолдана отырып, ойын платформасындағы оқу бағдарламаларын жүзеге асыруға болады, бірақ мұндай қосымшаларды іске асыру өте күрделі және көп уақытты қажет етеді. Қазіргі таңда, портативті ақпараттық технология құрылғыларындағы арналған көптеген арнайы қосымшалар бар, мысалы, әр түрлі қиындықтағы калькуляторлар (қарапайым, ғылыми), ұялы телефондарға арналған кеңсе бағдарламалары, жауаптары көрсетілген әр түрлі тест қосымшалар бар және т. б.

Мобильді технологиялардың мүмкіндіктері мен оларды білім беру жүйесінде жүзеге асыру туралы ғылыми зерттеулер белсенді түрде жалғасуда және бүгінгі күні оларды практикада қолдану Қазақстанда да дами бастады. Мобильді оқытудың әртүрлі нысандарын пайдалана отырып, әлемдік деңгейде көптеген білім беру жобалары іске асырылуда, мысалы, Horizon Project, бұл New Media Consortium және EDUCAUSE Learning Initiative (EDUCAUSE) бірлескен жобасы [7]. Бұл жоба білім алушыларға қолданатын және көптеген кампустарда орнатылған желіге біріктірілген мобильді компьютерлік жүйелерді пайдалануды көздейді.

Эксперименттік жоба аясында мобильді оқыту дәстүрлі сабақтарға балама ретінде қарастырып отырған [8]. Арвид Стаупе пен Лине Колас (Arvid Staupe, Line Kolås), білім алушылардың оқытудың қолжетімділігіне қатысты қызметтерді кеңейтуді қалайтынын көрсетті және пәнаралық оқытушылар топтары осы мақсатқа жетудің құралы болып табылады.

Арвид Стауп пен Лина Колас мобильді оқытудың эксперименттік жобасын Мур [9] және Мантовани [10] теориясына сүйеніп жазды десекте болады. Бұны, әр пайдаланушылар тобының мінездемелерін сипаттай отырып, пайдаланушылар топтарының бірнеше санаттарын құру арқылы нарықта жаңа технологияның қалай қабылданатыны туралы жазылған Джеффри А. Мурдың «Crossing the Chasm» [9] кітабынан көруге болады. Төмендегі 1-суретте жоғарыда атап айтылған пайдаланушылар саны уақыт бойынша көрсетілген. Суреттегі графиктен пайдаланушылар топтары арасында алшақтық бар екендігі көрінеді. Осыған орай, А.Стоупе мен Л.Колас мобильді оқытулар Мур графының бастапқы сатысында тұрғанда, технологиялар мен тұжырымдамалар олқылықтарды еңсеру үшін күш салу керек деген қорытындыға келді.



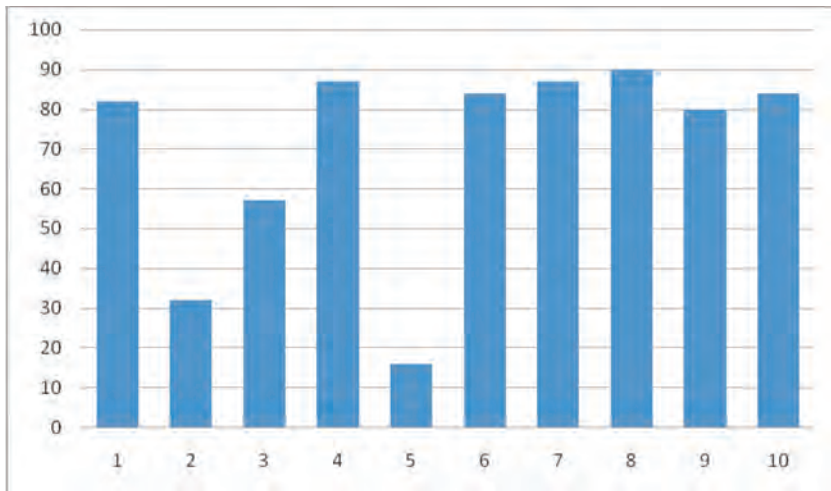
**Сурет 1** – Жаңа технологияларды енгізу кезінде пайдаланушылардың әртүрлі топтары бойынша Мур графигі

Қазіргі заманғы ұялы телефондар мен коммуникаторлардың саны дербес компьютерлерден бірнеше есе көп болса да, мобильді құрылғылар компьютерлерге қарағанда қол жетімді, ал қазіргі заманғы мобильді құрылғылардың қуаты 2000-жылдардың басындағы компьютерлерден асып түседі, біздің елімізде оқыту мақсатында ұялы телефон аз қолданылады.

**Нәтижелер мен талқылау.** Мобильді оқытуға арналған қосымшаларды әзірлеу және пайдалану бойынша әдістемелік ұсыныстардың көптігіне қарамастан, олар атап айтқанда, жалпы әлеуметтік пәндер саласында оқыту үшін әлі де жеткіліксіз. Білім алушылардың мобильді оқытуға техникалық және психологиялық дайындықтарын анықтау мақсатында [1; 11] Жәңгірханатындағы аграрлық–техникалық университетінің «Ақпараттық технологиялар» білім беру бағдарламасының білім алушыларына оқу процесінде мобильді құрылғыларды пайдалануға сауалнама жүргізілді. Сауалнама

жүргізу барысында жас ерекшеліктері мен жынысы ескерілмеді. Сауалнама жүргізу Google Forms платформасы арқылы жүзеге асырылды. Сауалнама нәтижесінде білім алушылардың 100% смартфондары бар екенін көрсетті. Яғни, білім алушылардың смартфондығындағы техникалық мүмкіндіктер олардың Интернетке кіруге, электронды кітаптарды, сөздіктер мен анықтамалықтарды пайдалануға, аудио және бейне файлдарды ойнатуға мүмкіндік береді. 33,7% iOS операциялық жүйесінде, қалған 66,3% Android операциялық жүйесіндегі смартфондарға ие.

2-суретте білім алушылардың мобилді телефондарында орнатылған техникалық мүмкіндіктермен жабдықталған құралдар тізімі және саны пайыздық жүйеде көрсетілген:



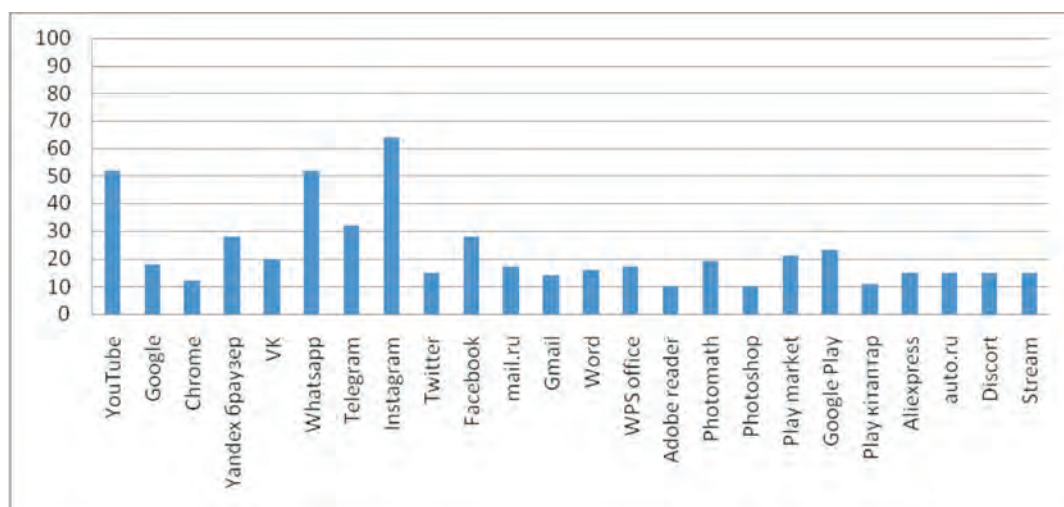
Сурет 2 – Мобильді телефонға орнатылған қосымшалар

Жоғарыдағы 2-суретте көрсетілген мобилді телефонға орнатылған қосымшалары сәйкесінше 1-10 нөмірлерде көрсетілген:

1. GPRS Интернетке кіру
2. 3G Интернетке кіру
3. WAP Интернетке кіру
4. Bluetooth
5. Инфрақызыл порт
6. MP3 файлдарын ойнату
7. Диктофон
8. Калькулятор
9. Java қосымшаларына қол жеткізу (ойындар, электронды кітаптар және т. б.)
10. Фотокамера

Білім алушылардың ұялы телефондарын техникалық жабдықтау олардың 80% - дан астамы Интернетке кіруге, электронды кітаптарды, сөздіктер мен анықтамалықтарды пайдалануға, аудио файлдарды ойнатуға мүмкіндік береді.

3-суретте білім алушылар мобилді телефонда қандай қосымшалар қолданатынын көрсетеді:



Сурет 3 – Білім алушылардың қосымшаларды қолдануы

Білім алушылардың 80% - дан астамы, атап айтқанда 64% - ы өз қызметінде «Instagram» әлеуметтік желісін, 52% - сәйкесінше «WhatsApp» және «YouTube» бейне хостингін пайдаланатынын көруге болады. Сонымен қатар, электрондық пошта өте аз пайдаланылады, ал мобильді құрылғылардағы мәтіндік және графикалық редакторлар дерлік пайдаланылмайды. Алынған жауаптарды талдай отырып, студенттер техникалық жабдықтың жоғары деңгейіне қарамастан, ұялы телефондардың мүмкіндіктерін оқу үшін әлсіз және ретсіз пайдаланады деген қорытынды жасауға болады. Психологиялық дайындықты білу үшін білім алушылардан ұялы телефондарды пайдалануға келесі сұрақтарға жауап беру ұсынылды:

- «Сіз ұялы телефонға барлық қажетті кітаптар мен оқулықтарды, мультимедиялық материалдарды жүктей алғыңыз келе ме, сабаққа дайындық үшін тест сұрақтарына мобильді құрылғыда жауап бергіңіз келе ме?»;

- «Сізге мобильді экранда барлық қажетті кітаптар мен оқулықтарды, мультимедиа материалдарын, сабаққа дайындалу үшін тесттерді көре алуыңыз керек пе?»

Жауаптарды талдау көрсеткендей, білім алушылардың 83% - ы сабаққа дайындалу үшін мобильді телефонға барлық қажетті материалдарды жүктей алғысы келеді, 17% - ы теріс жауап берді. Екінші сұраққа жауап бергенде: ұялы телефонның экранында барлық қажетті кітаптар мен оқу құралдарын, мультимедиялық материалдарды, сабаққа дайындық сынақтарын көре алу керек пе деген сұраққа, тек 6% - ы теріс жауап берді. Алынған деректерді салыстыру және талдау кезінде студенттердің басым көпшілігі оқытуда мобильді технологияны қолдануға техникалық және психологиялық тұрғыдан дайын екені анық.

Оқытуда мобильді телефондарды пайдалануға дайын студенттердің санын Мур графигіндегі (сурет 1) технологияны пайдаланушылар санымен салыстыратын болсақ, онда потенциалды пайдаланушылар саны инноваторлар санынан әлдеқайда көп бөлігін қалыптастыруға қабілетті деген қорытынды жасауға болады.



Оқу процесінде мобильді оқытудың жаңа мүмкіндіктерін пайдалану үшін мобильді оқытудың заманауи стратегияларын, нысандары мен әдістерін енгізу бойынша ұйымдастырушылық, зерттеу және әдістемелік жұмыс қажет.

**Қорытынды.** Болашақта оқытушылар мен білім алушылар белгілі бір жерде және уақытта білім беру және білім алу мүмкіндігінен шектелмеуі керек. Болашақта мобильді құрылғылар мен сымсыз технологиялар аудиторияның ішінде де, аудиториядан тыс оқытудың күнделікті бөлігіне айналады.

Қазіргі білім алушылардың көпшілігі білім беруде мобильді технологияны қолдануға техникалық және психологиялық тұрғыдан дайын және мобильді оқыту потенциалдарын тиімдірек пайдалану үшін жаңа мүмкіндіктерді қарастыру қажет. Бұл міндетті шешу білім беру басшыларының, ғалымдар мен оқытушылардың жоғары оқу орындарының оқу процесіне мобильді оқытудың стратегияларын, нысандары мен әдістерін енгізу жөніндегі зерттеу және әдістемелік жұмыстарының ұйымдастырушылық күш-жігерін талап етеді.

Білім беруге мобильді технологияларды енгізу :

- оқу процесіне қатысушыларға еркін қозғалуға мүмкіндік береді;
- мүмкіндігі шектеулі жандарға білім алуға мүмкіндік береді;
- дербес компьютер мен қағаз оқу әдебиеттерін сатып алуды қажет етпейді, яғни экономикалық тұрғыдан негізделген;
- оқу материалдары заманауи сымсыз технологиялардың арқасында пайдаланушылар арасында оңай таралады (WAP, GPRS, EDGE, Bluetooth, Wi-Fi);
- мультимедиялық форматтағы ақпарат оқу процесіне қызығушылықты арттыра отырып, материалды жақсы игеруге және есте сақтауға ықпал етеді.

Қорытындылай келе, мобильді қосымшаның болуы білім алушыларға кез-келген уақытта, тіпті Интернет желісі болмаса да, оны мобильді құрылғыдан іске қосуға және теориялық материалды зерттеуге мүмкіндік беретінін атап өтуге болады. Мобильді қосымшалар ең кең аудиториямен тиімді әсер ету құралдарының біріне айналады. Қолданбаны әзірлеу, әрине, көп уақыт пен күш жұмсайды, бірақ оқуды ілгерілетудің басқа құралдарына бағынбайтын мақсаттарға қол жеткізуге әкеледі. Мобильді қосымшаны пайдалану кезінде жүзеге асырылуы мүмкін интерактивті басқарылатын өзін-өзі оқыту қағидасын енгізу, сонымен қатар, ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың білім алушының танымдық және әлеуметтік қызметіне деструктивті әсерін азайтуға мүмкіндік береді.

## ӘДЕБИЕТ

1 Гончарук Н.П. Модели интеграции цифровых и педагогических технологий в процессе подготовки будущих инженеров / Н.П. Гончарук, Е.И. Хромова // Казанский педагогический журнал. – 2019. – № 1. – С. 31–35.

2 Keskin N.O., Metcalf D, The current perspectives, theories and practices of mobile learning // TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology –April 2011, vol. 10 Issue 2.

3 Kumari Madhuri, Vikram Singh, Mobile Learning: An Emerging Learning Trend – HiTech Whitepaper ,11,2009.



4 Traxler John. Current State of Mobile Learning. International Review on Research in Open and Distance Learning (IRRODL) 8, no. 2. 2007. <https://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/346>

5 Тимошевская М. А., Волкодав Т. В. Использование мобильных устройств в образовательных учреждениях //EUROPEAN RESEARCH. – 2016. – С. 262-264.

6 Nokia and Pearson Form Wireless Educational Venture in China. <https://www.prnewswire.com/news-releases/nokia-and-pearson-form-wireless-educational-venture-in-china-83228632.html>

7 Becker S. A. et al. Horizon report 2018 higher education edition brought to you by educause. – EDUCAUSE, 2018. – С. 1-54.

8 Staupe Arvid; Kolås Line. Mobile Tutoring - distributed interactive learning arena with synchronous video and audio. I: Society for Information Technology & Teacher Education International Conference Annual. Association for the Advancement of Computing in Education, 2007

9 Geoffrey A. Moore, Crossing the Chasm, Marketing and Selling High-Tech Products to Mainstream Customer (revised edition), HarperCollins Publishers, New York, 1999.

10 Mantovani Giuseppe «New communication environments: from everyday to virtual», Taylor & Francis, 1996.

11 Касаткина Н.Н. Исследование готовности студентов вузов к мобильному обучению / Н.Н. Касаткина // Ярославский педагогический вестник. – 2017. – № 6. - С. 133-138.

## REFERENCES

1 Goncharuk N.P. Modeli integracii cifrovyyh i pedagogicheskikh tekhnologiy v processe podgotovki budushchih inzhenerov / N.P. Goncharuk, E.I. Hromova // Kazanskij pedagogicheskij zhurnal. – 2019. – № 1. - S. 31–35.

2 Keskin N.O., Metcalf D, The current perspectives, theories and practices of mobile learning // TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology –April 2011, vol. 10 Issue 2.

3 Kumari Madhuri, Vikram Singh, Mobile Learning: An Emerging Learning Trend - HiTech Whitepaper ,11,2009.

4 Traxler John. Current State of Mobile Learning. International Review on Research in Open and Distance Learning (IRRODL) 8, no. 2. 2007. <https://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/346>

5 Timoshevskaya M. A., Volkodav T. V. Ispol'zovanie mobil'nyh ustrojstv v obrazovatel'nyh uchrezhdeniyah //EUROPEAN RESEARCH. – 2016. – S. 262-264.

6 Nokia and Pearson Form Wireless Educational Venture in China. <https://www.prnewswire.com/news-releases/nokia-and-pearson-form-wireless-educational-venture-in-china-83228632.html>

7 Becker S. A. et al. Horizon report 2018 higher education edition brought to you by educause. – EDUCAUSE, 2018. – С. 1-54.

8 Staupe Arvid; Kolås Line. Mobile Tutoring - distributed interactive learning arena with synchronous video and audio. I: Society for Information Technology & Teacher Education International Conference Annual. Association for the Advancement of Computing in Education, 2007

9 Geoffrey A. Moore, Crossing the Chasm, Marketing and Selling High-Tech Products to Mainstream Customer (revised edition), HarperCollins Publishers, New York, 1999.

10 Mantovani Giuseppe “New communication environments: from everyday to virtual”, Taylor & Francis, 1996.

11 Kasatkina N.N. Issledovanie gotovnosti studentov vuzov k mobil'nomu obucheniyu / N.N. Kasatkina // YAroslavskij pedagogicheskij vestnik. – 2017. – № 6. - S. 133-138.

**А. Г. ЖАХИЕНА<sup>1</sup>, Г. Н. МИЗАМОВА<sup>2</sup>, А. Х. ВАХИТОВА<sup>3</sup>,  
О. В. НАСС<sup>4</sup>, Г. Ш. УТЕШЕВА<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3</sup> НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, Казахстан

<sup>4</sup> Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»  
им. Д. Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>5</sup> «Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет»,  
г. Уральск, Казахстан

E-mail: aizatmail@mail.ru mizamgul@mail.ru aiza\_200485@mail.ru  
nass\_ov@voenmeh.ru Utesheva.gulnara@mail.ru

## **ТЕХНОЛОГИЯ МОБИЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА**

*В данной статье обсуждается значимость мобильного обучения в сравнении с традиционными методами обучения. Мобильные технологии предоставляют эффективное взаимодействие всем участникам образовательного процесса, позволяют организовать совместную работу, эффективно распределять ресурсы и предоставлять необходимые инструменты для решения учебных задач.*

*Авторы статьи представляют свои взгляды на организацию учебного процесса в техническом вузе. Они установили, что применение мобильных технологий в учебном процессе позволяет сосредоточиться на формировании образовательной виртуальной среды, в которой студенты развиваются и обучаются под руководством преподавателя.*

*В статье мобильное обучение рассматривается как перспективное направление развития цифрового образования. Описываются преимущества и недостатки мобильного обучения при организации учебного процесса, а также раскрывается содержание мобильных приложений в образовательном процессе. Также приводятся примеры применения мобильного обучения в современном образовании.*

*Несмотря на то, что мобильные телефоны широко распространены и доступны для обучающихся, в отечественных вузах мобильное обучение используется реже. Статья объясняет термин «мобильное обучение» и затрагивает проблемы его использования и исследования в образовании. Для анализа готовности обучающихся к использованию мобильных технологий в обучении был проведен опрос студентов программы «Информационные технологии» Аграрно-технического университета имени Жангир хана. Результаты опроса были проанализированы.*

*В результате опроса был сделан вывод о том, что техническая и психологическая готовность обучающихся к использованию мобильных технологий в учебном процессе вуза требует дальнейшего изучения новых возможностей для более эффективного использования мобильных технологий обучения.*

**Ключевые слова:** мобильное обучение, цифровые технологии, мобильное приложение, портативные мобильные устройства, беспроводные сети.

**A. ZHANIENA<sup>1</sup>, G. MIZAMOVA<sup>2</sup>, A. VAKHITOVA<sup>3</sup>, O. NASS<sup>4</sup>, G. UTESHEVA<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Non-profit JSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan» Uralsk, Kazakhstan

<sup>4</sup> Baltic State Technical University «VOENMEH» named after D.F. Ustinov,  
Saint-Petersburg

<sup>5</sup>«West Kazakhstan University of Innovation and Technology» Uralsk, Kazakhstan  
E-mail: aizatmail@mail.ru mizamgul@mail.ru aiza\_200485@mail.ru  
nass\_ov@voenmeh.ru Utesheva.gulnara@mail.ru

## MOBILE LEARNING TECHNOLOGY IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF A TECHNICAL UNIVERSITY

*This article discusses the importance of mobile learning compared to traditional teaching methods. Mobile technologies provide effective interaction for all participants of the educational process, allow organizing collaborative work, effectively distribute resources and provide the necessary tools for solving educational tasks.*

*The authors of this article present their views on the organization of the learning process in a technical university. They found that the use of mobile technologies in the learning process allows focusing on the formation of an educational virtual environment, in which students develop and learn under the guidance of a teacher.*

*The article considers mobile learning as a promising direction for the development of digital education. It describes the advantages and disadvantages of mobile learning in the organization of the educational process, and also reveals the content of mobile applications in the educational process. Examples of mobile learning in modern education are also given.*

*Despite the fact that cell phones are widespread and accessible to students, mobile learning is used less frequently in domestic universities. The article explains the term “mobile learning” and touches on the problems of its use and research in education. To analyze the readiness of learners to use mobile technology in education, a survey of students in the “information technology” program of Zhangir Khan Agrarian and Technical University was conducted. The results of the survey were analyzed.*

*As a result of the survey, it was concluded that the technical and psychological readiness of students to use mobile technology in the educational process of the university requires further study of new opportunities for more effective use of mobile learning technologies.*

**Key words:** mobile learning, digital technologies, mobile application, portable mobile devices, wireless networks.

**G. Z. ZIYATBEKOVA<sup>1,2\*</sup>, ZH. BIDAХMET<sup>2</sup>, R. S. ALGOZHAYEVA<sup>2</sup>,  
K. T. AZANBAY<sup>2</sup>, A. T. MAZAKOVA<sup>2</sup>, I. B. SULEIMEN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*RSE Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK,  
Almaty, Kazakhstan,*

<sup>2</sup>*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.*

## **ANALYSIS OF THE CONSEQUENCES OF BREAKDOWNS OF HYDRAULIC STRUCTURES AND THE OCCURRENCE OF EMERGENCY SITUATIONS**

*The problem of prevention and elimination of emergencies remains very urgent. The prediction of area flooding as a result of seasonal floods, or due to emergency situations is important and is solved on the basis of various technologies. Computer modeling methods based on direct hydrodynamic calculations of surface water dynamics seem to be an effective direction. Of particular interest is modeling the dynamics of filling of hydraulic structures in mountainous terrain.*

*In this article, features of destruction of hydraulic structures in emergency situations on water bodies. The article also mentions the methods of monitoring water levels in the reservoirs. A description of flood monitoring technology is given, the results of its practical use in some regions are discussed, and directions for further development are outlined. This information is subsequently used to predict the emergency situation.*

**Key words:** *dam, reservoir, flooding, mathematical model, monitoring, forecast, breakthrough, environmental safety.*

**Introduction.** According to the report of the United Nations Commission, the damage caused by natural disasters, particularly floods, has been increasing over the years, and the economic losses caused by floods have led to a decrease in the gross domestic product. To select a set of measures to minimize damage, it is advisable to forecast the main characteristics of floods that affect the amount of damage. Their magnitude affects the degree of severity of the consequences of floods for the population, economy, agriculture, etc. [1, 2].

In the last century in the world there have been more than a thousand cases of failure of hydraulic structures, the causes of which, among the meteorological phenomena were also factors of geological and geophysical nature [3, 4].

Based on statistics for the 15,000 large dams that exist in the world, there has been an average of 1.5 failures per year, which means that the probability of dam failure is approximately 1-4 cases per year [5].

Modern information technology provides powerful tools for collecting, storing and processing data. Integrated application of mathematical modeling and geographic information systems is the most effective strategy for solving the problem of adequate, rapid monitoring and analysis of threats of water body breaches. It will make it possible to assess the environmental risk, predict the possibility and the expected time of the dam break of the wave arrival to the settlements, as well as competently manage the hydraulic situation in the region.

---

\* E-mail корреспондирующего автора: [ziyatbekova@mail.ru](mailto:ziyatbekova@mail.ru)

Existing hydraulic safety systems are mainly designed for large bodies of water, and their software and technical operation requires large staff and appropriate conditions. Therefore, development of autonomous hardware-software complexes for monitoring of filling in real time is urgent for reservoirs with volume up to 100 mln. m<sup>3</sup>.

Lakes and rivers of Kazakhstan are sources of fresh water and are used in the life support of the country's population, for irrigation of agricultural land. Currently, there are 1,665 hydraulic structures in the republic, including 443 large dams and 125 dike. The main problem in Kazakhstan is that many of them are remote, disconnected from power supply systems and pose some threat to the population.

In the spring of 2010, Almaty Oblast was hit by a tragedy: the flooding, with human casualties and devastation. The natural disaster was caused by a dam break. In 2014, the tragedy repeated itself in the Karaganda region.

Only the creation of an automated information system to monitor and prevent the hydraulic situation in the regions of Kazakhstan will solve the problem of minimizing the cost of preventing floods and eliminating their negative consequences.

Hydraulic structures are complex technical objects that create a whole range of environmental and nature-user problems even in normal operating conditions. The zones of influence of a hydraulic structure on adjacent areas (reservoirs and downstream areas) are quite long and can occupy hundreds of square kilometers.

There are now many known examples of flooding emergencies caused by the spread of floodwaters and breakwaters. At this time in our country is the task of protecting agricultural land and settlements from flooding. Flooding of agricultural land occurs both during the passage of large-scale floods and natural, man-made factors.

The problem of floods is becoming more and more acute. The situation when settlements in different regions of the country literally go under water has already become the norm. At the same time, the budget is still spent on floods, instead of preventing them. Flood is a phase of the water regime characterized by an intense, usually short-term increase in discharge and water levels caused by rainfall or snowmelt during thaws. Springtime flooding is a seasonal phenomenon, and, in fact, it's a recent phenomenon that cannot be avoided to any degree.

Attempts to resolve the conflict between the need to use floodplains and coastal lands and losses from possible flooding have been made repeatedly by many experts. But so far this conflict has not been resolved. To solve the problem of the possibility of using coastal land, it is necessary to analyze the possible damage from floods.

In the event of a flood or breakthrough wave, the quality of the land is significantly degraded. Even a short-term rise in river water during a flood can cause flooding of coastal lands, which will invariably lead to significant losses associated with both the possible loss of crops and deterioration of land quality.

As measures to prevent damage caused by possible flooding, it is necessary to carry out engineering measures such as:

- monitoring and regulation of flood flow using various engineering structures: dams, dikes, riverbank reinforcement, straightening river channels, etc.;
- design and rational placement of infrastructure elements and residential buildings in accordance with the potentially dangerous areas of possible flooding; in areas with frequent

cases of flooding it is possible to build houses on piles, or to transfer the first floors of buildings into non-residential housing;

– ensuring the sustainability of operations, taking into account the possible occurrence of emergencies, important infrastructure elements: bridges, communication lines, etc.

The occurrence of emergency situations on hydraulic structures leads, in particular, to such hydrodynamic accidents as the destruction of a hydroelectric complex and the formation of a breakthrough wave with catastrophic consequences in the tailrace - the destruction of dams, dikes, power, industrial and civil facilities, flooding territories, loss of human life. The main causes of emergencies are natural or man-made factors, such as overflow of the reservoir head or a terrorist act. Man in the modern world is becoming more and more dangerous to live in. While natural disasters such as earthquakes, floods, and forest fires have always posed a threat, they have recently been joined by man-made disasters. The most dangerous are accidents at large environmentally sensitive facilities, which include many water management structures (dams, reservoirs, levees). Every day we hear about dam and dam failures, accidents at nuclear power plants, gas and oil pipelines, resulting in floods, toxic gas discharges into the atmosphere, and tons of oil spills. All of this can even be due to the slightest breach of technology and safety technology, negligence, oversight, and finally, because of the notorious “human factor”. Dams have been built for thousands of years - for flood control, power generation, drinking, industrial and agricultural water supply. By 1950, many governments, and in some countries private companies as well, were building more and more dams in response to growing populations and growing national economies. The construction of dams was seen as an important means of meeting water and energy needs and as a long-term strategic investment capable of producing multifaceted benefits. Some of these benefits are typical of large social projects involving infrastructure development, while others are either unique to all dams or specific to some of them.

**Experimental.** The research will address the following scientific questions: Based on the results of hydraulic data (signals) processing, development of mathematical models and algorithms for their calculations. Depending on the class of mathematical model different sections of mathematics will be applied: differential equations, difference equations, etc.

Scientists have concluded that the effects of dams have a major impact on the environment, since flow rates and soil erosion are directly related. Dams prevent sediments accumulated in rivers (mud, waste, etc.) from reaching the sea. Therefore, near the confluences of rivers, accumulations of such wastes are formed, leading to the formation of erosion.

Nevertheless, the past 50 years have revealed many characteristics of dams and their impact on society and the environment. Large dams have fragmented and transformed the world’s rivers. Dam failure has catastrophic consequences. First, the flow destroys the structures created by human hands on the land below the dam. Secondly, the powerful streams of water squander their energy not only uselessly, but also with great harm to humans. Thirdly, formerly flourishing lands are ravaged, piled with stones.

As we enter the twenty-first century, the world faces many challenges, foremost of which is the need to create a sustainable way of life that will not endanger future generations. Fresh water is an important element of life on our planet. Therefore, sustainable development requires the sustainable use of the world’s limited freshwater resources. The role of water resources in the development of the productive forces of our society, in solving



national economic and socio-cultural problems is increasing every year. Water resources predetermine the development of individual regions, location of industrial facilities and settlements, play a paramount role in the formation of natural and technical complexes, such as water management nodes, irrigation and drainage systems, energy, agro-industrial and other complexes.

According to various scientists, in the future there may be serious disagreements and contradictions between countries in the use of fresh water, which can escalate into military conflicts [6].

Clog dams have disrupted the natural flow of rivers, led to the development of stagnant processes, reduced the ability of "self-purification," drastically changed water quality, etc. Increasing pressure in dams and their deplorable condition can lead to their destruction. A natural disaster or sabotage explosion could result in a devastating flood.

In the operation of hydraulic structures, in particular dams, the destruction of the pressure front of hydroelectric installations is one of the most dangerous cases of accidents, leading to significant economic, environmental and social consequences, as well as affecting significantly the ecology of the tailrace of hydroelectric installations.

Based on statistics for the 15,000 large dams that exist in the world, there has been an average of 1.5 failures per year, which means that the probability of dam failure is approximately 10 cases per year. The accuracy of prediction of the spill hydrograph depends on the reliability of forecasting the parameters of the spill wave (change in time of the flow depth, flow velocity, etc.) in various flood areas, information about which is necessary to select the location of economic facilities, development of flood control measures, drawing up an action plan in case of a breach, assessment of the consequences of the wave passage and the subsequent environmental situation, insurance of retaining structures, etc. [7].

The basis for the formation of population protection is the zoning of the territory according to the types and degree of possible danger in case of catastrophic flooding by a breakthrough wave. To predict the engineering situation during the passage of the breakthrough wave, it is necessary to calculate its main parameters, which include: the maximum height of the breakthrough wave; the maximum velocity of the body of the wave; the speed of the breakthrough wave front; the tail speed of the breakthrough wave; time of reaching characteristic points of the breakthrough wave (front, crest, tail) to the design sections.

To effectively protect the population, objects and territories, a methodology and program for calculating the parameters of the breakthrough wave and flooding zones, as applied to the hydromorphometric conditions of our country are needed.

Result and discussion. The theoretical basis is based on the study of the movement of the breakthrough wave during hydrodynamic accident on the hydraulic structures of the pressure front.

We consider a slowly changing unsteady fluid flow on the section  $dl$  of some channel with the live cross-section area at the beginning of the flow  $S$ . The calculation scheme of the breakthrough wave motion is shown in Fig. 1.

The coordinate of the free surface of the flow at the initial section is denoted by  $z$ , and the average velocity at this section by  $v$ . At distance  $dl$ , coordinate  $z$  and velocity head  $\alpha v^2/2g$  will receive the following increments:  $dz$  and  $d(\alpha v^2/2g)$ , respectively ( $\alpha$  is the Coriolis coefficient) [8].

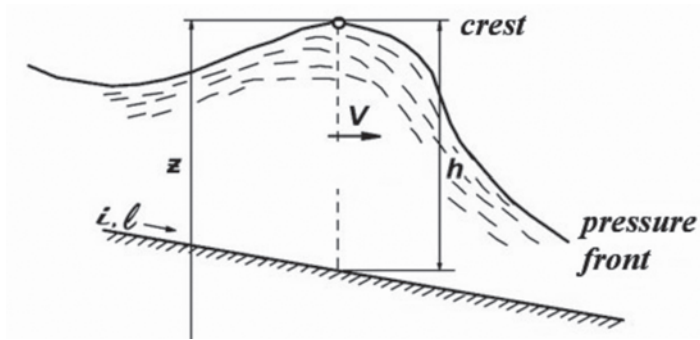


Figure 1 – Calculation scheme of the breakthrough wave motion

For rivers, the longitudinal gradient for channels is relatively small, so for the breakthrough wave flow, the acceleration equal to  $\frac{\alpha_0 \partial v}{\partial t}$  (taking into account the irregularity of velocity distribution in the section) acts along the axis  $l$  ( $\alpha_0$  is the Boussinesq factor;  $t$  is the time of flow, s).

In accordance with Fig. 1, taking into account the work of inertial force per unit weight of the fluid at section  $dl$ , the equation of conservation of total specific energy for the section with coordinate  $z$  and the section at the increment  $dl$  at unsteady motion of the breakthrough wave body is

$$z + \frac{\alpha v^2}{2g} = z + dz + \frac{\alpha v^2}{2g} + d\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right) + i_{TP} dl + \frac{\alpha_0}{g} * \frac{\partial v}{\partial t} dl \quad (1)$$

or

$$d\left(z + \frac{\alpha v^2}{2g}\right) = -i_{TP} dl - \frac{\alpha_0}{g} * \frac{\partial v}{\partial t} dl \quad (2)$$

where  $i_{TP}$  is the slope of friction:

$$i_{TP} = \frac{Q^2}{K^2} \quad (3)$$

where  $Q$  – flow rate in the section,  $m^3/s$ ;  $K$  – flow characteristic,  $m^3/s$ ,  $K = SC\sqrt{R}$ ;  $R$  – hydraulic radius,  $m$ ;  $S$  – live cross-sectional area of the flow,  $m^2$ ;  $C$  – Shezi coefficient,  $m^{0.5}/s$ ,  $C = \frac{1}{n} R^y$ ,  $n$  – roughness coefficient of the watercourse,  $s/m^{0.25}$ .

For calculation of open channels it is recommended values  $y = 0,2 \dots 0,25$ . For the calculations in the work took  $y = 0,25$ .

Dividing both parts of equation (2) by  $dl$  with the friction slope taken into account, we obtain the following equation:

$$\frac{\partial z}{\partial l} + \frac{\alpha v}{g} * \frac{\partial v}{\partial l} + \frac{\alpha_0}{g} * \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{Q^2}{K^2} = 0 \quad (4)$$

where  $\frac{\partial z}{\partial l} = I = i - \frac{\partial h}{\partial l}$  – free surface slope;  $i$  – stream bottom slope;  $h$  – flow depth, m.

After transformations, equation (4) takes the form of the Saint-Venant equation [8, 9]:

$$i - \frac{\partial h}{\partial l} = \frac{av}{g} * \frac{\partial v}{\partial l} + \frac{\alpha_0}{g} * \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{Q^2}{K^2} \quad (5)$$

or

$$i - \frac{\partial h}{\partial l} = \frac{av}{g} * \frac{\partial v}{\partial l} + \frac{\alpha_0}{g} * \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{v^2}{C^2 R} \quad (6)$$

The complexity of the equations in question and the impossibility of obtaining analytical solutions required the use of numerical methods based on the approximation of derivatives by finite differences [10]. Systems for real-time monitoring of water bodies, based on automation of information collection and processing, are being developed for practical application.

The main concepts of this work is to identify ways to establish a monitoring system, in particular, predicting the risks of accidents due to dam breaks, analyzing data, the characteristics of objects falling into the flood zone and obtain instructions for an immediate response to prevent emergencies. The objectives of the work are to analyze the consequences of a dam break and the immediate response to these events, to predict possible flood zones, the destruction of downstream dams, recommendations for rescue operations.

To solve the problem of obtaining flood zones as a result of flooding, the following ways of obtaining results are possible:

1. Physical models;
2. Conducting analytical calculations;
3. Numerical modeling.

To date, it has been shown that it is possible to determine the parameters of flood and breakout wave propagation only by using numerical computer modeling. Fluid flows are divided into two very different types: laminar (smoothly varying, regular) and turbulent (disordered). In cases of flood and breakthrough wave propagation, the fluid flow will be turbulent [11].

All existing software packages can be divided into one-dimensional, two-dimensional and three-dimensional. Numerical modeling in one-dimensional and two-dimensional cases greatly simplifies the model under study, and does not give a complete picture of the processes occurring during the propagation of the breakthrough wave or flood wave, which will be shown below. Thus, the most accurate would be to use three-dimensional numerical modeling to perform flood and breakout wave calculations.

In most cases, the basic system for hydrodynamic modeling is a three-dimensional system of Navier-Stokes evolutionary equations.

Let's analyze the necessary input data for different ways of modeling.

Saint-Venin's system of differential equations for unsteady fluid motion, assuming flow in a channel with a sufficiently large bottom slope, can be reduced to the form:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{b} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0, \quad (7)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \left( \frac{Q}{bK} \frac{dK}{dh} \right) \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{K^2}{2bQ} \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} = 0, \quad (8)$$

where:  $t$  – time,  $0 \leq t \leq T = \text{const}$ ,  $s$ ;  $x$  – spatial coordinate in the direction of motion, and  $0 \leq x \leq l$ ,  $m$ ;  $J$  – bottom slope,  $m/m$ ;  $b$  – width  $\sigma$  of the channel,  $m$ ;  $h(x, t)$  – channel depth,  $m$ ;  $K(h)$  – flow characteristic of the channel ( $K(h) = \frac{bh^{\frac{3}{n}}}{n}$ , where  $n$  – is the roughness coefficient);  $v(x, t)$  – average flow velocity in the channel cross section,  $m/s$ ;  $Q(x, t)$  – flow rate in the selected cross-section,  $\frac{m^3}{s}$ .

To calculate by these equations describing unsteady nonuniform movement of water masses, it is necessary to set initial and boundary conditions on the river section. Initial conditions require to set the state of the flow, its velocity or flow rate at all points of the channel at the time  $t = 0$ . Boundary conditions determine the water level, its velocity or flow in the upper and lower sections of the river at any time.

The initial conditions will be of the form:

$$(x, 0) = \sigma_0(x), \quad b(x, 0) = \gamma_0(x), \quad (9)$$

Boundary conditions:

$$Q(0, t) = \sigma_1(t), \quad h(0, t) = \gamma_1(t), \quad (10)$$

$$Q(l, t) = \sigma_2(t), \quad h(l, t) = \gamma_2(t). \quad (11)$$

The problem can be solved by dividing the interval  $[0, T]$  into segments and calculating on them all the characteristics of the flow, because for real river channels in a non-uniform movement area of the cross section varies depending on  $x$ , and since the motion unsteady, then the area also depends on time. Thus, it is necessary to divide the section into segments with unchanged hydraulic characteristics, then solve the system of Saint-Venin equations for the segments, where for the first segment the input hydrograph is taken from the initial data, then the flow parameters in this segment are calculated and the output hydrograph, which serves as the output hydrograph for the second segment, and so on.

The task of modeling river flow is an important problem. Currently, there is no single solution for predicting river flow. The constant desire to simplify methods leads to a loss of quality in the results of the study. But more complex models require numerous observational data, which are often not available, so we have to resort to simplifying models. One-dimensional models of river flow modeling can be used only for preliminary calculations. One-dimensional models of river flow modeling can be used only for preliminary calculations [12].

**Conclusions.** The paper shows that it is possible to determine the parameters of flood and breakthrough wave propagation only with the use of numerical computer modeling. All

considered methods do not allow to quickly obtain baseline data to justify flood protection measures and require significant material and time resources. Thus, there is an obvious need to create a simplified technology for engineering justification of flood control measures, comparable in terms of reliability of obtaining results with existing ones, but with the advantage of speed of modeling and ease of implementation. The technology should, with a minimum set of input data, make it possible to simulate the propagation of the flood wave or breakthrough wave, which results in a two-dimensional map of the study area with flood zones, ranked by depth, as well as other parameters that characterize the propagation of waves.

**Acknowledgements.** This work was carried out with research grant funding for 2023-2025 under project AP19678157 Development of a hardware-software complex for monitoring the level of occupancy of water bodies.

## REFERENCES

- 1 Issimov N., Mazakov T., Mamyrbayev O., Ziyatbekova G. Application of fuzzy and interval analysis to the study of the prediction and control model of the epidemiologic situation // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2018. – Vol. 96, – № 14. – P. 4358-4368. (in Eng)
- 2 T. Mazakov, Sh. Jomartova, G. Ziyatbekova, M. Aliaskar. Automated system for monitoring the threat of waterworks breakout // Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2020. – Vol. 98, – No 15. – Pp. 3176-3189. ISSN: 1992-8645, E-ISSN: 1817-3195. (in Eng)
- 3 T. Zh. Mazakov, P. Kisala, Sh. A. Jomartova, G. Z. Ziyatbekova, N. T. Karymsakova. Mathematical modeling forecasting of consequences of damage breakthrough // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2020. – Vol. 5, No 403. – Pp. 116-124. // <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X> (in Eng)
- 4 Mazakov T.Zh., Dzhomartova Sh.A., Kisala P., Ziyatbekova G.Z. New approaches for solving problems of the simulation of flood waves and breakthrough to justify protective measures // HERALD of the Kazakh – British Technical University. – Almaty, 2019. – Vol. 16, – № 4(51). – P. 138-144. (in Eng)
- 5 Aliaskar M.S., Jomartova Sh.A., Ziyatbekova G.Z., Isimov N.T., Amirkhanov B.S., Mazakova A.T. Autonomous microprocessor-based climate data transmission system // Bulletin of K.I. Satpayev KazNITU, 2019. – No 1 (131). – Pp. 371-377. (in Russ)
- 6 Mazakov, T., Jomartova, Sh., Ziyatbekova, G., Sametova, A., Mazakova A. Intelligent dam breach threat monitoring system. Scientific Journal of Astana IT University, 2022. – Vol. 10. – Pp. 61-67. doi: 10.37943/YQTE5603 (in Eng)
- 7 Mazakov T., Jomartova Sh., Ziyatbekova G., Aliaskar M. Automated system for monitoring the threat of waterworks breakout. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2020. – Vol. 98. – No. 15. – Pp. 3176-3189. ISSN: 1992-8645, E-ISSN: 1817-3195. (in Eng)
- 8 Filatov E.Y., Yasinsky F.N. Mathematical modeling of fluid and gas flows. Tutorial. Ivanovo State Power University, Ivanovo, 2007. – 345 p. (in Russ)
- 9 Tsytyovich N.A. Mechanics of Soils. M.: KD Librocom, 2009. – 272 p. (in Russ)
- 10 Mazakov T.Zh., Kisala P., Jomartova Sh.A., Ziyatbekova G.Z., Karymsakova N.T. Mathematical modeling forecasting of consequences of damage breakthrough. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences, 2020. – Vol. 5. – No. 443. – Pp. 116-124. doi: 10.32014/2020.2518-170X.111 (in Eng)
- 11 Bradshaw P. Introduction to Turbulence and its Measurement. – M.: Mir, 1974. –239 p. (in Russ)

12 Kuchment L.S., Gelfan A.N., Demidov V.N. Development of physical and mathematical models of river flow formation and experience of their application under lack of hydrometric observations // Abstracts of VI All-Russian Hydrological Congress. – SPb.: Gidrometeoizdat. – 2004. – Pp. 121-123. (in Russ)

**Г. З. ЗИЯТБЕКОВА<sup>1,2</sup>, Ж. БИДАХМЕТ<sup>2</sup>, Р. С. АЛГОЖАЕВА<sup>2</sup>, К. Т. АЗАНБАЙ<sup>2</sup>,  
Ә. Т. МАЗАҚОВА<sup>2</sup>, І. Б. СҮЛЕЙМЕН<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан,

<sup>2</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

### **ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫСТАРДЫҢ БҰЗЫЛУЫНЫҢ САЛДАРЫН ЖӘНЕ АВАРИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ ТУЫНДАУЫН ТАЛДАУ**

Төтенше жағдайлардың алдын алу және оларды жою мәселесі өте өзекті болып қала береді. Маусымдық су тасқыны немесе төтенше жағдайлар нәтижесінде аумақты су басуды болжау өте маңызды болып табылады және олар әртүрлі технологиялар негізінде шешіледі. Жер үсті сулары динамикасының тікелей гидродинамикалық есептеулеріне негізделген компьютерлік модельдеу әдістері қашан да тиімді бағыт болып көрінеді. Таулы жерлерде гидротехникалық құрылыстарды сумен толтыру динамикасын модельдеу ерекше қызығушылық тудыратыны рас.

Бұл мақалада су объектілеріндегі төтенше жағдайларда гидротехникалық құрылыстардың бұзылу ерекшеліктері қарастырылған. Сонымен қатар мақалада су қоймаларындағы су деңгейін бақылау әдістері де айтылады. Су тасқынын бақылау технологиясының сипаттамасы келтірілген, оны кейбір аймақтарда практикалық қолдану нәтижелері талқыланып, одан әрі даму бағыттары ұсынылған. Бұл ақпарат кейіннен төтенше жағдайды болжау үшін қолданылады.

**Түйін сөздер:** бөгет, су қоймасы, су тасқыны, математикалық модель, бақылау, болжау, серпіліс, экологиялық қауіпсіздік.

