

ISSN(online) 2959-5894

ISSN (print) 2959-5886

**Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті**  
**Казахский национальный педагогический университет имени Абая**  
**Abai Kazakh National Pedagogical University**

# **ХАБАРШЫ**

**«Физика-математика ғылымдары» сериясы**  
**Серия «Физико-математические науки»**  
**Series of Physics & Mathematical Sciences**  
**№3(87)**

**Алматы, 2024**

ХАБАРШЫ

«Физика-математика ғылымдары»  
сериясы №3 (87), 2024 ж.

Бас редактор:

ф.-м.ғ.д., профессор М.А. Бектемесов

Редакция алқасы:

Бас ред.орынбасары:

п.ғ.д., профессор Е.Ы. Бидайбеков,  
ф.-м.ғ.д., профессор В.Н. Косов

Жауапты хатшылар:

п.ғ.к., қауым. профессор

Ш.Т. Шекербекова,

п.ғ.к., қауым. профессор

Г.А. Абдулкаримова

Техникалық хатшы:

Нурғали Ж.А.

Редакциялық алқа мүшелері:

Dr.Sci. К.Алимхан (Japan),

Phd.d. А.Сабата (Spain),

Phd.d. Е. Ковачева (Bulgaria),

Phd.d. М. Ружанский (England),

п.ғ.д., профессор В.В. Гриншкун (Ресей),

ф.-м.ғ.д., профессор С.И. Кабанихин  
(Ресей),

ф.-м.ғ.д., профессор Ф.Ф. Комаров,

(Республика Беларусь),

ф.-м.ғ.д., профессор В.М. Лисицин (Ресей),

п.ғ.д., профессор Н.И. Пак (Ресей),

ф.-м.ғ.д., профессор А.Л. Семенов (Ресей),

п.ғ.д., профессор А.Е. Абылқасымова,

т.ғ.д., профессор Е. Амиргалиев,

т.ғ.д., профессор Б.С. Ахметов,

ф.-м.ғ.д., профессор А.С. Бердышев,

т.ғ.д., профессор К. Бисембаев,

т.ғ.д., профессор Н.С. Заурбеков,

ф.-м.ғ.д., профессор М.Н. Калимолдаев,

т.ғ.д., профессор М.К. Кулбек,

ф.-м.ғ.д., профессор С.Т. Мухамбетжанов,

Phd.d., қауым., профессор м.а.

Ж.М. Нурмухамедова,

п.ғ.д., профессор Б.Д. Сыдықов,

т.ғ.д., профессор А.К. Тулешов

© Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, 2024

Қазақстан Республикасының Ақпарат

министрлігінде тіркелген

№ 4824 – Ж - 15.03.2004

(