**Г. З. ЗИЯТБЕКОВА<sup>1,2</sup>, Ж. БИДАХМЕТ<sup>2</sup>, Р. С. АЛГОЖАЕВА<sup>2</sup>, К. Т. АЗАНБАЙ<sup>2</sup>,  
А. Т. МАЗАҚОВА<sup>2</sup>, И. Б. СҮЛЕЙМЕН<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК,  
Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЯ РАЗРУШЕНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ВОЗНИКНОВЕНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

Проблема предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций остается очень актуальной. Прогнозирование затопления территории в результате сезонных паводков или в результате чрезвычайных ситуаций имеет важное значение и решается на основе различных технологий. Методы компьютерного моделирования, основанные на прямых гидродинамических расчётах динамики поверхностных вод, представляются эффективным направлением. Особый интерес представляет моделирование динамики заполнения гидротехнических сооружений в горной местности.



---

*В данной статье рассмотрены особенности разрушения гидротехнических сооружений в чрезвычайных ситуациях на водных объектах. В статье также упоминаются методы мониторинга уровня воды в водохранилищах. Приведено описание технологии мониторинга наводнений, обсуждены результаты её практического использования в некоторых регионах, намечены направления дальнейшего развития. Эта информация впоследствии используется для прогнозирования чрезвычайной ситуации.*

**Ключевые слова:** плотина, водохранилище, наводнение, математическая модель, мониторинг, прогноз, прорыв, экологическая безопасность.

*A. A. IMANBERDI<sup>1</sup>, L. L. LA<sup>2</sup>, R. N. MOLDASHEVA<sup>2\*</sup>*

*Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan*

*E-mail: asel\_khas@list.ru, lira\_la@mail.ru;*

*<sup>2</sup> Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan*

*E-mail: raushan85\_07@mail.ru*

## **APPROACHES TO THE DESIGN OF A SOFTWARE SYSTEM FOR MONITORING AND ANALYZING DATA OF SOCIAL NETWORKS, ADAPTED TO THE SPECIFICITY OF THE KAZAKH AND RUSSIAN LANGUAGES**

*This article is a description of the process of designing a software system for data analysis and monitoring of social networks, adapted to the specifics of the Kazakh and Russian languages. Also, a review of existing systems used by ordinary users, government agencies, commercial organizations, as well as scientific organizations, and designed for the analysis and monitoring of social networks, was carried out.*

**Key words:** *social network, social network monitoring, social well-being, user perception assessment, software system.*

**Introduction.** Today, the Internet has become the main means of communication, and social networks have become the main platform for communication and interaction. Moreover, social networks are a source of huge amounts of information and are widely used for research purposes, marketing, various business tasks, tasks related to security at various levels, recruiting agencies, etc. The use of such sources is not an easy process, and the problems that arise along the way require specialized technologies and tools. The main tasks of software systems for analyzing data from social networks are: achieving an understanding of the processes occurring in social networks (analysis and monitoring), as well as transferring the social network to the required state (forecasting and management).

Existing software tools used in the activities of companies in our country have a number of shortcomings. Basically, such developments are foreign, the linguistic dictionaries of which are poorly adapted to the specifics of the Russian and Kazakh languages; any situation is monitored manually, there is no practice of using Data Mining methods to process the information array of streams.

As a result, the task of creating a software system for data analysis and monitoring of social networks becomes relevant. The implementation of the software tool will allow monitoring social networks and web resources, solving a wide range of business tasks in real time: identifying reputational and informational threats, criticism, negativity, misinformation, tracking the mood of the company's customers and responding to their complaints and suggestions, fighting fraud, brand management, formation of new sales channels, etc.

**Materials and methods of the study.** Review of Existing Systems for Monitoring and Analyzing Social Media Data. To date, there are quite a few tools for monitoring social

---

\* E-mail корреспондирующего автора: raushan85\_07@mail.ru

networks and content analysis. The foreign market is represented by such systems as TweetDeck, Hootsuite, PolyAnalyst, Socialmention and other analogues that allow using social networks to solve a wide range of business problems. As for the market of Kazakhstan, it is not richly represented by domestic developments in opinion monitoring. There are such systems as iMAS, Alem Media Monitoring. Table 1 presents the functionality of software systems.

**Table 1** – Functionality of software products

Compare parameter	Sales percentage, %				
	Proposed system	Alem Media Monitoring	iMAS	PolyAnalyst	IQBuzz
Russian language support	100	100	100	0	100
Kazakh language support	100	100	100	0	0
English language support	100	0	100	100	0
Modeling social well-being	100	0	0	0	100
Analysis detail	100	0	0	0	0
Social media monitoring	100	100	100	100	100

As shown in the table, the systems have a number of disadvantages. In the considered software systems, there are no modules for managing the tone dictionary for modeling social well-being. All of the above systems have a number of disadvantages. Foreign systems do not take into account the syntax of Russian and Kazakh languages and are aimed mainly at foreign users. They, among other things, have a rather high cost, and free versions, in turn, do not provide access to all the functionality of the program and algorithms for finding information, which significantly reduces the efficiency for finding answers and user comments.

The proposed software system for monitoring and analyzing data from social networks will be implemented based on the use of the functionality of similar systems, and is primarily aimed at research purposes, taking into account the syntax of the Russian and Kazakh text, and will also be more accessible to users. The system will use: a semantic profile model, machine learning algorithms, production model methods, which will make it possible to build rules for assessing social behavior, and to perform a quantitative analysis of the tone of the text.

**The body. Outcomes.** *Software system design concept. Functional Software Tool Design.* The context diagram of the software system model is shown in Figure 1.

The input is information converted by the function block. For this model, the input information is social network data. The governing mechanism is the regulations of social networks, dictionaries. The executing mechanisms are the system itself and the moderators of the system. Various types of reports on public opinion, quantitative reports on the assessment of the tonality of topics with monitoring visualization serve as output information .

The software system consists of three stages: «Data entry», «Data processing», «Report generation».

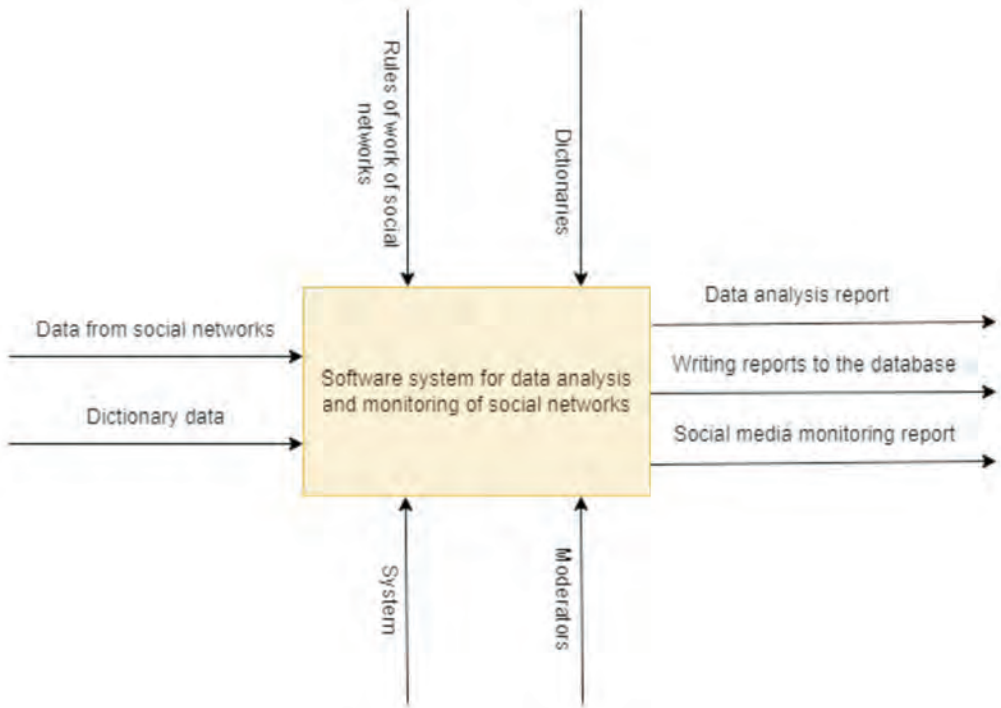


Figure 1 – Context diagram of the software system model

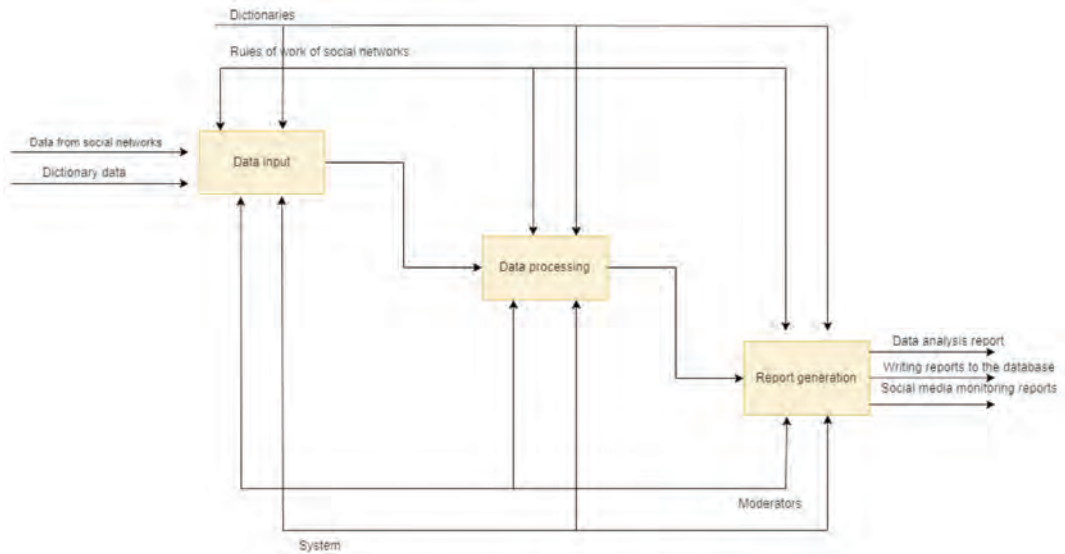
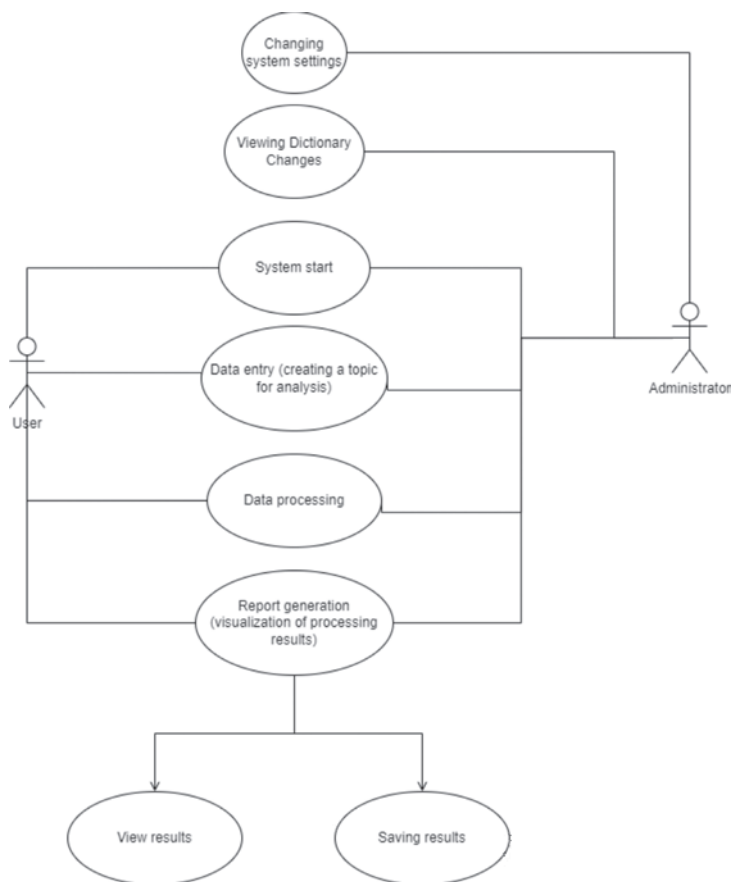


Figure 2 – Decomposition diagram of the first level

Next, we will simulate the problem using UML. Figure 3 is a system use case diagram



**Figure 3** – Usage diagram

The system must use a database that will contain all the necessary data tables. Figure 4 shows an entity-relationship diagram, which is a data model and includes entities and relationships that reflect the main business rules of the subject area.

The architecture of the designed system is based on a three-level model of a client-server application (DBMS - graphical user interface - business logic).

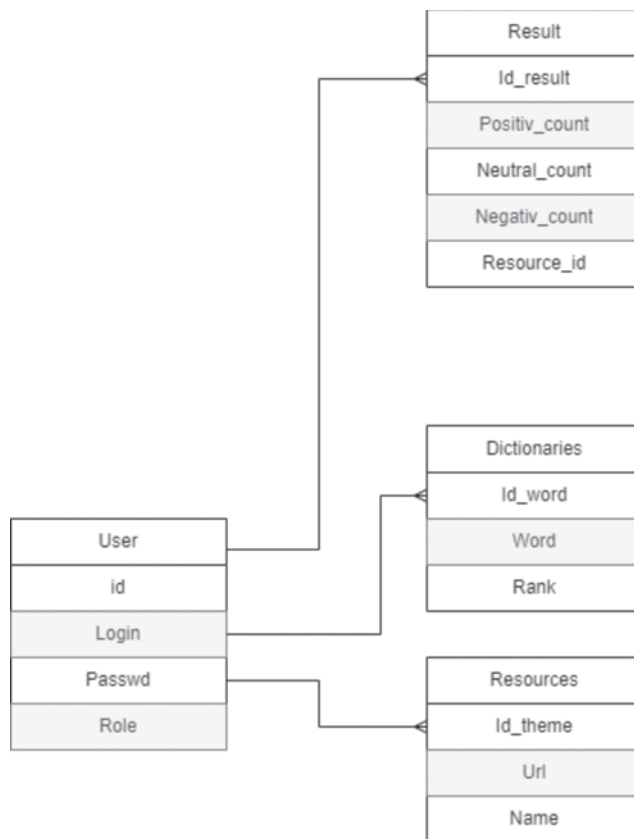
**Software system requirements.** *Functional requirements.* *The system must:*

- Have the “Connector” module that allows you to configure connection settings to Internet resources and APIs of well-known social networks from the resource catalog;

- Have a module «Linguistic constructor» that allows you to create a tonal dictionary in Kazakh and Russian;

- Have the «Data Processing and Analysis Platform» modules that allow modeling social well-being and building a quantitative analysis of the results of monitoring social networks, processing data in order to determine the assessment of sentiment, using machine learning algorithms;

- Have a module «Visualization generating reports» in PDF format and allowing you to build graphical representations of the results of quantitative analysis;



*Figure 4 – Entity-relationship diagram*

– The System should be able to respond to public publications or comments that are displayed as a result of monitoring in a special section, without entering the specified social networks. Also, from the public comments (mentions) displayed in the monitoring results, it should be possible to create an internal task;

– The System should be able to collect feedback left on the company's mobile application, hosted by the company in the Google Play /App Store application store. In the System, in addition to collecting such comments, it should be possible to respond to them without entering the Google Play / App Store application store.

– Work with texts in 2 languages (Kazakh, Russian);

– Determine the tone of the topic/text (negative, positive, neutral);

– Identify the profile of a participant in a social network by reading data on the participant's profile; counting the participant's activity in the topic (the number of comments, likes, reposts);

– Predict the behavior of society members, model social interaction;

– Calculate the index of social well-being of society.

*Integration requirements:*

The system must have built-in modules for connecting to the API of social networks Vkontakte, Facebook, Twitter, as well as to the API of mobile applications in the Google



Play and App Store. Monitoring in social networks should be carried out according to the following rules:

1. Vkontakte:

- words or phrases;
- links;
- hashtags (prefixed with “#”)
- mention of any user/community page (with the “@” prefix);
- comments in the discussion on the personal page of the community;
- comments on the personal page of the community.

2. Twitter:

- words or phrases;
- links;
- hashtags (prefixed with “#”);
- mention of any page of the user (with the prefix “@”);
- tweets / publications / posts on the personal page of the user/community account.

3. Facebook:

- mentioning the user/community page in public publications/posts;
- mentioning the user/community page in public comments;
- comments on the personal page of the user/community.

*Non-functional requirements (characteristics of the program and its environment). The system must have the following characteristics:*

- be scalable. This is an obvious requirement for almost all large data processing systems.

As the volume of data increases, the speed of the system should increase;

- must be expandable. The number of data sources on the Internet is constantly increasing. In addition, as the number of analytical tasks grows, so does the number of types of data that need to be collected. Therefore, the system must be extended with handlers for new data types;

- there must be a storage system. This is necessary primarily to ensure that the same data is not collected multiple times.

*User interface requirements:*

- the appearance of the user interface and forms of interaction with the user should be intuitive;

- the user interface should provide access to the internal functionality of the system, to various digital content;

- the presence of a mobile version.

*Information system security requirements:*

- The system must have reliable means of protecting data from unauthorized access;

- system should have a security system at the level of best practices. The functionality of the security system should provide: user identification; verification of the user's authority when working with the system; differentiation of user access at the level of tasks and information arrays in accordance with job responsibilities; blocking password guessing at all entry points to the system

- the safety of information in the system must be ensured in the event of the following emergency situations: – power failure, – software failure, – hardware failure, – database destruction;

– The system must have reliable means of protecting data from unauthorized access;  
– the system must be operational 24 hours 7 days a week, downtime - no more than 20%.

**Conclusion.** Despite the fact that the foreign market is represented by a sufficient number of tools for monitoring social networks and content analysis, there is a need for such a system in Kazakhstan. There is a need to identify consumer opinions, identify reputational and informational threats, criticism, negativity, disinformation, monitor the mood of the company's customers and respond to their complaints and suggestions, combat fraud, brand management, the formation of new distribution channels, etc. The projected system will allow developing a new direction the market for software solutions for monitoring and analyzing the opinions of social networks in order to obtain information on assessing user perception of content and assessing the social well-being of society.

## REFERENCES

- 1 Tabassum S, Pereira FSF, Fernandes S, Gama J. Social network analysis: An overview. WIREs Data Mining Knowl Discov. 2018;e1256. <https://doi.org/10.1002/widm.1256A>.
- 2 Zhurba A.K., Prodan E.A., Sushkova M.S. Information systems for data analysis: formalized data analysis from social networks // international scientific journal “innovative science” No. 5/2016 ISSN 2410-6070. pp. 69-72.
- 3 Zhang, B. and Vos, M. (2014), “Social media monitoring: aims, methods, and challenges for international companies”, Corporate Communications: An International Journal, Vol. 19 no. 4, pp. 371-383. <https://doi.org/10.1108/CCIJ-07-2013-0044>.
- 4 Top 10: Social media monitoring services. - URL: <https://www.cloudcms.ru/tools/smm/> (accessed 02/24/2022).
- 5 Social Media Monitoring Tools. - URL: <https://www.trustradius.com/social-media-monitoring/> (Accessed 02/25/2022).
- 6 Electronic fund of legal and normative-technical documentation: official site. – URL: <http://docs.cntd.ru/> (date of access: 10/11/2020). – Text : electronic.
- 7 Rubtsova Yu. V. Methods and algorithms for building information systems for classifying texts of social networks by tone: specialty 05.13.17 “Theoretical foundations of computer science”: dissertation for the degree of candidate of pedagogical sciences / Rubtsova Yulia Vladimirovna; Institute of Informatics Systems. – Novosibirsk, 2019.
- 8 Bazhenov N. I., Gubanov D. A. Review of information systems for the analysis of social networks / Management of large systems. Issue 41. M.: IPU RAN, 2013. P. 357-394.
- 9 Kuznetsova, M. M. Features of automating the monitoring of social networks / M. M. Kuznetsova. - Text: direct // Young scientist. - 2020. - No. 26 (316). - S. 33-36.
- 10 Kulikov S.Yu. Automatic extraction of opinions: linguistic aspect: specialty 10.02.21 - Applied and mathematical linguistics: dissertation for the degree of candidate of philological sciences / Sergey Yurievich Kulikov; Institute of Linguistics RAS. - Moscow, 2016. - 200 p. – Bibliography: p. 39–64.

***А. А. ИМАНБЕРДИ<sup>1</sup>, Л. Л. ЛА<sup>1</sup>, Р. Н. МОЛДАШЕВА<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан  
<sup>2</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан*

## ҚАЗАҚ ЖӘНЕ ОРЫС ТІЛДЕРІНІҢ ЕРЕКШЕЛІГІНЕ БЕЙІМДЕНГЕН ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІЛЕРДІҢ ДЕРЕКТЕРІН БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖҮЙЕСІН ЖОБАЛАУ ТӘСІЛДЕРІ

Бұл мақалада қазақ және орыс тілдерінің ерекшеліктеріне бейімделген әлеуметтік желілердегі деректерді талдау және мониторингілеуге арналған бағдарламалық жүйені жобалау үдерісінің сипаттамасы берілген. Сондай-ақ, қарапайым пайдаланушылар, мемлекеттік органдар, коммерциялық ұйымдар, сондай-ақ ғылыми ұйымдар пайдаланатын және әлеуметтік желілерді талдау мен мониторингілеуге арналған қолданыстағы жүйелерге шолу жасалды.

**Түйін сөздер:** әлеуметтік желі, әлеуметтік желі мониторингі, әлеуметтік әл-ауқат, пайдаланушы қабылдауын бағалау, бағдарламалық қамтамасыз ету жүйесі.

**А. А. ИМАНБЕРДЫ<sup>1</sup>, Л. Л. ЛА<sup>1</sup>, Р. Н. МОЛДАШЕВА<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им.Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

## ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ДАННЫХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ, АДАПТИРОВАННОГО ПОД СПЕЦИФИКУ КАЗАХСКОГО И РУССКОГО ЯЗЫКА

Данная статья представляет собой описание процесса проектирования программной системы анализа данных и мониторинга социальных сетей, адаптированного под специфику казахского и русского языка. Также проведен обзор существующих систем, применяемых обычными пользователями, государственными органами, коммерческими организациями, а также научными организациями, и предназначенных для анализа и мониторинга социальных сетей.

**Ключевые слова:** социальная сеть, мониторинг социальных сетей, социальное самочувствие, оценка пользовательского восприятия, программная система.

**Ш. Ж. МУСИРАЛИЕВА, М. Ж. ШАЙЗАТ, А. К. БЕКЕТОВА, А. Б. МАНАСОВА\***

*Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
«Ақпараттық қауіпсіздік жүйесі» мамандығы, Алматы, Қазақстан  
E-mail: manassova.akerke4493@gmail.com*

## **БИТКОИН ЖЕЛІСІНДЕ КҮДІКТІ ТРАНЗАКЦИЯЛАРДЫ АНЫҚТАУ: ТАЛДАУ, БЕЛГІЛЕР ЖӘНЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІ**

*Бұл мақалада қазіргі кездегі ең танымал криптовалютаның бірі – биткоин туралы мәліметтер айтылады. Биткоин мен блокчейн технологияларының жұмыс қағидалары қарастырылады, оның ішінде Bitcoin-нің артықшылықтары мен кемшіліктері көрсетілген. Жұмыстың негізгі бағыты криптовалюталарды, атап айтқанда биткоинді заңсыз мақсаттарда пайдалануды талдауға бағытталған. Биткоин желісіндегі күдікті транзакцияларды анықтау үшін белгілер жинағын анықтауға ерекше назар аударылған. Зерттеу жұмысында көптеген ғылыми жарияланымдар мен мақалаларға шолу жасалып, талдау жүргізілді және осы зерттеулердің нәтижесінен бағалау кезінде Биткоин күдікті операцияларға арналған транзакциялардың негізгі атрибуттары болып табылатын белгілер анықталды. Күдікті биткоин транзакцияларды анықтайтын модельді оқыту үшін 100 000-ға жуық транзакциясы бар 15 белгіден тұратын кіріс деректер жинағы (датасет) жасалды. Деректер жинағы қалыптасқаннан кейін кездейсоқ орман, логистикалық регрессия, k-ең жақын көршілер, шешім ағашы сияқты бірнеше машиналық оқыту алгоритмдеріне негізделген биткоин желісіндегі күдікті транзакцияларды анықтау үшін модельдер жасалды және оқытылды. Сонымен қатар, мақалада машиналық оқыту алгоритмдерінің салыстырмалы талдауының нәтижелері, сондай-ақ жоғары дәлдікті қамтамасыз ететін алгоритм таңдалған.*

***Түйін сөздер:** криптовалюта, блокчейн, биткоин, күдікті транзакциялар, белгілер.*

**Әдебиетке шолу.** Қазіргі таңда технологияның қарқынды дамуына байланысты әлемде криптовалюта деп аталатын цифрлық валюталардың жаңа формалары пайда болуда. Аталған криптовалюталардың ерекшеліктерінің бірі – олар банктер сияқты дәстүрлі қаржы институттарының қатысуынсыз жұмыс істей алады. Ерекше қарқынмен таралып жатқан криптовалюталардың бірі және ең танымалысы ол – биткоин. Биткоин 2009 жылы құрылған алғашқы сәтті енгізілген криптовалюта болып табылады [1]. Биткоин бағдарламалық хаттаманы қолданатын және қатысушыларға валютаны бір-бірімен тікелей айырбастауға мүмкіндік беретін орталықтандырылмаған жүйе негізінде жұмыс жасайды. Биткоинді құрудағы негізгі мақсат ашық цифрлық төлем жүйесін әзірлеу болды. Биткоиннің басты артықшылығы – ол аударымдарды жүзеге асыру үшін өзін-өзі қамтамасыз ететін алғашқы, сенімді және орталықтандырылмаған жүйені ұсынды [2].

Биткоиндер «Майнинг» деп аталатын процедураны қолдана отырып, сандарды кэштеуге байланысты күрделі тапсырмаларды орындау арқылы математикалық түрде жасалады [3]. Биткоиндерді өндірумен айналысатын адамдарды майнерлер деп атайды. Майнерлер транзакциялар журналын өңдейді және олардың заңдылығын растайды. Қазіргі кезде Bitcoin транзакциясын тексерудің орташа уақыты шамамен алты минутты құрайды, ал әлем бойынша жасалып жатқан барлық транзакциялардың жар-

\* E-mail корреспондирующего автора: manassova.akerke4493@gmail.com

тысына жуығы дерлік осы аталған алты минут немесе одан да аз уақыт ішінде расталады [4].

Биткоин желісіндегі барлық транзакциялар блокчейн деп аталатын таратылған деректер кітабында жазылады. Блокчейн – бұл қауіпсіз деректер алмасу үшін жаңа тұжырымдамаларды енгізетін революциялық технология. Ол жалпы және таратылған желілерді пайдалана отырып, барлық аяқталған транзакцияларды қауіпсіз сақтауға мүмкіндік беретін блоктар тізбегінен тұрады [5].

Биткоин транзакциясын жүзеге асыру үшін келесі қадамдарды орындау қажет:

- Биткоиндерді сақтауға арналған әмиян жасаңыз.
- Алушының мекен-жайын анықтаңыз және аударым сомасын енгізіңіз.
- Арнайы растау коды арқылы транзакцияны растаңыз.
- Майнерлерден транзакцияның расталуын күтіңіз.
- Транзакция расталғаннан кейін ол блокчейнге қосылады және қаражат алушының әмиянына аударылады.

Шынында, блокчейн – бұл таратылған мәліметтер базасы, мұнда әр қатысушыда тізбектелген блоктар ретінде сақталатын барлық деректердің көшірмелері болады. Әрбір блокта бүкіл тізбектің тұтастығын қамтамасыз ететін алдыңғы Блок туралы ақпарат бар. Әрбір блокта деректерді ауыстырудан қорғайтын алдыңғы блоктың хәші бар. Сондай-ақ, блокчейн деректердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету және транзакциялардың түпнұсқалығын растау үшін криптографиялық алгоритмдерді пайдаланады. Сонымен қатар, блокчейн процестерді автоматтандыратын және мәмілелердің сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз ететін смарт-келісімшарттар жасауға мүмкіндік береді. Осы мүмкіндіктердің арқасында блокчейн әртүрлі процестердің, соның ішінде қаржылық транзакциялардың, сатып алулардың, логистиканың, дауыс берудің және басқалардың қауіпсіздігін, ашықтығын және сенімділігін қамтамасыз етудің ең перспективалы технологияларының біріне айналды.

Делдалсыз жылдам және арзан транзакцияларды жүзеге асыру мүмкіндігі жеке пайдаланушыларды да, жосықсыз пайдаланушыларды да тартады. Бірақ, биткоин негізделген блокчейн технологиясы, жазбаларды өзгерту мүмкін еместігін және транзакциялардың ашықтықтығын қамтамасыз ететінін атап өткен жөн, өз кезегінде бұл кәдімгі ақша аударымдарының дәстүрлі әдістерімен салыстырғанда қылмыстық әрекеттерге онша жол бермейді.

Сонымен қатар, үкімет пен биржа сияқты реттеушілер бар, олар транзакцияларды бақылай алады және қылмыстық мақсатта жасалған күдікті операцияларды бұғаттай алады. Және транзакцияларды талдау және күдікті операцияларды анықтау арқылы қылмыстық әрекеттердің алдын алуға көмектесетін мамандандырылған компаниялар мен қызметтер бар.

Жалпы, блокчейн технологиясы және криптовалюталар, соның ішінде биткоин, жақсы және күмәнді мақсаттарда пайдаланылуы мүмкін. Бірақ технологияны дұрыс пайдалану көптеген артықшылықтар әкелуі мүмкін екенін есте ұстаған жөн, соның ішінде шығындарды азайту және әртүрлі салалардағы транзакциялардың тиімділігін арттыру.

Расымен де, криптовалюталарды, соның ішінде биткоинді пайдалану заңсыз операцияларға кейбір артықшылықтар береді және сонымен бірге үкіметтер мен

реттеушілердің мұндай операциялармен күресу мүмкіндіктерін қиындатады. Дегенмен, бұл мәселені шешудің бірнеше тәсілдері бар.

Біріншіден, кейбір елдер криптовалюта операцияларын бақылауға, соның ішінде пайдаланушыларды міндетті түрде сәйкестендіруге және транзакцияларды бақылауға бағытталған реттеуші шараларды әзірлеп, енгізді. Бұл заңсыз операцияларды жүзеге асыру мүмкіндіктерін шектеп, криптовалюта экономикасында ашықтықты қамтамасыз етуі мүмкін.

Екіншіден, заңсыз криптовалюта операцияларын анықтауға және бақылауға көмектесетін қызметтер бар. Мұндай қызметтерді үкіметтер мен реттеушілер күдікті транзакцияларды анықтау және заңсыз әрекеттердің жолын кесу үшін пайдалана алады.

Нәтижесінде, кейбір криптовалюта жобалары қазірдің өзінде заңсыз транзакциялармен күресу құралдарын әзірлеуде. Мысалы, кейбір жобалар блокчейнді қаржыландыру көздерін және қайырымдылық мақсаттарда аударылатын қаражаттарды бақылау үшін пайдаланады, бұл террористік ұйымдарды және басқа да заңсыз мақсаттарды қаржыландыру үшін криптовалюталарды пайдалану мүмкіндігін азайтады.

Осылайша, криптовалюталардың, соның ішінде биткойннің заңсыз транзакциялар үшін кейбір артықшылықтары болса да, үкіметтер мен реттеушілер олармен күресудің бірқатар тәсілдерін қолдана алады.

**Күдікті операцияны анықтау үшін белгілер жинағын анықтау.** Бұл бөлімде криптовалюта саласындағы күдікті әрекеттердің белгілері, атап айтқанда биткойн желісінде немесе құқық қорғау органдарының әшкерелеуінен жалтару әрекеттері бар.

Ғылыми жарияланымдар мен мақалаларға шолу мен талдау, әдебиеттерге шолу және ашық дереккөздерді зерттеу барысында бағалау кезінде негізгі атрибуттар болып табылатын келесі белгілер анықталды сонымен қатар күдікті немесе күмәнді транзакциялар үшін Bitcoin транзакциясын бағалау кезінде негізгі белгілері болып табылады:

- Көптеген биткойндерді ондаған және жүздеген транзакцияларға бөлудің көптеген операциялары көбінесе тарихы жоқ әмияндар арқылы орындалады, яғни жақында ашылған немесе қазірдің өзінде әрекетсіз болып саналатын биткойн әмияндары, басқаша айтқанда, оларды бір күндік әмияндар немесе транзиттік әмияндар деп атауға болады. Егер бәрі болмаса да, осы типтегі биткойн әмияндарының көпшілігі тек 2 рет қолданылады. Бірінші рет биткойндерді (ақшаны) алу үшін, екінші рет алынған биткойндерді (ақшаны) басқа әмиянға жіберу үшін. Мұндай операциядан кейін биткойн әмияндары пайдалануды тоқтатады. Бір пайдаланушыда көптеген биткойн әмияндары болуы мүмкін;

- Криптовалютаны аудару немесе айырбастау операциялары, қағаз ақшасы жағдайындағыдай, операцияларды міндетті тіркеу немесе хабарламалар беру үшін белгіленген шекті мәндерден аспайтын шағын сомаларға немесе ірі сомаларға бөлу арқылы жүзеге асырылады. Толығырақ айтатын болсақ, биткойндердің үлкен санын көптеген аз мөлшердегі биткойндерге бөлу және биткойндерді кейінгі алушыларға аудару.

- Бөлінген биткойндер транзакцияның қысқа тізбегінен кейін шамамен 5-6 транзакция биткойндер бір әмиянға қайта жиналады;



- Биткоиндерді әртүрлі әмияндарға жіберу өрт кезіндегі тәртіппен және өте қысқа мерзімде, мысалы, 30 минутпен 1 сағат арасында жүзеге асырылады;

- Комиссияны қосқанда алынған сомма және жіберілген сомма бірдей сомма болып табылады. Өйткені, мұндай транзакцияларды жүргізетін адамдар бұл әмияндарды енді пайдаланбайтынын біледі, сондықтан олар барлық ақшаны (биткоин) аударады;

- Биткоинді криптобиржаға енгізу, содан кейін кез-келген нәрсені сатып алу немесе басқа әмиянға аудару сияқты қосымша операцияларсыз биржадан жылдам шығарып алу.

Жоғарыда аталған белгілердің барлығы ғылыми жарияланымдар мен мақалалардан алынған оннан астам практикалық мысалдарды талдау барысында анықталды. Бірден атап өткім келеді, белгілердің біреуінің болуы транзакцияны заңсыз немесе қылмыстық деп санауға негіз болмайды. Көбінесе ықтимал қылмыстық әрекетке күдік қарапайым пайдаланушының мінез-құлқы тұрғысынан қисынды негіздемесі жоқ транзакцияларда бірнеше белгілердің болуын тудырады. Белгілердің болуы одан әрі мониторинг пен егжей-тегжейлі талдау жүргізуге түрткі болуы керек.

**Датасеттің қалыптасуы және сипаттамасы.** Биткоин үшін күдікті транзакциялардың негізгі белгілерін анықтағаннан кейінгі келесі кезең, деректермен жұмыс: деректерді іздеу және жинау, жиналған деректерді талдау және өңдеу, модельді оқыту үшін датасет кіріс белгілерін қалыптастыру.

Зерттеу жұмысының шегінде биткоинді ұрлауға, биткоинді жылыстатуға байланысты белгілі жағдайларды зерттеу арқылы 5 мыңға жуық заңсыз транзакциялардан тұратын датасет құрылды. Жоғарыда көрсетілген мысалдардың бірі бұл 2018 жылдың қыркүйегінде орын алған Bitcoin ұрлығы, хакерлер Zaif биржасының әмиянына рұқсатсыз кіріп, 5966 Bitcoin ұрлаған [7]. Сонымен қатар, деректер жинағындағы транзакциялар санын ұлғайту үшін таңбаланған транзакциялары бар әлемдегі ең үлкен деректер жинағы «Elliptic DataSet» биткоиндік транзакциялар саласындағы танымал деректер жинағы зерттелді. Деректер жиынтығы жалпы сомасы 6 миллиард долларды құрайтын 200 000 транзакцияны қамтиды. Бұл деректер жинағы қауымдастықтарға жиналған деректерді криптовалюталардағы қаржылық қылмысты анықтау үшін пайдалануға мүмкіндік беру мақсатында жасалған [10].

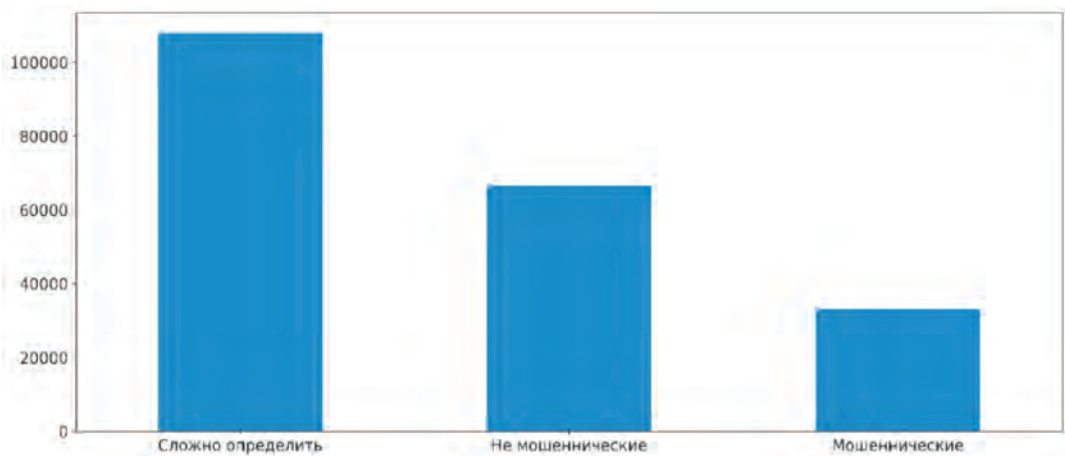
Эллиптикалық деректер жиынтығы Bitcoin транзакцияларын «заңсыз емес» (алаяқтық, зиянды бағдарламалар, террористік ұйымдар, төлем бағдарламалары, Понци схемалары және т.б.) санатындағы объектілермен, заңды санатқа жататын нақты объектілермен (биржалар, әмиян жеткізушілері, кеншілер, заңды қызметтер және т. б.) салыстырады, сондай-ақ белгісіз санаты да бар. Олардың пайыздық мөлшерлемесі: 2% заңсыз, 21% заңды және 77% белгісіз деп белгіленді. Elliptic деректер жинағы теңгерілмесіз (4 545 «заңсыз» және 42 019 «заңды» транзакциялар) деген маңызды бақылау жасалды. Сондықтан, келесі тапсырма мәмілелердің жоғарыда аталған элементтерінің мәнін табу ғана емес, сонымен қатар белгісіз операциялар үшін мәмілелерді заңды немесе заңсыз деп анықтау әрекеті болды.

Биткоин транзакциясының кіріс деректерін 1-кестеден көруге болады: 'transaction', 'weight', 'block\_hash', 'block\_height', 'block\_time', 'confirmations', 'count\_in', 'count\_out', 'fiat\_rate', 'hash', 'pool\_time', 'size', 'total\_in', 'total\_out', 'risk\_score'.

## Кесте 1 – Кіріс деректер

Атрибут атауы	Деректер түрі	Сипаттама
TRANSACTION	STRING	Белгілі бір транзакцияны анықтау үшін қолданылатын бірегей идентификатор
BLOCK_HASH	STRING	Хэш блогы
BLOCK_HEIGHT	INTEGER	Блоктың биіктігі
CONFIRMATIONS_	INTEGER	Желідегі транзакцияны растау
COUNT_IN	INTEGER	Алынған транзакциялардың жалпы саны
COUNT_OUT	INTEGER	Жіберілген транзакциялардың жалпы саны
FIAT RATE	FLOAT	Транзакциялар кезінде АҚШ долларындағы ақша
INPUTS	STRING	BTC жіберген мекенжайлар
OUTPUTS	STRING	BTC алған мекенжайлар
POOL_TIME	TIMESTAMP	Транзакцияны растау уақыты
TOTAL_IN	NUMERIC	Жіберілген BTC жалпы саны
TOTAL_OUT	NUMERIC	Алынған BTC жалпы саны
SIZE	INTEGER	Бұл транзакцияның жалпы мөлшері
WEIGHT	INTEGER	Бұл транзакцияның салмағы
RISK_SCORE	BOOLEAN	Күдікті транзакцияларды бағалау

**Модельді құру және оқыту.** Датасетті дайындағаннан кейін келесі кезең модельді оқыту болды. Модельді оқыту үшін кездейсоқ орман, шешім ағаштары, логистикалық регрессия сияқты бірнеше машиналық оқыту алгоритмдері қолданылды. Оқыту және сынақ үлгілеріне бөлу 80% - дан 20% - ға дейінгі арақатынасқа негізделген. Нәтижесінде оқыту үшін 1 суретте көрсетілгендей 79 618 кездейсоқ элементтер пайдаланылды, ал сынақ үшін 19905 элемент қолданылды.



Сурет 1 – Әрбір санаттың саны

Модельді оқытудың ерекшеліктерін анықтау үшін мәндер арасындағы байланысты немесе корреляция анықталды.

2-суретте барлық транзакциялар үшін барлық мүмкіндіктер арасындағы корреляция көрсетілген. Кейбір белгілердің қатты тәуелділігі, сондай-ақ block\_height, block\_time, fiat\_rate, pool\_time, confirmations сияқты теріс тәуелділігі бар екенін көруге болады.

	risk_score	block_height	block_time	confirmations	count_in	count_out	fiat_rate	pool_time	size	total_in	total_out	weight
risk_score	1.00	0.04	0.05	-0.05	0.03	0.09	0.08	0.05	0.07	0.02	0.02	0.05
block_height	0.04	1.00	1.00	-1.00	0.15	0.08	0.79	1.00	0.15	-0.02	-0.02	0.09
block_time	0.05	1.00	1.00	-1.00	0.15	0.08	0.79	1.00	0.15	-0.02	-0.02	0.09
confirmations	-0.05	-1.00	-1.00	1.00	-0.15	-0.08	-0.79	-1.00	-0.15	0.02	0.02	-0.09
count_in	0.03	0.15	0.15	-0.15	1.00	0.08	0.18	0.15	0.85	0.00	0.00	0.83
count_out	0.09	0.08	0.08	-0.08	0.08	1.00	0.09	0.08	0.55	0.03	0.03	0.55
fiat_rate	0.08	0.79	0.79	-0.79	0.18	0.09	1.00	0.79	0.18	-0.02	-0.02	0.11
pool_time	0.05	1.00	1.00	-1.00	0.15	0.08	0.79	1.00	0.15	-0.02	-0.02	0.09
size	0.07	0.15	0.15	-0.15	0.85	0.55	0.18	0.15	1.00	0.02	0.02	0.99
total_in	0.02	-0.02	-0.02	0.02	0.00	0.03	-0.02	-0.02	0.02	1.00	1.00	0.02
total_out	0.02	-0.02	-0.02	0.02	0.00	0.03	-0.02	-0.02	0.02	1.00	1.00	0.02
weight	0.05	0.09	0.09	-0.09	0.83	0.55	0.11	0.09	0.99	0.02	0.02	1.00

Сурет 2 – белгілер арасындағы корреляция

3-суретте таза транзакциялар үшін барлық белгілер арасындағы корреляция көрсетілген.

	block_height	block_time	confirmations	count_in	count_out	fiat_rate	pool_time	size	total_in	total_out	weight
block_height	1.00	1.00	-1.00	-0.04	-0.09	0.83	1.00	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04
block_time	1.00	1.00	-1.00	-0.04	-0.09	0.83	1.00	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04
confirmations	-1.00	-1.00	1.00	0.05	0.09	-0.83	-1.00	0.05	0.04	0.04	0.05
count_in	-0.04	-0.04	0.05	1.00	0.03	-0.03	-0.04	0.97	0.01	0.01	0.97
count_out	-0.09	-0.09	0.09	0.03	1.00	-0.05	-0.09	0.05	0.02	0.02	0.05
fiat_rate	0.83	0.83	-0.83	-0.03	-0.05	1.00	0.83	-0.04	-0.06	-0.06	-0.04
pool_time	1.00	1.00	-1.00	-0.04	-0.09	0.83	1.00	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04
size	-0.04	-0.04	0.05	0.97	0.05	-0.04	-0.04	1.00	0.01	0.01	1.00
total_in	-0.05	-0.05	0.04	0.01	0.02	-0.06	-0.05	0.01	1.00	1.00	0.01
total_out	-0.05	-0.05	0.04	0.01	0.02	-0.06	-0.05	0.01	1.00	1.00	0.01
weight	-0.04	-0.04	0.05	0.97	0.05	-0.04	-0.04	1.00	0.01	0.01	1.00

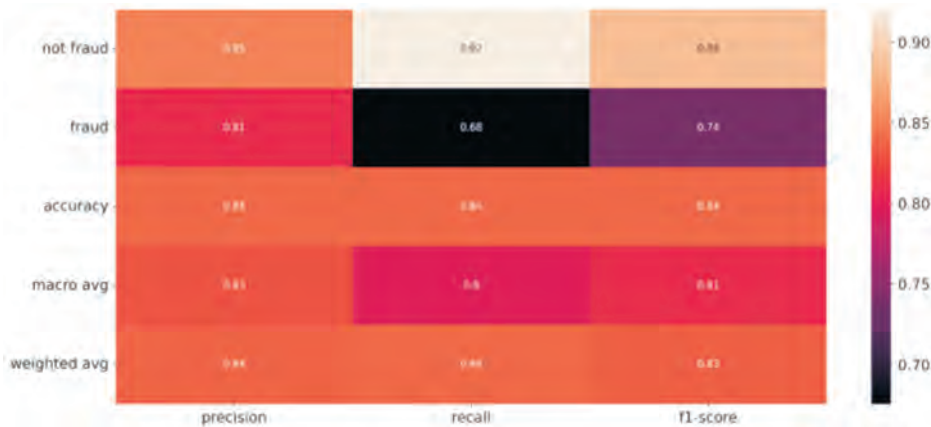
Сурет 3 – алаяқтық емес транзакциялар үшін белгілер арасындағы корреляция

4-суретте алаяқтық транзакциялар үшін барлық белгілер арасындағы корреляция көрсетілген.

	block_height	block_time	confirmations	count_in	count_out	fiat_rate	pool_time	size	total_in	total_out	weight
block_height	1.00	1.00	-1.00	0.36	0.09	0.82	1.00	0.29	-0.04	-0.04	0.18
block_time	1.00	1.00	-1.00	0.36	0.09	0.82	1.00	0.29	-0.04	-0.04	0.18
confirmations	-1.00	-1.00	1.00	-0.36	-0.09	-0.82	-1.00	-0.29	0.04	0.04	-0.17
count_in	0.36	0.36	-0.36	1.00	0.13	0.34	0.36	0.74	-0.01	-0.01	0.64
count_out	0.09	0.09	-0.09	0.13	1.00	0.08	0.09	0.75	0.02	0.02	0.80
fiat_rate	0.82	0.82	-0.82	0.34	0.08	1.00	0.82	0.27	-0.02	-0.02	0.16
pool_time	1.00	1.00	-1.00	0.36	0.09	0.82	1.00	0.29	-0.04	-0.04	0.18
size	0.29	0.29	-0.29	0.74	0.75	0.27	0.29	1.00	0.01	0.01	0.97
total_in	-0.04	-0.04	0.04	-0.01	0.02	-0.02	-0.04	0.01	1.00	1.00	0.01
total_out	-0.04	-0.04	0.04	-0.01	0.02	-0.02	-0.04	0.01	1.00	1.00	0.01
weight	0.18	0.18	-0.17	0.64	0.80	0.16	0.18	0.97	0.01	0.01	1.00

Сурет 4 – алаяқтық транзакциялар үшін белгілер арасындағы корреляция

5-ші суретте кездейсоқ орман алгоритмі таңдалды. Кездейсоқ орман өте жақсы нәтиже көрсетеді. Дәлдік шамамен 84 пайызды құрайды.



Сурет 5 – Кездейсоқ орман алгоритмінің жіктелуі туралы есеп

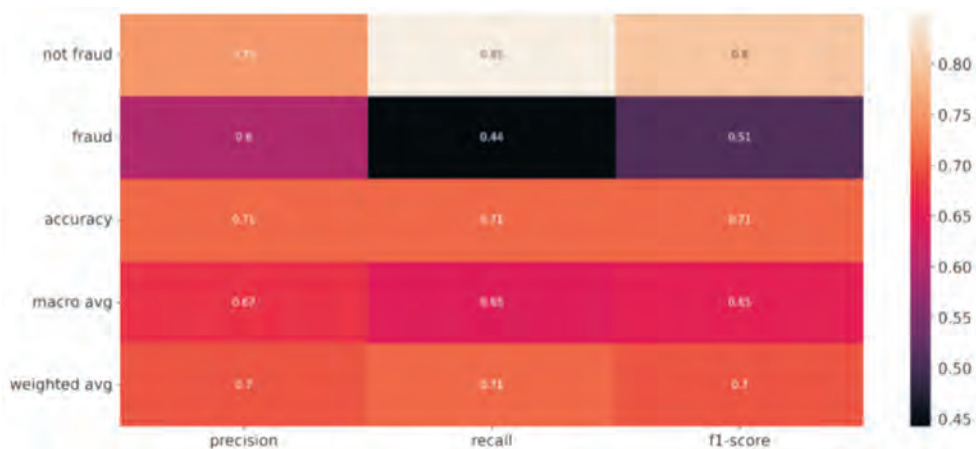
Реттелген кездейсоқ орман алгоритмінің дәлдігін арттыру үшін кесте 2-гі параметрлер таңдалады және қолданылды:

Кесте 2 – Кездейсоқ орман алгоритмінің параметрлері

'n_estimators':	1757
'min_samples_split':	5
'min_samples_leaf':	2
'max_features':	auto
'max_depth':	200
'criterion':	entropy
'bootstrap':	True



Ал 6 суреттен логистикалық регрессия алгоритмі функционалды алгоритмдер арасындағы ең нашар нәтижені көрсетеді, 66 пайызы транзакцияны анықтауға ғана жарамды.

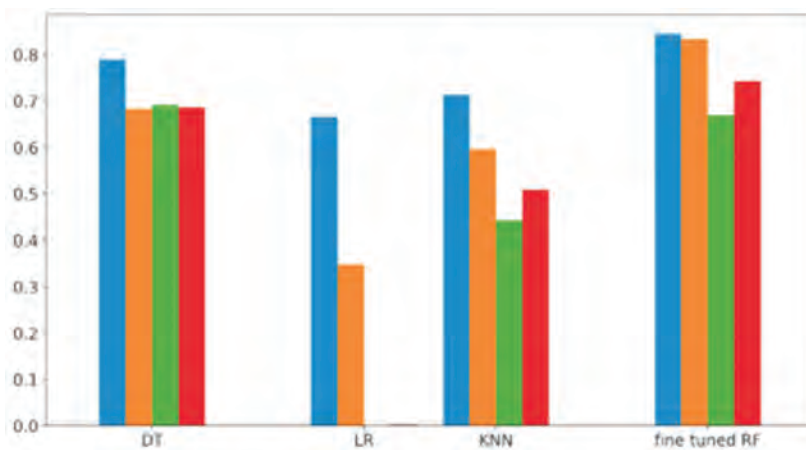


Сурет 6 – Логистикалық регрессия алгоритмінің жіктелуі туралы есеп

Кесте 3 – Нәтижелер және негізгі көрсеткіштерді салыстыру.

№	Name	Accuracy	Precision	Recall	F1-score
1	Decision Tree	0.789249	0.681771	0.691323	0.686514
2	Logistic Regression	0.665845	0.347826	0.001205	0.002402
4	KNN	0.713618	0.595658	0.442302	0.507651
5	Fine-tuned Random Forest	0.844966	0.833677	0.669027	0.742332

7-ші суретте және 3-ші кестеде көрініп тұрғандай, барлық алгоритмдердің нәтижесін көруге болады.



Сурет 7 – Алгоритмдерді салыстыру

Жұмыс барысында 4 машиналық оқу алгоритмдерді қолданып, 4 модель жасалды. Ең жақсы нәтижені реттелген кездейсоқ орман алгоритмі көрсетті.

**Қорытынды.** Жүргізілген жұмыс барысында күдікті немесе күмәнді деп танылған транзакциялар үшін Bitcoin транзакциясын бағалауда негізгі белгілері анықталды және талданды.

Датасеттің теңгерімсіздігін болдырмау үшін биткоинді ұрлауға, биткоинді жылыстатуға байланысты белгілі жағдайларды зерттеу арқылы 5 мыңға жуық заңсыз транзакцияларды қамтитын датасет құрылды. Сондай-ақ «Elliptic DataSet» деректер жинағы зерттелді. 2 деректер жиынын біріктіру арқылы бір негізгі деректер жинағы қалыптасты. Сонымен қатар, Crystal және Blockchain платформаларына жүгіну арқылы 200 мың биткоин транзакциялары үшін «Python» бағдарламалау тілінде деректерді автоматты түрде жинауға арналған персер жазылды. Әр түрлі 4 машиналық оқыту алгоритмдерін қолдана отырып, күдікті транзакцияларды анықтау үшін 4 модель жасалды және оқытылды. Модельдердің әрқайсысы 15 параметрі бар 100 мыңға жуық деректерде оқытылды. Нәтижесінде кездейсоқ орман негізінде құрылған ең жоғары дәлдікке ие модель таңдалды. Бұл жұмыс келесі жоба аясында орындалды және бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті (ЖТН АР19676342) қаржыландырды.

#### ӘДЕБИЕТ

1 Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. <http://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (дата обращения 05.09.2022).

2 Что такое биткоин и как он работает? <https://forklog.com/cryptorium/chto-takoe-bitcoin> (дата обращения: 09.09.2022).

3 Что такое криптовалюта и как она применяется? <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/what-is-cryptocurrency> (дата обращения 05.09.2022).

4 Что такое Биткоин транзакции: как проверить транзакцию биткоин? <https://phemex.com/ru/academy/what-is-bitcoin-transaction> (дата обращения: 27.09.2022).

5 Салах, К.; Рехман, МХУ; Низамуддин, Н.; Аль-Фукаха, А. Блокчейн для ИИ: обзор и открытые исследовательские задачи. IEEE Access 2019, 7, 10127–10149.

6 Ajello N. Fitting a Square Peg in a Round Hole: Bitcoin, Money Laundering, and the Fifth Amendment Privilege Against Self-Incrimination // Brooklyn Law Review. 2015. Volume 80. Issue 2.

7 Взломали биржу Zaif. <https://incrypted.com/exchange-zaif-was-hacked> (дата обращения: 23.09.2022).

8 Как отслеживаются транзакции в сети биткоина? <https://forklog.com/cryptorium/kak-otslezhivayutsya-tranzaksii-v-seti-bitkoina> (дата обращения: 07.09.2022).

9 Crypto Firms Can't Outrun the Travel Rule. <https://www.coindesk.com/layer2/2022/01/12/crypto-firms-cant-outrun-the-travel-rule/> (дата обращения: 06.10.2022).

10 Elliptic Data Set. Bitcoin Transaction Graph. <https://www.kaggle.com/elliptico/elliptic-dataset> (дата обращения: 06.10.2022).

#### REFERENCE

1 Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. <http://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (Access date 05.09.2022).



2 Chto takoe bitcoini kak on rabotaet? [What is Bitcoin and how does it work?] <https://forklog.com/cryptorium/chto-takoe-bitcoin> (Access date: 09.09.2022).

3 Chto takoe kriptovalyuta i kak ona primenyaetsya? [What is cryptocurrency and how is it applied?] // <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/what-is-cryptocurrency>. (Access date 05.09.2022).

4 Chto takoe Bitcoin tranzakcii: Kak proverit' tranzakciyu bitcoin? [What are Bitcoin Transactions?: How to verify a Bitcoin transaction?] <https://phemex.com/ru/academy/what-is-bitcoin-transaction> (Access date: 27.09.2022).

5 Salah, K.; Rekhman, MHU; Nizamuddin, N.; Al'-Fukaha, A. Blokchejndlya II: obzor i otkrytye issledovatel'skie zadachi. [Blockchain for AI: Overview and open research tasks.] IEEE Access 2019, 7, 10127–10149.

6 Ajello N. Fitting a Square Peg in a Round Hole: Bitcoin, Money Laundering, and the Fifth Amendment Privilege Against Self-Incrimination // Brooklyn Law Review. 2015. Volume 80. Issue 2.

7 Vzломali birzhu Zaif. [The Zaif exchange was hacked.] <https://incrypted.com/exchange-zaif-was-hacked> (Access date: 23.09.2022).

8 Kak otslezhivayutsya tranzakcii v seti bitcoina? [How are transactions tracked on the Bitcoin network?] <https://forklog.com/cryptorium/kak-otslezhivayutsya-tranzaktsii-v-seti-bitcoina> (Access date: 07.09.2022).

9 Crypto Firms Can't Outrun the Travel Rule. <https://www.coindesk.com/layer2/2022/01/12/crypto-firms-cant-outrun-the-travel-rule/> (Access date: 06.10.2022).

10 Elliptic Data Set. Bitcoin Transaction Graph. <https://www.kaggle.com/ellipticco/elliptic-dataset> (Access date: 06.10.2022).

### **Ш. Ж. МУСИРАЛИЕВА, М. Ж. ШАЙЗАТ, А. К. БЕКЕТОВА, А. Б. МАНАСОВА**

*Казахский национальный университет имени аль-Фараби, специальность  
«Системы информационной безопасности», Алматы, Казахстан  
E-mail: manassova.akerke4493@gmail.com*

#### **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОДОЗРИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ В СЕТИ БИТКОИН: АНАЛИЗ, ПРИЗНАКИ И АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

*В данной статье дан анализ одному из самых популярных на сегодняшний день криптовалют – биткоину. Рассматриваются принципы и характер работы биткоина и блокчейн технологий, где перечисляются преимущества и недостатки биткоина. Внимание в работе акцентируется на анализе использования криптовалют, а именно биткоина в незаконных и преступных целях. Особое внимание уделяется идентификации подборки признаков для определения подозрительной деятельности в сети биткоина. В ходе исследовательской работы были проведены обзор и анализ множества научных публикаций и статьи, а из этих исследований были выявлены признаки, которые являются ключевыми атрибутами при оценке биткоин -транзакции на предмет подозрительных операций. На основе этих признаков был сформирован входной датасет из 15 атрибутов и около 100 000 транзакциях для дальнейшего использования в создании модели, которая будет оценивать биткоин транзакции на предмет подозрительности. С использованием этого набора данных были созданы и обучены модели для идентификации подозрительных операций в биткоин-сети на основе нескольких алгоритмов машинного обучения, такие как случайный лес, логистическая регрессия, Метод k-ближайших соседей, дерево решений. Также в статье приведе-*

ны сравнения результатов алгоритмов машинного обучения, а также выбран лучший алгоритм, который показал лучшую точность.

**Ключевые слова:** блокчейн, криптовалюта, биткоин, подозрительные транзакции, характеристики блокчейна.

**SH. MUSSIRALIYEVA<sup>1</sup>, M. SHAIZAT<sup>1</sup>, A. BEKETOVA<sup>1</sup>, A. MANASSOVA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Al-Farabi Kazakh National University, specialty «Information Security Systems»,  
Kazakhstan, 050040, Almaty, 71 Al-Farabi Avenue.*

*E-mail: manassova.akerke4493@gmail.com*

### **IDENTIFICATION OF SUSPICIOUS TRANSACTIONS IN THE BITCOIN NETWORK: ANALYSIS, FEATURES, AND MACHINE LEARNING ALGORITHMS**

*This article talks about one of the most popular cryptocurrencies today - bitcoin. The principles of bitcoin and blockchain technologies are considered, where the pros and cons of bitcoin are listed. The focus of the research work is on the analysis of the use of cryptocurrencies, namely bitcoin for illegal and criminal purposes. Particular attention is paid to identifying a set of signs to identify suspicious activity in the bitcoin network. During research work reviewed and analyzed many scientific publications and articles, and from these studies, signs were identified that are key attributes when evaluating a Bitcoin transaction for suspicious or questionable transactions. Based on these features, an input dataset of 15 attributes with about 100,000 transactions was generated for further use in building a model that will identify suspicious bitcoin transactions. Using this dataset, models were created and trained to detect suspicious transactions in the bitcoin network based on several machine learning algorithms, such as random forest, logistic regression, k-nearest neighbors, decision tree. The article also provides comparisons of the results of machine learning algorithms, and in addition, selects the best algorithm that showed the best accuracy.*

**Key words:** *Cryptocurrency, blockchain, bitcoin, suspicious transactions, features.*

**B. E. RESNIK<sup>1</sup>, M. E. MANSUROVA<sup>2\*</sup>, B. S. AMANGELDY<sup>2</sup>, N. M. TASMURZAYEV<sup>2</sup>,  
ZH. E. BAIGARAYEVA<sup>2</sup>, B.T. IMANBEK<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Berliner Hochschule für Technik, Berlin, Germany*

<sup>2</sup>*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

## **DEVELOPMENT OF INTELLIGENT CONTROL SYSTEM OF HVAC BY USING MACHINE LEARNING**

*The article is devoted to the problem of regulation of heat supply and air conditioning in the room. An automated system for monitoring the dynamic characteristics of such sensors is described, which is a software and hardware complex for setting up a test bench and analyzing the parameters of sensors for dynamic temperature control and air conditioning. The main purpose of this system is automation of one room by controlling air conditioning and supporting a temperature. The system performs the functions of controlling the Google Coral USB Accelerator, configuring the ADC and determining the amplitude-frequency and phase-frequency characteristics of temperature sensors, switches, leak sensors and air conditioning based on the results of their experimental studies on the stand for monitoring the dynamic characteristics of sensors and monitoring in the SCADA Genesis64 program. The scheme of the test bench, the generalized algorithm of the system operation and the screen form of the program operation are presented. The software of the automated system for temperature control and air conditioning in the room is developed on the basis of ModBus TCP, OPC UA and SCADA programs.*

**Key words:** SCADA Genesis 64, intelligent system, machine learning, neural systems, air and conditioning system.

**Introduction.** The majority of current health management products are used in medical institutions and do not pay enough attention to students. This research develops a student-centered and functional autonomous health management system based on this.

Currently, the regulation of indoor temperature and air is one of the most common problems in residential complexes. In the process of creating an intelligent control system, the task was set to create a supply system in a specially separated laboratory, which is located in the smart laboratory.

An important element of the Laboratory is a software package built on the basis of the leading Software-the Internet of Things platform Genesis 64. This is the so-called “Upper” level of the system of “Smart” cities, in which processes are displayed, managed, indicators are analyzed, and predictive modeling of processes is performed.

Air conditioning is an automated process of maintaining the microclimate in the room (air temperature, humidity, air circulation rate, air purity). This is necessary for the normal functioning of a person or to ensure the conditions of safety measures at the workplace in polluted areas in the enterprise. The air conditioning system of large areas is usually carried out by complex automated control systems. An automated air conditioning system controls the indoor climate, regardless of the parameters of atmospheric conditions. The main devices are placed in an apparatus called an air conditioner. Before proceeding to the gradation of air conditioning systems, it should be noted that there is still no standard classification of

---

\* E-mail корреспондирующего автора: [madina.mansurova@kaznu.edu.kz](mailto:madina.mansurova@kaznu.edu.kz)

air conditioning systems and this is indicated by the fact that the basic schemes, technical and functional parameters of the SLE are diverse, as are the rooms for which this or that system is intended. Air conditioning is achieved by providing a complex of technical and technological means, in other words, an air conditioning system. The air conditioning system consists of a complex of installations, such as an air intake, cleaning and processing equipment, heat exchangers, filters, dehumidifiers or humidifiers, air circulation systems - fans, automation systems and remote control. As a rule, such air conditioning units are assembled in one or two boxes, and in this case the values “air conditioning system” and “air conditioning” are similar.

**Comparison of neural network architecture.** Researches were carried out on an experimental sample of the color sorter [3], the block diagram of which is shown in Figure 1. The sequence of technological processes in the color sorter includes: SH - storage hopper; VT - vibrating tray; IPT - inclined pitched tray; VC - video cameras; RU - recognition unit; MC - microcontroller; PE - pneumatic ejectors; SA1; SA2 - respectively, amplifiers for signals of pneumatic ejectors and vibrating tray; Ifr. and IIfr. - respectively, outlet pipes for the first (alfalfa seeds) and second (seeds of quarantine and hard-separable impurities) fractions.

The experimental setup is equipped with CCD Nikon AF NIKKOR cameras (52mm) with a minimum resolution of 1800-4500 pixels. A Raspberry Pi3 processor was used as a microcontroller, and a JMGD LED-W LED lamp was used to supply lighting, providing 32lx illumination in the object recognition area. Also, the color sorter is equipped with a Vibrator110V Small modei vibrating tray, Ejector 20 Blocks pneumatic ejectors, a Trays size 306mm profile pitched tray, a 64 Holes nozzle plate blowing panel, an air filter and a valve.

The optical-electronic control unit operates on the basis of its own software product “Digital Seed Cleaning”, which makes it possible to recognize seeds of quarantine and hard-separable impurities with defects of up to 64 classes [4]. The performance of the separator was regulated by the speed of transportation on a horizontal vibrating tray, at which uniform movement of the flow of seeds was ensured in one layer. Once in the survey area, each seed is examined by cameras separately, so that a high degree of purity of the seed fraction of the main crop can be achieved with a color sorter.

$$\min_{\alpha_i, \gamma_i} \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i, x_j) - \sum_{i=1}^N \alpha_i \quad (1)$$

In the result of researching they get the output function which was effective in summer months.

$$f(x) = \operatorname{sgn} \left( \sum_{i \neq \emptyset} \alpha_i y_i K(x_i, x) + b \right) \quad (2)$$

The method, which is using for our researches is based on machine learning and dataset, but in this time, in papers and researchers [7] and [8], they based on their mathematical model of hybrid neural system. There was presented the data output, which collected

predicted faults in normal and negative sample of system. For example, in works [9], there was shown and made the monitoring different kinds of dataset, which was combined to econom the electricity of HVAC system, results are below:

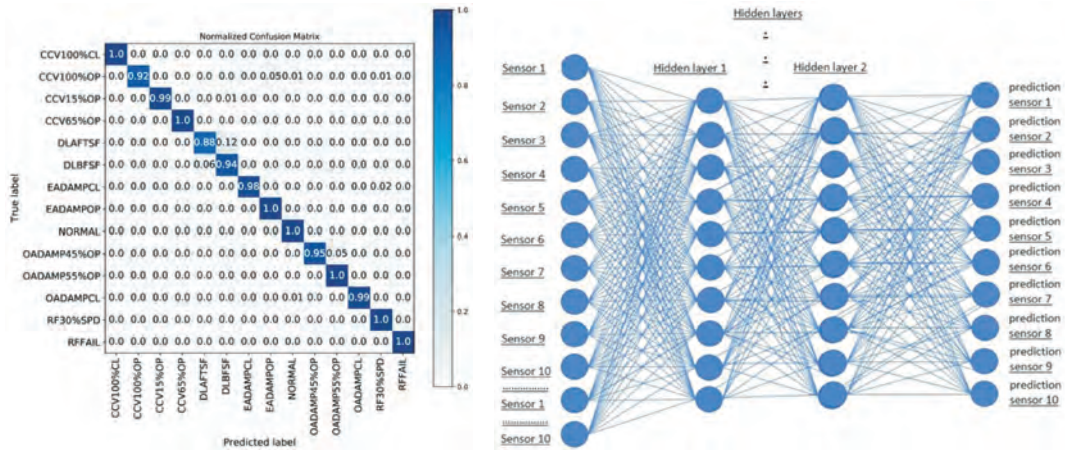


Figure 1 – FDD model for system

The glitch of the warming, ventilation and cooling (air conditioning) framework is viewed as a Moderna significant issue in present day structures. Because of the intricacy of the Structure The executives Framework (BMS) with the contribution of functional information from an enormous number of sensors utilized in the air conditioning framework, a breakdown can be truly challenging to recognize at a beginning phase. While various strategies for shortcoming identification and analysis (FDD) utilizing measurable and preparing models have exhibited amazing outcomes as of late, early finding stays a test, since numerous cutting edge approaches are unfeasible for diagnosing specific infringement of Moderna air conditioning and have exactness issues. In such manner, this review presents another half breed FDD approach by joining arbitrary timberland classifiers (RF) and a reference vector machine (SVM) to apply FDD to the central air framework. Exploratory outcomes show that the proposed half and half woodland irregular number machine svm (HRF-SVM) is better than different techniques with higher forecast precision (98%), in spite of the way that the indications of disappointment were moderate. Moreover, the proposed construction can essentially lessen the quantity of sensors required and function admirably with few mistaken examples of preparing information accessible in genuine applications [9].

Also to think about neural organization models, this article presents a drawn out transient memory (LSTM) model for anticipating IAT for a multi-zone building in view of direct multi-stage expectation with a consecutive methodology. Two techniques, LSTM-MISO and LSTM-MIMO, are made for a long time with one result and numerous result with different results, separately. The adequacy of these two procedures was assessed in view of two contextual analyses of truly canny structures utilizing variable wind stream (VAV) and consistent wind stream (CAV) frameworks. For the two structures, the exploratory outcomes



showed that LSTM models are better than multi-facet perceptron models, lessening the expectation mistake by 50%. [10]

**Creating own neural model.** The framework is a product and equipment complex for ideal control of the room's central air (Warming, ventilating and molding), gas, moistness and temperature. It comprises of a module for gathering, handling and observing room gas, stickiness and temperature information, a neural organization - based expectation module, and a choice - making module [11]. The information obtaining module communicates temperature information from sensors situated along the space to an equipment programmable regulator.

The synthetic research facility of the Organization of Burning Issues, for the creation of materials for the dental business, with three rooms, an area of 70 square meters, was picked as the premises. In this work, we utilized 13 sensors, these are temperature, moistness and tension sensors, which were put in each room, for more exact information estimation, and for preparing the neural organization. The motivation behind gathering information from these sensors was a checking framework, as indicated by which we will control the warming and cooling in the room. Three sensors would be hung in each room, these are DHT11 (temperature, dampness), CCS811 (pressure). Nonetheless, in enormous rooms, you can introduce sensors each 10 meters, and in little rooms - each 2-3 meters, and this won't essentially influence the outcome. The information from the sensors is gathered through the I2C convention to the regulator, we utilized the regulator - ESP32, then, at that point, the regulator by means of WiFi sent the information to the server in the MySQL data set, we conveyed our own neighborhood server in the labs. The information move rate has been decreased to 250 bytes/s because of impediments because of the qualities of the sending gadget. The Arduino Nano regulator is customized utilizing the Arduino IDE. The remote organization is utilized to communicate information to the expectation module. The information assortment module sends temperature information from sensors situated along the space to an equipment programmable regulator [11]. From the server, the expectation module sent on Raspberry PI, in the Python language, processes sensor information from the server and utilizes them to prepare the neural organization [11].

In this trial, we took just temperature information for preparing the neural organization, and we will utilize it to control warming and cooling in the room. In view of a pre-prepared LSTM neural model, the forecast module gives temperature circulation expectations to various methods of activity of the air conditioning framework. The dynamic module chooses the ideal temperature method of the warming and cooling framework to acquire the objective hotness conveyance work in the room and communicates the fitting order signs to the regulator to control the temperature.

The counterfeit neural organization (ANN) structure depends on the human sensory system and the learning system of the human cerebrum and neurons.

The In strategy incorporates a bunch of interconnected neurons partitioned into information, yield, and secret layers. The framework utilization is determined in light of the framework input and the organization weight, as well as the organization transmission work [11]. By adjusting this strategy to oneself help process, the ANN technique is broadly utilized in central air frameworks. The ANN practice is accomplished by changing the weighting element to diminish the expense work. An ANN Framework Distinguishing proof Model isn't needed. In view of the construction of non-straight capacities and articulations of information through the shells of interconnected neurons, the purported



counterfeit neural organizations or straightforward neural organizations, which are a typical technique for showing or showing associations among data sources and results. This can be an alluring decision for controlling and characterizing non-direct frameworks like central air frameworks. As indicated by Deponte and Grimaldi, the design or calculation of this strategy depends on a neurobiological framework. This implies that this technique should be visible as a black box with a ton of unsurprising power for the models. This is extremely helpful, particularly broadly utilized in obscure models or without a numerical model, or when all images are depicted in an obscure case and can prepare ANN [11].

To anticipate the activity of temperature sensors in the time series, two kinds of neural organizations were utilized. The first is a basic neural organization with a few secret layers, and the second is an intermittent neural organization (LSTM). A neural organization of the LSTM type was picked, since there are time information here, and this kind of neural organization is more ideal for this task [11].

As a module for information expectation and direction, we utilize a Raspberry PI single-board PC. On it, we send our neural organization and utilize the information recorded in the data set to prepare the neural organization. We split our tangible information into tests and train to prepare the neural organization [11].

The neural organization comprises of an information layer of 120 neurons (10 sensors x 12 time spans) and a first secret layer of 128 neurons, a second layer of 256 neurons, and a result layer of ten neurons, considering that the result 10 neurons are a forecast for every one of the ten neurons .

Information cleaning. In the data set, information was gathered from sensors for quite a long time. While composing temperature information to the data set, some of it contained commotion and mistaken information. Hence, as an example, we take information from ten sensors recorded with the right time list, and take an example in which the time series is accurately marked. We get an example where every one of the ten sensors are available. We likewise fill in information that contains mistakes. While cleaning the information, a few sensors showed a temperature of 150 or - 127 degrees, as the information is erroneous, so we sift through such commotion and select information under 40 degrees or more ten degrees Celsius.

As a model for the neural organization, we utilized an intermittent neural organization. The thought behind RNN is to involve data in a steady manner. Customary neural organizations accept that all sources of info and results are autonomous. Be that as it may, for some assignments this isn't appropriate. To foresee the following word in a sentence, it's ideal to think about the words that precede it. RNNs are called repetitive on the grounds that they play out a similar undertaking for every component of the grouping, and the outcome relies upon past computations. One more understanding of RNNs: these are networks that have a "memory" that considers past data.

We utilized the Mean Squared Mistake (MSE) equation as the result work, and the SGD work as the enhancer.

The MSE-RMS expectation mistake is utilized in circumstances where we want to underscore enormous blunders and select a model that gives less huge forecast mistakes.

MSE - the standard mistake of the estimate is utilized in circumstances when we really want to underscore enormous blunders and pick a model that gives less huge figure mistakes.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2 \quad (3)$$

**Forecasting and obtaining results from neural networks.** In this way, we analyze the gauge of the neural organization and the genuine worth of the sensors in a given time stretch. In this diagram, we look at the genuine qualities and the qualities taken from the estimates. In the chart, we deduct the base worth from the greatest worth, then, at that point, it will be equivalent to 95-100 percent a model that gives less enormous conjecture blunders.

Temp1	Temp2	Temp3	Temp4	Temp5	Temp6	Temp7	Temp8	Temp9	Temp10					
23	23	23	23	24	23	23	24	24	25	22	-	22.050106048583984	->	-0.050106048583984375
23	23	23	24	24	23	23	25	24	25	21	-	21.204078674316406	->	-0.20407867431640625
23	24	24	24	25	24	24	25	25	25	23	-	22.827194213867188	->	0.1728057861328125
23	24	24	25	25	24	24	25	25	25	22	-	22.52977752685547	->	-0.5297775268554688
23	24	24	25	25	24	24	25	25	25	22	-	23.627410888671875	->	-1.627410888671875
22	24	25	25	25	24	24	25	25	25	24	-	24.187088012695312	->	-0.18708801269530895
24	22	22	22	23	22	22	23	22	23	24	-	24.308347702026367	->	-0.3083477020263636
24	22	22	22	23	22	22	23	23	23	23	-	22.110450744628906	->	0.8895492553710938
24	22	22	22	23	22	22	23	23	23	22	-	22.006561279296875	->	0.0609262268066406
24	22	22	22	23	22	22	23	23	23	21	-	21.939077377319336	->	-0.060561279296875
24	22	22	22	23	22	22	23	23	23	25	-	21.44829559326172	->	-0.44829559326171875
24	22	22	22	23	22	22	23	23	23	22	-	21.890987396240234	->	0.10901260375976562
24	22	22	22	23	22	22	23	23	23	23	-	23.789947509765625	->	-0.789947509765625
24	22	22	22	23	22	22	23	23	23	22	-	22.50919532775879	->	-0.509195327758791
24	22	22	22	23	22	22	23	23	23	23	-	22.92646026611328	->	0.07353973388671875
24	22	22	22	23	22	22	23	23	23	25	-	25.003576278686523	->	-0.0035762786865234375
24	22	22	22	23	22	22	23	23	23	22	-	22.510883331298828	->	-0.5108833312988281
24	21	22	22	22	22	22	23	22	22	24	-	23.160953521728516	->	0.8390464782714879
imns										24	-	24.11187744140625	->	-0.11187744140624645
										23	-	23.000776290893555	->	-0.000776290893546875
										23	-	22.303590774531633	->	0.6964092254638672

Figure 2 – Neural network prediction

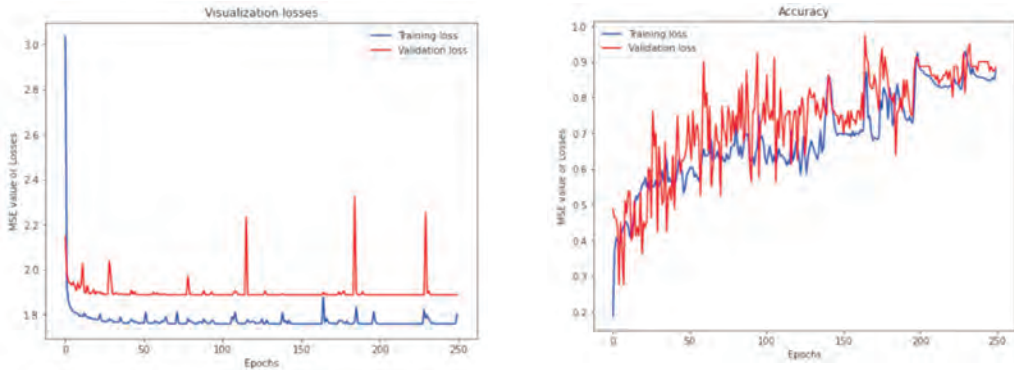


Figure 3 – Visualization losses

	c1_off	c1_16h	c1_16l	c1_23h	c1_23l	c1_32h	c1_32l	\
2021-02-22 14:04:23	0	0	0	1	0	0	0	0
2021-04-09 11:04:46	0	0	0	0	0	0	1	0
2021-03-31 06:04:46	0	0	1	0	0	0	0	1
2021-03-18 10:24:46	0	0	0	0	1	0	0	0
2021-04-03 15:34:46	1	0	0	0	0	0	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...
2021-03-24 15:04:46	0	0	0	0	1	0	0	0
2021-03-06 04:44:23	1	0	0	0	0	0	0	1
2021-03-13 17:04:23	0	0	1	0	0	0	0	1
2021-03-08 21:44:23	1	0	0	0	0	0	0	0
2021-03-24 13:04:46	0	0	0	0	0	1	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...
2021-02-22 14:04:23	c2_off	c2_16h	c2_16l	c2_23h	c2_23l	c2_32h	c2_32l	
2021-04-09 11:04:46	0	0	0	1	0	0	0	0
2021-03-31 06:04:46	0	0	0	0	0	0	1	0
2021-03-18 10:24:46	0	0	0	1	0	0	0	1
2021-04-03 15:34:46	1	0	0	0	0	0	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...
2021-03-24 15:04:46	0	0	0	0	1	0	0	0
2021-03-06 04:44:23	1	0	0	0	0	0	0	0
2021-03-13 17:04:23	0	0	0	0	0	0	0	1
2021-03-08 21:44:23	1	0	0	0	0	0	0	0
2021-03-24 13:04:46	0	0	0	0	0	1	0	0

	precision	recall	f1-score
c1_off	0.77	1	0.87
c1_16h	1	0.94	0.97
c1_16l	0.98	0.93	0.88
c1_23h	0.88	0.93	0.9
c1_23l	1	0.86	0.93
c1_32h	1	0.57	0.73
c1_32l	0.77	0.76	0.76
micro avg	0.87	0.87	0.87
macro avg	0.9	0.84	0.86
weighted avg	0.88	0.87	0.87

[1976 rows x 14 columns]

Figure 4 – Dataset of air conditioner working modes

As we can find in the above diagrams, forecast blunders decline essentially with every age of neural organization preparing and reproductions.

Subsequently, we think about the figure of the neural organization and the genuine worth of the sensors in a given time stretch. In these diagrams, we look at the genuine qualities and the qualities taken from the gauges. On the diagram, we take away the base worth from the greatest worth, then, at that point, it will be equivalent to 90-95%. In this paper, based on the prediction of temperature parameters, we have developed a neural network that allows you to control air conditioners in an intelligent optimal mode, in the form of a recommendation system. We tested this system and got excellent results. In the future, we will add data parameters of other gases and more input parameters to improve the scalability of the system.

**Conclusion.** In this research, combination of heating ventilation and air conditioning (HVAC) system was conceived by the architecture and the methods of optimization neural network. A model was built to optimize using HVAC system in the buildings. As a result of our research, we have developed an intellectual system that optimizes the problem of consumption and waste of heat supply and air conditioning in the room through a management and monitoring structure and an intelligent system model. The functionality of the system with the help of an intelligent automated system allows you to minimize human influence, increase the efficiency of the system, manage and control all the states in the system locally and remotely, analyze and examine data for a certain period of time, identify violations and failures of elements and sections of the system, optimize all work processes. The developed intelligent automated system solves the problems associated with the use of excessive heat and its costs, which allows the developed technology to function as a centralized system to supply heat to the room in the right amount and turn on air conditioning all year round, regardless of the time of day and weather conditions. The use of monitoring and regulation of the set parameters allows the intelligent system to provide electricity only in the amount in which it is needed and at the same time save unnecessary consumption. The system is easily scaled and can run for many years without interruption and is safe for the environment.

This research was funded by grant of Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan №AP09260767 “Development of an intelligent information and analytical system for assessing the health status of students in Kazakhstan” (2021-2023).

## REFERENCES

- 1 Internet of things: security problems, Omsk scientific Bulletin, Russia (2015).
- 2 Varlamov I. G.: New generation SCADA. Evolution of technologies-revolution of the building system, Automated information and control systems in power engineering, Russia (2016).
- 3 Nolan K.E., Guibene W., Kelly M.Y.: An Evaluation of Low Power Wide Area Network Technologies for the Internet of Things, Proceeding of International Wireless, Germany (2016).
- 4 Pavlova Z. Kh., Krasnov A. N., Baltin R. R.: Modern technologies for receiving and transmitting measurement information for the organization of sensor networks for monitoring oil and gas industry objects. International research journal, 202-206 (2017).
- 5 Bartlett, G., Heidemann, J., & Papadopoulos, C.: Understanding passive and active service discovery. In Proceedings of the 7th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement , ACM (2007).

6 Wunna T., Johnny Kwok-Wai W., Sai-Ho L.: Hybrid random forest and support vector machine modeling for HVAC fault detection and diagnosis, 2021

7 Andrew K., Guanglin X.: Modeling and optimization of HVAC systems using a dynamic neural network, 2012

8 Wang, H.; Chen, Yu.; Chan, CWH; Qin, J.; Wang, J. A strategy for fault detection and diagnostics based on online models for VAV ventilation systems. Energy assembly. 2012, 55, 252

9 Comparison of neural network architectures used in ventilation and heating control systems (comparison of algorithms, methods and models, for example LSTM, Random Forest, XG Boost, etc. at your discretion)263.

10 Jaina, Samara F, Bel M, Magaram R. (2018) A data-driven predictive management model with regression trees is an application for building energy management. ACM Trans Cyber-Physical System 2(1):4

11 N.M.Tasmurzayev, B.S.Amangeldy, E.S.Nurakhov, A.A.Mukhanbet, Zh.Yeltay. "Implementation of an intelligent control system for heat distribution in rooms", 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST),2021

**Б. Е. РЕЗНИК<sup>1</sup>, М. Е. МАНСУРОВА<sup>2</sup>, Б. С. АМАНГЕЛДЫ,  
Н. М. ТАСМУРЗАЕВ<sup>2</sup>, Ж. Е. БАЙҒАРАЕВА<sup>2</sup>, Б. Т. ИМАНБЕК<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Бойт атындағы Берлин қолданбалы ғылымдар университеті, Берлин, Германия

<sup>2</sup>Әл – Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

## **МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ КӨМЕГІМЕН ЖЖАБ ЗИЯТКЕРЛІК ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ**

Мақала бөлмедегі жылумен жабдықтауды және ауаны баптауды реттеу мәселесіне арналған. Датчиктердің динамикалық сипаттамаларын бақылаудың автоматтандырылған жүйесі сипатталған, ол сынақ стендін орнатуға және температураны динамикалық бақылау және ауаны баптау датчиктерінің параметрлерін талдауға арналған бағдарламалық-аппараттық кешен болып табылады. Бұл жүйенің негізгі мақсаты-ауаны баптау және температураны ұстап тұру арқылы бір бөлмені автоматтандыру. Жүйе Google Coral USB үдеткішін басқару, ADC параметрлері және температура датчиктерінің, қосқыштардың, ағып кету датчиктерінің және ауа баптау датчиктерінің амплитудалық-жиілік және фазалық сипаттамаларын сенсорлардың динамикалық сипаттамаларын бақылау және бақылау үшін стендтегі эксперименттік зерттеулерінің нәтижелері негізінде анықтайды. бағдарлама SCADA Genesis64. Сынақ стендінің схемасы, жүйенің жалпыланған алгоритмі және бағдарламаның экрандық нысаны ұсынылған. Ішкі температураны бақылау және ауаны баптаудың автоматтандырылған жүйесінің бағдарламалық жасақтамасы ModBus TCP, OPC UA және SCADA бағдарламалары негізінде жасалған.

**Түйін сөздер:** SCADA Genesis 64, интеллектуалды жүйе, Машиналық оқыту, нейрондық жүйелер, ауа баптау жүйесі.

**Б.Е.РЕЗНИК<sup>1</sup>, М.Е.МАНСУРОВА<sup>2</sup>, Б.С.АМАНГЕЛДЫ,  
М.ТАСМУРЗАЕВ<sup>2</sup>, Ж.Е. БАЙҒАРАЕВА<sup>2</sup>, Б.Т. ИМАНБЕК<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Берлинский университет прикладных наук Бойта, Берлин, Германия

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

## РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ОВИК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

*Статья посвящена проблеме регулирования теплоснабжения и кондиционирования воздуха в помещении. Описана автоматизированная система контроля динамических характеристик таких датчиков, представляющая собой программно-аппаратный комплекс для настройки испытательного стенда и анализа параметров датчиков динамического контроля температуры и кондиционирования воздуха. Основной целью этой системы является автоматизация одной комнаты путем управления кондиционированием воздуха и поддержания температуры. Система выполняет функции управления USB-ускорителем Google Coral, настройки АЦП и определения амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик датчиков температуры, переключателей, датчиков утечки и кондиционирования воздуха на основе результатов их экспериментальных исследований на стенде для контроля динамических характеристик датчиков и мониторинга в Программе SCADA Genesis64. Представлена схема испытательного стенда, обобщенный алгоритм работы системы и экранная форма работы программы. Программное обеспечение автоматизированной системы контроля температуры и кондиционирования воздуха в помещении разработано на основе программ ModBus TCP, OPC UA и SCADA.*

**Ключевые слова:** SCADA Genesis 64, интеллектуальная система, машинное обучение, нейронные системы, система кондиционирования воздуха.



**Н. ТАСБОЛАТУЛЫ<sup>1</sup>\*, Қ. ӘЛІМХАН<sup>2</sup>, А. К. ЕРДЕНОВА<sup>1,2</sup>, С. С. АЛИШЕВА<sup>2</sup>,  
Г. Б. БАХАДИРОВА<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

<sup>2</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

E-mail: [tasbolatuly@gmail.com](mailto:tasbolatuly@gmail.com), [keylan@live.jp](mailto:keylan@live.jp), [erdenova\\_aigerim@mail.ru](mailto:erdenova_aigerim@mail.ru),  
[sandu\\_alish@mail.ru](mailto:sandu_alish@mail.ru), [gulnaz.bahadirova.84@mail.ru](mailto:gulnaz.bahadirova.84@mail.ru)

## **УАҚЫТЫ КЕШІККЕН ЖОҒАРЫ РЕТТІ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ЖҮЙЕЛЕРДІ БАҚЫЛАУДЫ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛДЕУ**

Бұл жұмыста уақыт кешігу параметрі қатысқан жоғары ретті сызықты емес жүйелер класын шығыс кері байланыс жәрдемінде глобалды практикалық бақылау мәселесі зерттелді. Қарастырылған жүйенің ерекшелігі сызықты еместіктің жоғары шекарасындағы шектеулілік дәрежесі үздіксіз интервал аралығында алынуында. Сигнум функциясы және қуат интеграторын қосудың жалпылама әдісін пайдаланып, сәйкесінше Ляпунов функциясын құру арқылы уақыты кешіккен сызықты еместік әсеріне үстемдік ететін реттелетін және уақыт кешігуі параметріне тәуелсіз бақылау контроллерін жобалаймыз. Алынған контроллер нәтижесінде зерттелген тұйық жүйенің барлық күйлері глобалды шектелген және шекті уақыттан кейін бақылау қателігі жеткілікті мөлшерде аз болуын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар бұл жұмыста алдын қол жеткізген нәтижелерді компьютерде моделдеуге басымдық берілді.

**Түйін сөздер:** шығысты практикалық бақылау, сигнум функциясы, уақыт кешігу параметрі, компьютерлік моделдеу, Matlab GUI

**Кіріспе.** Сызықты емес жүйелерді бақылау мәселесі соңғы кездері көптеген ғалымдардың назарын өзіне аударуда [1-5]. Жүйенің барлық күйлерін өлшеу мүмкін болған жағдайда күй кері байланысы әдісін, ал жүйенің тек шығыс векторы белгілі жағдайлар үшін шығыс кері байланысын пайдаланып бақылауды жүзеге асыруға болады.

Жүйенің өсуіне және дәреже тәртібіне кейбір шарттарды қоя отырып, сызықты емес жүйенің практикалық шығысын бақылау мәселесіне қарағанда күйлері анық сызықты емес жүйелерді бақылау мәселелері жақсы зерттелді [6-8]. Сызықты емес жүйелер үшін шығысты бақылау мәселесі маңызды теориялық және практикалық мәнге ие, өйткені ол басқару теориясындағы іргелі мәселе болып табылады және аэронавтика, роботтарды басқару және ұшуды басқару сияқты инженерияда кеңінен қолданылады [9-12]. Дегенмен, сызықты емес жүйелер үшін шығысты бақылау мәселесін зерттеу орнықтылық мәселесіне қарағанда қиынырақ. Себебі шығысты бақылау ішкі орнықтылықтан басқа тірек сигналды бақылау үшін жүйелердің шығысын талап етеді. Сонымен қатар, коммутациялық жүйелер [13-14] үшін үздіксіз және дискретті динамиканың өзара әрекеттесуіне байланысты шығысты бақылау мәселесі қиындай түседі. Ал жоғарыда келтірілген сызықты емес жүйелерде уақыт кешігу параметрі қатысатын болса онда ол жүйе үшін бақылау контроллерін жобалау одан әрі күрделене түсетіні анық.

---

\* E-mail корреспондирующего автора: [tasbolatuly@gmail.com](mailto:tasbolatuly@gmail.com)



Жоғарыда келтірілген жұмыстарда уақыт кідірісінен болатын кері әсер қарастырылмаған. Уақыт кешігу параметріне ие сызықты емес жүйе деп жүйе күй сигналының ілгері қадамдағы өзгеруі оның тек ағымдық шамасынан ғана емес, алдыңғы мәндеріне де тәуелді болатын жүйелерді айтамыз. Біз бұл жұмыста уақыты кешіккен жоғары ретті сызықты емес жүйелерді бақылауды [15-18] жобалаудың математикалық моделін құрып, алынған нәтижелерді компьютерде моделдеуге көңіл бөлетін боламыз.

Зерттеу нысаны ретінде төмендегі уақыт кешігу параметрі қатысқан жоғары ретті сызықты емес жүйені қарастырайық:

$$\begin{cases} \dot{z}_i(t) = z_{i+1}^{p_i}(t) + \phi_i(z(t), z_1(t - \tau_1), \dots, z_n(t - \tau_n)), & i = 1, \dots, n-1, \\ \dot{z}_n(t) = u^{p_n}(t) + \phi_n(z(t), z_1(t - \tau_1), \dots, z_n(t - \tau_n)) \\ y = z_1 \end{cases} \quad (1)$$

мұнда  $z(t) = [z_1(t), \dots, z_n(t)]^T \in R^n$  жүйе шешімі,  $z_{n+1}(t) =: u(t) \in R$  басқару,  $\tau_i \in R^+$ ,  $i = 1, \dots, n$   $\tau \geq \max\{\tau_1, \dots, \tau_n\}$  сәйкесінше уақыт кешігу параметрі және шарты,  $z(\theta) = \xi_0(\theta)$ ,  $\forall \theta \in [-\tau, 0]$  бастапқы мәндер,  $\phi_i: R^n \times R^n \rightarrow R$ ,  $i = \overline{1, n}$  - белгісіз үздіксіз функциялар,  $p_i \in R_{odd}^{\geq 1} := \{p/q \mid p \geq q\}$ ,  $i = 1, \dots, n$  - жүйенің жоғары реттілігін көрсетеді,  $p$  және  $q$  тақ бүтін сандар. Зерттеліп жатқан жүйеде  $p_i = 1$  болған жағдайда үшбұрышты формадағы уақыт кешігуі қатысқан сызықты емес жүйеге келеді, ал  $p_i > 1$  болғанда зерттеу нысаны кері байланыс негізінде сызықтандырылатын әдіс бойынша басқаруды табу есебімен шығарылады.

Зерттеу жұмысының басты нәтижелері: алдымен зерттелініп жатқан жүйенің өсу шарты төмендетілді, контроллерге сигнум функциясын енгізу нәтижесінде дәлелі анық тұжырымдарға қол жеткіздік; әрі қарай, дәреже интеграторы қосу әдісі негізінде бақылау контроллерін құрдық. Алынған контроллер нәтижесінде тұйық жүйенің барлық күйлері шектелген және шекті уақыттан кейін ізге түсіру қателігі өздігінен аз болатындығын көрсетеміз. Сонымен қатар, бұл жұмыста MATLAB көмегімен сызықтық емес жүйелерді шешудің сандық әдістерін қарастыруға басымдық беріледі. Біз сызықтық емес жүйелер үшін ең көп қолданылатын итерациялық әдістерді және сандық шешімдерді табу үшін MATLAB мүмкіндіктерін ұсынатын боламыз. Мақала сандық мысалдармен аяқталады.

### Шығысты практикалық бақылау

(1) жүйенің  $y_r(t)$  тірек сигналы  $[0, +\infty]$  аралығында уақыт айнымалысы бойынша  $C^1$  -шектеулі болса, онда күй контроллері жәрдемінде шығысты глобалды практикалық бақылауды былай тұжырымдаймыз:

Кез-келген  $\varepsilon > 0$  оң нақты саны үшін

$$u = u(z, y_r(t)) \quad (2)$$

үздіксіз контроллері бар және ол төмендегі шарттарды қанағаттандырады:

1) (1)-(2) тұйық жүйенің барлық күйлері  $[0, +\infty]$  кесіндісінде анықталған және глобалды шектеулі;

2) Кез-келген  $z(0) \in R^n$  үшін  $T > 0$  шекті уақыты табылып, (1)-(2) тұйық жүйенің  $y(t)$  шығысы

$$|y(t) - y_r(t)| = |z_1(t) - y_r(t)| < \varepsilon, \quad \forall t \geq T > 0 \quad (3)$$

шартын қанағаттандырса, онда тұйық-циклдық жүйенің шығысы глобалды практикалық бақылауға болады.

Шығысты глобалды практикалық бақылау мәселесін шешу үшін келесі гипотезаларды жасайық.

**Гипотеза 1.** Кез-келген  $i = 1, \dots, n$  үшін  $C_1, C_2 \geq 0$  және  $\omega \geq 0$  белгілі константалары табылып, олар келесі шартты қанағаттандырады:

$$|\phi_i(z(t), z_1(t - \tau_1), \dots, z_n(t - \tau_n))| \leq C_1 \left( \sum_{j=1}^i |z_j(t)|^{r_j + \omega} + \sum_{j=1}^i |z_j(t - \tau_j)|^{r_j + \omega} \right) + C_2 \quad (4)$$

мұндағы  $r_i$ :

$$r_1 = 1, \quad r_i = \frac{r_{i-1} + \omega}{p_{i-1}}, \quad i = 2, 3, \dots, n + 1 \quad (5)$$

**Гипотеза 2.**  $y_r(t)$  тірек сигналы үздіксіз дифференциалданатын болса және сонымен қатар,  $D > 0$  оң белгісіз константасы табылса, онда келесі теңсіздік орынды:

$$|y_r(t)| + \left| \dot{y}_r(t) \right| \leq D, \quad \forall t \in [0, +\infty) \quad (6)$$

Бақылау контроллерін жобалау

Қойылған мақсатқа жету үшін алдымен келесідей координат түрлендіруін енгізейік:

$$\begin{cases} x_k(t) = [z_k(t)]^{\frac{\sigma}{p_k}} - [\alpha_{k-1}(Z_{k-1}(t))]^{\frac{\sigma}{p_k}}, & k = \overline{1, n} \\ \alpha_k(Z_k(t)) = -(sign(x_k(t)))^{\frac{1}{p_k}} g_k^{\frac{r_{k+1}}{\sigma}} |x_k(t)|^{\frac{r_{k+1}}{\sigma}}, & k = \overline{1, n}, \\ u(t) = \alpha_n(t) \\ y = x_1 + y_r \end{cases} \quad (7)$$

мұндағы  $\sigma - \sigma \geq \max_{1 \leq i \leq n} \{r_i + \omega\}$  – шартын қанағаттандыратын оң константа, және

$\alpha_k : R^k \rightarrow R, k = \overline{1, n}, g_k > 1$  – оң константасы бар виртуалды контроллер деп аталады.

Бірізділік үшін  $p_0 = g_0 = 1, \alpha_0(t) = 0$  деп есептейміз.  $x_1(t), \dots, x_n(t)$  күйі  $t$  бойынша үздіксіз дифференциалдануы (7) түрлендіру арқылы нақты  $u(t)$  контроллерін құруды қамтамасыз етеді.

Әрі қарай,  $sign$  таңба функциясын (7) координат түрлендіруіне енгізу арқылы  $x_1(t), \dots, x_n(t)$  барлық мүмкін мәндерін табуға болады.  $p_k \in R_{\text{odd}}^{\geq 1}$  тақ бүтін сан және

$\alpha_k(Z_k(t))$  өрнегінен  $sign(\alpha_k(Z_k(t))) = -sign(x_k(t))$  болатындығын аламыз. Демек келесі теңдік орынды болады:

$$\begin{aligned} [\alpha_{k-1}(Z_{k-1}(t))]_{r_k}^{\sigma} &= -sign(x_{k-1}(t)) \left| -sign(x_{k-1}(t)) \frac{1}{p_{k-1}} g_{k-1}^{\frac{r_k}{\sigma}} |x_{k-1}(t)|^{\frac{r_k}{\sigma}} \right|^{\frac{\sigma}{r_k}} = \\ &= -sign(x_{k-1}(t)) g_{k-1} |x_{k-1}(t)| = -g_{k-1} x_{k-1}(t) = -\sum_{i=1}^{k-1} \left( \prod_{j=i}^{k-1} g_j \right) [z_i(t)]_{r_i}^{\sigma} \end{aligned} \quad (8)$$

Ляпунов функциясын құрайық:

$$\begin{aligned} W_{H_k}(Z_k(t)) &= \int_{\alpha_{k-1}(Z_{k-1}(t))}^{z_k(t)} \left[ [s]_{r_k}^{\sigma} - [\alpha_{k-1}(Z_{k-1}(t))]_{r_k}^{\sigma} \right]^{\frac{2\sigma - r_{k+1} p_k}{\sigma}} ds, \\ W_{D_k}(t) &= (n-k+1) \int_{t-\tau_k}^t x_k^2(l) dl + (n-k) \int_{t-\tau_{k+1}}^t x_k^2(l) dl, \quad k = \overline{1, n}; \tau_{n+1} = 0 \end{aligned}$$

Бұл  $W_{H_k}(t), W_{D_k}(t)$  функциялары төмендегі тұжырыммен сипатталады.

*Тұжырым.*  $k = \overline{1, n}$  үшін  $W_{H_k}(t)$  және  $W_{D_k}(t)$  функциялары үздіксіз дифференциалданады және келесі теңдікті қанағаттандырады:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial W_{H_k}(Z_k(t))}{\partial z_k(t)} &= [x_k(t)]^{\frac{2\sigma - r_k - \omega_k}{\sigma}} \\ \frac{\partial W_{H_k}(Z_k(t))}{\partial z_i(t)} &= - \int_{\alpha_{k-1}(Z_{k-1}(t))}^{z_k(t)} \left[ [s]_{r_k}^{\sigma} - [\alpha_{k-1}(Z_{k-1}(t))]_{r_k}^{\sigma} \right]^{\frac{2\sigma - r_{k+1} p_k}{\sigma}} ds \times \\ &\times \frac{2\sigma - r_{k+1} p_k}{\sigma} \cdot \frac{\partial}{\partial z_i(t)} \left( [\alpha_{k-1}(Z_{k-1}(t))]_{r_k}^{\sigma} \right), \quad i = \overline{1, k-1} \\ \frac{dW_{D_k}(t)}{dt} &= (2n - 2k + 1)x_k^2 - (n - k + 1)x_k^2(t - \tau_k) - (n - k)x_k^2(t - \tau_{k+1}). \end{aligned} \right. \quad (9)$$

$V_1 = W_{H_1} + W_{D_1}$  болатындай  $V_1$ -ді таңдаймыз. Оның уақыт бойынша туындысын тауып, *Тұжырымды* қолдансақ келесіні аламыз:

$$\begin{aligned} \dot{V}_1 &= [x_1]^{\frac{2\sigma - \omega - r_1}{\sigma}} \alpha_1^{p_1} + [x_1]^{\frac{2\sigma - \omega - r_1}{\sigma}} (z_2^{p_1} - \alpha_1^{p_1}) + [x_1]^{\frac{2\sigma - \omega - r_1}{\sigma}} f_1 + (2n - 1)x_1^2 - nx_1^2(t - \tau_1) - \\ &\quad - (n - 1)x_1^2(t - \tau_2). \end{aligned} \quad (10)$$

1-болжам негізінде келесі бағалау орындалады:

$$[x_1]^{\frac{2\sigma - \omega - r_1}{\sigma}} \phi_1 \leq C |x_1|^{\frac{2\sigma - \omega - r_1}{\sigma}} \left( |x_1|^{\frac{\omega + r_1}{\sigma}} + |x_1(t - \tau_1)|^{\frac{\omega + r_1}{\sigma}} \right) \leq \quad (11)$$

$$\leq \left( C + \frac{2\sigma - \omega - r_1}{2\sigma} \cdot \left( \frac{\omega + r_1}{2\sigma} \right)^{\frac{\omega + r_1}{2\sigma - \omega - r_1}} C^{\frac{2\sigma}{2\sigma - \omega - r_1}} \right) \cdot x_1^2 + x_1^2(t - \tau_1) =: \beta_1 x_1^2 + x_1^2(t - \tau_1)$$

Енді бірінші  $\alpha_1$  виртуалды контроллерді былай таңдап алайық:

$$\alpha_1^{p_1}(z_1) = -\text{sign}(x_1) g_1^{\frac{r_1 + \omega}{\sigma}} |x_1|^{\frac{r_1 + \omega}{\sigma}} \tag{12}$$

мұндағы  $g_1 = (3n - 1 + \beta_1)^{\frac{\sigma}{r_1 + \omega}} > 1$ . (11) мен (12) теңдіктерді қолданып (10) теңдікті былай жазуға болады:

$$\dot{V}_1 \leq -n x_1^2 - (n - 1)(x_1^2(t - \tau_1) + x_1^2(t - \tau_2)) [x_1]^{\frac{2\sigma - \omega - r_1}{\sigma}} (z_2^{p_1} - \alpha_1^{p_1}).$$

Бұдан рекурсивті әдісті қолданып,  $(k - 1)$ -ші қадамда

$$\dot{V}_{k-1} \leq -(n - k + 2) \sum_{i=1}^{k-1} x_i^2 - (n - k + 1) \sum_{i=1}^{k-1} (x_i^2(t - \tau_i) + x_i^2(t - \tau_{i+1})) [x_{k-1}]^{\frac{2\sigma - \omega - r_{k-1}}{\sigma}} (z_k^{p_{k-1}} - \alpha_{k-1}^{p_{k-1}}) \tag{13}$$

Келесі қадамда  $V_k = V_{k-1} + W_{H_k} + W_{D_k}$  болайтындай етіп,  $V_k$ -ны таңдаймыз. Оның уақыт бойынша туындысын (1)-ші теңдеудің шешімінің төңірегінде анықтап, (13) теңдеу мен *Тұжырымды* қолдансақ келесіні аламыз:

$$\begin{aligned} \dot{V}_k \leq & -(n - k + 2) \sum_{i=1}^{k-1} x_i^2 - (n - k + 1) \left( \sum_{i=1}^k x_i^2(t - \tau_i) + \sum_{i=1}^{k-1} x_i^2(t - \tau_{i+1}) \right) - \\ & -(n - k) x_k^2(t - \tau_{k+1}) + (2n - 2k + 1) x_k^2 + [x_k]^{\frac{2\sigma - \omega - r_k}{\sigma}} (z_{k+1}^{p_k} - \alpha_k^{p_k}) + [x_k]^{\frac{2\sigma - \omega - r_k}{\sigma}} \alpha_k^{p_k} + \\ & + [x_k]^{\frac{2\sigma - \omega - r_k}{\sigma}} f_k + [x_{k-1}]^{\frac{2\sigma - \omega - r_{k-1}}{\sigma}} (z_k^{p_{k-1}} - \alpha_{k-1}^{p_{k-1}}) - \frac{2\sigma - r_{k+1} p_k}{\sigma} \int_{\sigma_{k-1}}^{z_k} [s]^{\frac{\sigma}{r_k}} - [\alpha_{k-1}]^{\frac{\sigma}{r_k}} \left| \frac{\sigma - r_{k+1} p_k}{\sigma} \right. ds \times \\ & \left. \times \sum_{i=1}^{k-1} (x_{i+1}^{p_i} + f_i) \frac{\partial}{\partial z_i} \left( [\alpha_{k-1}]^{\frac{\sigma}{r_k}} \right) \right. \end{aligned} \tag{14}$$

Жоғарыда келтірілген 2-ші гипотезаны қолдана отырып,  $n$ -ші қадамда  $z_{n+1} = \alpha_n = u$  екенін ескеріп,  $\alpha_n : R^n \rightarrow R$  үздіксіз функциясын құра аламыз, бұдан  $u : R^n \rightarrow R$  басқаруы келесі формада алынады:

$$u(z) = -(\text{sign}(x_n)) \frac{1}{p_n} g_n^{\frac{r_{n+1}}{\sigma}} |x_k|^{\frac{r_{n+1}}{\sigma}} \tag{15}$$

Бұдан,  $x(t) \in \Omega$  болғанда,  $V_n - t$  уақыт өте қатаң кемімелі, яғни  $x(t) - R^n$  кеңістігінің толықтауыш жиынтығына шекті  $T > 0$  уақытта еніп, сол кеңістікте қалады. Осыдан (7) тұйық жүйенің  $x(t)$  шешімі  $[0, +\infty)$  кеңістігінде анықталған және глобалды шектелген болады. Енді (3) шарттың орынды болатындығын (9) қолданып, және  $\delta$  параметрін таңдау арқылы дәлелдейміз. Яғни,

$$|y(t) - y_r(t)| = |x_1(t)| \leq V_n \leq 2(2n\delta)^{\frac{2\sigma-\omega}{\sigma}} < \varepsilon$$

Осыдан кез-келген  $\varepsilon > 0$  үшін (15) формадағы үздіксіз күй кері байланыс контроллері (3) шартты қанағаттандыратын шығысты глобалды практикалық бақылау есебін шешеді.

**Сандық мысал.** Бұл бөлімде теориялық нәтижелердің дұрыстығы мен тиімділігін көрсету үшін сандық мысал қарастырайық. Сандық есептеуде MATLAB GUI (MATrix LABoratory Graphical User Interface) - жоғары деңгейлі көппарадигмалық тіл және сандық есептеу, визуализация және бағдарламалауға арналған интерактивті ортасын пайдаландық. MATLAB көмегімен деректерді талдауға, алгоритмдер жасауға және сигналдар мен коммуникацияларды өңдеуге, басқару жүйелеріндегі процестерді компьютерде модельдеуге қол жеткізуге болады. Келесі түрдегі сызықты емес жүйені қарастырамыз:

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = x_2^5(t) - |x_1(t-1)|^{\frac{5}{2}} \cos x_2(t) \\ \dot{x}_2(t) = u^5(t) + x_2^2(t-2) + x_2^2(t) \sin(x_1(t-1)) \\ y(t) = x_1(t) \end{cases} \quad (27)$$

$\phi_1(\cdot) = |x_1(t-1)|^{\frac{5}{2}} \cos(x_2(t))$ ,  $\phi_2(\cdot) = x_2^2(t-2) + x_2^2(t) \sin(x_1(t-1))$ . Мұндағы  $\omega = \frac{1}{5}$  бол-

са, онда  $r_1 = 1$  және  $p_1 = 5, p_2 = 5$ , демек  $r_2 = \frac{r_1 + \omega}{p_1} = \frac{1 + \frac{1}{5}}{5} = \frac{6}{25}$ ,  $r_3 = \frac{r_2 + \omega}{p_2} = \frac{\frac{6}{25} + \frac{1}{5}}{5} = \frac{11}{125}$  болады.

$$|\phi_1| \leq (1 + x_1^2) \left( |x_1|^{\frac{6}{5}} + |x_1(t-1)|^{\frac{6}{5}} \right) + C_2, \quad |\phi_2| \leq C_1 \left( |x_1(t)|^{\frac{6}{5}} + |x_2(t)|^{\frac{11}{6}} + |x_1(t-1)|^{\frac{6}{5}} + |x_2(t-2)|^{\frac{11}{6}} \right) + C_2$$

1-болжамды қанағаттандыратынын көреміз. Енді  $\sigma = 2$  деп таңдап алайық.

$$\left( \sigma \geq \max \{r_1 + \omega; r_2 + \omega; r_3 + \omega\} = \max \left\{ \frac{6}{5}; \frac{11}{25}; \frac{36}{125} \right\} = \frac{6}{5} \right)$$

Есептеулер жүргізу арқылы Ляпунов функциясын келесі түрде табамыз:

$$\dot{V}_2 \leq -x_1^2 + [x_1]^{\frac{89}{50}} \alpha_2^5 + (1 + \beta_2)x_2^2 + [x_2]^{\frac{89}{50}} (x_3^5 - \alpha_2^5)$$

мұндағы  $\beta_2 = \beta_{21} + \beta_{22} + \beta_{23}$ ,  $\alpha_2^5(x_2) = -[x_2]^{\frac{11}{25}} g_2^{\frac{11}{50}}$   $\dot{V}_2 \leq -(x_1^2 + x_2^2) + [x_2]^{\frac{89}{50}} (x_3^5 - \alpha_2^5)$

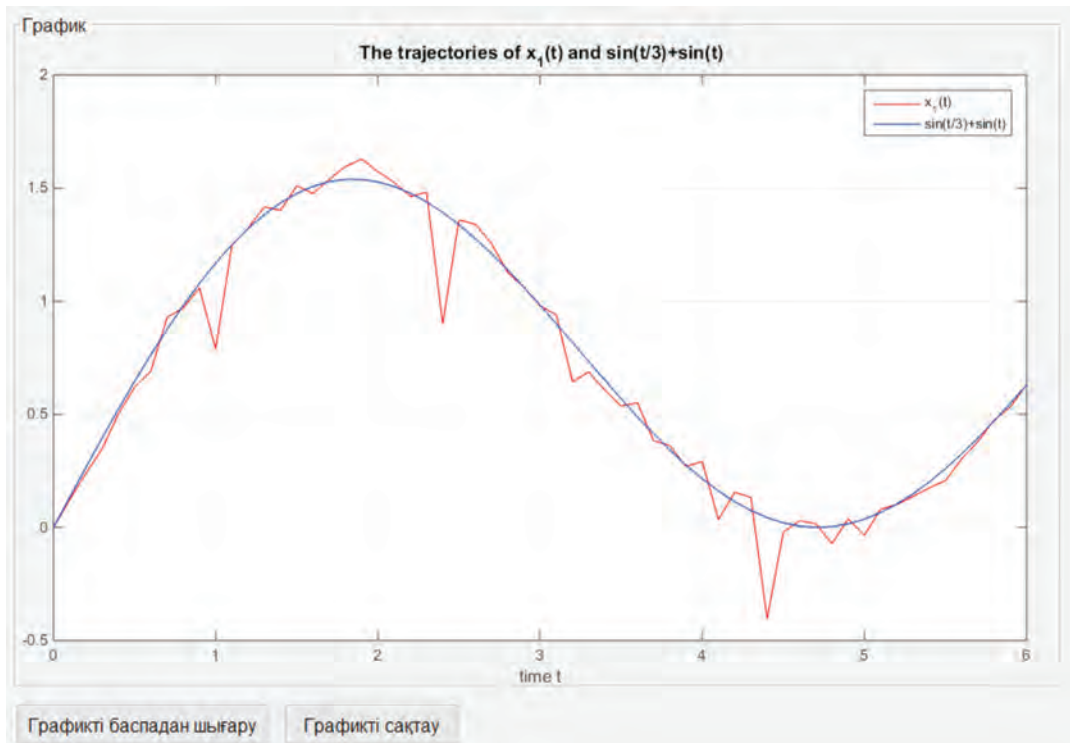
$\alpha_2 = u$ ,  $u(z) = -(\text{sign}(x_2))^{\frac{1}{5}} g_2^{\frac{11}{250}} |x_2|^{\frac{11}{250}}$ , мұндағы  $g_2 = (2 + \beta_2)^{\frac{50}{11}} > 1$ , бұдан

$$\dot{V}_2 \leq -\left(\frac{1}{2}V_2\right)^{\frac{10}{19}} + 2\delta \leq -2\delta < 0$$

$$\dot{V}_2 \leq -(x_1^2 + x_2^2)$$

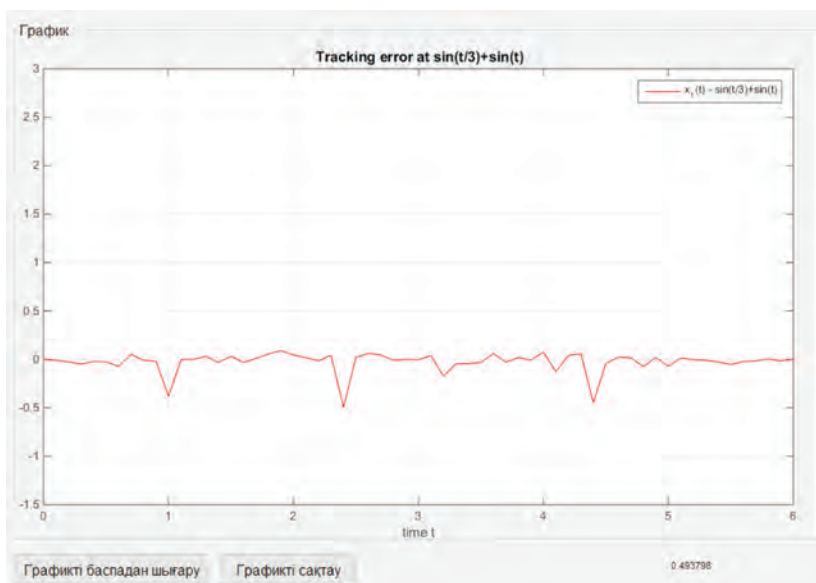
$|y(t) - y_r(t)| = |x_1(t)| \leq V_2 \leq 2(4\delta)^{\frac{10}{19}} < \varepsilon$ ,  $\varepsilon > 0$ . Мұндағы  $y_r(t) = \sin\left(\frac{t}{3}\right) + \sin(t)$  формасында тандалды.

**Сандық мысалды компьютерде моделдеу.** Мысалда уақыт кешігуі параметрі  $d=0,5$  тең деп алынды. Дифференциалдық теңдеулер Matlab бағдарламасында арнайы функция dde23 арқылы есептеледі. Уақыт кешігуі параметрі константа болып келетін дифференциалдық теңдеулерді  $\dot{y}(t) = f(t, y(t), y(t-d), \dots, y(t-d))$  формасында жазып алуға болады. Мұнда:  $t$  уақыт,  $y$  тәуелді айнымалылардың вектор-бағанасы және  $\dot{y}(t)$  бірінші ретті туындысы,  $d$  уақыт кешігуі параметрі. 1 суретте көк сызықпен тірек сигнал  $y_r(t)$  және жүйе шығысы  $x_1(t)$  қызыл сызықпен берілген. 2 суретте бақылау қателігі көрсетілді.



Сурет 1 –  $\delta = 0,01$  болғандағы алынған бақылау нәтижесінің графигі



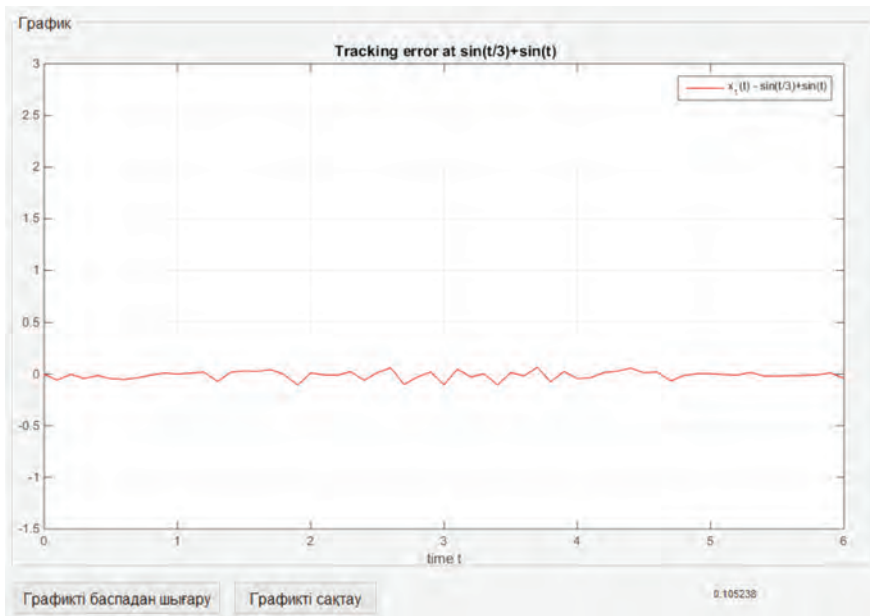


Сурет 2 –  $\delta = 0,01$  шамасы үшін бақылау қателігі графигі

Компьютерлік моделдеуде  $\delta = 0,001$  болған кезде бақылау қателігі шамамен 0.1 азайды (3, 4 сурет). 3 суретте  $\delta = 0,001$  шамасына сай көк сызықпен тірек сигнал  $y_r(t)$  және жүйе шығысы  $x_1(t)$  қызыл сызықпен берілді, ал 4 суретте сәйкесінше бақылау қателігі көрсетілген.

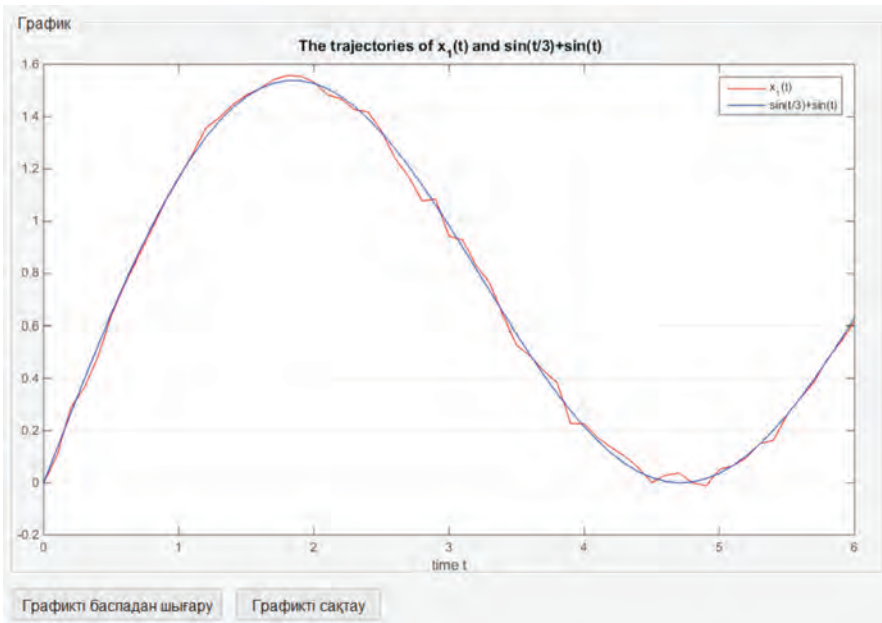


Сурет 3 –  $\delta = 0,001$  болғандағы бақылау графигі

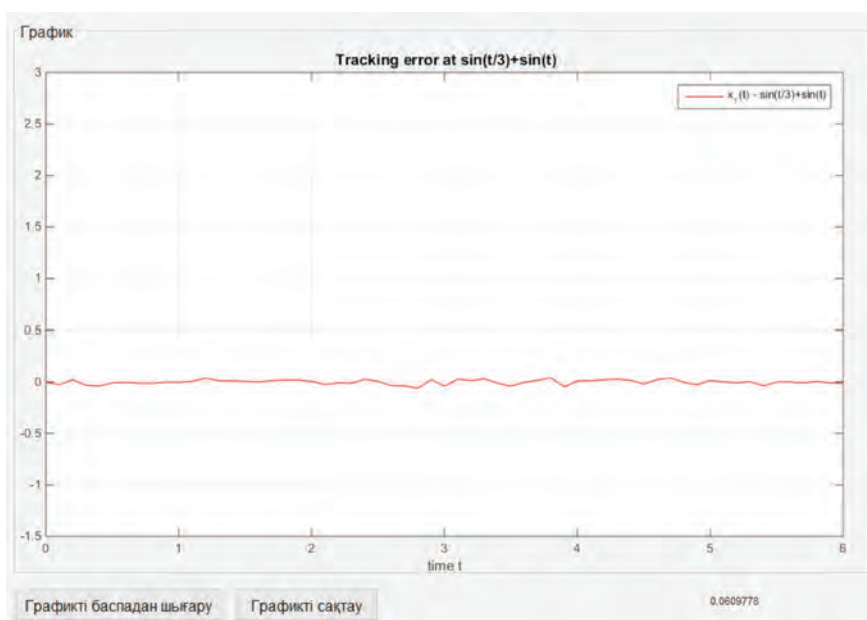


Сурет 4 –  $\delta = 0,001$  болғандағы бақылау қателігі графигі

Компьютерлік моделдеу барысында еркін параметр  $\delta = 0,0001$  шамасында алу арқылы бақылау қателігі шамамен 0.06 төмендеттік (5,6 суреттер).



Сурет 5 –  $\delta = 0,0001$  болғандағы жүйе шығысы және тірек сигнал графигі



Сурет 6 – Бақылау қателігі графигі

**Қорытынды.** Жоғарыда келтірілген сандық мысалды компьютерлік моделдеу нәтижесінде келесі нәтижелерге қол жеткізілді.  $\delta = 0,01$  болғанда алынған бақылау қателігі  $\approx 0,5$  төңірегінде болды, ал  $\delta = 0,0001$  болған кезде бақылау қателігі шамамен 0.06 азайды. Сонымен жүйенің сызықтық емес әлсіз шарттарында кешігу параметрі бар жоғары ретті сызықты емес жүйелер класы үшін шығысты глобалды практикалық бақылау мәселесі қарастырылды. Сигнум функциясын және қуат интеграторын қосудың ортақ әдісін қолдана отырып, уақыт кешігу параметріне тәуелсіз үздіксіз контроллер құрылды, нәтижесінде алынған тұйық жүйенің барлық күйлері шектеулі, ал бақылау қателігі жеткілікті аз деңгейде болатындығын дәлелдедік. Жұмыста келтірілген сандық мысал нәтиженің тиімділігін көрсетті.

## ӘДЕБИЕТ

1 Qian C., He S., Zou Y. Compensator-Based Output Feedback Stabilizers for a Class of Planar Systems With Unknown Structures and Measurements // IEEE Transactions on Automatic Control, 2022, Volume 67, Issue 4, Pages 2138-21431.

2 Zha W., Qian C., Zhai J., Fei S. Robust control for a class of high-order uncertain nonlinear systems via measurement feedback // International Journal of Control, 2019, 92(6), pp. 1393-1400.

3 Alimhan K., Mamyrbayev O., Adamov A., Alisheva S., Oralbekova D. Global Practical Output Tracking for a Class of Uncertain Inherently Time-Varying Delay Nonlinear Systems by Output Feedback // Computation, 2022, 10(10), 187.

4 Alimhan K., Mamyrbayev O.J., Abdenova G.A., Akmetkalyeva A. Output tracking control for high-order nonlinear systems with time delay via output feedback design // Symmetry, 2021, 13(4), 675.

5 Song Z., Zhai J. Practical output tracking control for switched nonlinear systems: A dynamic gain based approach // *Nonlinear Analysis: Hybrid Systems*, 2018, 30, pp. 147-162.

6 Gong Q., Qian C., Global practical output regulation of a class of nonlinear systems by output feedback // *Automatica*, 2007, 43 (1), pp. 184–189.

7 Alimhan K., Inaba H. Practical output tracking by smooth output compensator for uncertain systems with unstabilisable and undetectable linearization // *Int. J. Modelling, Identification and Control*, 2008, 5, 1-13.

8 Alimhan, K., Inaba, H. Robust practical output tracking by output compensator for a class of uncertain inherently nonlinear systems. *Int. J. Modelling, Identification and Control*, 2008, 4, 304-314.

9 Wang Z.Y., D.B. Gu, Cooperative target tracking control of multiple robots // *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2012, vol. 59, no. 8, pp. 3232-3240.

10 Chen X.H., Jia Y.M., Matsuno F. Tracking control for differential-drive mobile robots with diamond-shaped input constraints // *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 2014, vol. 22, no. 5, pp. 1999-2006.

11 Wu L.G., Yang X.B., Li F.B. Nonfragile output tracking control of hypersonic air-breathing vehicles with an LPV model // *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 2013, vol. 18, no. 4, pp. 1280-1288.

12 Sanyal A., Nordkvist N., Chyba M. An almost global tracking control scheme for maneuverable autonomous vehicles and its discretization // *IEEE Transactions on Automatic Control*, 2011, vol. 56, no. 2, pp. 457-462.

13 Liu X., Zhong Sh., Zhao Q., Dynamics of delayed switched nonlinear systems with applications to cascade systems // *Automatica*, Volume 87, January 2018, Pages 251-257.

14 Song Zh., Zhai J. Practical output tracking control for switched nonlinear systems: A dynamic gain based approach // *Nonlinear Analysis: Hybrid Systems*, 2018, 30, 147-162.

15 Micula S. *Nonlinear Equations in MATLAB*, ResearchGate, 2014, 1-14 <https://www.researchgate.net/publication/273000021>

16 Gu D.-W., Petkov H.P., Konstantinov M.M. *Robust Control Design with MATLAB*. Second Edition, Springer-Verlag London, 2013, 491 p.

17 Keviczky L., Bars R., Hetthéssy J., Bányász C. *Control Engineering: MATLAB Exercises*. Springer Singapore, 2018, 275 p. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-10-8321-1>

18 Azemi A., Yaz E.E. Utilizing SIMULINK and MATLAB in a graduate nonlinear systems analysis course // *Frontiers in Education Conference*, 1996, 2, 595-598.

***Н. ТАСБОЛАТУЛЫ<sup>1</sup>, Қ. ӘЛІМХАН<sup>2</sup>, А. К. ЕРДЕНОВА<sup>1,2</sup>, С. С. АЛИШЕВА<sup>2</sup>,  
Г. Б. БАХАДИРОВА<sup>1</sup>***

*<sup>1</sup>Международный университет Астана, Астана, Казахстан*

*<sup>2</sup>Евразийский университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан*

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛЕЖЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫМИ СИСТЕМАМИ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА С ЗАДЕРЖКОЙ ВРЕМЕНИ**

*В данной работе исследована задача глобального практического управления классом нелинейных систем высокого порядка с обратной связью. Особенность рассматриваемой системы состоит в том, что степень ограничения верхней границы нелинейности берется на непрерывном интервале. Мы разрабатываем настраиваемый и независимый от времени задержки контрол-*

лер слежения, который доминирует над эффектом нелинейности времени задержки, генерируя функцию Ляпунова, соответственно, используя обобщенный метод добавления сигнум-функции и интегратора мощности. Полученный регулятор обеспечивает глобальную ограниченность всех состояний исследуемой замкнутой системы и достаточно малую ошибку управления за конечное время. Кроме того, в данной работе приоритет отдавался компьютерному моделированию ранее достигнутых результатов.

**Ключевые слова:** практическое управление выходом, сигнум-функция, параметр временной задержки, компьютерное моделирование, Matlab GUI

**N. TASBOLATULY<sup>1</sup>, K. ALIMHAN<sup>2</sup>, A. K. YERDENOVA<sup>1,2</sup>, S. S. ALISHEVA<sup>2</sup>,  
G. B. BAKHADIROVA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Astana International University, Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

## **COMPUTER SIMULATION OF TRACKING IN HIGH-ORDER NONLINEAR SYSTEMS WITH TIME DELAY**

*In this paper, we study the problem of global practical tracking of a class of high-order nonlinear systems with feedback. A feature of the system under consideration is that the degree of limitation of the upper boundary of the nonlinearity is taken on a continuous interval. We develop a tunable and delay-independent tracking controller that dominates the effect of delay time non-linearity by generating a Lyapunov function, respectively, using a generalized method of adding a signum function and a power integrator. The resulting controller ensures global boundedness of all states of the studied closed system and a sufficiently small control error over a finite time. In addition, in this work, priority was given to computer simulation of previously achieved results.*

**Key words:** practical output tracking, signum function, time delay parameter, computer modeling, Matlab GUI

**A. M. TURSYNKHAN<sup>1\*</sup>, L. M. ALIMZHANOVA<sup>1</sup>,  
MARIA SKUBLEWSKA-PASZKOWSKA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Lublin University of Technology, Lublin, Poland*

*Tursynhan.aynur@mail.ru; Lauralim01@gmail.com; maria.paszowska@pollub.pl*

## **USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY FOR MONITORING BUSINESS PROCESSES IN ERP SYSTEMS**

*Database protection is one of the most difficult tasks facing the departments responsible for ensuring information security. On the one hand, to work with the database, it is necessary to provide access to data to all employees who, on duty, must collect, process, store and transfer confidential data. On the other hand, the expansion of databases does not always have a centralized architecture, and therefore the actions of violators are becoming more sophisticated. Thus, there is no clear and precise methodology for a comprehensive solution to the problem of protecting databases that could be applied in all cases; in each specific situation, an individual approach has to be found. Blockchain technology can solve some of these problems. The purpose of the study was to show the possibilities of blockchain technology for tracking possible external and internal attacks on Control Systems and their databases. It is proposed to combine and blockchain-based hashing methods in alphanumeric format and explore its application in tracking and monitoring the sequence of business process transactions in ERP systems. A cyber attack on transaction data in ERP systems will immediately affect the root of the Merkle tree, which can serve as a signal that the system has been hacked. We show that blockchain, considered one of the most disruptive technologies in various industries, certainly has the potential to apply and ensure the security of enterprise management systems in the ERP format.*

**Key words:** *blockchain, information security, cyber attacks, distributed ledger, Merkle tree, ERP, hashing.*

**Introduction.** Cybersecurity is becoming increasingly important for both governments and businesses. Information security, one of the components of cybersecurity, focuses on protecting the integrity and confidentiality of data as it is collected, stored and used. Data-related people, processes, and technologies work together to create and maintain security.

Currently, a large number of cyber attacks are successful for several reasons: they do not depend on the location of the cybercriminal and the remoteness of the potential victim, as well as time frames and time zones. A hacked IT environment can lead to business-critical consequences, including damage to reputation and lowering the level of trust on the part of customers, seizing valuable information, integrating virus and malware, and more, due to the fact that organizations data can get into into the wrong hands. Infrastructure hacking is also associated with financial risks: leakage of confidential information about the company itself, its bank details and financial flows, confidential information of customers and suppliers, as well as the outflow of customers and the loss of the organization's unique innovative developments, its competitiveness can significantly drop in the market. The situation is complicated by the fact that the methods and tactics of attackers are constantly evolving. Hackers are constantly adapting their attacks to new realities and technologies. Modern

---

\* E-mail корреспондирующего автора: [Tursynhan.aynur@mail.ru](mailto:Tursynhan.aynur@mail.ru)



cyberattacks are automated as much as possible, which allows attackers to accelerate their implementation and use artificial intelligence to increase the success of their implementation. The protection tools used today effectively fulfill their task of ensuring security - they block typical attacks, but they are not yet perfect in relation to point, manual threats.

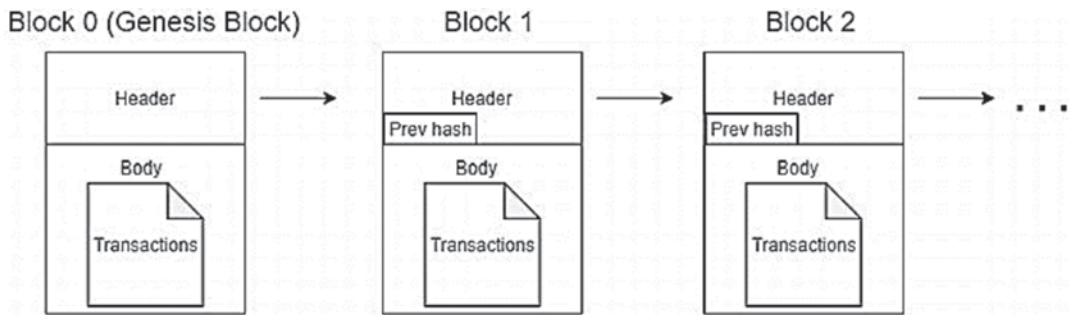
According to statistics for 2022, DDoS attacks, phishing and videoconferencing attacks topped the list of cyber threats. However, other types of attacks bring no less problems to both businesses and ordinary users.

Security should be both at the technical level, which includes all the necessary tools to protect the infrastructure, and at the organizational level - company employees should always be aware of the latest news in the field of information security and current techniques of cybercriminals. Only a comprehensive and active approach to ensuring information security will achieve a high level of security and keep confidential data within the organization [1].

Regarding the blockchain: it is worth acknowledging that this is a rather familiar concept, which initially surfaced when Satoshi Nakamoto introduced Bitcoin in 2008 [2]. It is known that bitcoin is the most famous implementation of the blockchain, and in fact, it is the implementation of the cryptocurrency. Nevertheless, blockchain extends beyond its association with cryptocurrencies, as it serves as a foundational technology and framework for recording currency transactions between untrusted participants. In present times, blockchain technology, or its derivatives, is integrated into various domains beyond cryptocurrencies. Numerous applications now incorporate blockchain technology, including energy trading, healthcare, supply chain management, manufacturing, identity management, e-government, and many more. This expansion highlights the versatility and potential of blockchain in diverse industries and sectors [18,19].

Blockchain is a distributed ledger, referring to how a database is distributed among multiple peer-to-peer network participants without oversight of the process by a central authority. When it comes to blockchain, the ledger is organized precisely as its name suggests – as an ordered chain of blocks, with each block containing a sequence of transactions. A block is essentially a structure comprising a header and a body that holds the transactions in a specific order. The blocks are timestamped and digitally signed by the entity that creates them. These blocks are linked together to form a chain through a reference to the previous block. The header of each block includes the cryptographic hash of the previous block, ensuring the integrity and immutability of the entire chain. This linkage guarantees that any modification to a previous block would invalidate subsequent blocks, making it extremely difficult to tamper with the data without detection. The first block in a blockchain, which initiates the chain, is referred to as the «genesis block» [3]. It serves as the foundation upon which subsequent blocks are added, creating an unbroken chronological sequence of transactions. This structure of ordered blocks, with cryptographic linkage and timestamping, establishes the core characteristics of a blockchain, enabling secure and transparent record-keeping across a network of participants. (Fig. 1).

Indeed, in blockchain technology, the ledger is distributed among participants in a decentralized network, eliminating the need for central control. In public, non-permissioned blockchains, all network participants possess a copy of the ledger. However, in other types of blockchains, which may be more complex or restrictive, subsets of participants may



**Figure 1** – Blockchain as a chain of blocks

hold different ledgers. Hyperledger Fabric serves as an example of a restricted blockchain technology that allows nodes to be segregated into different channels, with nodes in the same channel maintaining identical copies of the ledger. This segregation ensures privacy and data segregation within the network [4]. While the distribution of ledgers among participants raises concerns about ledger synchronization and the potential for participants to promote their own versions of the ledger or transactions, blockchain employs consensus mechanisms to address these issues [20].

Consensus mechanisms are protocols that enable participants in a blockchain network to agree on the validity and order of transactions. These mechanisms ensure that all participants reach a shared consensus on the state of the ledger. Common consensus mechanisms include Proof of Work (PoW), Proof of Stake (PoS), Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT), and more [5]. By requiring participants to agree on the validity of transactions and the order in which they are added to the ledger, consensus mechanisms prevent individual participants from manipulating the ledger for personal gain. Consensus ensures that any changes to the ledger are agreed upon by a majority of participants, maintaining the integrity and trustworthiness of the blockchain system [6,21]. The proof of work mainly consists of solving a computationally complex problem (related to the block itself) as a condition for inserting the block into the chain. Blockchain participants compete to solve this problem in exchange for a reward. The problem is difficult to solve, but easy to check so that other participants can easily check the solution of the problem and agree on a new block. This algorithm guarantees consensus as long as no single participant has more than half of the computing power of the network due to high power consumption. This high power consumption and wastage of computing power is causing blockchain networks like Ethereum to migrate to lighter consensus algorithms like Proof of Stake [7,22].

The most commonly used cryptographic function in Proof of Work is the hash. The hash or hash function is one of the main components of modern cryptography and the blockchain algorithm. Hashing is the transformation of any amount of information into a unique set of characters that is unique to this array of incoming information. This set of characters will be called a hash.

The hash function has several required properties:

- The hash is always unique for each piece of information. However, sometimes there are so-called collisions, when the same hash codes are calculated for different input blocks of information.

- With the slightest change in the input information, its hash changes completely.
- The hash function is irreversible and does not allow restoring the original array of information from a character string. This can be done only by sorting through all possible options, which, with an infinite amount of information, requires a lot of time and money.
- Hashing allows you to quickly calculate the desired hash for a sufficiently large amount of information.
- The algorithm of the hash function, as a rule, is made open so that, if necessary, it is possible to evaluate its resistance to restoring the initial data using the issued hash.
- A hash function must be able to convert any amount of data to a number of a given length [8].

The use of hashes in blockchain helps guarantee the integrity of the transaction chain and protects it from unauthorized modifications. Each block in the blockchain contains a hash that represents the data within that block. This hash is calculated based on the data's contents using a cryptographic hash function. Any alteration in the data would result in a different hash value, immediately signaling that the data has been tampered with. The distributed nature of blockchain makes it highly resistant to hacking attempts. When a network participant, known as a miner, discovers a hash solution that meets certain criteria, they can assemble a new block and broadcast it to the network. Other participants can then verify the validity of the block by checking its association with the previous block and confirming that it satisfies the network's required properties. Consensus is achieved when all participants have the same set of blocks, forming the longest blockchain [9]. Hashes are also instrumental in verifying data integrity and facilitating the cryptographic signature process. By generating hashes of data and comparing them, the integrity of the data can be verified without revealing the original content. Additionally, cryptographic signatures utilize hash functions to provide authenticity and non-repudiation, ensuring that the data or transaction was indeed generated by the claimed party. When constructing a blockchain architecture, the default structure typically consists of blocks linked together in a sequential chain, with each block containing a hash of its data and a reference to the previous block, establishing a secure and tamper-evident record of transactions[10]. If it builds a blockchain architecture, then by default it looks like this (Fig. 2).

Thus, the benefits that can be obtained using the blockchain are obvious. What makes us accept a network with such a load of processing and redundancy? All this complexity is necessary to create a decentralized network consisting of many participants who reach a common consensus without the intervention of a central authority; create a transparent and immutable ledger that you can check yourself; establish a contract without the intervention of a notary (in fact, applications running on the blockchain are known as smart contracts) [23]. And all these goals are achieved with a sufficient level of reliability and availability. At the same time, blockchain does not solve all problems. This is not a suitable solution for systems managed by a single central authority, or for storing data whose integrity and origin are irrelevant. This is a new paradigm that provides deterministic contract performance and data integrity in the registry with full guarantees and without third party interference.

**Research methodology and results.** Once blockchain technology has been implemented, the focus is on fulfilling the information security properties that it provides. By focusing on data integrity, the blockchain ledger is immutable. Each transaction in a block

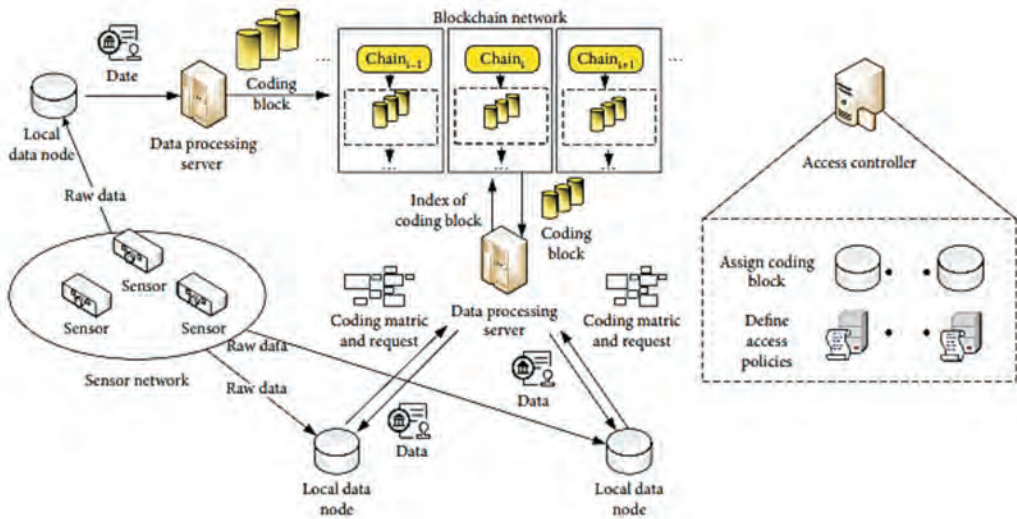


Figure 2 – Architecture of system

is cryptographically signed by its sender, each block in the blockchain is cryptographically signed by its miner, each block contains the hash of the immediately preceding block, and all participants in the blockchain network reach consensus on the chain. In order to change a single transaction on the blockchain, an attacker must change each subsequent block accordingly, solve the consensus problem of this block and subsequent blocks, and convince more than 50% of the network participants to accept the new chain. This situation is almost impossible due to the properties of hashing and the amount of computing and electrical power required to achieve this goal. Blockchain is resistant to hacking, and integrity is its greatest advantage [11,24].

Consider an application of a Merkle tree that uses hashing to transform large amounts of information into a single string. This allows you to prove that the transaction was included in a large data set. The technology is named after Ralph Merkle, who proposed it in 1987. A binary Merkle tree is a data structure that is created by combining hashes [12].

The construction of a Merkle tree involves the following steps (Fig.3):

- Calculate Transaction Hashes: Start by calculating the hash of each individual transaction in the block. For example,  $\text{hash}(L1)$ ,  $\text{hash}(L2)$ ,  $\text{hash}(L3)$ , and so on, where  $L1$ ,  $L2$ ,  $L3$  represent the transactions.

- Pairwise Hash Calculation: Combine the hashes in pairs and calculate the hash of their concatenation. If the number of transactions is odd, duplicate the last transaction and add it to itself before pairing. For example, calculate  $\text{hash}(\text{hash}(L1) + \text{hash}(L2))$ ,  $\text{hash}(\text{hash}(L3) + \text{hash}(L3))$ , and so on. This ensures an even number of elements at each level of the Merkle tree.

- Repeat Hash Calculation: Repeat the pairwise hash calculation process with the newly generated hashes from the previous step until you reach a single hash known as the Merkle root. The Merkle root represents the top-level hash of the Merkle tree and serves as a cryptographic proof of the integrity and order of all transactions in the block. The value of the Merkle root is included in the block header.

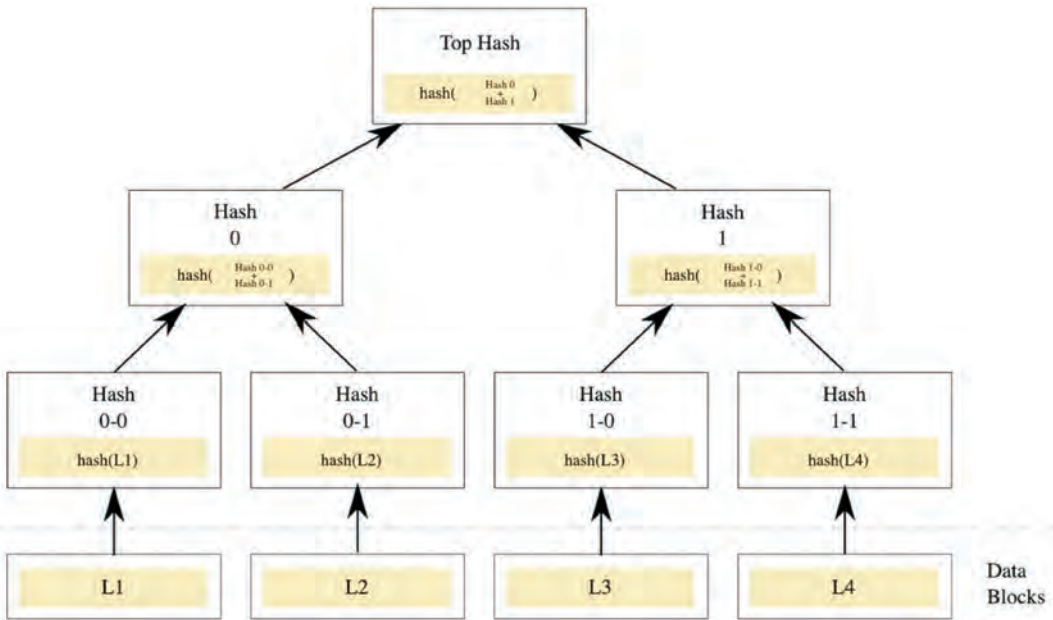


Figure 3 – Merkle tree

A hashing variant is proposed, where each block is formed with an alphanumeric code, where the numerical coefficients will be formed according to the simplest hashing principle as the sum of the initial data from those included in the hash. The literal content of the block will be formed depending on the serial number of this letter in a particular alphabet (for example, in Latin). For example (Fig.4):

Thus, each step will convert not only the numerical coefficient, but also its literal component. In this case, when building a Merkle tree, the main task is not so much to encrypt block data, but rather to track the sequence of transactions. At the same time, one should not forget that modern complex ERP systems, such as Oracle, SAP and others, use transactions with an alphanumeric code to form business processes of various modules, which can allow tracking the irreversible sequence of a transaction using the proposed alphanumeric hashing based on blockchain. This implies the need to provide an unambiguous relationship between alphanumeric hashing and alphanumeric encoding of transactions in the process of functioning of the ERP system [13,14].

It must be understood that the Merkle Root is responsible for summarizing the data present in specific transactions, all of which is stored directly in the block header [15]. This method maintains data integrity. In the event that at some point one detail in a transaction is changed, the Merkle root will automatically change along with it.

The integrity of the transaction is easy to verify in no time. Due to the way the data is structured, the validation process requires very little memory usage and the processing power required is greatly reduced.

Since blockchains are usually composed of hundreds of thousands of blocks, each of which can contain up to several thousand transactions, two main problems appear: memory



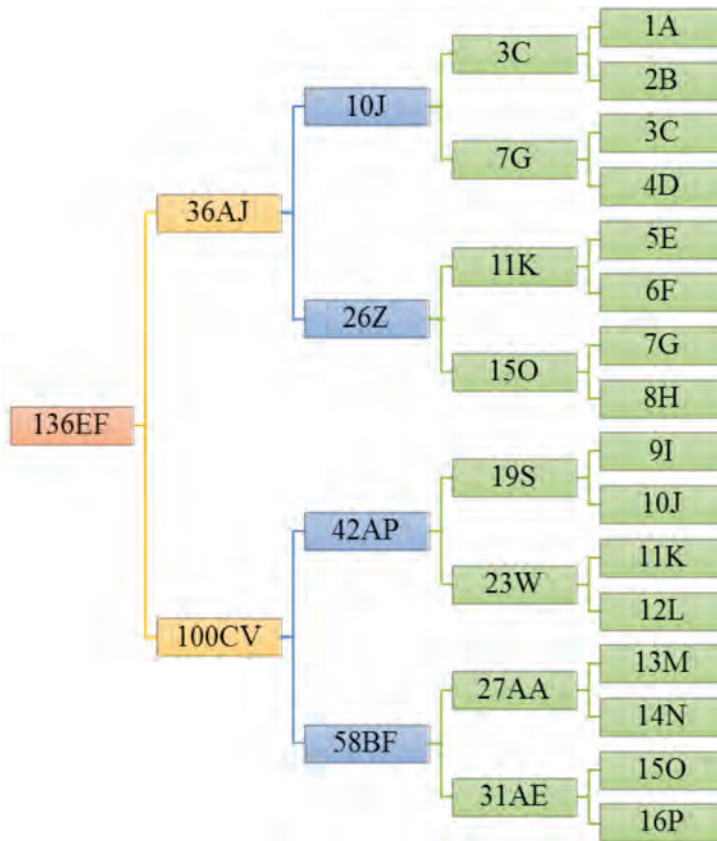


Figure 4 – Merkle tree in our version

size and computing power. Every node in the network would maintain a complete copy of a transaction that ever took place on the blockchain if Merkle trees were not used on the blockchain. The node would have to compare each record line by line when verifying the transaction to make sure they match the network records exactly. Network security can be compromised if there is any discrepancy between the two. To compare the records and make sure that there were no changes, the computer would need much more processing power.

Merkle trees, on the other hand, offer a solution to this problem by drastically reducing the amount of data you need to have on hand. They hash each entry in the registry, effectively separating the data itself from the evidence supporting it [16]. Without knowing each individual TXID in a block, you can check the TXID using a merkle root with a hash tree. A Merkle Tree is a great way to show part of the data without having to download the entire set. Therefore, less processing power is required to verify transactions.

**Conclusion.** As a result of the study, an alphanumeric hashing scheme using a modified Merkle tree is proposed. Moreover, the literal part of hashing must not only be taken into account, but a logical, analytical justification should be brought under it. There is also a rational basis for the relationship between alphanumeric hashing and alphanumeric encoding of transactions during the operation of an ERP system. This approach can provide some security in tracking irreversibility and monitoring possible cyber attacks that violate



and distort the merkle tree root. This will ensure control over a clear sequence of transactions and their appropriate coding in the main business processes of the ERP system [17]. In this work, the methods associated with ensuring security were used, while the blockchain technology does not have direct access to cryptocurrencies, but goes to a different level and field of application.

## REFERENCES

- 1 The main types of attacks on infrastructure and the concept of protection against them [Electronic resource] / Murad Mustafaev - Access mode: <https://onlanta.ru/press/smi/osnovnye-vidy-atak-na-infrastrukturu-i-kontseptsiya-zashchity-ot-nikh/>
- 2 Artem Genkin, Alexei Mikheev. Blockchain. How it works and what awaits us tomorrow. — M.: Alpina Publisher, 2017. — 30-42c.
- 3 Kim, M. G., Lee, A. R., Kwon, H. J., Kim, J. W. and Kim, I. K., "Sharing Medical Questionnaires based on Blockchain," IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (2018), 2767-2769.
- 4 Emelyanov R.V., Rysin M.L., Valenzuela Boldyrev P.P., Shamanin A.Yu., "Blockchain technology to improve the quality of the construction documentation process in the nuclear industry," CHNICAL DEVELOPMENT OF RUSSIA AND THE WORLD: collection of articles of the IV International Scientific and Practical Conference. - Saratov: NOP "Digital Science". - 2023. - 299 p.
- 5 Habib, G.; Sharma, S.; Ibrahim, S.; Ahmad, I.; Qureshi, S.; Ishfaq, M. Blockchain Technology: Benefits, Challenges, Applications and Integration of Blockchain Technology with Cloud Computing. Future Internet 2022, 14, 341.
- 6 Kiayias, A.; Russell, A.; David, B.; Oliynykov, R. Ouroboros: A provably secure proof-of-stake blockchain protocol. In Proceedings of the Advances in Cryptology—CRYPTO 2017: 37th Annual International Cryptology Conference, Santa Barbara, CA, USA, 20–24 August 2017; Proceedings, Part I. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2017.
- 7 Vairagade, R.S.; Brahmananda, S.H. Enabling machine learning-based side-chaining for improving QoS in blockchain-powered IoT networks. Trans. Emerg. Telecommun. Technol. 2022, 33, e4433.
- 8 Хеширование // wikipedia.org URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Хеширование> (дата обращения: 26.06.18).
- 9 Jahan F, Mostafa M, Chowdhury S (2020) SHA-256 in parallel blockchain technology: storing land related documents. Int J Comput Appl 975:8887
- 10 Alsunaidi SJ, Alhaidari FA (2019) A survey of consensus algorithms for blockchain technology. In: 2019 International conference on computer and information sciences (ICCIS). IEEE, Apr 2019, pp 1–6
- 11 J. Wang, W. Ou, W. Wang, R. Simon Sherratt, Y. Ren et al., «Data security storage mechanism based on blockchain network,» Computers, Materials & Continua, vol. 74, no.3, pp. 4933–4950, 2023.
- 12 P. Dhiman, S. K. Henge, S. Singh, A. Kaur, P. Singh et al., «Blockchain merkle-tree ethereum approach in enterprise multitenant cloud environment,» Computers, Materials & Continua, vol. 74, no.2, pp. 3297–3313, 2023.
- 13 Dasaklis, T.; Voutsinas, T.; Mihiotis, A. Integrating blockchain with Enterprise Resource Planning systems: Benefits and challenges. In Proceedings of the 25th Pan-Hellenic Conference on Informatics, Volos, Greece, 26–28 November 2021; pp. 265–270.
- 14 Bjelland, E.; Haddara, M. Evolution of ERP systems in the cloud: A study on system updates. Systems 2018, 6, 22.

15 A. S. Yahaya, N. Javaid, R. Khalid, M. Imran and N. Naseer, “A blockchain based privacy-preserving system for electric vehicles through local communication,” in Proc. of IEEE Int. Conf. on Communications (ICC), Ireland, pp. 1–6, 2020.

16 P. C. Wei, D. Wang, Y. Zhao, S. K. S. Tyagi and N. Kumar, “Blockchain data-based cloud data integrity protection mechanism,” Future Generation Computer Systems, vol. 102, pp. 902–911, 2020.

17 Kitsantas, T. Exploring Blockchain Technology and Enterprise Resource Planning System: Business and Technical Aspects, Current Problems, and Future Perspectives. Sustainability 2022, 14, 7633.

18 Bodkhe U, Tanwar S, Parekh K et al (2020) Blockchain for industry 4.0: a comprehensive review. IEEE Access 8:79764–79800

19 Tan C, Chen M-j, Ackah AE (2020) Research on distributed identity authentication mechanism of IoT device based on blockchain. Chin J Internet Things 4(02):70–77

20 Cao S-y, Yao Y-y, Chang X-l (2020) Lightweight secure authentication scheme using blockchain for RFID system in smart factory. Cyberspace Secur 11(09):70–77+93

21 Le L, Yong S (2020) Intelligent device authentication scheme based on blockchain technology. Comput Digit Eng 48(07):1722–1726

22 Xiong Z, Zhang Y, Niyato D, Wang P, Han Z (2018) When Mobile Blockchain meets edge computing. IEEE Commun Mag 56(8):33–39.

23 N. Khoshavi, G. Tristani and A. Sargolzaei, “Blockchain applications to improve operation and security of transportation systems: A survey”, Electronics, vol. 10, no. 5, pp. 629, 2021.

24 Feng, Y., Zhong, Z., Sun, X. et al. Blockchain enabled zero trust based authentication scheme for railway communication networks. J Cloud Comp 12, 62 (2023).

***А. М. ТҰРСЫНХАН<sup>1</sup>, Л. М. АЛИМЖАНОВА<sup>1</sup>,  
М. СКУБЛЕВСКАЯ-ПАШКОВСКАЯ<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қаласы, Қазақстан*

*<sup>2</sup>Люблин технологиялық университеті, Люблин, Польша*

## **ERP ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ БИЗНЕС-ПРОЦЕСТЕРДІ БАҚЫЛАУ ҮШІН БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ**

Мәліметтер қорын қорғау – ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге жауапты бөлімшелердің алдында тұрған ең күрделі міндеттердің бірі. Бір жағынан, деректер қорымен жұмыс істеу үшін кезекшілік кезінде құпия деректерді жинауға, өңдеуге, сақтауға және беруге тиіс барлық қызметкерлерге деректерге қолжетімділікті қамтамасыз ету қажет. Екінші жағынан, деректер қорын кеңейту әрқашан орталықтандырылған архитектураға ие бола бермейді, сондықтан бұзушылардың әрекеттері күрделірек болады. Осылайша, барлық жағдайларда қолдануға болатын мәліметтер қорын қорғау мәселесін кешенді шешудің нақты және тұрақты әдістемесі жоқ, әрбір нақты жағдайда жеке тәсілді табу керек. Блокчейн технологиясы осы мәселелердің кейбірін шеше алады. Зерттеудің мақсаты басқару жүйелеріне және олардың дерекқорларына ықтимал сыртқы және ішкі шабуылдарды бақылау үшін блокчейн технологиясының мүмкіндіктерін көрсету болды. Әріптiк-цифрлық форматта блокчейн негiзiндегi хешинг әдiстерiн бiрiктiру және ERP жүйелеріндегі бизнес-процестердің транзакцияларының реттілігін қадағалау және бақылауда қолдануды зерттеу ұсынылады. ERP жүйелеріндегі транзакция деректеріне кибершабуыл Merkle ағашының тамырына дереу әсер етеді, бұл жүйе бұзылғандығы туралы сигнал бола алады. Біз әртүрлі салалардағы ең серпінді технологиялардың бірі болып саналатын блокчейннің ERP фор-

матында кәсіпорынды басқару жүйелерін қолдану және қауіпсіздікті қамтамасыз ету мүмкіндігі бар екенін көрсетеміз.

**Түйін сөздер:** блокчейн, ақпараттық қауіпсіздік, кибершабуылдар, таратылған реестр, Merkle ағашы, ERP, хэшинг.

**А. М. ТҰРСЫНХАН<sup>1</sup>, Л. М. АЛИМЖАНОВА<sup>1</sup>,  
М. СКУБЛЕВСКАЯ-ПАШКОВСКАЯ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

<sup>2</sup>Люблинский технологический университет, Люблин, Польша

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ МОНИТОРИНГА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В ERP-СИСТЕМАХ**

Защита баз данных является одной из самых сложных задач, стоящих перед подразделениями, отвечающими за обеспечение информационной безопасности. С одной стороны, для работы с базой необходимо предоставлять доступ к данным всем сотрудникам, кто по долгу службы должен осуществлять сбор, обработку, хранение и передачу конфиденциальных данных. С другой стороны, укрупнение баз данных далеко не всегда имеет централизованную архитектуру, в связи с чем действия нарушителей становятся все более изолированными. Таким образом, четкой и ясной методики комплексного решения задачи защиты баз данных, которую можно было бы применять во всех случаях, не существует, в каждой конкретной ситуации приходится находить индивидуальный подход. Технология блокчейн может решить некоторые из этих проблем. Цель исследования состояла в том, чтобы показать возможности технологии блокчейн для отслеживания возможных внешних и внутренних атак на Системы управления и их базы данных. Предлагается объединить и методы хэширования на основе блокчейна в буквенно-числовом формате и исследовать его применение в отслеживании и мониторинге последовательности транзакций бизнес-процессов в ERP системах. Кибератака на данные по операциям в ERP системах сразу отразится на корне дерева Меркла, что может служить сигналом, что система подверглась внешнему взлому. Мы показываем, что блокчейн, считающийся одной из самых прорывных технологий в разных отраслях, безусловно, обладает потенциалом для применения и обеспечения безопасности систем управления организаций в формате ERP.

**Ключевые слова:** блокчейн, информационная безопасность, кибератаки, распределенный реестр, дерево Меркла, ERP, хэширование.

**A. A. SHARIPBAY<sup>1</sup>, D. B. UMUTKULOV<sup>1\*</sup>, G. U. BEKTEMYSOVA<sup>1</sup>,  
MARIYA NISHEVA-PAVLOVA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Sofia University named after St. Kliment Ohridski, Bulgaria

e-mail: [sharalt@mail.ru](mailto:sharalt@mail.ru), [d.umutkulov@gmail.com](mailto:d.umutkulov@gmail.com), [g.bektemisova@edu.iitu.kz](mailto:g.bektemisova@edu.iitu.kz),

[marian@fmi.uni-sofia.bg](mailto:marian@fmi.uni-sofia.bg)

## ANALYSIS OF THE APPLICATION OF EXPERT SYSTEMS

*This article offers an overview of expert systems, identifies their advantages and disadvantages. The main advantages of expert systems are the ability to use expert knowledge to solve problems in automatic mode, which allows you to reduce the time and cost of solving a problem, as well as improve the quality of decisions made. However, there are also disadvantages, such as limitations in the use of only those knowledge that was embedded in the system at the stage of its development, which can lead to errors if the knowledge is outdated or insufficient. In addition, developing and supporting expert systems can be expensive and challenging.*

*However, expert systems continue to develop and find application in various fields, which allows you to increase the efficiency and quality of solving problems, as well as increase the speed of solving them.*

*This article reviewed modern expert systems as: "Intelligent medical differential diagnostic system based on expert systems," "Dermatological expert system implementing ABCD," "Hybrid recommendation system for recommendations of relevant films using an expert system" Their model construction, knowledge base formation and user interface are analyzed. The importance of their development, their effectiveness and the need for implementation as an information system are also discussed.*

**Key words:** *knowledge base, presentation languages, knowledge processing, telecommunications services, ontology, expert system.*

**1. Introduction.** Expert systems (ES) are an important tool in the field of artificial intelligence and are software capable of solving complex problems that require the knowledge and experience of experts in the relevant field. In this article, we will review the review of expert systems, identify their advantages and disadvantages, and consider their application in various fields.

The main advantage of expert systems is the ability to use expert knowledge to solve complex problems. Expert systems can effectively use expert knowledge to solve a problem that other methods would not be able to solve. This makes it possible to improve the quality of decisions made and speed up the decision-making process.

Another advantage of expert systems is the ability to automate problem solving. The expert system can work around the clock, which allows you to solve problems at any time, without the participation of experts. It also reduces the cost of solving the problem.

One of the main disadvantages of expert systems is their limitations. An expert system can use only the knowledge that was embedded in it during development. If knowledge is outdated or insufficient, the expert system may make incorrect decisions.

---

\* E-mail корреспондирующего автора: [d.umutkulov@gmail.com](mailto:d.umutkulov@gmail.com)

In addition, developing and supporting expert systems can be expensive and challenging. Developers need to know not only the specification of the subject area, but also have programming and artificial intelligence skills. In addition, expert systems require constant updating and support, which can also become a significant problem.

**2. Literature review and problem statement.** The article “Intelligent medical system of differential diagnostics based on expert systems” describes the development and application of an expert system in medicine for differential diagnosis of diseases [1]. The article emphasizes that many diseases have similar symptoms, which can make diagnosis difficult. The expert system developed in the article allows you to take into account many factors, increasing the accuracy of diagnostics and reducing the likelihood of errors.

The authors of the article justify the need to use expert systems in medicine and describe the basic principles of the expert systems. Next, the authors describe the process of developing an expert system, including determining the knowledge base and creating inference rules. The article details the structure of the expert system and its main components.

To test the developed expert system, the authors conducted an experiment on a sample of patients with various diseases. The test results showed that the expert system has high diagnostic accuracy, which can significantly speed up and improve the treatment process.

However, it should be noted that the article does not pay due attention to assessing the advantages and disadvantages of expert systems in medicine. For example, it was not described how the safety and confidentiality of patients were ensured, nor was the possibility of errors related to incorrect data entry or the use of outdated knowledge considered.

In general, the article “Intelligent medical system of differential diagnostics based on expert systems” is an interesting work that shows the application of expert systems in medicine. However, a more complete assessment of the advantages and disadvantages of expert systems is needed, as well as ensuring the safety and confidentiality of patients when using them.

In the article Safiullin R.N., Nurullin R.R. the following models of knowledge representation were used to make decisions in the intelligent medical system of differential diagnostics based on expert systems:

1. Knowledge base - the representation of knowledge in the form of product rules.
2. Ontology is a model for representing knowledge in the form of a semantic network.
3. A semantic network is a graphical model in which vertices represent concepts and arcs represent relationships between them.

The following methods were used to make a decision in the system:

1. Mathematical statistics methods for analyzing data obtained from patients.

Article Safiullin R.N., Nurullin R.R. “Intelligent medical system of differential diagnostics based on expert systems” describes the development of a system of differential diagnostics of diseases based on artificial intelligence methods and expert systems.

One method of mathematical statistics used in this paper may be the multiple logistic regression method to build a disease diagnosis model based on clinical data from patients.

In addition, it is possible to use the principal component analysis (PCA) method to reduce the dimension of the data and highlight the most significant features for the diagnosis of diseases.

Descriptive statistics techniques such as mean, median, standard deviation, interquartile range, etc. can also be used to analyze the distribution of trait values in groups of patients with different diagnoses.

Thus, mathematical statistics methods can be used to build a model for diagnosing diseases, highlight the most significant signs, analyze the distribution of feature values in different groups of patients and assess the quality of the model.

2. Machine learning algorithms for system training based on collected data.

The article by Safullin R.N., Nurullin R.R. mentions the following machine learning algorithms for training the system based on the collected data:

– Decision Tree Algorithm-Used to build a decision tree that allows you to classify objects based on features.

– Random Forest is an ensemble of decision trees where each tree is trained on a random subset of features and objects.

– Support Vector Machine (SVM) - Used to classify objects by separating them with a hyperplane in feature space.

– Naive Bayes algorithm - Used to classify objects based on Bayes' theorem, which determines the probability of an object belonging to a certain class based on its features.

– K-Nearest Neighbors (KNN) algorithm - used to classify objects, defining the class of an object based on the classes of its K closest neighbors in feature space.

The paper also mentions the use of an expert system that uses expert knowledge and expertise in conjunction with machine learning algorithms to more accurately diagnose and classify diseases.

3. Inference methods for applying product rules from the knowledge base to a specific diagnostic situation.

The article Safullin R.N., Nurullin R.R. mentions methods of logical inference, such as a chain of rules, a method of direct inference and a method of reverse inference. These methods are used to apply the rules of products from the knowledge base to a specific diagnostic situation in an intelligent medical differential diagnostic system based on expert systems.

Regarding the use of logic, the article does not mention specific logic, but it can be assumed that classical predicate logic is used to build a knowledge base and apply inference methods, which is widely used in the development of expert systems and artificial intelligence.

**Dermatological expert system implementing ABCD.** The article “Dermatological expert system implementing ABCD” describes the development of an expert system designed to diagnose skin diseases. The system is based on the ABCD method, which is based on the assessment of the characteristics of moles and other formations on the skin [2].

The authors of the article describe in detail the principle of operation of the ABCD method and its advantages for the diagnosis of skin diseases. Next, they describe the process of developing an expert system, including collecting data and creating a knowledge base. The authors also describe in detail the architecture of the system and its components.

One of the main advantages of the system described in the paper is that it can be used as a training tool for dermatologists, as well as for people wanting to self-evaluate their moles and other skin formations. Also, the system can be used for mass diagnosis of skin diseases based on photographs.



However, it is worth noting that the article does not describe the results of testing the system on a large sample of patients. Nor is it described how the system was trained on the database, or what methods were used to verify its accuracy.

In general, the article “Dermatological expert system implementing ABCD” presents an interesting development of an expert system for the diagnosis of skin diseases, which can be useful for both dermatologists and patients. However, it is necessary to conduct wider testing of the system and assess its accuracy on a large sample of patients Fig 1 .

The presence of one or more colors or uneven color distribution is considered by the dermatologist for early diagnosis of the lesion.

Differential structures: For characterization of skin lesions, the presence of differential structures is considered an important dermoscopic finding. To identify dermoscopic structural features, the presence of an unstructured region, pigment network, branched bands, blue-white veil, dots and globules, the focus was on this issue. To assess the dermoscopic score for differential structures, a maximum of five points were allocated, one point per structure.

Leus MM’s paper used the Rule-Based Model as well as machine learning techniques to classify images of skin lesions. For classification, a machine vision system was used that analyzed images and extracted features (Asymmetry, Border irregularity, Color heterogeneity, and Diameter) according to the ABCD method. Then, based on the rules set by expert dermatologists, the system decided on the classification of skin formation.



Figure 1 – Expert system architecture

**Hybrid recommendation system for recommendations of relevant films using an expert system.** The article “Hybrid Recommendation System for Recommendations of Relevant Films Using an Expert System” describes the development of a hybrid recommendation system for films that uses collaborative filtering techniques and expert systems [3].

The authors of the article describe in detail the methods of collaborative filtering, which are based on analyzing the viewing history of users and identifying similar users and films based on their preferences. Further, they describe methods of expert systems that are based on the analysis of the characteristics of films, such as genre, actors, directors, etc.

The authors describe the process of developing a hybrid recommendation system, including creating a knowledge base, training models and algorithms, and integrating them into a single system. The paper also presents the results of experiments that show that the hybrid recommendation system has higher accuracy than each of the methods individually.

One of the advantages of the system described in the article is its ability to take into account not only user preferences, but also the characteristics of films, which allows for more accurate recommendations. It is also worth noting that the system can be easily adapted for other types of content, such as music, books, etc.

However, it is worth noting that the article does not describe some important aspects, such as the cost and complexity of developing a system. It also does not describe how the system will work in real conditions with a large number of users and a large database.

In general, the article “Hybrid recommendation system for recommendations of relevant films using an expert system” presents an interesting development of a hybrid recommendation system that can be useful for recommending content to a user based on his preferences and content characteristics.

Han J., Kim K. used a hybrid knowledge model that included a Collaborative Filtering model and a Content-Based Model. In addition, methods of machine learning and data analysis were used to make a decision in the expert system.

The collaborative filtering model was used to analyze user preferences and recommend films based on their similarity to films that the user already likes. The content-based model analyzed the characteristics of films such as genre, cast, director, etc., and recommended films based on their similarity to previous films that the user had already watched.

In addition, machine learning algorithms such as Random Forest and Gradient Boosting were used to train the models. They made it possible to optimize models and improve the accuracy of recommendations.

**A brief overview of other expert systems.** The article “Development of an expert system for selection of metalworking technology” by Rakhmatulin R.G. and Illin I.V. mentions the development of an expert system for choosing a metalworking technology that uses artificial intelligence methods to provide optimal recommendations for choosing processing parameters for a specific task. Thus, the system takes into account the characteristics of the material, the type of processing operation and other factors in order to select the optimal set of parameters that will ensure the maximum efficiency and quality of the processing process [4].

The article “Development of an expert system for analyzing and predicting the reliability of automation tools” by Pozdnyakov M.Yu., Lysenko E.A. and Samorodova Yu.G. is devoted to the development of an expert system that uses artificial intelligence methods to

analyze and predict the reliability of automation tools. It allows you to define criteria for assessing system reliability, diagnose and determine the causes of failures, as well as provide recommendations for troubleshooting and improving system performance. This system can be useful for automation professionals who maintain and configure automation tools, as well as for managers who make decisions about replacing or upgrading systems [5].

The article describes the development of an expert system designed to control the equipment of technological processes in the chemical industry. It uses artificial intelligence techniques and expertise to provide optimal process management recommendations, including selecting optimal processing parameters, diagnosing problems, and recommendations for correcting them. This improves the efficiency of the equipment, reduces maintenance costs and reduces the downtime of the production line. This system can be useful for chemical specialists and managers responsible for production management [6].

The article is devoted to the use of expert systems to improve production processes in the field of metal structures. The article describes the features of the production of metal structures, the problems faced by manufacturers, and the possibility of using expert systems to solve these problems. The authors consider various types of expert systems, such as diagnostic and predictive systems, quality control systems, and decision support systems, and provide examples of the successful application of each of these types of systems in the manufacturing process [7].

The article is devoted to the application of expert systems in regional management. The authors consider the use of expert systems for decision-making in various areas of regional governance, including economics, ecology, health and education. They describe the features of the development and application of expert systems in regional management, as well as provide examples of the successful use of expert systems in solving specific problems. The article also addresses the challenges and limitations associated with the use of expert systems in regional management and suggests recommendations for overcoming them. This article can be useful for specialists in the field of regional management who are interested in using modern technologies for decision-making [8].

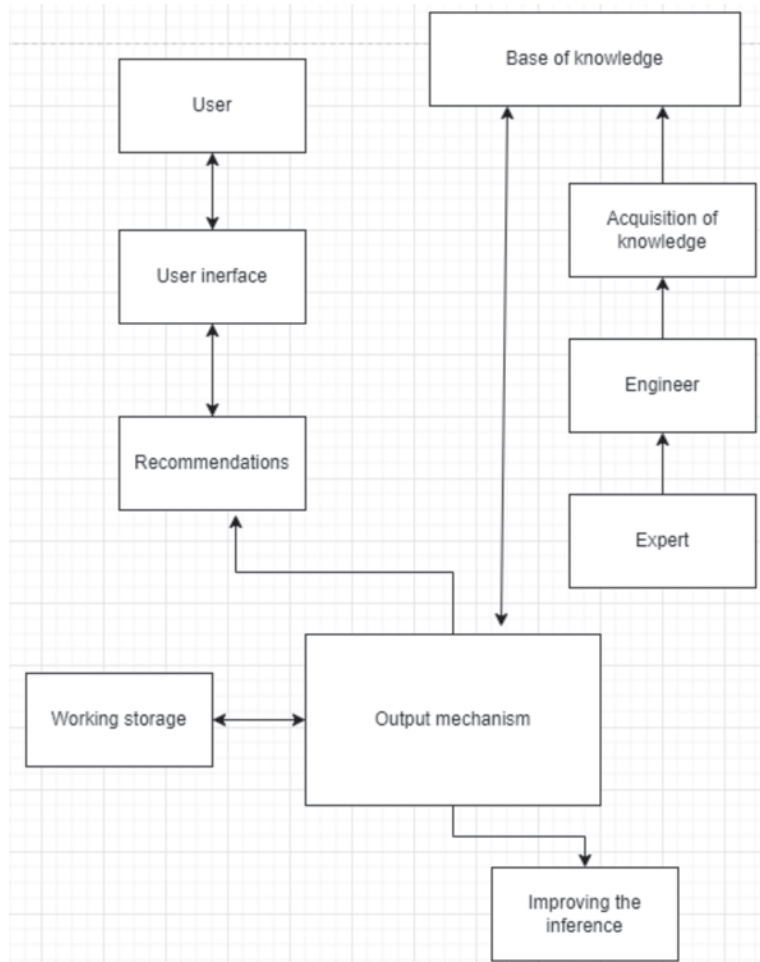
This article describes the features of business processes in the enterprise and the problems associated with their management. The authors offer an expert system model that allows you to automate the process of managing business processes in the enterprise, taking into account the specifics of the industry and the customer's requirements [9].

The article describes the main challenges associated with decision-making in marketing activities, such as lack of information, uncertainty and ambiguity of data [10].

**3. Application of expert systems.** Expert systems are widely used in various fields, such as medicine, finance, industry, etc. In medicine, for example, expert systems can help in diagnosis Fig 2 .

**Knowledge base:** This is the central part of the ES, containing the knowledge of experts in a certain area. The knowledge base can be organized in the form of a set of rules, frames, semantic networks, Bayesian networks, as well as in the form of expert systems based on cases.

**Knowledge Interpreter:** This subsystem is responsible for interpreting and applying knowledge from the knowledge base to solve specific problems. An interpreter can use inference methods such as product rules, task chains, inverse inference methods, or a combination of several methods.



**Figure 2** – Expert system architecture

**Data management subsystem:** It is responsible for storage and organization of data related to POS operation. This can be used to store knowledge, manage the history of consultations, preserve the results of the expert system, and much more.

**User Interface:** The user interface subsystem provides the user with access to the ES and allows asking questions, entering data and viewing results. The interface can be implemented as a text interface, a graphical user interface (GUI), or even a voice interface.

**Explanation system:** It provides the user with explanations of the decisions made, makes it possible to clarify the information and explain the reasons why the ES made a certain decision. The explanation system may be implemented as a graphical interface or a text message.

**Training module:** This module allows ES to learn from new data and experience. Training can occur as the ES is used or through special training procedures that allow experts to enter new data and knowledge into the knowledge base. The training module can also be used to

optimize rules or improve ES performance by automatically analyzing data and identifying new patterns.

All these subsystems interact with each other to create an effective expert system. The user interface allows the user to interact with the system, enter data and receive results. The knowledge base provides information that is used for decision-making. The knowledge interpreter uses knowledge from the base to make decisions, and the explanation system helps the user understand how the decision was made. The data management subsystem manages the storage and organization of data, and the training module can improve the quality of decisions made by the POS.

Thus, the architecture of the expert system is a complex system of subsystems, each of which plays an important role in the creation and efficient operation of the expert system.

**Conclusion.** Based on the articles discussed above, the following advantages and disadvantages of expert systems can be listed:

Advantages of “Intelligent Medical Differential Diagnostic System Based on Expert Systems”:

1. Rapid and accurate diagnosis of various diseases.
2. The possibility of using the expert system as an assistant in decision-making by a doctor.
3. Automating the diagnostic process can improve the efficiency of a medical organization.

Disadvantages of “Intelligent medical system of differential diagnostics based on expert systems”:

1. Lack of accuracy in case of lack of data on symptoms or disease.
2. Limited access to the system for most patients.
3. Inability to take into account the individual characteristics of the patient.

Advantages of the Dermatological Expert System Implementing ABCD:

1. High accuracy and speed of diagnosis of skin diseases.
2. The ability to use the system as a doctor’s assistant.
3. Automating the diagnostic process can improve the efficiency of a medical organization.

Disadvantages of the Dermatological Expert System Implementing ABCD:

1. Inability to take into account the individual characteristics of the patient.
2. Presence of false positives.

Benefits of Hybrid Recommendation System for Movie Recommendation using Expert System:

1. The ability to provide personalized recommendations to users.
2. Improve the quality of recommendations through the use of an expert system.
3. Enhance collaborative filtering capabilities.

Disadvantages «Hybrid Recommendation System for Movie Recommendation using Expert System»:

1. The need for sufficient data to train the system.
2. Complexity of selecting optimal system parameters.
3. Inability to take into account individual user preferences that are not related to watching movies.

In general, expert systems can be very useful in various fields, but their accuracy and effectiveness depend on the correct selection of algorithms and parameters, as well as on the quality and volume of data on which the system is trained. In addition, expert systems may be limited in the ability to take into account the individual characteristics of patients or users, which may reduce their accuracy and effectiveness. In any case, when using expert systems, both their advantages and disadvantages should be taken into account, and the context of application should be taken into account for the best results.

## REFERENCE

- 1 Safullin R.N., Nurullin R.R. Intelligent medical differential diagnostic system based on expert systems // *Medical Journal*. – 2020. – Т. 24. – № 1. – С. 45-51. DOI: 10.25136/2409-5586.2020.1.31329. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42698310>
- 2 Leus M.M. Dermatological Expert System Implementin. – 2019. – № 4. – С. 947-953. DOI: 10.15827/0236-235X.167.947-953. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41670814>
- 3 Han J., Kim K. Hybrid Recommendation System for Movie Recommendation using Expert System // *International Journal of Control and Automation*. – 2018. – Vol. 11. – № 11. – P. 73-80. DOI: 10.14257/ijca.2018.11.11.08. URL: <https://doi.org/10.14257/ijca.2018.11.11.08>
- 4 Rakhmatulin R.G., Illin I.V. Development of an expert system for selection of metalworking technology // *Scientific Bulletin of IvGMA*. – 2020. – Т. 22. – № 4. – С. 88-95. DOI: 10.21287/2075-1759-2020-22-4-88-95. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44007228>
- 5 Pozdnyakova M.U., Lysenko E.A., Samorodova U.G. Development of an expert system for analyzing and predicting the reliability of automation tools // *Bulletin of Volgograd State Technical University. Series “Electric Power and Electrical Engineering”*. – 2021. – № 1 (49). – С. 38-46. DOI: 10.24411/2305-282X-2021-00005. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45573440>
- 6 Koksharova A.S., Akhmetshin E.F., Mynbayeva S.S. Development of an expert system for managing equipment of technological processes in the chemical industry // *Modern scientific research and innovation*. – 2020. – № 7. – С. 30-37. DOI: 10.26724/snii.2020.7.30. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44163087>
- 7 Shyrovkov A.V. Application of expert systems to improve the quality of steel structures production // *Engineering survey*. – 2021. – Т. 17. – № 2. – С. 28-36. DOI: 10.25766/iz.17.2.028. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45644881>
- 8 Kurbatov V.V., Manuilov U.S., Skripkin A.S. Expert Systems in Regional Management // *Policy Research*. – 2020. – Т. 5. – № 4. – С. 94-101. DOI: 10.7256/2454-0684.2020.4.33810. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43827851>
- 9 Andreev A.N., Werner A.U., Karabutova L.N. Enterprise Automated Business Process Management Expert System Model // *Information Technology and Computing Systems*. – 2020. – № 2. – С. 5-15. DOI: 10.26787/ITVIS.2020.2.5-15. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42867014>
- 10 Kostyleva E.U., Khodyakova A.S., Naumov A.V. Expert system for supporting decision-making in marketing activities using the example of a telecommunications company // *Current problems of the humanities and natural sciences*. – 2021. – № 1-1. – С. 172-178. DOI: 10.31857/S2075917321010189. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45636713>



**А. А. ШАРИПБАЙ<sup>1</sup>, Д. Б. УМУТКУЛОВ<sup>1</sup>, Г. У. БЕКТЕМЫСОВА<sup>1</sup>,  
М. НИШЕВА-ПАВЛОВА<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университеті Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Әулие Климент Охридский атындағы София университеті, Болгария  
e-mail: sharalt@mail.ru, d.umutkulov@gmail.com, g.bektemisova@edu.iitu.kz,  
marian@fmi.uni-sofia.bg

## **САРАПТАМАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ҚОЛДАНУДЫ ТАЛДАУ**

Бұл мақалада қазіргі заманғы сараптамалық жүйелерге шолу жасалды: «Сараптамалық жүйелер негізінде дифференциалды диагностиканың интеллектуалды медициналық жүйесі», «ABCD жүзеге асыратын дерматологиялық сараптамалық жүйе», «Сараптамалық жүйені қолдана отырып, тиісті фильмдердің ұсыныстарына арналған гибриді ұсыныстар жүйесі» олардың моделін құру, білім базасын қалыптастыру және пайдаланушы интерфейсі талданды. Сондай-ақ, оларды дамытудың маңыздылығы, олардың тиімділігі және ақпараттық жүйе ретінде енгізу қажеттілігі талқыланады.

Сараптамалық жүйелерді құру схемалары мен архитектурасы, пайдаланушылар мен жүйелердің өзара әрекеттесуі, сондай-ақ сараптамалық білімді енгізу қарастырылды және талданды.

Бұл мақалада сараптамалық жүйелерді қолданудың маңызды аспектілері ашылады. Артықшылықтары мен кемшіліктері, сондай-ақ сараптамалық жүйелер жұмысының болашақ тетіктерін жақсарту тәсілдері анықталады.

**Түйін сөздер:** білім базасы, ұсыну тілдері, білімді өңдеу, телекоммуникация қызметтері, онтология, сараптама жүйесі.

**А. А. ШАРИПБАЙ<sup>1</sup>, Д. Б. УМУТКУЛОВ<sup>1</sup>, Г. У. БЕКТЕМЫСОВА<sup>1</sup>,  
М. НИШЕВА-ПАВЛОВА<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Международный Университет Информационных Технологий

г. Алматы, Казахстан; <sup>2</sup>Софийский университет

им. Св. Климента Охридского, Болгария

e-mail: sharalt@mail.ru, d.umutkulov@gmail.com, g.bektemisova@edu.iitu.kz,  
marian@fmi.uni-sofia.bg)

## **АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ**

Эта статья предлагает обзор экспертных систем, выявляет их преимущества и недостатки. Основные преимущества экспертных систем – это возможность использования знаний экспертов для решения проблем в автоматическом режиме, что позволяет сократить время и стоимость решения проблемы, а также повысить качество принимаемых решений. Однако существуют и недостатки, такие как ограничения в использовании только тех знаний, которые были заложены в систему на этапе ее разработки, что может привести к ошибкам, если знания устарели или недостаточны. Кроме того, разработка и поддержка экспертных систем может быть дорогой и сложной задачей.

Тем не менее, экспертные системы продолжают развиваться и находят применение в различных областях, что позволяет повысить эффективность и качество решения проблем, а также увеличить скорость их решения.

В данной статье произведен обзор на современные экспертные системы, такие как: «Интеллектуальная медицинская система дифференциальной диагностики на основе экспертных систем», «Дерматологическая экспертная система, реализующая ABCD», «Гибридная система рекомендаций для рекомендаций соответствующих фильмов с использованием экспертной системы». Анализируется их построение модели, формирование базы знаний и пользовательский интерфейс. Также обсуждается важность их разработки, их эффективность и необходимость внедрения как информационной системы.

**Ключевые слова:** база знаний, языки представления, обработка знаний, услуги телекоммуникации, онтология, экспертная система.

**Г. С. ЫБЫТАЕВА<sup>1\*</sup>, О. Ж. МАМЫРБАЕВ<sup>2</sup>, Н. Ф. ХАЙРОВА<sup>3</sup>, К. Ж. МУХСИНА<sup>2</sup>,  
Б. Ж. ЖҰМАЖАНОВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті,  
Алматы, Қазақстан,

<sup>2</sup>Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан,

<sup>3</sup>«Харьков политехникалық институты» ұлттық техникалық университеті,  
Харьков, Украина

e-mail: [ybytayeva.galiya@gmail.com](mailto:ybytayeva.galiya@gmail.com), [morkenj@mail.ru](mailto:morkenj@mail.ru), [nina.khairova@gmail.com](mailto:nina.khairova@gmail.com),  
[kuka\\_ai@mail.ru](mailto:kuka_ai@mail.ru), [bagasharj@mail.ru](mailto:bagasharj@mail.ru)

## **САРАПШЫЛАР ПІКІРЛЕРІНІҢ КЕЛІСІМ ӨЛШЕМІ РЕТІНДЕ КОЭННІҢ КАППА КОЭФФИЦИЕНТІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

Эксперименттік нәтижелер мен сарапшылардың пікірі арасындағы келісім коэффициенттерін бағалауға арналған заманауи метрикалар салыстырылады және бұл метрикаларды машиналық оқыту әдістерімен мәтінді автоматты өңдеуде эксперименттік зерттеулерде пайдалану мүмкіндігі бағаланады. NLP және Text Mining есептерінде сарапшылық пікір келісімінің өлшемі ретінде Коэннің Каппа коэффициентін таңдау негізделген. Сарапшы пікірі мен ML классификациясының нәтижелері арасындағы келісім деңгейін бағалау үшін Коэннің Каппа коэффициентін қолданудың мысалы және қазақ-орыс параллель корпусының сөйлемдерін теңестіру кезінде сарапшы пікірлерінің келісім өлшемі келтірілген. Осы талдау негізінде Коэннің Каппа коэффициенті қолданудың оңайлығымен, есептеудегі қарапайымдылығымен және нәтижелердің жоғары дәлдігімен тәжірибелік зерттеулерде келісім деңгейін анықтаудың ең үздік статистикалық әдістерінің бірі екендігі дәлелденді.

**Түйін сөздер:** Text Mining, NLP, Коэннің Каппа статистикасы, келісім статистикасы, мәтіндер классификациясы, параллель корпус.

**Кіріспе.** Ғылым дамуының қазіргі жағдайында зерттеу нәтижелерін бағалау мәселесі өзекті болып табылады. Эксперименттердің нәтижелеріне сүйенуді және оларға сілтеме жасауды жалғастыру үшін олар толығымен объективті және мүмкіндігінше дәл болуы керек. Бұл талаптар ғылыми жұмыстың сандық нәтижелеріне де, сапалы зерттеу нәтижелеріне де қатысты.

Табиғи тілді өңдеу (NLP) немесе мәтінді өңдеу (Text Mining) мәселелерін шешуде белгілі бір корпуспен жүргізілген эксперименттердің дұрыстығын бағалау да мәтінді автоматты түрде өңдеуге қатысты негізгі күрделі міндеттердің бірі болып табылады. Әдетте, ақпаратты іздеу, жіктеу, кластерлеу, морфологиялық белгілеу, талдау және басқа тапсырмалардың әдістері мен модельдерін қолдану нәтижелері сарапшылардың қатысуымен немесе «алтын стандарт» деп аталатын, яғни машиналық оқыту (ML) тапсырмасына қатысты кейбір мақсатты мәндермен белгіленген корпуспен салыстыру арқылы бағаланады. Бұл жағдайда толықтық (completeness), дәлдік (accuracy) және F-өлшем (F-measure) сияқты метрикалар дәстүрлі түрде қолданылады. Бұл метрикалар біршама әмбебап және кез келген NLP зерттеуіне қолданылуы мүмкін.

---

\* E-mail корреспондирующего автора: [ybytayeva.galiya@gmail.com](mailto:ybytayeva.galiya@gmail.com)

Алайда, олардың әмбебаптығына байланысты оларды жеткілікті түрде объективті деп атауға болмайды.

Сараптамалық бағалау деп әрі қарай шешім қабылдау үшін сарапшылардың пікірі негізінде құбылысты немесе тұжырымдаманы бағалау процесі түсініледі [1]. Алайда, әдетте, тек жеке сараптамалық бағалау жеткіліксіз. Мысалы, тар бейінді міндеттерде классификатор жұмысын бағалау және олардың пікірлерінің сәйкестік деңгейін тексеру үшін берілген пәндік саладағы жекелеген сарапшылардың бірнеше тәуелсіз пікірлерін пайдалану қажет. Бұл тексеру сарапшылардың жұмысының сәйкестік деңгейін, сондай-ақ бағалаудың сенімділігі мен объективтілігін анықтауға мүмкіндік береді. Сарапшылардың немесе сарапшылық топтардың пікірлерінің сәйкес келуі эксперимент нәтижелерінің сапасының маңызды сипаттамаларының бірі болып табылады деп саналады. Бұл әлсіз келісім сарапшылардың жұмысының дұрыс еместігін көрсетуі мүмкін және сәйкесінше бүкіл зерттеудің нәтижелеріне күмән тудыруы мүмкін. Сондықтан эксперименттердің нәтижелерін жалпылауға көмектесетін сарапшылардың пікіріндегі үлкен немесе кіші айырмашылықтарды анықтау NLP сияқты әдістері мен модельдерін бағалау кезінде де, мәтінді интеллектуалды талдауда да міндетті болып табылады.

Сондықтан бұл зерттеуде сарапшылардың келісім дәрежесін бағалау үшін қол жетімді әдістер мен көрсеткіштер салыстырылады және оларды есептеу және корпустық лингвистиканың эксперименттік мәселелерінде қолдану мүмкіндігі негізделеді.

Бұл зерттеуде талдаудың екі түрі қолданылады. Біріншісі сарапшы мен мәтінді автоматты мәтіндік классификатор арасындағы келісім дәрежесін бірнеше ML әдістерімен анықтайды, ал екіншісі параллель корпусты автоматты түрде белгілеу бойынша бірнеше сарапшылар арасындағы келісім дәрежесін анықтайды. Бұл жағдайда автоматты таңбалау екі тілді корпустың екі бөлігінде семантикалық эквивалентті сөйлемдерді белгілеуді білдіреді.

Мақала келесідей құрылған. 1-бөлімде сарапшылардың пікірлерін бағалаудың заманауи статистикалық әдістері туралы әдебиеттерге шолу жасалады және NLP мен Text Mining мәселелерінде пікірлерді бағалау өлшемі ретінде Коэннің қаппа коэффициентін таңдау негізделеді. 2-бөлімде жүргізілген тәжірибелер мен оларда қолданылған корпустар, сонымен қатар сарапшы мен ML әдістерін қолданатын автоматты классификатор арасындағы келісім деңгейін бағалау үшін қаппа коэффициентін қолданудың эксперименттік талдауы сипатталған. 3-бөлімде қазақ-орыс параллель корпусының сөйлемдерін теңестіру туралы сарапшылардың пікірлерінің келісім дәрежесін бағалау үшін қаппа коэффициентін қолдану қарастырылады. Қорытынды екі статистикалық эксперименттің нәтижелеріне негізделген зерттеуді қорытындылайды. Атап айтқанда, Коэннің қаппа коэффициентін қолдану NLP және Text Mining мәселелеріндегі сарапшылар немесе сарапшылардың пікірі мен ML көрсеткіштері арасындағы келісім деңгейін бағалау үшін ең жақсы статистикалық көрсеткіш ретінде негізделген.

**Әдебиетке шолу. Сарапшылардың пікірлерінің келісімін бағалаудың заманауи метрикалары.** Есептеу және корпустық лингвистика саласындағы эксперименттік зерттеулерде қолдануға болатын сараптамалық пікірлердің келісімін

бағалаудың ең кең таралған статистикалық әдістері немесе метрикалары мыналар болып табылады:

- вариация коэффициенті;
- Кендалл келісімділік коэффициенті;
- Коэнің каппа коэффициенті.

$V_j$  вариация коэффициенті әдетте пайызбен өлшенеді. Бұл жалпы топты бағалаудың орташа мәні туралы пікірлердегі айырмашылықтардың шартты көрсеткіші. Ол әрбір салыстырылатын объект үшін анықталады және  $j$ -ші объектінің салыстырмалы маңыздылығы туралы сарапшылардың пікірлерінің келісім дәрежесін сипаттайды:

$$V_j = \frac{\sigma_j}{M_j},$$

мұндағы  $M_j$  – объектілерді бағалаудың орташа арифметикалық мәні, ал  $\sigma$  –  $j$ -ші объекті үшін алынған бағалаудың стандартты ауытқуы.

Вариация коэффициентінің мәні неғұрлым аз болса, сарапшылардың келісім дәрежесі соғұрлым жоғары болады деп болжанады. Егер коэффициент  $V_j \leq 0,30$  болса, онда келісім дәрежесі қанағаттанарлық болып саналады. Егер вариация коэффициенті  $V_j \leq 0,20$  болса, онда сарапшылардың келісім дәрежесі өте жақсы деп саналады. 0,25-тен аспайтын вариация коэффициентінің мәні қолайлы нәтиже болып табылады [2].

Келісімділік бағалаудың келесі коэффициенті Кендалл келісімділік коэффициенті болып табылады, ол объектілердің жиынтығы бірнеше ранг тізбегімен сипатталғанда қолданылады және зерттеуші осы реттіліктер арасында статистикалық байланыс орнатуы керек [3]. Әдетте бұл коэффициент келесі формула бойынша есептеледі:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n D_i^2}{m^2 (n^3 - n)}, \quad (1)$$

мұндағы  $n$  – бағаланатын объектілердің саны;  $m$  – ранг тізбектерінің саны (сарапшылардың саны); және  $D_i = d_i - \bar{d}$  –  $i$ -ші объект рангтарының қосындысының барлық объектілердің рангтарының орташа қосындысынан ауытқуы [4].

$W$  келісімділік коэффициенті (1) 0-ден 1,0-ге дейінгі мәндерді қабылдай алады. Сарапшылардың пікірлерінің келісімі  $W = 1,0$  үшін толық,  $W = 0,5$  үшін қанағаттанарлық және  $W = 0,5$  үшін тым төмен деп есептеледі. Кем дегенде 0,75 келісімділік коэффициенті рұқсат етілген. Кендалл рангтық корреляция коэффициенті екі деректер тізбегі арасындағы монотонды байланыстарды анықтаудың тиімді және сенімді әдісі болып табылады. Дегенмен, оның цифрлық деректерге қосылулар саны көп болған жағдайда қолданылуы мүмкін кванттауға байланысты қарама-қайшы нәтижелер береді [5].

Есептеу және корпустық лингвистика мәселелерінде осы екі коэффициентті (вариация коэффициенті және Кендалл келісімділік коэффициенті) пайдалану, әсіресе ұжымдық бағалауға және ортақ негіздердің болмауына қатысты өте қарама-қайшы нәтижелерге әкелуі мүмкін. Бұл көбінесе мәтіндерді семантикалық өңдеуде пайда болады, мысалы, семантикалық белгілеу, тар тақырып бойынша классификация немесе мәтіндерді кластерлеу жағдайында және т.б.

Бұл мәселені шешудің тиімді жолы бірнеше әдістерді біріктіру болып табылады. Бұл коэффициенттер және олардың нұсқалары бастапқы коэффициентке негізделген, оны Коэн 1960 жылы енгізіп, каппа коэффициенті деп атады. Бұл коэффициент екі бағалаушы арасындағы келісімнің кездейсоқ реттелген номиналды шкаласын өлшеу үшін қолданылады. Басқаша айтқанда, Коэн номиналды шкала бойынша өз пікірлерін білдіретін екі бағалаушы арасындағы келісім өлшемі ретінде каппа коэффициентін пайдалануды ұсынды. Сонымен бірге сарапшылардың пікірлерінің келісім деңгейін анықтау мүмкіндігі [3] көрсетілген, бұл нәтижеге әсер ететін кездейсоқ келісімге мүмкіндік береді. Сондықтан да бұл бұрынғы екі коэффициент негізге алынған пайыздық келісімнің қарапайым есебіне қарағанда сенімді өлшем [6].

Каппа коэффициентін анықтаудың дәстүрлі формуласы келесідей:

$$K = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}, \quad (2)$$

мұндағы  $P_0$  бақыланатын келісімнің кездейсоқ келісімнен қаншалықты жақсырақ екенін бағалауды көрсетеді, ал  $P_e$  кездейсоқ келісімді қоспағанда, максималды мүмкін келісімді есептеу нәтижесін көрсетеді.

Көптеген корреляция коэффициенттері сияқты каппа коэффициенті -1-ден +1-ге дейін өзгеруі мүмкін. Нөлден аз мәндер есепке алынғанымен, Коэн олардың аз ықтималды екенін дәлелдеді [7].  $K = 1$  үшін келісім мінсіз және керісінше,  $K = 0$  үшін келісім мүмкіндікке эквивалентті деп есептеледі.

Жақында Коэннің дәстүрлі каппа статистикасы негізінде жалпылама келісім метрикалары әзірленді. Бұл метрикалар Коэннің каппа көрсеткішінің кеңейтілуі болып табылады немесе каппа формуласын қолданады, содан кейін басқа бағалау моделін енгізеді [8], әсіресе сарапшылар саны үштен асатын жерде. Мысалы, Флейс каппасы [9], Лайт пен Конгер каппасы [10, 11] және Миелке каппасы [12] осындай коэффициенттер болып табылады.

Сарапшылардың келісім дәрежесін таңдау кезіндегі ең көп тараған шектеу – талданатын деректер түрі. Мысалы, номиналды деректерді есептеу кезінде әдетте сарапшылар арасындағы келісім дәрежесі ретінде Крамердің  $V$  коэффициенті және басқа ассоциация коэффициенттері таңдалады. Олардың барлығы қатенің салыстырмалы төмендеуін көрсететін ассоциация дәрежесіне негізделген. Бұл жағдайда мәтіндік ақпаратты эксперименттік талдау нәтижелері реттік те, номиналды да емес болғандықтан, өлшем ретінде Коэннің каппа коэффициентін пайдалану керек.

**Әдістер мен материалдар.** Сарапшылардың пікірлерінің келісім дәрежесін анықтау және бірнеше әртүрлі классификациялық модельдер мен сарапшының нәтижелерін салыстыру үшін екі мәтіндік корпус әзірленді. Бірінші корпуста жаңалықтар сайттарынан алынған және қылмысқа, спортқа, ғылымға, әлем жаңалықтарына және экономикаға арналған украин тіліндегі мәтіндер бар. Екінші корпус – қылмыстық мәтіндердің параллель қазақ-орыс корпусы [13]. Мақаланы жазу кезінде екі корпусты толтыру процесі жүріп жатты.

Бірінші корпус қазіргі жаңалықтардың екі қазақстандық сайтының мазмұны негізінде әзірленді: ҚазАқпарат (<https://www.inform.kz>) және Хабар 24 (<https://www.24.kz>). Зерттеу барысында 6000 мәтіннен тұратын корпустың бір бөлігі пайдаланылды,



оның 3000-ы қылмыс (Crime) туралы мәтіндер және 3000 мәтін спорт (Sports), ғылым (Science and IT), әлем жаңалықтары (World News) және экономика (Economics) сияқты әртүрлі тақырыптық категорияларға жатады.

Екіншісі – авторлар жасаған және қазақ пен орыс тілдерінде сөйлем деңгейінде реттелген қылмыстық маңызы бар мәтіндерден тұратын параллель қазақ-орыс корпусы. Мәтіндердің параллелизмі олардың әрбір жеке сөйлемдегі бірдей көлемдегі және мағынаның толық сәйкестігі ретінде түсініледі. Мәтіндерді жинау үшін Қазақстан Республикасының төрт қос тілді веб-порталы (zakon.kz, caravan.kz, lenta.kz және nur.kz) [14] пайдаланылды, олар басқалармен қатар елдегі қылмыстың жай-күйін қамтиды. Бұл порталдар екі тілді және тонау, көлік ұрлау, кісі өлтіру, жол-көлік оқиғасы және т.б. қылмыстар туралы қазақ және орыс тілдеріндегі қылмыстық жаңалықтарды қамтиды. Бұл тақырыптар құрылған корпусының негізгі ресурсын анықтайды.

Осы корпусының негізінде NLP және Text Mining мәселелерін шешу үшін қаппа статистикасын қолдану бойынша екі эксперименталды зерттеу жүргізілді. Бірінші зерттеу қазақ тіліндегі жаңалықтарды адамның зияткерлік белсенділігіне ұқсас жіктеуге арналған бірнеше алгоритмдердің жұмысын салыстырды. Эксперименттің міндеті автоматты политематикалық классификатор мен адам арасындағы қылмыс (Crime), спорт (Sports), ғылым (Science and IT), экономика (Economics) немесе әлем жаңалықтары (World News) тақырыптары бар жаңалықтар веб-сайтындағы мақалаға қатысты келісім деңгейін бағалау болды.

Зерттеудің екінші кезеңінің міндеті қылмыстық мәтіндердің параллель қазақ-орыс корпусының автоматты теңестіру сенімділігін бағалау болды. Бұрын мәтіндерді сөйлемдер бойынша автоматты түрде жұптық салыстыру [14] алгоритмін қолдану арқылы жүзеге асырылды. Бұл кезеңде қатарлас корпус мәтіндерінің әрбір жеке сөйлемі үшін толық мағыналық сәйкестік туралы бірнеше сарапшылардың пікірлерінің келісім деңгейін бағалау зерттелді.

Екі экспериментте де қаппа статистикасы шатастыру матрицасына немесе қателік матрицасына негізделген, ол классификация алгоритмдерінің жұмысын қорытындылау үшін машиналық оқытуда жиі қолданылады. Бұл матрица автоматты классификатормен сарапшылық қорытындының сәйкестік санын немесе сарапшылардың бір-бірімен пікірлерін (true positive) және сарапшы мен автоматты классификатордың пікірлері сәйкес келмейтін жағдайлардың санын (false positive және false negative) көрсететін кесте болып табылады.

Автоматты тақырыптық классификатор нәтижелерінің бақыланатын және күтілетін дәлдігінің шатасу матрицасын суреттеу үшін машиналық оқытуды басқарудың үш ең кең тараған Text Mining әдісі, атап айтқанда, логистикалық регрессия, SVM (Support Vector Machine) және қарапайым Байес классификаторы пайдаланылды.

Классификация мәселесі 20 үлгіден тұратын қазақ мәтіндерінің корпусының шағын фрагментінде шешілді, олар келесі тақырыптар бойынша үш классификация әдісі бойынша жіктеледі: қылмыс (Crime), спорт (Sports), ғылым (Science and IT), әлем жаңалықтар (World News) және экономика (Economics). Бастапқы мәліметтерді алудың бастапқы кезеңінде автоматты классификация нәтижелері және адам сарапшысы жүргізген классификация нәтижелері көрсетілген 1-кесте құрылды.

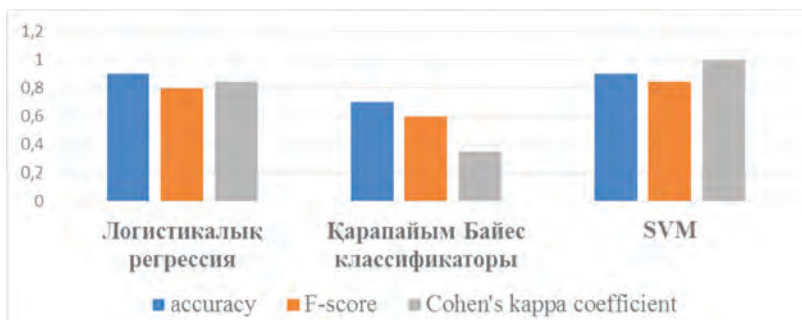
Әрі қарай, ML классификаторларының нәтижелерін бағалауға арналған қолжетімді көрсеткіштер мен Коэн статистикасының көрсеткіштерін салыстыру үшін әрбір классификатор үшін дәстүрлі *F-score* және *accuracy* бөлек есептелді. Класстың мақсатты мәні ретінде жаңалықтар сайтын скрейпинг кезінде алынған сәйкес жаңалықтар тақырыбының интеллектуалды таңбалау алынды. 1-суретте келтірілген нәтижелер *F-score* және *accuracy* мәндерінен көрініп тұрғандай, ең дәл классификатор – тірек векторлық машина (SVM), ал ең аз дәлдігі – қарапайым Байес классификаторы, бұл өнделетін корпустың шағын өлшеміне байланысты екені анық.

Классификация әдістерін салыстыруды көрсету үшін әрбір жеке классификатор мен сарапшы арасындағы келісім деңгейі Коэннің каппа коэффициентін есептеу арқылы анықталады. Бұл үшін үйлесімді классификация нәтижелері (1-кестені қараңыз) арнайы матрицаларға немесе жұппен салыстырылатын объектілерді бағалау кестелеріне түрлендіріледі, олар сарапшылық бағалау нәтижелерін жіктеудің әрбір әдісі бойынша жеке жинақтағаннан кейін топтастырылады.

Осылайша, шатастыру матрицаларын тұрғызу үшін жұптық салыстыру әдісі қолданылады, мұнда объектілер жұппен бір-бірімен салыстырылады. Бұл әдіс шешімдерді бағалау және таңдау құралы болып табылады және әртүрлі объектілерді статистикалық бағалауда мамандармен кеңінен қолданылады [15]. Матрицаларды құру процесінде объектілердің әрбір жұбы салыстырылады және сапалық бағалау критерийі белгіленеді (кездейсоқтық немесе оның болмауы).

2, 3 және 4-кестелер сәйкесінше сарапшы классификациясы мен логистикалық регрессия, қарапайым Байес классификаторы және SVM арасындағы шатасу матрицаларын ұсынады.

Каппа коэффициентін есептеу байқалатын және күтілетін дәлдікті есептеуді талап етеді. Бақыланатын дәлдік әдетте шатастыру матрицасы бойынша дұрыс жіктелген жағдайлардың саны болып табылады, яғни сарапшының пікірі мен автоматты классификатор арасындағы сәйкестіктер саны. Бақыланатын дәлдікті есептеу үшін классификатор пен сарапшы келіскен жағдайларды қосу керек (18 рет), содан кейін үлгілердің жалпы санына (20) бөлу керек. Басқаша айтқанда, «логистикалық регрессия» классификаторын сарапшымен салыстырған жағдайда байқалатын дәлдік (*accuracy*) 0,9 құрайды.



**1-сурет** – Машиналық оқытуды басқару әдістерімен тақырыптық көп класты мәтіндерді классификация нәтижелерін бағалау үшін *accuracy*, *F-score* және Коэннің каппа коэффициентін салыстыру.

**1-кесте** – Машиналық оқытуды басқарудың және сараптамалық бағалаудың үш әдісі арқылы алынған тақырыптық көп класты мәтіндерді классификация нәтижелерінің үзіндісі

Мәтіндік файл	Логистикалық регрессия	Қарапайым Байес классификаторы	SVM	Адам маманы
149_kz_raw	Crime	Crime	Crime	Crime
133_kz_raw	Crime	Crime	Crime	Crime
378_kz_raw	Economics	Economics	Economics	Economics
32_kz_raw	Crime	Crime	Crime	Crime
255_kz_raw	Crime	Crime	Crime	Crime
498_kz_raw	Sports	Crime	Sports	Sports
319_kz_raw	Sports	Crime	Sports	Sports
575_kz_raw	Economics	Economics	Economics	Economics
8_kz_raw	Crime	Crime	Crime	Crime
469_kz_raw	Crime	Crime	Science and IT	Science and IT
80_kz_raw	Crime	Crime	Crime	Crime
111_kz_raw	Crime	Crime	Crime	Crime
206_kz_raw	Crime	Crime	Crime	Crime
573_kz_raw	Economics	Crime	Economics	Economics
177_kz_raw	Crime	Crime	Crime	Crime
128_kz_raw	Crime	Crime	Crime	Crime
550_kz_raw	Economics	Crime	World news	World news
416_kz_raw	Economics	Economics	Economics	Economics
182_kz_raw	Crime	Crime	Crime	Crime
316_kz_raw	Sports	Sports	Sports	Sports

Күтілетін дәлдік (кездейсоқ келісім) – шатасу матрицасына негізделген кез келген кездейсоқ классификатордан немесе сарапшыдан күтуге болатын дәлдік. Біздің мысалда классификатор «Crime» класына жататын 12 үлгіні таңдады және сарапшы өз кезегінде осы класқа 11 үлгіні тағайындады. Басқаша айтқанда, «Crime» класына жатқызудың күтілетін дәлдігі  $6,6$  ( $11 \times 12 / 20 = 6,6$ ), «Sports» класына  $0,45$  ( $3 \times 3 / 20 = 0,45$ ), «Economics» класына  $1$ -ге тең ( $4 \times 5 / 20 = 1$ ), ал «World News» және «Science and IT» кластары үшін  $0$ . Осылайша, күтілетін дәлдік тұтастай алғанда алынған нәтижелердің қосындысын және оларды одан әрі жағдайлардың жалпы санына бөлуді білдіреді. Нәтижесінде күтілетін дәлдік  $(6,6 + 0,45 + 1 + 0 + 0) / 20 = 0,4$  тең болады.

**2-кесте** – Интеллектуалды сарапшылық классификация және логистикалық регрессия нәтижелерінің шатасу матрицасы

Классификатор (Логистикалық регрессия)	Интеллектуалды классификация					
	Crime	Sports	Economics	World news	Science and IT	Total
Crime	11	0	0	0	1	12
Sports	0	3	0	0	0	3
Economics	0	0	4	1	0	5
World news	0	0	0	0	0	0
Science and IT	0	0	0	0	0	0
Total	11	3	4	1	1	20

**3-кесте** – Интеллектуалды жіктеу нәтижелері мен қарапайым Байес классификаторының шатасу матрицасы

Классификатор (Қарапайым Байес)	Интеллектуалды классификация					
	Crime	Sports	Economics	World news	Science and IT	Total
Crime	11	2	1	1	1	16
Sports	0	1	0	0	0	1
Economics	0	0	3	0	0	3
World news	0	0	0	0	0	0
Science and IT	0	0	0	0	0	0
Total	11	3	4	1	1	20

**4-кесте** – Интеллектуалды классификация мен SVM нәтижелерінің шатасу матрицасы

Классификатор (SVM)	Интеллектуалды классификация					
	Crime	Sports	Economics	World news	Science and IT	Total
Crime	11	0	0	0	0	11
Sports	0	3	0	0	0	3
Economics	0	0	4	0	0	4
World news	0	0	0	1	0	1
Science and IT	0	0	0	0	1	1
Total	11	3	4	1	1	20

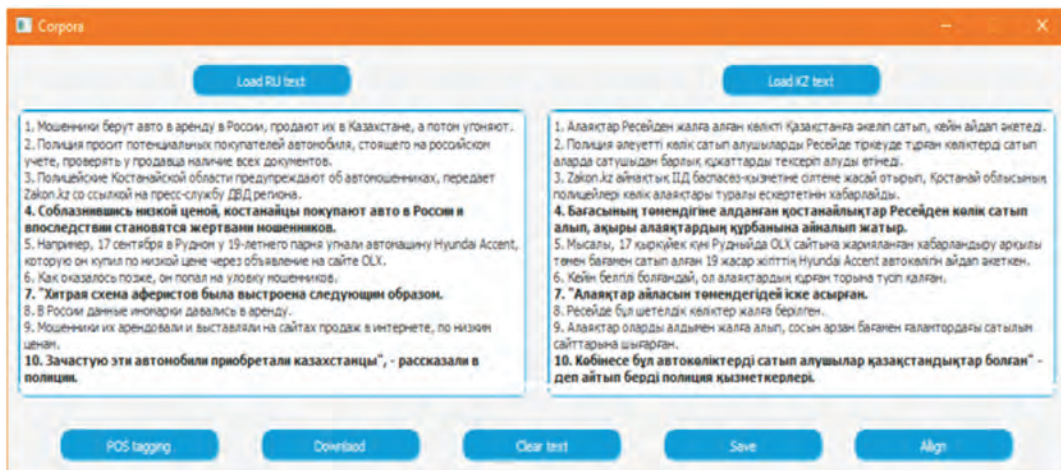
$((0,9 - 0,4) / (1 - 0,4)) = 0,83$  деңгейінде адам сарапшысы мен логистикалық регрессияның ML моделінің көп класты классификациясы нәтижелерінің келісу деңгейін бағалау үшін (2) формуласын қолданып, Коэннің каппа коэффициентін аламыз.

Сол сияқты, 3 және 4 кестелерді пайдалана отырып, Коэннің қаппа коэффициенті қарапайым Байес классификаторын (0,36) және SVM (1) бағалау үшін есептелді.

Коэннің қаппа коэффициентін бағалаудың жалпы қабылданған шкаласы келесідей:  $0,81 < K < 0,99$  – мінсіз келісімге жақын;  $0,61 < K < 0,80$  – елеулі келісім;  $0,41 < K < 0,60$  – қалыпты келісім;  $0,21 < K < 0,40$  – әділ келісім; және  $0,1 < K < 0,20$  – блмашы келісім. Оның негізінде біз бірінші экспериментте адам сарапшысы мен SVM классификаторы арасында ең үлкен келісімге қол жеткізілгенін көреміз. Мұнда келісім деңгейі толық және идеалға теңестіріледі (1-суретті қараңыз).

**Нәтижелер және талқылау.** Екінші эксперимент қылмыстық жаңалықтарды қамтитын параллель қазақ-орыс корпусының сөйлемдерін автоматты түрде теңестіру нәтижелері бойынша сараптамалық қорытындылардың келісім дәрежесін зерттейді.

2-суретте алдыңғы зерттеулерде жасалған бағдарламаның негізгі терезесі көрсетілген, онда қазақ-орыс параллель корпусының сөйлемдерін автоматты түрде теңестіру нәтижелері көрсетілген. Бағдарлама сарапшының (ана тілінде сөйлейтін) автоматты теңестіру дұрыстығын бағалау үшін қолданылады.



2-сурет – Теңестірілген параллель корпусың сараптамалық бағалау интерфейсі.

Корпус тілдері (қазақ және орыс тілдері) әртүрлі тілдік топтарға жататындықтан, олардың автоматты мағыналық сәйкестендіру алгоритмін жасау үшін сөздік әдісі қолданылады.

Морфологиялық және синтаксистік болып табылатын өндеудің бірінші сатысында корпус мәтіндері сөйлемдерге бөлінеді. Сөздік әдісінің екінші кезеңінде корпусың әрбір сөйлемі бойынша оның мәтіндегі орын тәртібіне қарай орыс тіліндегі сөйлемдегі сөздер қазақ тіліндегі сөйлем сөздерімен салыстырылады. Ол үшін 50000 сөзден тұратын тақырыптық корпусың қазақша-орысша аударма сөздігі пайдаланылады. Екі сөйлемнің мағыналық эквиваленттілігі туралы қорытынды сөздік аудармасының орыс тіліндегі сөйлемнің сөздерімен сәйкес қазақ тіліндегі сөйлемнің сөздерімен сәйкес келуі және POS тегтеу үлгілерін қосымша қолдану негізінде жасалған.



Алгоритм сөйлемдердің шамамен 70%-ын автоматты түрде теңестіруге мүмкіндік берді (интерфейсте басқа мәтінде параллель аудармасы автоматты түрде табылмаған сөйлем қою шрифтпен бөлектелген). Дегенмен, сарапшы екі тілдегі сөйлемдердің мағыналық сәйкестігінің дұрыстығын субъективті түрде бағалағандықтан, алынған нәтиженің дұрыстығын растау үшін Коэннің қаппа келісім коэффициенті пайдаланылды.

Экспериментке қазақ және орыс тілдерін білетін, мамандығы бойынша филолог екі маман қатысты. Оларға бағдарламаның нәтижелерін бағалау ұсынылды, бұл ретте бағалау шкаласы екі ықтимал нұсқаны ескерді: 0 (қазақ және орыс тіліндегі сөйлемдердің мағыналық теңдігі туралы шешім бағдарламамен қате қабылданған) және 1 (бағдарлама бойынша шешім дұрыс қабылданған). Шатасу матрицасының фрагменті болып табылатын корпустың сөйлем параллелизмі сараптамалық бағалау нәтижелерімен кестенің фрагменті 3-суретте көрсетілген.

Коэннің қаппа статистикасын құрудың келесі қадамы 5-кестеде берілген шешім матрицасын құру болып табылады. Бұл кестеде жолдар бірінші сарапшының шешімін, ал бағандар екінші сарапшының шешімін көрсетеді.

Байқалған сәйкес келісім (екі сарапшы да «иә» деп жауап берді немесе екі сарапшы да «жоқ» деді)  $P_0 = (113 + 81) / 200 = 0,97$ , мұнда екі сарапшының да «иә» деп жауап берген жағдайларының саны 113 және екі сарапшы да «жоқ» деп жауап берген жағдайлар – 81.

Кездейсоқ келісім  $P_e$  ықтималдығын есептейік. Бірінші сарапшы 118 рет «иә», 82 рет «жоқ» деп жауап берсе, екінші сарапшы 114 рет «иә», 86 рет «жоқ» деп жауап бергеніне назар аударыңыз. Екі сарапшының да кездейсоқ «иә» деп айтуының күтілетін ықтималдығын  $P_{иә} = 118 / 200 \times 114 / 200 = 0,34$  формуласы бойынша және сарапшылардың кездейсоқ «жоқ» деп айту ықтималдығын  $P_{жоқ} = 82/200 \times 86/200 = 0,18$  формуласы бойынша есептей аламыз. Сонда кездейсоқ келісімнің ықтималдығы  $P_e = P_{иә} + P_{жоқ} = 0,3 + 0,18 = 0,52$ .

1	Sentence_ID	Ru	Kz	Resul	Expert 1	Expert 2
2	1_zakon_20.07.2018_ru_raw.01	Глава государства поручил Касымову и Кожамжарову взять на контроль дело Дениса Тена.	Мемлекет басшысы Қасымов пен Қожамжаровқа Денис Теннің ісін бақылауға алуды тапсырды.	=	1	1
3	1_zakon_20.07.2018_ru_raw.02	Руководству Администрации Президента было поручено держать генеральному прокурору Кайрату Кожамжарову и министру внутренних	Президент Әкімшілігінің Басшылығына тергеу барысын үнемі бақылауда ұстау қызметінің ақпаратына сүйене отырып хабарлауы бойынша, Мемлекет басшысы	=	1	1
4	1_zakon_20.07.2018_ru_raw.03	Президента было поручено держать ход расследования на постоянном	тергеу барысын үнемі бақылауда ұстау тапсырылды.	=	1	1
6	1_zakon_20.07.2018_ru_raw.05	Для расследования уголовного дела создана следственно-оперативная группа из числа наиболее опытных	Қылмыстық іс бойынша тергеу жүргізу үшін Алматы қаласы ІІМ және ІІД тәжірибелі қызметкерлерінен	=	1	1
7	1_zakon_20.07.2018_ru_raw.06	Убийцам Дениса Тена грозит позорное заключение.	бстандығынан айыру жазасы берілуі мүмкін.	≠	0	0
8	2_zakon_20.07.2018_ru_raw.01	За совершение убийства разыскивается Кудайбергенов Арман Бурибаевич. МВД РК20 июля 2018, 11:00	Кісі өлтіргені үшін Құдайбергенов Арман Берібаев іздестірілуде. ҚР ІІМ 2018 жыл, 20 шілде 11:00	≠	0	0
9	2_zakon_20.07.2018_ru_raw.02	Фотографию второго подозреваемого в убийстве Дениса Тена распространило За совершение убийства разыскивается	Zakon.kz ақпарат көзінің хабарлауы бойынша, ҚР ІІМ Денис Теннің өліміне Кісі өлтіргені үшін Қызылорда облысының	=	1	1
10	2_zakon_20.07.2018_ru_raw.03	Кудайбергенов Арман Бурибаевич, 1994 года рождения, уроженец	тумасы - 1994 жылғы Құдайбергенов Арман Берібаев іздестірілуде.	=	1	1

3-сурет – Қазақ-орыс корпусының сөйлем параллелизміне сараптамалық бағалау нәтижелері көрсетілген кесте фрагменті.



5-кесте – Шешім қабылдау матрицасы

1-сарапшының шешімі	2-сарапшының шешімі	
	Иә	Жоқ
Иә	113	5
Жоқ	1	81

Алынған нәтижелерді пайдалана отырып, Коэннің каппа коэффициентін келесідей деп есептеуге болады:  $K = 0,93$ . Бұрын берілген нәтижелердің жалпы қабылданған түсіндірмесін ескере отырып, келісімнің бұл деңгейі «идеалдыға» жақын. Бұл екі сарапшының корпуста автоматты түрде теңестірілген орыс және қазақ тілдеріндегі сөйлемдердің мағыналық үйлесімділігі туралы пікірлерінің келісу деңгейі идеалды деңгейге дерлік жеткенін білдіреді.

**Қорытынды.** *Accuracy* мен *F-score* көрсеткіштерін Коэннің каппа коэффициентімен салыстыратын бірінші эксперименттің нәтижелері қазақ мәтіндерін жіктеуде адам классификаторы мен SVM әдісі арасында келісімнің ең жоғары деңгейіне қол жеткізілгенін көрсетеді. Келісімнің ең төменгі деңгейі қарапайым Бэйстің жіктеу әдісі – адам жұбында алынды. Сонымен қатар, жоғарыда келтірілген тәжірибе дәстүрлі *accuracy* пен *F-score* орнына Коэннің каппа коэффициентін пайдалану нәтижелерді жақсырақ визуализациялауға және мәтіндерді жіктеу үшін әртүрлі алгоритмдерді қолданудағы айырмашылықты айқынырақ көрсетуге мүмкіндік беретінін көрсетеді.

Екінші тәжірибеде Коэннің каппа коэффициентін қолдандық. Оның мәтінді автоматты өңдеу нәтижелері бойынша бірнеше сарапшылардың пікірлерінің келісім деңгейін анықтау, яғни параллель орыс-қазақ корпусында сөйлемдерді автоматты түрде теңестіру бағдарламасының жұмыс істеуі үшін тиімді екені көрсетілген.

Осылайша, зерттеу бірнеше сарапшылардың пікірлері арасындағы және автоматты өңдеу нәтижелері мен мақсатты мәндер арасындағы келісім коэффициентін бақылау құралы ретінде пайдаланылатын Коэннің каппа статистикасы эксперименттік NLP және Text Mining сенімділігін өлшеу үшін пайдаланылуы мүмкін деп болжайды.

Сонымен қатар, бұл өлшем келісім пайызының қарапайым есебіне қарағанда сенімдірек және индикативті болып табылады, өйткені ол мәндердің кездейсоқ сәйкестік мүмкіндігін ескереді. Коэннің каппа метрикасын қолдану мәтінді өндеуде дәлдік көрсеткіштерін пайдаланудан гөрі айқынырақ және аз жаңылыстырады. Мысалы, 80% бақыланатын дәлдік күтілетін 50% дәлдікпен емес, күтілетін 75% дәлдікпен салыстырғанда аз таң қалдырады.

Зерттеу NLP немесе Text Mining бір әдісінің немесе моделінің тиімділігін бағалау үшін ғана емес, сонымен қатар бірнеше әдістерді бір-бірімен салыстыру үшін каппа статистикасын пайдаланудың артықшылықтарын көрсетеді (мысалы, мақалада ұсынылған классификацияны салыстыру әдістері). Бұл нәтижелерді түсіндіру және қажетті көрнекі көрініске дейін азайту өте оңай.

Осылайша, қолдану мен есептеудің жеңілдігі және нәтижелердің жоғары дәлдігі арқасында Коэннің каппа коэффициентін есептеу мәтіндердің эксперименталды талдауында келісім деңгейін бағалаудың ең үздік статистикалық әдістерінің бірі болып табылады деп айтуға болады.

**Алғыс.** Жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің қаржылық қолдауымен орындалды (№АР09259309).

## ӘДЕБИЕТ

1 Lindstädt R., Proksch S., Slapin J. When Experts Disagree: Response Aggregation and its Consequences in Expert Surveys / *Political Science Research and Methods*. 2020. – V. 8, – No. 3, – p. 580-588. doi:10.1017/psrm.2018.52

2 Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales *Educational and Psychological Measurement*. 1960. – V. XX, – No. 1, – p. 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>.

3 Freitag R.M. Ко. Kappa statistic for judgment agreement in sociolinguistics / *Revista de Estudos da Linguagem*. 2019. –V. 27, – No. 4, – p. 1591-1612. <http://dx.doi.org/10.17851/2237-2083.0.0.1591-1612>.

4 Franceschini F. and Maisano D. Decision concordance with incomplete expert rankings in manufacturing

5 *Applications / Res. Eng. Design*. 2020. – V. 31, – No. 4, – p. 471-490. <https://doi.org/10.1007/s00163-020-00340-x>.

6 Mielke Jr. P.W., Berry K.J. and Johnston J.E. Unweighted and weighted kappa as measures of agreement for multiple judges / *Int. J. Manag.* 2009. – V. 26, – No. 2, p. 213-223.

7 Banerjee M., Capozzoli M., McSweeney L., and Sinha D. Beyond kappa: A review of interrater agreement measures / *The Canadian J. of Statistics*. 2008. – V. 27, – No. 1, – p.3-23. <https://doi.org/10.2307/3315487>.

8 Gwet K.L. *Handbook of Inter-Rater Reliability / Advanced Analytics, LLC, Gaithersburg, MD*. 2014.

9 Conger A.J. Integration and generalization of kappas for multiple raters / *Psychological Bulletin*. 1980. – V. 88, – No. 2, – p. 322-328. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.88.2.322>.

10 Nelson K.P. and Edwards D. Measures of agreement between many raters for ordinal classifications / *Stat. Med.* 2015.– V. 34, – No. 23, – p. 3116-3132. <https://doi.org/10.1002/sim.6546>.

11 Ohyama T. Statistical inference of agreement coefficient between two raters with binary outcomes / *Communications in Statistics – Theory and Methods*. 2020. – V. 49, – No. 10, – p. 2529-2539. <https://doi.org/10.1080/03610926.2019.1576894>.

12 Fleiss J.L. Measuring nominal scale agreement among many raters / *Psychological Bulletin*. 1971. – V. 76, – No. 5, – p. 378-382. <https://doi.org/10.1037/h0031619>.

13 Light R.J. Measures of response agreement for qualitative data: Some generalizations and alternatives / *Psychological Bulletin*. 1971. – V. 76, – No. 5, p. 365-377. <https://doi.org/10.1037/h0031643>.

14 Khairova N., Kolesnyk A., Mamyrbayev O., Mukhsina K. The aligned Kazakh-Russian parallel corpus focused on the criminal theme / *Computational Linguistics and Intelligent Systems: Proc. 3rd Intern. Conf. (COLINS-2019) (Kharkiv, Ukraine, 18–19 April)*. 2019. – V. 1, – p. 116-125.

15 Khairova N., Kolesnik A., Mamyrbayev O., Mukhsina K. Aligned Kazakh-Russian parallel corpus, focused on the crime / *Bulletin of Almaty University of Power Engineering and Telecommunications*. 2020. –V. 1, – No. 48, – p. 84-92.

16 Nichols T. R., Wisner P. M., Cripe G. and Gulabchand L. Putting the Kappa statistic to use / *The Quality Assurance J.* 2010. – V. 13, – No. 3–4, – p. 57-61. <https://doi.org/10.1002/qaj.481>.

**Г. С. ЫБЫТАЕВА<sup>1</sup>, О. Ж. МАМЫРБАЕВ<sup>2</sup>, Н. Ф. ХАЙРОВА<sup>3</sup>, К. Ж. МУХСИНА<sup>2</sup>,  
Б. Ж. ЖҰМАЖАНОВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан,*

<sup>2</sup> *Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан,*

<sup>3</sup> *Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, Украина*

*e-mail: ybytayeva.galiya@gmail.com, morkenj@mail.ru, nina.khairova@gmail.com, kuka\_ai@mail.ru, bagasharj@mail.ru*

## **ОСОБЕННОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА КАППА КОЭНА КАК МЕРЫ СОГЛАСИЯ МНЕНИЙ ЭКСПЕРТОВ**

*Сравниваются современные метрики для оценки коэффициентов согласия результатов эксперимента с мнением экспертов и оценивается возможность использования этих метрик в экспериментальных исследованиях при автоматической обработке текстов методами машинного обучения. Обоснован выбор коэффициента каппа Коэна в качестве меры согласия мнений экспертов в задачах NLP и Text Mining. Приведен пример использования коэффициента каппа Коэна для оценки уровня согласия мнения эксперта с результатами классификации ML и меры согласия мнений экспертов при выравнивании предложений казахско-русского параллельного корпуса. На основе этого анализа доказано, что коэффициент каппа Коэна является одним из лучших статистических методов определения уровня согласия в экспериментальных исследованиях благодаря простоте использования, простоте вычислений и высокой точности результатов.*

**Ключевые слова:** *Text Mining, NLP, статистика каппа Коэна, статистика согласия, классификация текстов с помощью машинного обучения, параллельный корпус.*

**G. S. YBYTAYEVA<sup>1</sup>, O. ZH. MAMYRBAYEV<sup>2</sup>, N. F. KHAIROVA<sup>3</sup>,  
K. ZH. MUKHSINA<sup>2</sup>, B. ZH. ZHUMAZHANOV<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan,*

<sup>2</sup> *Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan,*

<sup>3</sup> *National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov, Ukraine*

*e-mail: ybytayeva.galiya@gmail.com, morkenj@mail.ru, nina.khairova@gmail.com, kuka\_ai@mail.ru, bagasharj@mail.ru*

## **FEATURES OF COHEN'S KAPPA COEFFICIENT AS A MEASURE OF EXPERT OPINION AGREEMENT**

*Modern metrics for evaluating agreement coefficients between the experimental results and expert opinion are compared, and the possibility of using these metrics in experimental research in automatic text processing by machine learning methods is assessed. The choice of Cohen's kappa coefficient as a measure of expert opinion agreement in the NLP and Text Mining problems is justified. An example of using Cohen's kappa coefficient for evaluating the level of agreement between the opinion of an expert and the results of ML classification and the measure of agreement of expert opinions in the alignment of sentences of the Kazakh-Russian parallel corpus is given. Based on this analysis, it is proved that Cohen's kappa coefficient is one of the best statistical methods for determining the level of agreement in experimental studies due to its ease of use, computing simplicity, and high accuracy of the results.*

**Key words:** *Text Mining, NLP, Cohen's kappa statistic, agreement statistic, text classification with machine learning, parallel corpus.*

УДК 004.9:621.386

<https://doi.org/10.47533/2023.1606-146X.27>

**М. А. СИЛАНТЬЕВА<sup>1\*</sup>, Н. А. САТЫБАЕВА<sup>2</sup>, Қ. Т. МУХАНБЕТЖАНОВА<sup>2</sup>,  
А. В. СИЛАНТЬЕВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет

<sup>2</sup>НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет  
имени Жангир хана»

### **ПРИМЕНЕНИЕ НОВОЙ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ STIRSAG В МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ ПО ПРОТОКОЛУ WHOLE-BODY**

*Основная цель данной статьи – рассмотреть и проанализировать проведенную методику, полученную при исследовании группы пациентов, имеющих хроническое ревматическое заболевание «ювенильный идиопатический артрит» в детском возрасте с применением новой мехатронной системы, с использованием специальных катушек и программ Survey body и Survey по протоколу whole-body магнитно-резонансной томографии, оценивая эффективность при диагностики воспалительных и структурных изменений больных суставов по сравнению с рутинным методом исследования данного заболевания.*

*В данной работе рассмотрена новая методика с применением усовершенствованной мехатронной системы, магнитно-резонансного томографа для исследования по whole-body протоколу. Приведенные результаты исследований показали, что, применяя дополнительную мехатронную систему с импульсной последовательностью, STIRsag дало возможность полностью оценить характер патологии срезов в сагитальной плоскости всех видов больных суставов.*

*В исследованиях был применен новый вид укладки рук у пациентов вместо стандартной, когда руки лежат по швам: была применена укладка, когда руки ладонной поверхностью лежат к телу. Это позволило полностью визуализировать мелкие кистевые суставы, что облегчает обследование больного.*

**Ключевые слова:** мехатронная система, специальная катушка, программа Survey body, программа Survey, протокол whole-body, последовательность, укладка, стакс сканирования, магнитно-резонансная томография.

Одно из наиболее распространенных хронических ревматических заболеваний детского возраста – это ювенильный идиопатический артрит, который характеризуется хроническим воспалением суставов неизвестной этиологией происхождения. Воспаление проявляется болью в суставах, скованностью в движении и повышением температуры кожи над суставом [1, 6]. Лучевые методы исследования являются главным

---

\* E-mail корреспондирующего автора: msylantyeva @qmail.com

при проведении диагностики данного заболевания. Высокотехнологичная мехатронная система магнитно-резонансной томографии (МРТ) обеспечивает визуализацию состояния всех составляющих сустава, поэтому она применяется по протоколу whole-body. Этот метод диагностики позволяет получить изображение всего тела больного, включая и периферические суставы, за одно сканирование [5].

При применении этого протокола используются следующие импульсные последовательности:

- T1-ВИ пре – и постконтрастное;
- T2-ВИ с жиродавлением;
- STIR, DWI, DWIBS в различных плоскостях и комбинациях [3, 4].

Цель данной статьи заключается в следующем:

- проведение сравнительного анализа рутинного МРТ исследования суставов по стандартным и сокращенным протоколам;
- мехатронное усовершенствование проведения исследования по протоколу whole-body с рекомендациями по применению в клинической практике.

Клинические исследования проводились с 13 пациентами в возрасте 8-17 лет, из которых четверо было мальчиков и девять девочек, на базе педиатрического отделения №3, клиники ФГБОУ ВО СПбГПМУ.

**Таблица 1** – Распределение обследованных пациентов с ювенильным идиопатическим артритом по возрасту

№	Возраст пациента	Количество пациентов данного возраста
1	8 лет	1
2	10 лет	1
3	12 лет	1
4	13 лет	2
5	14 лет	4
6	15 лет	2
7	16 лет	1
8	17 лет	1

**Таблица 2** – Распределение обследованных пациентов с ювенильным идиопатическим артритом по длительности заболевания

№	Длительность заболевания (лет)	Возраст обследуемого (лет)
1	2	3
1	7	8
2	10	17
3	2,5	14
4	2,7	13
5	1	14
6	1	12

Окончание таблицы 2

1	2	3
7	1,5	14
8	14	16
9	2,5	13
10	11	14
11	2	10
12	14	15
13	6 месяцев	15

Из таблиц видно, что средний возраст пациентов 13 лет, а наибольшая длительность заболевания преобладала у детей в возрасте 13-17 лет со средней продолжительностью 5,4 года.

Все лабораторно-клинические данные обследуемых собраны по следующим показателям: клиническая форма патологии, лабораторные данные: СОЭ, количество лейкоцитов, увеит, СРБ, РФ, суставной статус пациента, состояние на момент поступления в стационар. Эти данные также были проанализированы [6-14].

Было проведено 18 исследований по протоколу whole-body магнитно-резонансной томографии и 116 МРТ исследований следующих суставов: коленных, голеностопных, тазобедренных, плечевых, локтевых, лучезапястных, мелких суставов кисти и стопы.

Методы обследования пациентов применялись следующие:

1 метод – рутинная магнитно-резонансная томография суставов;

2 метод – магнитно-резонансная томография всего тела с применением мехатронных специальных катушек по протоколу whole-body .

При первом методе пациентам проводилась рутинная магнитно-резонансная томография суставов. Здесь использовались стандартные протоколы для каждого сустава, а также сокращенные протоколы на основании предварительной оценки результатов сканирования суставов по стандартным протоколам.

Проведя обследование по стандартным протоколам МР-исследования голеностопного, коленного, тазобедренного, плечевого, локтевого, лучезапястного суставов и мелких суставов кисти, общее время сканирования составило 232 минут 9 секунд. А общее время сканирования с применением сокращенных протоколов для поиска патологий составило 40 минут 35 секунд, это видно из таблицы 3.

**Таблица 3** – Импульсные последовательности сокращенного протокола и их параметры

№	Последовательность	TR мс	TE мс	FOV мм	Толщина среза, мм	Число срезов, мм	Время сканирования
1	2	3	4	5	6	7	8
Голеностопный сустав							
1	Survey	12	7	300	10/10	9	14,7сек
2	STIR foot sag	3500	45	255	3,0/3,0	22	1мин 51сек



Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8
3	PDW_SPAIR ax	3800	30	245	3,0/0,3	34	4мин 43сек
Общее время сканирования 6мин 49сек							
Коленный сустав							
1	Survey	12	7	300	10/10	9	14,7сек
2	STIR ax	6700	30	160	3,0/0,9	25	3мин 15сек
3	PDW_SPIR sag	3000	30	174	3,0/0,3	25	1мин 42сек
Общее время сканирования 5мин 12сек							
Тазобедренный сустав							
1	Survey	8	5	450	15/10	11	11,4сек
2	T2W_SPAIR sag	3900	75	180	4,5/2,0	30	1мин 40сек
3	PDW_SPAIR ax	3300	30	350	3,0/0,3	27	4мин
Общее время сканирования 5мин 52сек							
Плечевой сустав							
1	Survey	8	5	450	15/10	11	11,4сек
2	T2W_SPAIR sag	3600	75	200	4,5/0,9	40	3мин 59сек
3	PDW_SPAIR ax	3300	30	374	3,0/0,3	28	2мин 31сек
Общее время сканирования 6мин 31сек							
Локтевой сустав							
1	Survey	5,5	1,7	280	5,0/5,0	15	13сек
2	PD fat sat sag	2800	29	160	3,0/1,0	18	1мин 54сек
3	T2W fr_FSE fat sat ax	3900	107	160	3,0/1,0	20	3мин 15сек
Общее время сканирования 5мин 22сек							
Лучезапястный сустав и мелкие суставы кисти							
1	Survey	14	7	250	10/10	15	26,2сек
2	T2W_SPIR sag	3000	80	219	3,0/0,3	32	5мин 48сек
3	T2W_SPAIR ax	9600	60	113	3,5/0,4	44	5мин 15сек
Общее время сканирования 11мин 29сек							

Такая разница во времени, без утраты качества полученных результатов, сокращает общее время сканирования и уменьшает нагрузку на пациента. Пациенты с ювенильным артритом даже в ремиссии имеют болевой синдром в пораженных суставах, поэтому сокращение времени сканирования позволило провести процедуру с минимальным дискомфортом для пациентов. Из этого проведенного анализа можно сказать, что применение сокращенного протокола является более предпочтительным [3, 9-11].

При втором методе использовалась мехатронная система магнитно-резонансного томографа Philips Ingenia 1,5T, исследование выполнялось согласно протоколу whole-

body с применением мехатронной катушки для головы, мехатронной встроенной катушки для тела и мехатронной передней катушки. Пациенты были в состоянии покоя, седация не проводилась.

Применялся следующий алгоритм сканирования:

Survey области для определения положения пациента и выставления стаксов сканирования \_\_\_\_\_ 17,4 сек.

Survey body \_\_\_\_\_ 39,8 сек.

T2W cor \_\_\_\_\_ 4 мин.

STIR cor \_\_\_\_\_ 2 мин.45 сек.

T1Wsag \_\_\_\_\_ 5 мин.26 сек.

DWI cor \_\_\_\_\_ 11 мин.

Итого общее время сканирования \_\_\_\_\_ 24 мин.8 сек.

Использовалась быстрая поисковая программа Survey, чтобы получить срезы стоп и голеней для выставления стаксов в сагиттальной, аксиальной и коронарной плоскостях [14-16]. Затем использовалась программа Survey body для корректировки выставления плоскостей сканирования и поля обзора в плоскостях. Survey – это модифицированное градиентное эхо с TR/TE=7/5 и

TR/TE=9/7 для Survey body с низким пространственным разрешением. Далее использовались следующие 4-х импульсные последовательности протокола whole-body: T2W, STIR, T1W, DWI в коронарных плоскостях. После проведенных серий исследований и получения результатов было принято решение о добавлении дополнительной мехатронной системы импульсной последовательности STIR sag в сагиттальной плоскости со следующим алгоритмом сканирования:

Survey области для определения положения пациента и выставления стаксов сканирования \_\_\_\_\_ 17,4 сек.

Survey body \_\_\_\_\_ 39,8 сек.

T2W cor \_\_\_\_\_ 4 мин.

STIR cor \_\_\_\_\_ 2 мин.45 сек.

STIR sag \_\_\_\_\_ 3 мин.50 сек.

T1Wsag \_\_\_\_\_ 5 мин.26 сек.

DWI cor \_\_\_\_\_ 11 мин.

Итого общее время сканирования \_\_\_\_\_ 27 мин.58 сек.

При добавлении в протокол whole-body, новой импульсной последовательности время сканирования увеличилось на 4 минуты, это видно из таблицы 4.

**Таблица 4** – Время сканирования по протоколу whole-body

Общее время сканирования	
4 импульсных последовательности (T2W cor, STIR cor, T1Wsag, DWI cor)	5 импульсных последовательностей (T2W cor, STIR cor, STIR sag, T1Wsag, DWI cor,)
24 мин.8 сек.	27 мин.58 сек.



Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7
Количество срезов, шт	40	40	40	40	40	40
Время сканирования	1 мин. 50 сек.	1 мин. 50 сек.	1 мин. 50 сек.	1 мин. 50 сек.	1 мин. 50 сек.	1 мин. 50 сек.
Общее время сканирования 11 мин.						
Общее FOV=1609×490мм						

где TR – время повторений, TE – время эхо, FOV – поле обзора.

Применение 4-х импульсных последовательностей не позволяло в полной мере оценить характер патологии, поэтому было принято решение добавить новую механическую систему импульсной последовательности STIR sag в сагиттальной плоскости со значениями параметров, приведенных в таблице 6.

**Таблица 6** – Параметры дополнительно добавленной 5 новой импульсной последовательности STIR sag

Последовательность, параметры	Голеностоп	Колено	Таз	Поясничный отдел позвоночника	Грудной отдел позвоночника	Голова, шея
STIR sag, сагиттальная плоскость						
TR, мс	19100	19100	19100	19100	19100	19100
TE, мс	70	70	70	70	70	70
FOV, мм	300	300	300	300	300	300
Толщина среза, мм	6,0/1,0	6,0/1,0	6,0/1,0	6,0/1,0	6,0/1,0	6,0/1,0
Количество срезов, шт	65	65	65	65	65	65
Время сканирования	38,3 сек.	38,3 сек.	38,3 сек.	38,3 сек.	38,3 сек.	38,3 сек.
Общее время сканирования 3 мин. 50 сек.						
Общее FOV=1607×300мм						

где TR – время повторений, TE – время эхо, FOV – поле обзора

С применением импульсной последовательности STIRsag была получена серия срезов в сагиттальной плоскости, что позволило в полной мере оценить характер патологии.

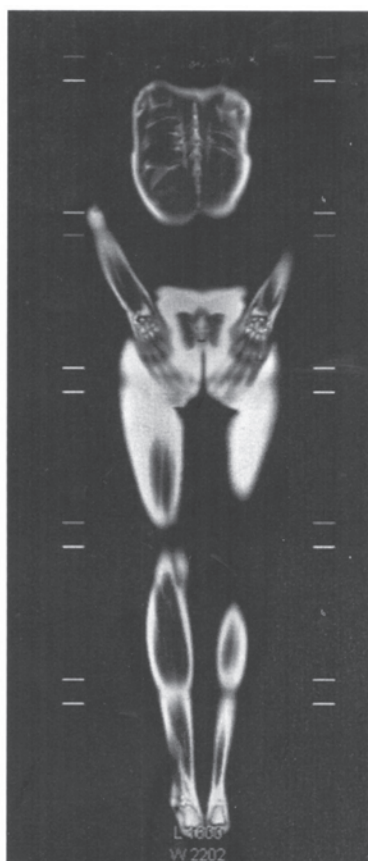
Первоначально исследования пациентам проводились в стандартной укладке, когда руки свободно лежат по швам (рис.1). В дальнейшем использовалась измененная укладка, когда пациент кладет руки под таз, при этом первый палец располагается

медиально (рис.2). За счет изменения укладки кисть располагается параллельно телу, что визуализирует лучезапястный сустав в коронарной плоскости полностью, а также полностью визуализируются мелкие суставы кисти, все это облегчает результаты исследования.

Полученные результаты сканирования по каждому пациенту заносились в таблицу и статистически обрабатывались.



**Рисунок 1** – Стандартная укладка пациента, руки лежат по швам



**Рисунок 2** – Измененная укладка пациента, руки лежат ладонной поверхностью к телу

При проведении МР-исследования с использованием измененной укладки у 2-х пациентов возникли болевые ощущения в руках, но после анализа клинических данных и опроса было выяснено, что болевые ощущения присутствуют и в обычном состоянии. У других пациентов болевые ощущения при проведении сканирования не отмечались. Такая укладка позволила решить проблему затруднения описания лучезапястных суставов и мелких суставов кисти, которые часто поражаются при ювенильном идиопатическом артрите. Так как ладони пациента стали располагаться параллельно коронарной плоскости сканирования, хорошо стали визуализироваться все мелкие суставы кисти и поэтому определение места патологии не затруднено.

После проведенного анализа и разработки алгоритма мехатронной системы импульсного сканирования, с решением о добавлении новой импульсной последовательности STIR в сагиттальной плоскости, максимально решилась проблема с определением точного места патологии, и его верификацию в другую плоскость. Применение новой укладки при проведенном исследовании решила проблему визуализации мелких суставов кисти при определении места патологии и ее качественного описания.

Применение новой мехатронной системы по протоколу whole-body, МРТ является диагностически эффективной методикой: при обнаружении изменений суставов пациентов по сравнению с рутинным исследованием и позволяет оценить состояние всего тела пациента по результатам одного исследования.

### ЛИТЕРАТУРА

1 Алексеева Е.А. Ювенильный идиопатический артрит: клиническая картина, диагностика, лечение // Вопросы современной педиатрии. 2015. Т.14. №1. С. 78-94.

2 Траудт А.К., Завадовская В.Д., Жогина Т.В., Федорова Е.И. Магнитно-резонансная томография в диагностике ювенильного идиопатического артрита// Бюл. сиб. медицины. 2015. том Т.14. №1. С. 110-119.

3 Анисимов Н.В., Гуляев М.В., Корецкая С.В. и др. Магнитно-резонансная томография всего тела – техническая реализация и диагностические применения//Альманах клинической медицины. 2008. Т.17. №1. С.143-146.

4 Михайлов А.И., Панов В.О., Тюрин И.Е. Оптимизация протокола магнитно-резонансной томографии всего тела для стадирования лимфомы Ходжкина//Вестник рентгенологии и радиологии. 2014.№6. С. 18-28.

5 Гоголева Т.В. Особенности поражения и механизмы деформации лучезапястного сустава и кисти при ювенильном хроническом артрите. Методика функционального лечения// Научно-практическая ревматология. 2002. №4. С.47-50.

6 Насонов Е.Л., Каратеев Д.Е., Сатыбалдыев А.М. и др. Ревматоидный артрит в Российской Федерации по данным Российского регистра больных артритом (сообщение1)//Научно-практическая ревматология. 2015. Т.53. №5. С.472-484.

7 Эрдес Ш.Ф., Галушко Е.А., Бахтина Л.А. и др. Распространенность артралгий и припухания суставов у жителей разных регионов РФ (предварительные результаты)//Научно-практическая ревматология. 2004. №4 С.42-46.

8 Балабанова Р.М., Эрдес Ш.Ф. Распространенность ревматических заболеваний в России в 2012-2013 годах //Научно-практическая ревматология. 2015. Т. 53. №2. С.120-124.

9 Малиевский В.А. Территориальный регистр больных ювенильными артритами//Научно-практическая ревматология. 2005.№4. С .95-97.

10 Дроздова Е.А., Ядыкина Е.В. Клинические параллели течения увеита и артрита у пациентов с ювенильным идиопатическим артритом//Вестник СМУС74. 2014. №1-2. С.41-44.

11 Баранов А.А., Алексеева Е.И., Бзарова Т.М. и др. Протокол ведения пациентов с ювенильным артритом//Вопросы современной педиатрии.2013. №12. С.37-56.

12 Свиридова В.С., Кологривова Е.Н., Пронина Н.А. и др. Цитокиновая регуляция иммунных реакций при ревматоидном артрите. Цитокины и воспаление//Научно-практическая ревматология. 2010.Т.9, №2.С.3-6.

13 Кожевников А.Н., Поздеева Н.А., Конев М.А. и др. Ювенильный артрит: клинико-инструментальная картина и дифференциальная диагностика//Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2014.№4. С.66-73.



14 Трауд А.К., Завадовская В.Д., Огородова Л.М. и др. Возможности магнитно-резонансной томографии в оценке состояния кистей у больных ювенильным идиопатическим артритом// Бюл. сиб. медицины. 2012. Т.11. №5. С.72-79.

15 Рощина В.О., Завадовская В.Д., Завьялова Н.Г. и др. Роль ультразвукового исследования в оценке состояния коленных суставов у пациентов с ювенильным идиопатическим артритом//Бюл. сиб. медицины. 2012. Т.11. №5. С.16-22.

16 Нуднов Н.В., Николаева М.В. Ультразвуковые признаки воспалительного процесса в различных отделах коленного сустава//Вестник РНЦРР.2013. №13.С.6.

17 Осипова Н.В., Намазова Л.С., Захарова Е.С. Возможности эфографии в диагностике поражения коленных суставов при ювениальных артритах//ПФ. 2008. №6. С.87-93.

18 Салугина С.О., Кузьмина Н.Н., Филипова Н.В. Современные подходы к диагностике ювенильных артритов//Научно-практическая ревматология. 2008. №4. С.65-72.

19 Кельцев В.А., Гребенкина Л.И., Лимарева Л.В. и др. Ранние артриты у детей и подростков – иммунный статус больных и перспективы лечения//Научно-практическая ревматология. 2008. №2. С.64-68.

## REFERENCES

1 Alekseeva E.A. YUvenil'nyj idiopaticeskij artrit: klinicheskaya kartina, diagnostika, lechenie // Voprosy sovremennoj pediatrii. 2015. T.14. №1. S. 78-94.

2 Traudt A.K.,Zavadovskaya V.D., ZHogina T.V., Fedorova E.I. Magnitno-rezonansnaya tomografiya v diagnostike yuvenil'nogo idiopaticeskogo artrita// Byul. sib. mediciny. 2015. tom T.14. №1. S. 110-119.

3 Anisimov N.V., Gulyaev M.V., Koreckaya S.V. i dr. Magnitno-rezonansnaya tomografiya vsego tela – tekhnicheskaya realizaciya i diagnosticheskie primeneniya//Al'manah klinicheskoy mediciny. 2008. T.17. №1. S.143-146.

4 Mihajlov A.I., Panov V.O., Tyurin I.E. Optimizaciya protokola magnitno-rezonansnoj tomografii vsego tela dlya stadirovaniya limfomy Hodzhkina//Vestnik rentgenologii i radiologii. 2014.№6. S. 18-28.

5 Gogoleva T.V. Osobennosti porazheniya i mekhanizmy deformacii luchezipyastnogo sustava i kisti pri yuvenil'nom hronicheskom artrite. Metodika funkcional'nogo lecheniya// Nauchno-prakticheskaya revmatologiya. 2002. №4. S.47-50.

6 Nasonov E.L., Karateev D.E., Satybaldyev A.M. i dr. Revmatoidnyj artrit v Rossijskoj Federacii po dannym Rossijskogo registra bol'nyh artritom (soobshchenie1)//Nauchno-prakticheskaya revmatologiya. 2015. T.53. №5. S.472-484.

7 Erdes SH.F., Galushko E.A., Bahtina L.A. i dr. Rasprostranennost' artralgiy i pripuhaniya sustavov u zhitelej raznyh regionov RF (predvaritel'nye rezul'taty)//Nauchno-prakticheskaya revmatologiya. 2004. №4 S.42-46.

8 Balabanova R.M., Erdes SH.F. Rasprostranennost' revmaticheskikh zabolevanij v Rossii v 2012-2013 godah //Nauchno-prakticheskaya revmatologiya. 2015. T. 53. №2. S.120-124.

9 Malievskij V.A. Territorial'nyj registr bol'nyh yuvenil'nymi artritami//Nauchno-prakticheskaya revmatologiya. 2005.№4. S. 95-97.

10 Drozdova E.A., YAdykina E.V. Klinicheskie paralleli techeniya uveita i artrita u pacientov s yuvenil'nym idiopaticeskim artritom//Vestnik SMUS74. 2014. №1-2. S.41-44.

11 Baranov A.A., Alekseeva E.I., Bzarova T.M. i dr. Protokol vedeniya pacientov s yuvenil'nym artritom//Voprosy sovremennoj pediatrii.2013. №12. S.37-56.

12 Sviridova V.S., Kologrivova E.N., Pronina N.A. i dr. Citokinovaya regulyaciya immunnyh reakcij pri revmatoidnom artrite. Citokiny i vospalenie//Nauchno-prakticheskaya revmatologiya. 2010.T.9, №2.S.3-6.

13 Kozhevnikov A.N., Pozdeeva N.A., Konev M.A. i dr. YUvenil'nyj artrit: kliniko-instrumental'naya kartina i differencial'naya diagnostika//Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya hirurgiya detskogo vozrasta. 2014.№4. S.66-73.

14 Traud A.K., Zavadovskaya V.D., Ogorodova L.M. i dr. Vozmozhnosti magnitno-rezonansnoj tomografii v ocenke sostoyaniya kistej u bol'nyh yuvenil'nym idiopaticeskim artritom//Byul. sib. mediciny. 2012. T.11. №5. S.72-79.

15 Roshchina V.O., Zavadovskaya V.D., Zav'yalova N.G. i dr. Rol' ul'trazvukovogo issledovaniya v ocenke sostoyaniya kolennyh sustavov u pacientov s yuvenil'nym idiopaticeskim artritom//Byul. sib. mediciny. 2012. T.11. №5. S.16-22.

16 Nudnov N.V., Nikolaeva M.V. Ul'trazvukovye priznaki vospalitel'nogo processa v razlichnyh otdeleniyah kolennogo sustava//Vestnik RNCRR.2013. №13.S.6.

17 Osipova N.V., Namazova L.S., Zaharova E.S. Vozmozhnosti efografii v diagnostike porazheniya kolennyh sustavov pri yuvenil'nyh artritah//PF. 2008. №6. S.87-93.

18 Salugina S.O., Kuz'mina N.N., Fillipova N.V. Sovremennye podhody k diagnostike yuvenil'nyh artritov//Nauchno-prakticheskaya revmatologiya. 2008. №4. S.65-72.

19 Kel'cev V.A., Grebenkinav L.I., Limareva L.V. i dr. Rannie artrity u detej i podrostkov – imunnyj status bol'nyh i perspektivy lecheniya//Nauchno-prakticheskaya revmatologiya. 2008. №2. S.64-68.

**М. А. СИЛАНТЬЕВА<sup>1</sup>, Н. А. САТЫБАЕВА<sup>2</sup>,  
Қ. Т. МУХАНБЕТЖАНОВА<sup>2</sup>, А. В. СИЛАНТЬЕВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербург мемлекеттік педиатриялық медицина университеті,  
Ресей Федерациясы

<sup>2</sup>«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті»  
КЕАҚ

## **WHOLE-BODY ПРОТОКОЛЫ БОЙЫНША МАГНИТТИ-РЕЗОНАНСТЫҚ ТОМОГРАФИЯДА STIRSAG РЕТТІЛІГІ БАР ЖАҢА МЕХАТРОНДЫҚ ЖҮЙЕНІ ҚОЛДАНУ**

ЮНЕСКО-ның тұрақты даму аясында сапалы білім берудің әмбебап мақсатына жетуде білім берудің онлайн технологиялары тиімді болып табылады. Мақалада онлайн емтихан технологияларын қолданудағы ерекшеліктер сипатталады. Онлайн форматтағы емтихан жүргізудің қолданыстағы формаларына, әдістері мен құралдарына талдау жасалып, оларды қолданудағы мүмкіндіктері мен келеңсіз жақтары сипатталады. Онлайн бақылауды жүргізудің қолдану әдістері мен құралдарының кемшіліктері ретінде олардың сынақ кезіндегі көп уақыт шығыны мен оқушылардың зерттеу есептерін шешудегі олардың негізгі жүйелі білімдері мен дағдыларын бағалауды ескеру мүмкіндіктерінің күрделілігі сипатталады.

Бұл жұмыста терең оқыту технологиясы ретінде ұсынылған Yolo алгоритміне негізделген инновациялық прокторинг жүйесі келтірілген. Жүйенің негізгі мақсаты жалғыз сигнал көзі ретінде стандартты веб камерасын қолдана отырып емтихан тапсырушының көзін бақылау және таңу. Терең оқыту моделінде алынған нәтижелер қорытынды шешім алу мақсатында Хаар каскадтық классификаторы арқылы өңделеді. Ұсынылған әдіс жоғарғы дәлдікпен емтихан тапсырушының көзінің шынайы кескінінің тұрақты кескіннен айырмашылығын анықтап береді. Терең оқыту технологиясын каскадты классификатормен үйлестіре қолдану мүмкіндігі нақты уақыт режимінде ұсынылған кескіндегі немесе видеокадрларда емтихан тапсырушының көзінің шынайы кескінін дәл

тануға мүмкіндік береді, ал ол кезегінде онлайн емтихан кезінде академиялық адалдықты сақтау мақсатында прокторинг жүйесінің тиімділігін және сенімділігін білдіреді.

Түйін сөздер: қашықтан оқыту технологиясы, онлайн емтихан, айтрекинг, Yolo, Darknet Framework, Хаар каскадты классификаторы, прокторинг жүйесі.

**M. A. SILANTEVA<sup>1</sup>, N. A. SATYBAYEVA<sup>2</sup>, K. T. MUKHANBETZHANOVA<sup>2</sup>,  
A. V. SILANTEV<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>St. Petersburg State Pediatric Medical University,

<sup>2</sup>NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan»

### **APPLICATION OF A MECHATRONIC SYSTEM WITH A STIRSAGE SEQUENCE IN MAGNETIC RESONANCE IMAGING USING THE WHOLE-BODY PROTOCOL**

*The main purpose of this article is to review and analyze the conducted methodology obtained in the study of a group of patients with chronic rheumatic disease juvenile idiopathic arthritis in childhood using a new mechatronic system, using special coils and programs Survey body and Survey according to the whole-body magnetic resonance imaging protocol, evaluating the effectiveness in diagnosing inflammatory and structural changes of diseased joints compared with the routine method of studying this disease.*

*In this paper, a new technique is considered, using an improved mechatronic system, magnetic resonance imaging for whole-body protocol research. The above research results are tabulated and analyzed. Analysis of the obtained clinical studies showed that using an additional mechatronic system with a STIRsag pulse sequence made it possible to fully assess the nature of the pathology of sections in the sagittal plane of all types of diseased joints.*

*In the studies, a new type of laying was applied in patients with hands, instead of the standard one when the hands lie at the seams, laying was applied when the hands of the palm surface lie to the body. This made it possible to fully visualize the small wrist joints, which facilitates the examination of the patient.*

**Key words:** distance learning technology, online exam, eyetracking, Yolo, Darknet Framework, Haar cascade classifier, proctoring system.

**Н. М. ТЕМИРБЕКОВ<sup>1\*</sup>, Д. Р. БАЙГЕРЕЕВ<sup>1,2</sup>, М. Н. МАДИЯРОВ<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Национальная инженерная академия Республики Казахстан,  
Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова,  
Усть-Каменогорск, Казахстан

e-mail: [temirbekov@rambler.ru](mailto:temirbekov@rambler.ru), [dbaigereyev@gmail.com](mailto:dbaigereyev@gmail.com), [madiyarov\\_mur@mail.ru](mailto:madiyarov_mur@mail.ru)

## **РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМ ИНТЕГРАЦИИ И АНАЛИЗА ДАНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ**

*В статье представлены результаты исследований, проведенных в рамках проекта программно-целевого финансирования BR18574148 Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, направленных на разработку единой информационно-аналитической платформы [esomodeling.kz](http://esomodeling.kz) для поддержки и принятия решений в области региональной экологической политики. В настоящей статье приводится описание трех подсистем данной платформы, осуществляющих интеграцию платформы с различными информационными источниками, анализ данных мониторинга атмосферы промышленных городов Казахстана, прогнозирование значений концентрации вредных веществ с применением моделей машинного обучения и отображение результатов. В статье описаны технические аспекты получения данных измерения из двух информационных источников, структура базы данных, разработанные инструментальные средства для анализа данных, используемые модели машинного обучения, а также пользовательский интерфейс веб-приложения.*

**Ключевые слова:** информационно-аналитическая платформа, загрязнение атмосферы, анализ данных, машинное обучение, программный интерфейс (API), картографический веб-интерфейс.

**Введение.** Существует множество информационных платформ, предоставляющих информацию о качестве воздуха и прогноз загрязнения воздуха в режиме реального времени. Данные платформы направлены на улучшение экологической обстановки региона и общественного здоровья посредством комплексной оценки данных мониторинга воздуха, предоставления практических рекомендаций для охраны здоровья, а также своевременного уведомления граждан о неблагоприятной экологической ситуации с целью принятия превентивных мер.

Например, IQAir [1] является одной из крупнейших информационных платформ, предоставляющих комплекс решений, направленных на улучшение качества воздуха. Наряду с информированием о текущих значениях концентрации загрязняющих веществ и индекса качества воздуха в выбранном городе, платформа предоставляет информацию о главных источниках загрязнения, тенденцию загрязнения, результаты исследования влияния экологической ситуации в городе на здоровье людей, а также предлагает практические рекомендации по улучшению качества воздуха. Кроме того, платформа позволяет проследить динамику изменения индекса качества воздуха на

---

\* E-mail корреспондирующего автора: [temirbekov@rambler.ru](mailto:temirbekov@rambler.ru)

основе исторических данных, сделать его прогноз на недельный период и предлагает ранжированный список городов по данному показателю в разрезе выбранной страны или всего мира.

Проект «Всемирный индекс качества воздуха» [2, 3] имеет аналогичные цели и предоставляет неограниченный доступ к мировым историческим данным и текущим данным о качестве воздуха от 30000 станций из более чем 2000 крупных городов в 130 странах в режиме реального времени через сайты [aqicn.org](http://aqicn.org) и [waqi.info](http://waqi.info). Аналогичные функциональные возможности предоставляет платформа [air-quality.com](http://air-quality.com) [4].

Проект [airly.org](http://airly.org) [5] предлагает набор инструментов для анализа данных. Наряду с представлением отчетности о загрязнении воздуха, платформа предлагает прогноз загрязнения воздуха на 24 часа с точностью 95% на основе каскадной системы нейронных сетей. Используется предиктивный алгоритм с применением машинного обучения исторических данных и прогнозных метеорологических параметров.

Принимая во внимание актуальность проблемы, авторами статьи поставлена цель разработать единую цифровую информационно-аналитическую платформу для поддержки и принятия решений в области региональной экологической политики. Настоящая статья открывает цикл публикаций, посвященных описанию технических аспектов разрабатываемой платформы. В частности, в данной статье приводится описание трех ее подсистем, которые осуществляют интеграцию платформы с различными информационными источниками, позволяют проводить анализ данных мониторинга атмосферы промышленных городов Казахстана, прогнозирование значений концентрации вредных веществ с применением моделей машинного обучения, а также отображение результатов мониторинга. Разрабатываемая платформа имеет несколько ключевых отличий от созданных ранее аналогичных платформ. Во-первых, расчет прогнозных значений концентрации загрязняющих веществ осуществляется на основе комбинированного использования математического аппарата и моделей машинного обучения. Во-вторых, платформа предоставляет набор инструментов для проведения анализа данных и машинного обучения с использованием данных о загрязнении воздуха в промышленных городах Казахстана.

**Методы и материалы.** Разрабатываемая информационно-аналитическая платформа состоит из пяти подсистем. В настоящей статье приводится описание следующих трех ее подсистем:

- 1) подсистемы интеграции платформы с различными информационными источниками;
- 2) подсистемы анализа данных;
- 3) подсистемы отображения данных измерений и прогноза.

Первая подсистема предназначена для получения, обработки и хранения данных измерений концентрации загрязняющих веществ и метеорологических параметров из различных информационных источников. Основным поставщиком данных по концентрациям загрязняющих веществ в атмосфере является ТОО «Экосервис-С», который предоставляет доступ к данным посредством программного интерфейса (API). Указанные данные поступают от автоматизированных систем мониторинга эмиссий, которые предназначены для непрерывного измерения концентраций в газовых выбросах в режиме реального времени, а также расчета валового объема выбросов [6].

Программный интерфейс состоит из нескольких конечных точек, позволяющих получить перечень автоматизированных постов мониторинга с указанием географических координат, измеренные данные концентрации загрязняющих веществ с постов мониторинга, перечень загрязняющих веществ со значениями предельно допустимых концентраций, индекс качества воздуха, вычисленный на каждом посту мониторинга, и другую информацию. Получение указанных выше данных из ТОО «Экосервис-С» осуществляется с использованием программы, написанной на высокопроизводительном языке программирования Julia, которая запускается с интервалом в 20 минут.

Информация, получаемая из ТОО «Экосервис-С» содержит значения концентрации следующих веществ на каждом посту наблюдения:

- оксид азота ( $\text{NO}_2$ );
- диоксид серы ( $\text{SO}_2$ );
- оксид углерода ( $\text{CO}$ );
- взвешенные частицы  $\text{PM}_{2.5}$  и  $\text{PM}_{10}$ ;

а также следующую метеорологическую информацию:

- температура воздуха;
- направление и скорость ветра;
- атмосферное давление;
- относительная влажность воздуха.

Вторым источником данных является РГП «Казгидромет», предоставивший исторические данные значений концентраций загрязняющих веществ в файлах формата CSV. Импорт полученных данных в базу данных осуществлен с помощью программы, написанной на языке Julia.

В результате база данных информационно-аналитической платформы содержит данные о загрязнении атмосферы с 2005 года. Данная подсистема хранит данные в следующих основных таблицах:

- таблица провайдеров данных;
- таблица городов;
- таблица автоматизированных постов наблюдения;
- таблица наблюдаемых параметров;
- таблица единиц измерений;
- таблица значений измерений

и других.

В работе используется свободная объектно-реляционная система управления базами данных PostgreSQL. Ее выбор обоснован гибкостью, высокопроизводительностью транзакций и репликации, возможностью индексирования геометрических объектов и наличием базирующегося на ней расширения PostGIS, поддержкой слабоструктурированных данных с возможностью индексирования, а также возможностью создания пользовательских типов.

Назначение второй подсистемы информационно-аналитической платформы состоит в предоставлении набора инструментов для проведения анализа данных. Данная подсистема имеет модульную структуру, каждый модуль которой направлен на решение определенной задачи.



Первый модуль содержит методы для выполнения общего анализа данных, составления матрицы корреляции между параметрами для выявления скрытых закономерностей. В частности, модуль вычисляет статистические характеристики набора данных, такие как медиана, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значение и квантили. Результаты вычислений матрицы корреляции существенно используются при выборе признаков в моделях машинного обучения, поскольку выбор признаков является критическим этапом для эффективного обучения модели. Матрица корреляции составляется индивидуально для каждого поста наблюдения.

Суть второго модуля заключается в выявлении закономерности в изменении концентрации загрязнителей на основе анализа архивных данных, с целью ее использования при прогнозе будущих значений. Работа модуля осуществляется в несколько этапов. Выполнение первого этапа опирается на применение моделей машинного обучения. На текущий момент реализованы три ансамблевые методики обучения. Первая модель, XGBoost, представляет собой реализацию алгоритма стохастического повышения градиента. Это алгоритм дерева решений ансамбля, в котором новые деревья исправляют ошибки тех деревьев, которые уже являются частью модели. Деревья добавляются до тех пор, пока в модель нельзя будет вносить дальнейшие улучшения. Вторая модель, LightGBM представляет собой структуру повышения градиента, использующую алгоритмы обучения на основе дерева. Она предназначена для распределения и эффективности и нацелена на более высокую скорость обучения и более высокую эффективность, меньшее использование памяти, повышенную точность, поддержку параллельного, распределенного и графового обучения, возможности обработки больших данных. Согласно некоторым исследованиям, LightGBM в большинстве случаев обучается быстрее, чем XGBoost. Третья модель – повышение градиента на основе гистограммы (HistGradientBoosting), представляет собой реализацию деревьев повышения градиента. Как и LightGBM, данная модель также имеет встроенную поддержку отсутствующих значений, что позволяет избежать необходимости в импутере. В результате выполнения первого этапа вычисляются показатели  $R^2$ , MAE, MSE и RMSE, которые характеризуют степень обученности модели.

Второй этап заключается в вычислении прогнозных значений концентрации на каждом автоматизированном посту наблюдения на основе обученной модели. Результаты данного этапа используются в подсистеме моделирования рассеивания загрязняющих веществ.

Третий модуль подсистемы заключается в выявлении возможной сезонности, влияющей на повышение концентрации того или иного вещества. Алгоритм реализован индивидуально для каждого поста мониторинга и стремится выявить зависимость изменения концентрации от четырех факторов:

- времени суток;
- дня недели;
- месяца;
- квартала года.

Четвертый модуль предназначен для проведения статистических расчетов на основе получаемых данных измерений.

Третья подсистема информационно-аналитической платформы, рассматриваемая в данной статье, предназначена для предоставления пользовательского веб-интерфейса ко всем функциям и модулям, входящих в состав информационно-аналитической платформы, а также для графического отображения данных измерений и прогнозных расчетов. Веб-приложение разработано с использованием веб-фреймворка Django REST Framework. Обмен данными между различными частями веб-приложения осуществляется посредством Web API.

**Результаты и их обсуждение.** Приведем описание пользовательского интерфейса разработанной информационно-аналитической платформы. Веб-приложение состоит из нескольких разделов, ссылки на которые расположены в верхней части страницы.

Отображение данных измерений загрязняющих веществ приводится в разделе «Карта». На карте маркерами обозначены автоматизированные пункты наблюдения (Рисунок 1). Цвет маркеров зависит от концентрации на соответствующем посту наблюдения: при превышении концентрации однократного и пятикратного допустимого показателя маркер закрашивается, соответственно, в желтый и красный цвета. В остальных случаях отображается зеленый маркер. Кроме того, окрестность маркеров покрывается градиентным рисунком, отображающим градиацию изменения значений концентрации.



*Рисунок 1* – Отображение данных измерений концентрации

С помощью выпадающего списка, расположенного в правом верхнем углу, пользователь имеет возможность выбрать город. В настоящий момент платформа располагает данными мониторинга по городам Алматы, Шымкент, Темиртау, Караганда, Усть-Каменогорск и Жанатас. В левом верхнем углу расположен переключатель, с помощью которого выбирается один из пяти параметров наблюдения –  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO$  и  $CO$ .

При нажатии на маркер отображается всплывающее окно с текущим значением концентрации на соответствующем посту наблюдения (Рисунок 2). При переходе по ссылке «Детали», расположенной в данном окне, появляется модальное окно, в котором можно проследить динамику изменения концентрации выбранного вещества на данном посту за одни сутки. Кроме того, в верхней части модального окна отображены суточные и разовые предельно допустимые значения концентрации.

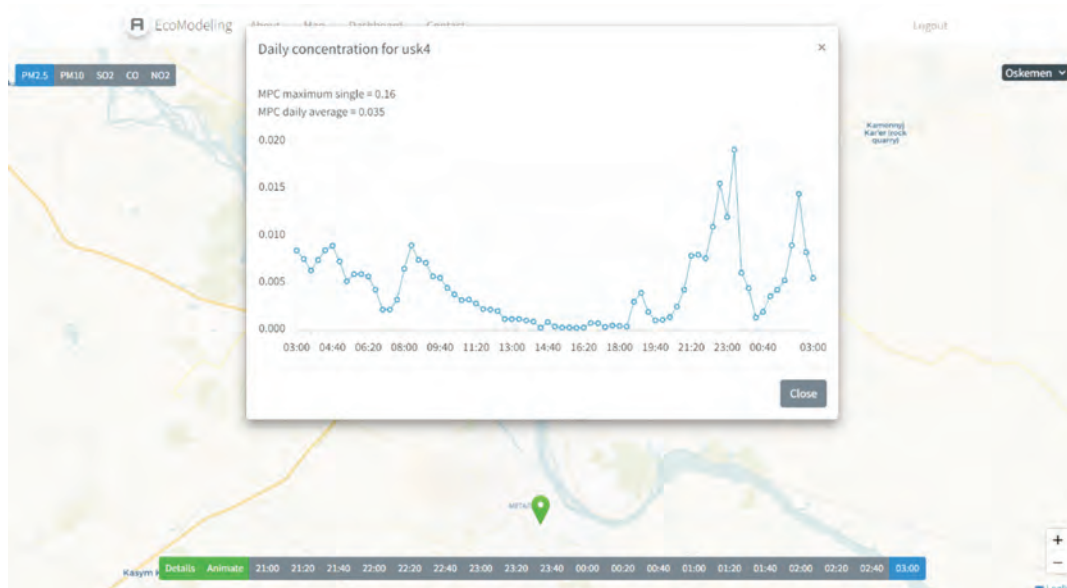


Рисунок 2 – Динамика изменения концентрации на посту наблюдения

В нижней части окна расположена кнопка «Детали» для вывода таблицы значений концентрации на всех постах наблюдения выбранного города. Строки таблицы выделены зеленым, желтым или красным цветами в зависимости от отношения текущих значений к предельно допустимому значению.

Кроме того, в нижней части страницы расположены переключатели с временными отметками. При нажатии на кнопки данного переключателя пользователь имеет возможность просмотреть значения, соответствующие выбранной временной отметке. Имеется возможность запустить анимацию, при которой можно проследить динамику изменения состояния воздуха за последние 6 часов с интервалом в 20 минут.

Цель раздела приложения «Анализ» состоит в предоставлении пользователю набора инструментов для проведения анализа данных и машинного обучения на исторических данных. Данный раздел имеет следующие функциональные возможности:

а) Просмотр данных измерений в табличном виде с возможностью фильтра по городам, постам наблюдения, произвольному периоду наблюдения, а также экспорта полученных значений в файл формата CSV.

б) Статистика получаемых данных измерений в разрезе городов, дней, месяцев, а также статистика получаемых данных в рамках одного запроса.

в) Построение корреляционной матрицы, показывающей зависимость между веществами и метеорологическими данными по каждому посту наблюдения в заданном периоде наблюдения (Рисунок 3).

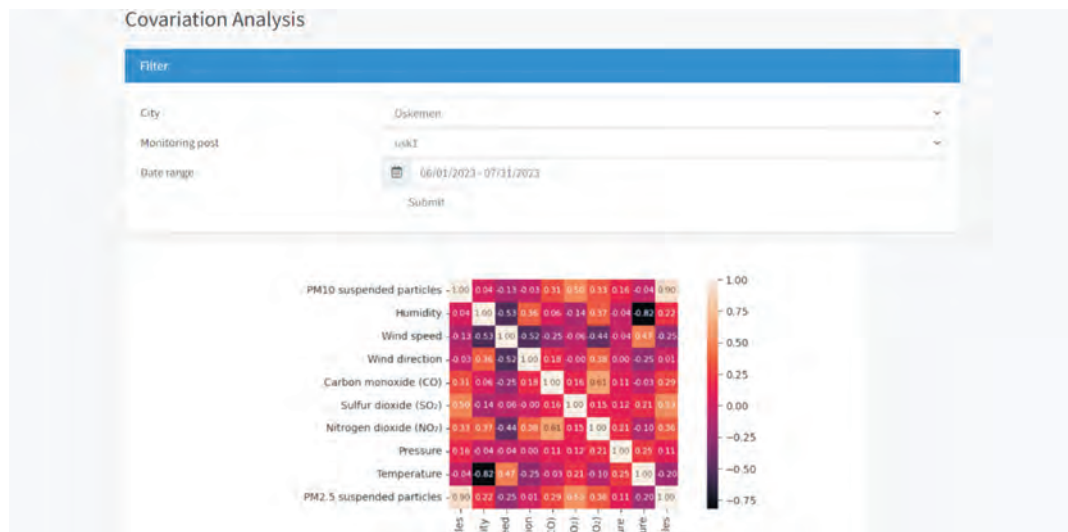


Рисунок 3 – Матрица корреляции

г) Выявление возможных сезонных закономерностей изменения концентрации в разрезе часов (Рисунок 4), дней недели (Рисунок 5), квартала, месяца. Входными параметрами алгоритма являются пост наблюдения, период наблюдения и параметр группировки. Результатом работы алгоритма является блочная диаграмма с ограничителями выбросов, компактно иллюстрирующая медиану, нижний и верхний квартили, минимальное и максимальное значение выборки, а также выбросы.



Рисунок 4 – Определение возможной сезонной закономерности

д) Обучение моделей машинного обучения XGBoost, LightGBM, HistGradient-Boosting на основе данных измерений и прогноз значений концентрации на каждом посту наблюдения на основе обученной модели. Входными параметрами алгоритма являются пост наблюдения, период наблюдения и параметры модели машинного обучения. Результатом вычислений являются коэффициент детерминации  $R^2$ , среднеквадратическая ошибка, средняя абсолютная ошибка, результат валидации обученной модели на тестовых данных и прогноз концентрации.



Рисунок 5 – Определение возможной сезонной закономерности

**Заключение.** Таким образом, в разрабатываемой информационно-аналитической платформе реализован ряд инструментов для проведения анализа данных мониторинга атмосферы промышленных городов Казахстана, которые будут использованы в других подсистемах платформы. В следующем цикле статей будет приведено описание подсистемы моделирования рассеивания загрязняющих веществ на основе комбинированного использования математических методов и моделей машинного обучения, осуществляющей интеллектуальный анализ сценариев развития экологической обстановки в промышленных городах Казахстана.

**Благодарности.** Данное исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по программно-целевому финансированию ИРН BR18574148 «Развитие геоинформационных систем и мониторинга объектов окружающей среды».

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 IQAir – About IQAir. <https://iqair.com/about-iqair> (10.07.2023).
- 2 AQICN – [aqicn.org](http://aqicn.org) (10.07.2023).
- 3 WAQI – [waqi.info](http://waqi.info) (10.07.2023).
- 4 Air Quality – [air-quality.com](http://air-quality.com) (10.07.2023).
- 5 Airly – [airly.org](http://airly.org) (10.07.2023).
- 6 Автоматизированные системы мониторинга – <https://ecoservice.kz/services/cat11/> (10.07.2023).



## REFERENCES

- 1 IQAir – About IQAir. <https://iqair.com/about-iqair> (10.07.2023).
- 2 AQICN – aqicn.org (10.07.2023).
- 3 WAQI – waqi.info (10.07.2023).
- 4 Air Quality – air-quality.com (10.07.2023).
- 5 Airly – airly.org (10.07.2023).
- 6 Avtomatizirovannyye sistemy monitoringa – <https://ecoservice.kz/services/cat11/> (10.07.2023)

**Н. М. ТЕМИРБЕКОВ<sup>1</sup>, Д. Р. БАЙГЕРЕЕВ<sup>1,2</sup>, М. Н. МАДИЯРОВ<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Қазақстан Республикасының Ұлттық инженерлік академиясы, Алматы, Қазақстан  
<sup>2</sup>С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан

### **Өңірлік экологиялық саясат саласында ҚОЛДАУ ЖӘНЕ ШЕШІМДЕР ҚАБЫЛДАУ ҮШІН АҚПАРАТТЫҚ-ТАЛДАУ ПЛАТФОРМАСЫНЫҢ ИНТЕГРАЦИЯЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУ ІШКІ ЖҮЙЕЛЕРІН ӨЗІРЛЕУ**

Мақалада Қазақстан Республикасы ғылым және жоғары білім министрлігінің BR18574148 бағдарламалық-мақсатты қаржыландыру жобасы аясында аймақтық экологиялық саясат саласында қолдау көрсету және шешімдер қабылдау үшін [ecomodeling.kz](http://ecomodeling.kz) бірыңғай ақпараттық-талдау платформасын әзірлеуге бағытталған зерттеулердің нәтижелері берілген. Бұл мақалада платформаны әртүрлі ақпарат көздерімен біріктіретін, Қазақстандағы өнеркәсіптік қалалар атмосферасының мониторингі деректерін талдайтын, машиналық оқыту үлгілерін пайдалана отырып, зиянды заттардың концентрациясының мәндерін болжайтын және нәтижелерін көрсететін үш ішкі жүйесі сипатталған. Мақалада екі ақпарат көзінен өлшеу деректерін алудың техникалық аспектілері, деректер қорының құрылымы, деректерді талдау үшін әзірленген құралдар, қолданылатын машиналық оқыту үлгілері және веб-қосымшаның пайдаланушы интерфейсі сипатталған.

**Түйін сөздер:** ақпараттық-аналитикалық платформа, ауаның ластануы, деректерді талдау, машиналық оқыту, бағдарламалау интерфейсі (API), веб-карталау интерфейсі.

**N. M. TEMIRBEKOV<sup>1</sup>, D. R. BAIGEREYEV<sup>1,2</sup>, M. N. MADIYAROV<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan  
<sup>2</sup>S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

### **DEVELOPMENT OF INTEGRATION AND DATA ANALYSIS SUBSYSTEMS OF INFORMATION AND ANALYTICAL PLATFORM FOR SUPPORT AND DECISION-MAKING IN THE FIELD OF REGIONAL ENVIRONMENTAL POLICY**

The paper presents the results of research conducted within the framework of the program-targeted financing project BR18574148 of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, aimed at developing a unified information and analytical platform [ecomodeling.kz](http://ecomodeling.kz) to support and make decisions in the field of regional environmental policy. This paper describes three subsystems



---

*of this platform that integrate the platform with various information sources, analyze the monitoring data of the atmosphere of industrial cities in Kazakhstan, predict the values of the concentration of harmful substances using machine learning models and display the results. The article describes the technical aspects of obtaining measurement data from two information sources, the structure of the database, the developed tools for data analysis, the machine learning models used, and the user interface of the web application.*

**Key words:** *information and analytical platform, air pollution, data analysis, machine learning, programming interface (API), web mapping interface.*

**А. К. ТУЛЕШОВ\***, **А. А. ДЖОМАРТОВ**, **А. Н. КАМАЛ**, **А. Е. АБДУРАИМОВ**

*Институт механики и машиноведения им. У.А. Джолдасбекова, Almaty, Kazakhstan  
e-mail: aman\_58@mail.ru, legsert@mail.ru, kan77705@gmail.com,  
zizo\_waterpolo@mail.ru*

## **ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ, МАШИН И РОБОТОВ**

*В работе показана тензометрическая система измерения для экспериментального исследования механизмов, машин и роботов. Тензометрическая система измерения построена на базе интеллектуальных цифровых датчиков серии ZETSENSOR с интерфейсом CAN. Алгоритм обработки информации, и визуализация измеренных сигналов осуществляется при помощи программного обеспечения ZETLAB SENSOR. Тензометрическая система измерения применяется для определения таких параметров, как: перемещение, силы, деформации и напряжения в звеньях механизмов, машин и роботов. Тензометрическая система измерения была использована для экспериментального исследования кривошипного пресса. Полученные экспериментальные результаты подтвердили простоту и удобство ее использования для динамических измерений*

**Ключевые слова:** тензометрическая система измерения, цифровой датчик, тензорезистор, напряжение, сила, деформация, нагрузка,

**Введение.** Для экспериментального исследования механизмов, машин и роботов широко используются тензодатчики [1-4]. Когда тензодатчик встраивается в узлы и детали машины, деформированное состояние можно наблюдать в реальном времени с помощью внешних измерительных систем [5,6]. Тензометрирование механизмов, машин, роботов необходимо для оценки напряженно-деформируемого состояния их элементов и узлов при различных режимах работы. При этом исследуются: условия реальной работы деталей, узлов и несущей конструкции для проверки и оптимизации расчетных схем; определения фактических внешних статических и динамических нагрузок; проверка соответствия напряженно-деформируемого состояния расчетным данным; определение количественных показателей надежности узлов и деталей машины при различных режимах работы [7].

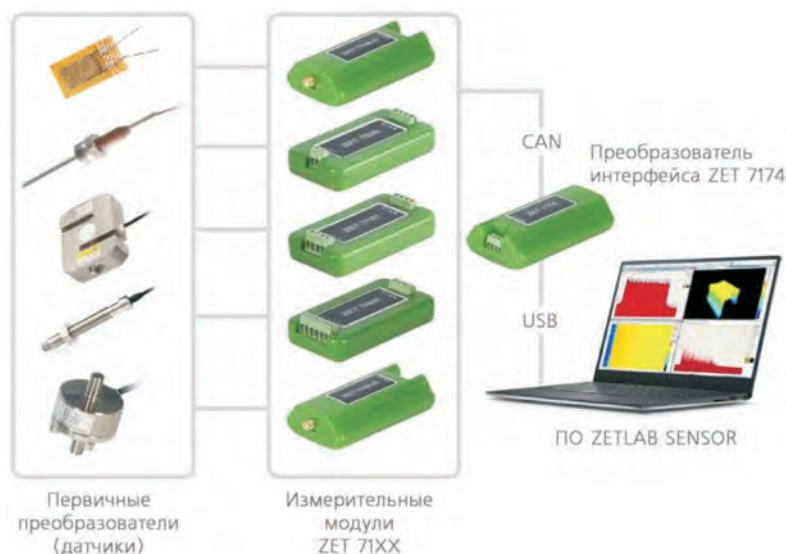
В Институте механики и машиноведения им. У.А. Джолдасбекова, возникла необходимость разработки тензометрической системы измерения, для экспериментального исследования механизмов, машин и роботов. Отличительной особенностью тензометрической системы измерения, является применение интеллектуальных цифровых датчиков ZETSENSOR [8]. С помощью устройств данного семейства возможно построение распределенных измерительных сетей, в отличие от централизованных схем измерений [8]. Система ТСИ позволит осуществить замеры следующих параметров: перемещение, силы, деформации и напряжения в звеньях механизмов, машин и роботов.

**Методы и материалы исследования.** На рисунке 1 показана конфигурация тензометрической системы измерения (ТСИ), для экспериментального исследования ме-

---

\* E-mail корреспондирующего автора: aman\_58@mail.ru

ханизмов, машин и роботов. ТСИ построена на базе интеллектуальных цифровых датчиков серии ZETSENSOR с интерфейсом CAN.



**Рисунок 1** – Конфигурация ТСИ для экспериментального исследования механизмов, машин и роботов

Измерение силы осуществляется с помощью цифрового датчика силы, который состоит из первичного преобразователя (тензодатчик UU) и измерительного модуля ZET 7111. Для измерения деформаций и напряжений в звеньях механизмов, машин, роботов, применяются фольговые тензорезисторы. Тензорезисторы наклеиваются на звенья механизмов, машин, роботов, в которых необходимо определить напряжения возникающие в процессе работы. Сигналы с датчиков обрабатываются измерительными модулями ZET 7111, которые передают измеренные значения через шину CAN 2.0 преобразователю интерфейса ZET 7174 и далее к компьютеру по интерфейсу USB 2.0.

Цифровой измерительный модуль ZET 7111 предназначен для измерения относительной деформации с помощью первичных преобразователей, выполненных на базе тензорезисторов. К цифровому измерительному модулю ZET 7111 могут подключаться либо готовые тензодатчики (датчики силы, датчики крутящего момента), либо отдельные тензорезисторы, подключаемые по полумостовой либо мостовой схеме. Питание датчика осуществляется напряжением переменного тока, таким образом, с помощью ZET 7111 проводятся динамические измерения. Внутри цифрового измерительного модуля ZET 7111 реализован алгоритм обработки информации, по аналогии с функционалом программы «Тензомер» и визуализация измеренных сигналов осуществляется при помощи программ «Вольтметр постоянного тока», «Многоканальный самописец» и др., входящих в состав программного обеспечения ZETLAB SENSOR [8]. При необходимости визуализации большого количества измерительных каналов используется программа «Многоканальная измерительная система». В за-

висимости от настройки программы, результатами измерений может быть сила, вес, перемещение, крутящий момент и другие параметры.

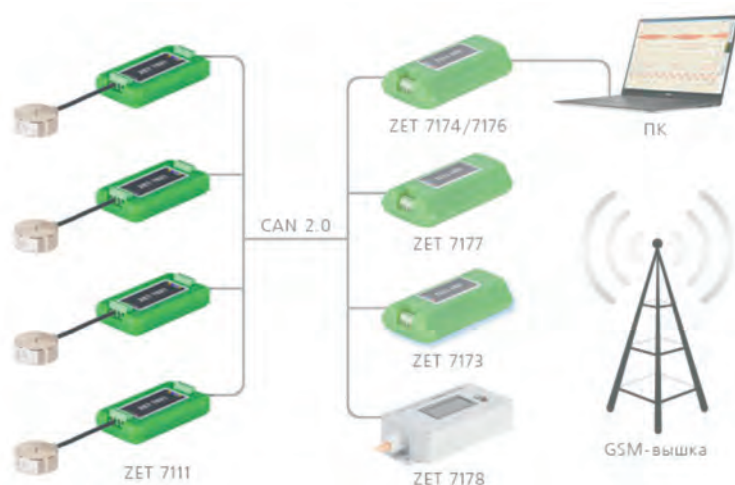
Цифровой тензодатчик состоит из первичного преобразователя (тензодатчика или тензомоста) и измерительного модуля ZET 7111. Тензодатчик устанавливается в месте измерений, измерительный модуль — в непосредственной близости. Датчики крепятся на объекте измерений, а модули, которые обеспечивают передачу информации располагаются в электротехнических шкафах. Преимуществом модулей ZETSENSOR является легкий монтаж и демонтаж, а так же индикация питания и передача сигнала, что в свою очередь облегчает диагностику системы на объекте. На выходе тензодатчика формируется напряжение, пропорциональное воздействию измеряемой величины. Измерительный модуль осуществляет преобразование этого напряжения в значения измеряемой величины и передает результаты в цифровом виде. Таким образом, для проведения измерений не требуется ни настраивать датчик, ни обрабатывать результаты - все необходимые настройки сохраняются в памяти модуля ZET 7111 и измерения производятся сигнальным процессором, входящим в состав измерительного модуля ZET 7111.

Выбор первичного преобразователя определяется решаемой задачей. Цифровые датчики с измерительным модулем ZET 7111 измеряют значение относительной деформации (при использовании тензомостов, рисунок 2 а) или значение воздействующих сил (при использовании тензодатчика, рисунок 2 б). Возможно конфигурирование цифрового датчика для измерения других величин, например, напряженности, крутящего момента, давления, веса.



**Рисунок 2** – Цифровые датчики с измерительным модулем ZET 7111:  
а) с использованием тензомостов; б) с использованием тензодатчика

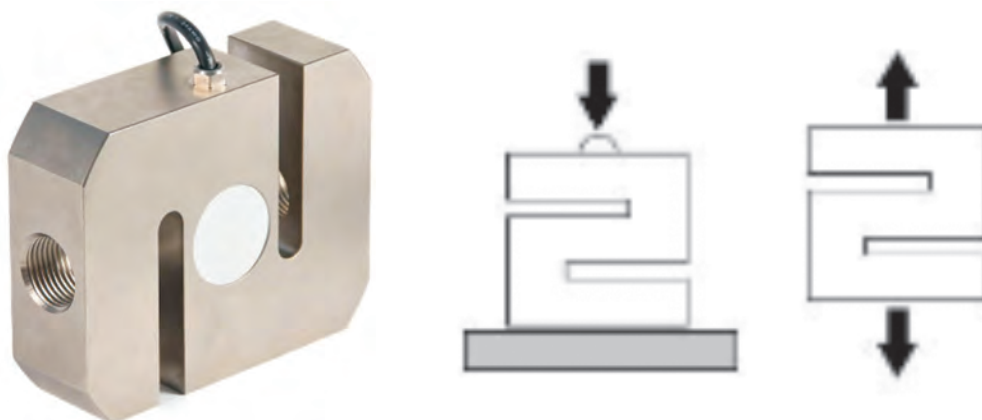
Для подключения измерительной сети к системам ZETLAB и ZETVIEW используется преобразователи интерфейса. Возможны варианты подключения по USB (ZET 7174), Ethernet/Wi-Fi (ZET 7176) или по GSM (ZET 7177), рисунок 3. Количество датчиков подключаемых к модулю ZET 7174 не более 4. Программное обеспечение ZETLAB поддерживает подключение до 200 цифровых датчиков к одному компьютеру. Измерительные сети также могут подключаться к любой системе по интерфейсу CAN 2.0.



**Рисунок 3** – Схема подключения измерительной сети к системам ZETLAB

При построении измерительной сети, цифровые датчики с интерфейсом CAN 2.0 подключаются последовательно. Образовавшаяся измерительная цепочка из цифровых датчиков, подключается к компьютеру при помощи преобразователя интерфейса ZET 7174.

Тензодатчик силы UU показан на рисунке 4, отличается точностью и компактностью, диапазон измерений от 2 кгс до 10 тс. Принцип действия датчика основан на преобразовании механической силы (растяжение/сжатие) вдоль оси симметрии датчика в пропорциональный электрический сигнал.



**Рисунок 4** – Тензодатчик силы UU

Разработанная ТСИ применялась для экспериментального исследования кривошипного пресса. Испытания проведены на кривошипном прессе JB23-10T со следующими характеристиками: номинальное усилие -100 кН; ход под номинальным

усилием – 4 мм; ход ползуна 50 мм; количество ходов -  $1 \div 145 \text{ мин}^{-1}$ ; скорость электродвигателя – 960 об/мин; мощность электродвигателя -1.5 кВт.

На рисунке 5 показан стенд для экспериментального исследования кривошипного пресса построена на базе ТСИ. Стенд позволяет осуществить замеры напряжений в шатуне и ползуне кривошипного пресса. Для измерения напряжений в шатуне и ползуне кривошипного пресса, в качестве первичных преобразователей, применяются фольговые тензорезисторы. Тензорезисторы наклеиваются на шатун и ползун исполнительного механизма кривошипного пресса, в которых необходимо определить напряжения возникающие в процессе работы. Эти сигналы обрабатываются ТСИ.



**Компьютер**      **Преобразователь интерфейса ZET 7174**      **Измерительный модуль ZET 7111**      **Тензорезисторы**

*Рисунок 5* – Стенд для экспериментального исследования кривошипного пресса

Экспериментальные исследование проводились на кривошипном прессе при следующих параметрах: мощность двигателя 1.8 квт, скорость вращения кривошипа 150 об/мин. Осуществлялась вырубка штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 0.8 мм и 1.6 мм. Операция вырубki проводилась на одиночном ходе кривошипного пресса. Для измерения скорости вращения кривошипа использовался датчик измерения оборотов UT372 (рисунок 6)





Рисунок 6 – Датчик измерения оборотов UT372

1) Для определения напряжения в шатунах кривошипного пресса на него был наклеен тензорезистор (рисунок 5). Размер сечения шатуна в месте наклейки тензорезистора 6.5x6.5 см. На рисунке 7 показан экспериментальный график напряжения в сечении шатуна при вырубке штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 0.8 мм. Максимальное напряжение при вырубке равно  $P = 4,95$  МПа. Площадь сечения шатуна в месте измерения равна  $4,225 \cdot 10^{-3}$  м<sup>2</sup>, тогда сила в данном сечении равна  $F_{ш}^{\max} = 20914$  Н. Вырубка отверстия в стальном листе происходит в окрестности нижней мертвой точки и максимальная сила на ползуне  $F_n^{\max}$  приблизительно равна максимальной силе в сечении шатуна  $F_{ш}^{\max}$  т.е.  $F_n^{\max} \approx F_{ш}^{\max} = 20914$  Н.

На рисунке 8 показан экспериментальный график напряжения в сечении шатуна при вырубке штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 1.6 мм. Максимальное напряжение при вырубке равно  $P = 12,75$  МПа. Площадь сечения шатуна в месте измерения равна  $4,225 \cdot 10^{-3}$  м<sup>2</sup>, тогда сила в данном сечении равна  $F_{ш}^{\max} = 53869$  Н. Вырубка отверстия в стальном листе происходит в окрестности нижней мертвой точки и максимальная сила на ползуне  $F_n^{\max}$  приблизительно равна максимальной силе в сечении шатуна  $F_{ш}^{\max}$  т.е.  $F_n^{\max} \approx F_{ш}^{\max} = 53869$  Н.

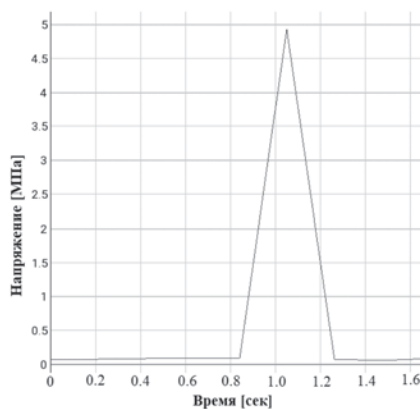
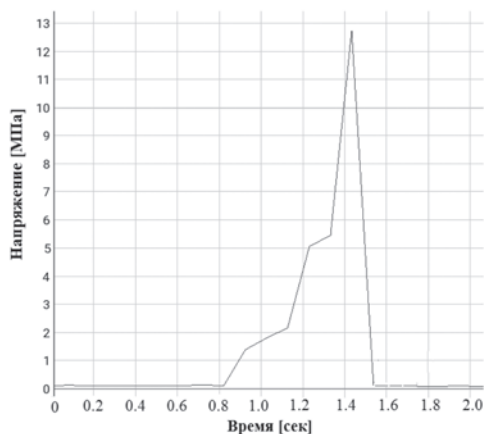


Рисунок 7 – Экспериментальный график напряжения в сечении шатуна, при вырубке штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 0.8 мм

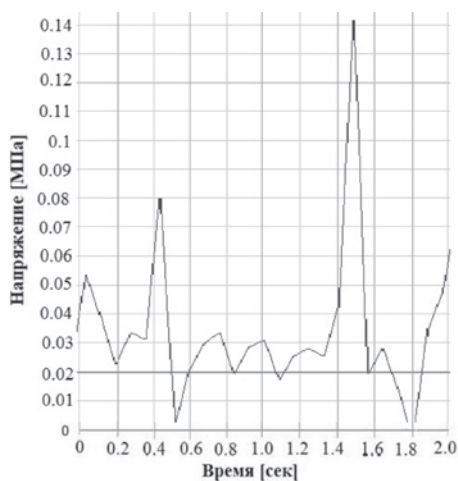


**Рисунок 8** – Экспериментальный график напряжения в сечении шатуна, при вырубке штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 1.6 мм

При увеличении толщины стального листа с 0.8 мм до 1.6 мм, сила необходимая для вырубке штампом кривошипного пресса отверстия диаметром 11 мм увеличивается в 2.58 раза.

2) Для определения реакции в направляющих ползуна кривошипного пресса, на ползун перпендикулярно был наклеен тензорезистор (рисунок 5) перпендикулярно направлению его движения. Размер сечения ползуна в месте наклейки тензорезистора 14.5x14.5 см.

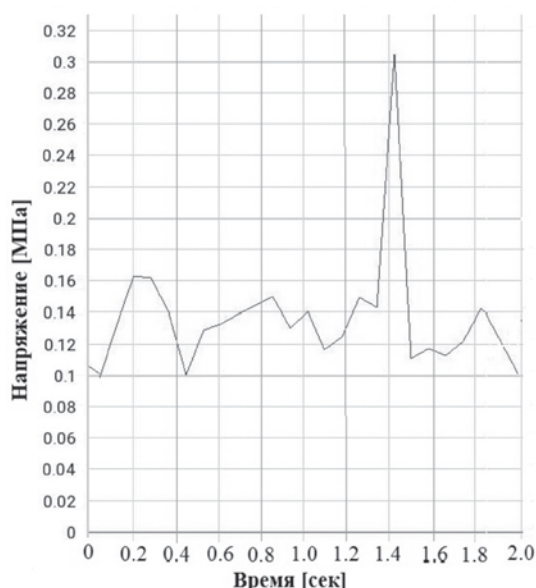
На рисунке 9 показан экспериментальный график напряжения в направляющих ползуна кривошипного пресса при вырубке штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 0.8 мм. Максимальное напряжение при вырубке равно  $P = 0,141$  МПа. Площадь сечения ползуна в месте измерения равна  $0,021$  м<sup>2</sup>, тогда сила в данном сечении равна  $F_t^{\max} = 2961$  Н. Считается, что данная сила равна максимальной реакции  $R_t^{\max}$  со стороны направляющих ползуна кривошипного пресса.



**Рисунок 9** – Экспериментальный график напряжения в направляющих ползуна кривошипного пресса при вырубке штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 0.8 мм

По сравнению с максимальной силой на ползуне  $F_n^{\max} = 20914$  Н необходимой для вырубки отверстия в стальном листе диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 0.8 мм, максимальная реакция  $R_t^{\max} = 2961$  Н со стороны направляющих ползуна кривошипного пресса составляет 14.2% от максимальной силы на ползуне.

На рисунке 10 показан экспериментальный график напряжения в направляющих ползуна кривошипного пресса при вырубке штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 1.6 мм. Максимальное напряжение при вырубке равно  $P = 0,305$  МПа. Площадь сечения ползуна в месте измерения равна  $0,021$  м<sup>2</sup>, тогда сила в данном сечении равна  $F_t^{\max} = 6405$  Н. Считается, что данная сила равна максимальной реакции со стороны направляющих ползуна кривошипного пресса.



**Рисунок 10** – Экспериментальный график напряжения в направляющих ползуна кривошипного пресса при вырубке штампом отверстия диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 1.6 мм

По сравнению с максимальной силой на ползуне  $F_n^{\max} = 53869$  Н необходимой для вырубки отверстия в стальном листе диаметром 11 мм в стальном листе толщиной 0.8 мм, максимальная реакция  $R_t^{\max} = 6405$  Н со стороны направляющих ползуна кривошипного пресса составляет 11.2% от максимальной силы на ползуне. При увеличении толщины стального листа с 0.8 мм до 1.6 мм, максимальная реакция  $R_t^{\max}$  со стороны направляющих ползуна кривошипного пресса, при вырубке штампом кривошипного пресса отверстия диаметром 11, увеличивается в 2.16 раз

**Выводы.** Разработана тензометрическая система измерения на базе интеллектуальных цифровых датчиков, для экспериментального исследования механизмов, машин и роботов. Тензометрическая система измерения позволяет определить перемещения, силы, деформации и напряжения в звеньях механизмов, машин и ро-

ботов. В тензометрической системе измерения, цифровые датчики с интерфейсом CAN 2.0 подключаются последовательно. Образовавшаяся измерительная цепочка из цифровых датчиков, подключается к компьютеру при помощи преобразователя интерфейса ZET 7174. Отличительной особенностью тензометрической системы измерения является простота ее применения, мобильность и возможность подключения различных типов датчиков. Тензометрическая система измерения применялась при проведении экспериментальных исследований кривошипного пресса. В результате экспериментальных исследований определены напряжения и силы в звеньях кривошипного пресса.

Работа выполнена в рамках грантового проекта AP09259339 финансируемого Министерством образования и науки Республики Казахстан и гранта на проведение фундаментальных исследований ИММаш им. У.А.Джолдасбекова BR20280990.

### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Hoffman K., 1989, An Introduction to Measurements using Strain Gauges, HBM GmbH, Darmstadt.
- 2 S.F Richard and E.B. Donald, "Theory and Design for Mechanical Measurements," 5th ed. John Wiley & Sons, Inc. Chapter 11: pp. 466, 2011.
- 3 H. Karl, "An Introduction to Measurements using strain gauges," Germany: Druckerei Drach Press, Alsbach. Pp.1-32, 1987.
- 4 S.F Richard and E.B. Donald, "Theory and Design for Mechanical Measurements," 5th ed. John Wiley & Sons, Inc. Chapter 11: pp. 466, 2011.
- 5 Hannah, R. L., and S. E. Reed: "The Strain Gage Users' Handbook," Elsevier Applied Science, London and New York, 1992
- 6 Hoffmann K 2001 Applying the Wheatstone bridge circuit HBM Company Kyowa Electronic Instruments Co. Ltd., 2016 Introduction to Strain Gages
- 7 Макаров М.А. Тензометрия в машиностроении. Справочное пособие. М., Машиностроение, 1975. 288 с.
- 8 ZETLAB - URL: <http://www.zetlab.com> (04.03.2021).

### REFERENCES

- 1 Hoffman K., 1989, An Introduction to Measurements using Strain Gauges, HBM GmbH, Darmstadt.
- 2 S.F Richard and E.B. Donald, "Theory and Design for Mechanical Measurements," 5th ed. John Wiley & Sons, Inc. Chapter 11: pp. 466, 2011.
- 3 H. Karl, "An Introduction to Measurements using strain gauges," Germany: Druckerei Drach Press, Alsbach. Pp.1-32, 1987.
- 4 S.F Richard and E.B. Donald, "Theory and Design for Mechanical Measurements," 5th ed. John Wiley & Sons, Inc. Chapter 11: pp. 466, 2011.
- 5 Hannah, R. L., and S. E. Reed: "The Strain Gage Users' Handbook," Elsevier Applied Science, London and New York, 1992
- 6 Hoffmann K 2001 Applying the Wheatstone bridge circuit HBM Company Kyowa Electronic Instruments Co. Ltd., 2016 Introduction to Strain Gages
- 7 Makarov M.A. Tenzometriya v mashinostroenii. Spravochnoe posobie. M., Mashinostroenie, 1975. 288 s.
- 8 ZETLAB - URL: <http://www.zetlab.com> (04.03.2021).

**А. Қ. ТӨЛЕШОВ, А. А. ДЖОМАРТОВ, А. Н. КАМАЛ, А. Е. АБДУРАИМОВ**

*Ө.А.Жолдасбеков атындағы Механика және машинатану институты,  
Алматы, Қазақстан  
e-mail: aman\_58@mail.ru legsert@mail.ru, kan77705@gmail.com,  
zizo\_waterpolo@mail.ru*

### **МЕХАНИЗМДЕРДІ, МАШИНАЛАРДЫ ЖӘНЕ РОБОТТАРДЫ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ ҮШІН ТЕНЗОМЕТРИЯЛЫҚ ӨЛШЕУ ЖҮЙЕСІ**

*Жұмыста механизмдерді, машиналарды және роботтарды эксперименттік зерттеуге арналған тензометриялық өлшеу жүйесі көрсетілген. Тензометриялық өлшеу жүйесі CAN интерфейсі бар ZETSENSOR сериясының интеллектуалды цифрлық сенсорларының негізінде құрастырылған. Ақпаратты өңдеу алгоритмі және өлшенген сигналдарды визуализациялау ZETLAB SENSOR бағдарламалық құралының көмегімен жүзеге асырылады. Тензометриялық өлшеу жүйесі механизмдердің, машиналар мен роботтардың буындарындағы орын ауыстыру, күштер, деформациялар мен кернеулер сияқты параметрлерді анықтау үшін қолданылады. Иінді преста тәжірибелік зерттеу үшін тензометриялық өлшеу жүйесі қолданылды. Алынған тәжірибе нәтижелері оны динамикалық өлшеулер үшін қолданудың қарапайымдылығы мен ыңғайлылығын растады.*

***Түйін сөздер:** тензометрді өлшеу жүйесі, сандық датчик, тензөлішегіш, кернеуі, күш, деформация, жүктеме.*

**A. K. TULESHOV, A. A. JOMARTOV, A. N. KAMAL, A. E. ABDURAIMOV**

*O.A.Joldasbekov, Institute of Mechanics and Engineering, Almaty, Kazakhstan  
e-mail: aman\_58@mail.ru legsert@mail.ru, kan77705@gmail.com,  
zizo\_waterpolo@mail.ru*

### **TENSOMETRIC MEASUREMENT SYSTEM FOR EXPERIMENTAL RESEARCH OF MECHANISMS, MACHINES AND ROBOTS**

*The paper shows a tensometric measurement system for the experimental research of mechanisms, machines and robots. The tensometric measuring system is built on the basis of intelligent digital sensors of the ZETSENSOR series with a CAN interface. The information processing algorithm and the visualization of the measured signals is carried out using the ZETLAB SENSOR software. The tensometric measurement system is used to determine such parameters as: displacement, forces, deformations and stresses in the links of mechanisms, machines and robots. A tensometric measurement system was used for the experimental study of the crank press. The obtained experimental results confirmed the simplicity and convenience of its use for dynamic measurements.*

***Key words:** strain gauge measurement system, digital sensor, strain gauge, stress, force, strain, load,*

---

---

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Абдрашов Э. Т. – Южно-Казахстанский университет имени Мухтара Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан
2. Абдураимов А. – магистр, инженер-конструктор института механики и машиноведения им. У. А. Джолдасбекова, г. Алматы, Казахстан
3. Азанбай Қ. Т. – магистр технических наук, преподаватель КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
4. Алгожаева Р. С. – магистр, старший преподаватель КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
5. Алимбаев Ч. А. – Институт механики и машиноведения имени академика У. А. Джолдасбекова; КазНИТУ им. К. И. Сатпаева, кафедра Робототехники и технических средств автоматизации, г. Алматы, Казахстан
6. Алимжанова Л. М. – Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
7. Алимхан К. – PhD, старший преподаватель кафедры математического и компьютерного моделирования, Евразийский национальный университет, г. Астана, Казахстан
8. Алишева С. С. – магистр, ст. преподаватель кафедры математического и компьютерного моделирования, Евразийский национальный университет, г. Астана, Казахстан
9. Амангелды Б. С. – докторант 2-го курса КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
10. Амиргалиев Е. – Институт информационных и вычислительных технологий, г. Алматы, Казахстан
11. Байгереев Д. Р. – Ph.D., асс. профессор, ведущий научный сотрудник Национальной инженерной академии РК, Алматы, Казахстан асс. профессор кафедры математики, Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Казахстан



- 
12. Баймаханова А. С. – Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Казахстан
  13. Бахадирова Г. Б. – магистр, PhD докторант Международного университета Астана, г. Астана, Казахстан
  14. Бекетова А. – старший преподаватель кафедры «Информационные системы» Казахского национального университета имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
  15. Бектемысова Г. У. – Международный Университет Информационных Технологий, г. Алматы, Казахстан
  16. Беркимбаев К. М. – Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Казахстан
  17. Бейсенби М. А. – Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан
  18. Бидахмет Ж. – PhD, и.о. доцента КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
  19. Вахитова А. Х. – ст. преподаватель Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир Хана, г. Уральск, Казахстан.
  20. Джомартов А. А. – член-корр. НИА РК, доктор технических наук, начальник отдела ОЭРК института механики и машиноведения им. У. А. Джолдасбекова, г. Алматы, Казахстан
  21. Ерденова А. К. – магистр, старший преподаватель Высшей школы экономики, Международный университет, г. Астана, Казахстан
  22. Жахиена А. Г. – магистр технических наук, ст. преподаватель Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир Хана, г. Уральск, Казахстан
  23. Жумадилаева А. К. – Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан
  24. Жумажанов Б. Ж. – к.т.н., старший научный сотрудник, Институт информационных и вычислительных технологий, г. Алматы, Казахстан

25. Зиятбекова Г. З. – PhD, и.о. доцента КазНУ имени аль-Фараби; снс Института Информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, г. Алматы, Казахстан
26. Иманберді А. А. – докторант кафедры «Информационные системы» Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан
27. Кадыров Б. – Университет Сулеймана Демиреля, Каскелен, Казахстан
28. Камал А. Н. – магистр, инженер-электронщик института механики и машиноведения им. У.А. Дждолдасбекова, г. Алматы, Казахстан
29. Кеншимов С. – Институт информационных и вычислительных технологий, г. Алматы, Казахстан
30. Ла Л. Л. – PhD, ассоциированный профессор кафедры «Информационные системы» Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан
31. Мадияров М. Н. – к.т.н., ведущий научный сотрудник Национальной инженерной академии РК, Алматы, Казахстан; ассоциированный профессор кафедры математики, Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Казахстан
32. Мамырбаев О. Ж. – PhD, ассоциированный профессор, Институт информационных и вычислительных технологий, г. Алматы, Казахстан
33. Мансурова М. Е. – к.ф.-м.н., доцент, заведующая кафедрой искусственного интеллекта и Big Data КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
34. Мазакова А. Т. – докторант КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
35. Манасова А. – докторант кафедры «Информационные системы» КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
36. Мизамова Г. Н. – ст. преподаватель Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

- 
37. Молдашева Р. Н. – докторант кафедры «Информационные системы» Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан
38. Муссиралиева Ш. – кандидат физико-математических наук, заведующая кафедры «Информационные системы» КазНУ им. аль-Фараби, аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
39. Муханбетжанова К. Т. – НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, Казахстан
40. Мухсина К. Ж. – PhD, ст. научный сотрудник, Институт информационных и вычислительных технологий, г. Алматы, Казахстан
41. Насс О. В. – доктор пед. наук, профессор Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, Россия
42. Нишева-Павлова М. – Софийский университет им. Св. Климента Охридского, Болгария
43. Орынбай Ж. С. – КазНИТУ им. К. И. Сатпаева, кафедра Робототехники и технических средств автоматизации, Международная Образовательная Корпорация, г. Алматы, Казахстан
44. Резник Б. Е. – д.т.н., профессор кафедры гражданского строительства и геоинформации в университете прикладных наук техники Бойт, Берлин, Германия
45. Сатыбаева Н. А. – НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, Казахстан
46. Силантьева М. А. – Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Российская Федерация
47. Силантьев А. – НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, Казахстан
48. Скублевская-Пашковская М. – Люблинский технологический университет, г. Люблин, Польша

49. Сулеймен И. Б. – докторант КазНУ имени аль-Фараби; г. Алматы, Казахстан
50. Тасмурзаев Н. М. – докторант 2-го курса КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
51. Тасболатуы Н. – PhD, старший преподаватель Высшей школы информационных технологий и инженерии, Международный университет Астана, г. Астана, Казахстан
52. Темирбек А. – Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан
53. Темирбеков Н. М. – д.ф.-м.н., профессор, вице-президент Национальной инженерной академии РК; профессор кафедры математического и компьютерного моделирования, КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
54. Тулешов А. К. – академик НИА РК, доктор технических наук, генеральный директор института механики и машиноведения им. У. А. Джолдасбекова, г. Алматы, Казахстан
55. Тұрсынхан А. М. – КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
56. Умуткулов Д. Б. – Международный Университет Информационных Технологий г. Алматы, Казахстан
57. Утешева Г. Ш. – магистр технических наук, ст. преподаватель Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г. Уральск, Казахстан
58. Хайрова Н. Ф. – д.т.н., профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина
59. Хлифаз Х. – Высший институт медицинских технологий Туниса, Тунис
60. Шайзат М. – докторант кафедры «Информационные системы» Казахского национального университета им. Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
61. Шарипбай А. А. – Международный Университет Информационных Технологий, г. Алматы, Казахстан
62. Ыбыгаева Г. С. – докторант, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Б. Жумагулов.</i> Триумфатор науки Средневековья .....	5
<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b>	
<i>Ч. А. Алимбаев, Ж. С. Орынбай.</i> Исследование электрокардиографических изменений у больных сахарным диабетом 2 типа .....	11
<i>Е. Амиргалиев, Б. Кадыров, Н. Хлифа, С.Кеншимов.</i> Определение подлинности изображений глаз с использованием технологии глубокого обучения в онлайн-экзаменах .....	21
<i>А. С. Баймаханова, К. М. Беркимбаев, А. К. Жумадилаева, Э. Т. Абдрашова.</i> Технология использования алгоритмов глубокого обучения .....	35
<i>М. А. Бейсенби, А. Темирбек.</i> Синтез настраиваемого регулятора основного контура адаптивной системы управления с одним входом и одним выходом .....	46
<i>А. Г. Жахиена, Г. Н. Мизамова, А. Х. Вахитова, О. В. Насс, Г.Ш. Утешева.</i> Технология мобильного обучения в учебном процессе технического вуза ...	56
<i>Г. З. Зиятбекова, Ж. Бидахмет, Р. С. Алгожаева, К. Т. Азанбай, А. Т. Мазакова, И. Б. Сулеймен.</i> Анализ последствия разрушения гидротехнических сооружений и возникновение аварийных ситуаций .....	68
<i>А. А. Иманберді, Л. Л. Ла, Р. Н. Молдашева.</i> Подходы к проектированию программной системы мониторинга и анализа данных социальных сетей, адаптированного под специфику казахского и русского языка .....	78
<i>Ш. Ж. Мусиралиева, М. Ж. Шайзат, А. К. Бекетова, А. Б. Манасова.</i> Идентификация подозрительных операций в сети биткоин: анализ, признаки и алгоритмы машинного обучения .....	86
<i>Б. Е. Резник, М. Е. Мансурова, Б. С. Амангелды, Н. М. Тасмурзаев, Ж. М. Орынбасаров, С. Ш. Иксанов.</i> Разработка интеллектуальной системы управления системой ОВИК с использованием машинного обучения .....	97
<i>Н. Тасболатұлы, Қ. Әлімхан, А. К. Ерденова, С. С. Алишева, Г. Б. Бахадирова.</i> Компьютерное моделирование слежения нелинейными системами высокого порядка с задержкой времени .....	106
<i>А. М. Тұрсынхан, Л. М. Алимжанова, М. Скублевская-Пашиковская.</i> Использование технологии блокчейн для мониторинга бизнес-процессов в еgr-системах .....	118
<i>А. А. Шарипбай, Д. Б. Умуткулов, Г. У. Бектемысова, М. Нишева-Павлова.</i> Анализ применения экспертных систем .....	128

<i>Г. С. Ыбытаева, О. Ж. Мамырбаев, Н. Ф. Хайрова, К. Ж. Мухсина, Б. Ж. Жұмажанов. Особенности коэффициента каппа Коэна как меры согласия мнений экспертов .....</i>	139
--	-----

## **ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА**

<i>М. А. Силантьева, Н. А. Сатыбаева, Қ. Т. Муханбетжанова. Применение новой мехатронной системы с последовательностью STIRsag в магнитно-резонансной томографии по протоколу whole-body .....</i>	152
--	-----

<i>Н. М. Темирбеков, Д. Р. Байгереев, М. Н. Мадияров. Разработка подсистем интеграции и анализа данных информационно-аналитической платформы для поддержки и принятия решений в области региональной экологической политики .....</i>	164
---	-----

<i>А. К. Тулешов, А. А. Джомартов, А. Н. Камал, А. Е. Абдураимов. Тензометрическая система измерения для экспериментального исследования механизмов, машин и роботов .....</i>	174
--	-----

<b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....</b>	184
---------------------------------	-----



## CONTENTS

<i>B. Zhumagulov.</i> The triumphant of the Middle Ages science .....	5
---	---

### INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

<i>Ch. A. Alimbayev, Zh. S. Orynbay.</i> A study of electrocardiographic changes in type 2 diabetes mellitus patients .....	11
<i>Y. Amirgaliyev, B. Kadyrov, N. Khelifa, C.Kenshimov.</i> Authenticity detection of eye images using deep learning technology in online exams .....	21
<i>A. S. Baimakhanova, K. M. Berkimbayev, A. K. Zhumadillayeva, E. T. Abdrashova.</i> Technology of using deep learning algorithms .....	35
<i>M. A. Beisenbi, A. Temirbek.</i> Synthesis of a configurable controller of the main circuit of an adaptive control system with one input and one output .....	46
<i>A. Zhahienal, G. Mizamova, A. Vakhitova, O. Nass, G. Utesheva.</i> Mobile learning technology in the educational process of a technical university .....	56
<i>G. Z. Ziyatbekova, Zh. Bidakhmet, R. S. Algozhayeva, K. T. Azanbay, A. T. Mazakova, I. B. Suleimen.</i> Analysis of the consequences of breakdowns of hydraulic structures and the occurrence of emergency situations .....	68
<i>A. A. Imanberdi, L. L. La, R. N. Moldasheva.</i> Approaches to the design of a software system for monitoring and analyzing data of social networks, adapted to the specificity of the kazakh and russian languages .....	78
<i>Sh. Mussiraliyeva, M. Shaizat, A. Beketova, A. Manassova.</i> Identification of Suspicious Transactions in the Bitcoin Network: Analysis, Features, and Machine Learning Algorithms .....	86
<i>B. E. Resnik, M. E. Mansurova, B. S. Amangeldy, N. M. Tasmurzayev, Zh. E. Baigarayeva, B. T. Imanbek.</i> Development of intelligent control system of hvac by using machine learning .....	97
<i>N. Tasbolatuly, K. Alimhan, A. K. Yerdenova, S. S. Alisheva, G. B. Bakhadirova.</i> Computer simulation of tracking in high-order nonlinear systems with time delay .....	106
<i>A. M. Tursynkhan, L. M. Alimzhanova, Maria Skublewska-Paszkowska.</i> Using blockchain technology for monitoring business processes in erp systems .....	118
<i>A. A.Sharipbay, D. B.Umutkulov, G. U. Bektemyssova, Mariya Nisheva-Pavlova.</i> Analysis of the application of expert systems .....	128
<i>G. S. Ybytayeva, O. Zh. Mamyrbayev, N. F. Khairova, K.Zh. Mukhsina, B. Zh. Zhumazhanov.</i> Features of Cohen's kappa coefficient as a measure of expert opinion agreement .....	139

## APPLIED MATHEMATICS

*M. A. Silanteva, N. A. Satybayeva, K. T. Mukhanbetzhanova, A. V. Silante.* Application of a mechatronic system with a STIRsage sequence in magnetic resonance imaging using the whole-body protocol ..... 152

*N. M. Temirbekov, D. R. Baigereyev M. N. Madiyarov.* Development of integration and data analysis subsystems of information and analytical platform for support and decision-making in the field of regional environmental policy ..... 164

*A. K. Tuleshov, A. A. Jomartov, A. N. Kamal, A. E. Abduraimov.* Tensometric measurement system for experimental research of mechanisms, machines and robots Information about authors ..... 174

**THE INFORMATION ABOUT AUTHORS**..... 184

Редактор *М. Ахметова*  
Верстка на компьютере *Е.В. Огурцовой*

Адрес редакции:  
Национальная инженерная академия РК  
*050010, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 80*  
*Тел. 8(727)-2915290*

Подписано в печать 08.08.2023 г.  
Гарнитура Таймс. Формат 70x100  $\frac{1}{16}$ .  
Уч.-изд. л. 10,8. Тираж 1000 экз.

*Отпечатано в типографии ТОО «Luxe Media Publishing»*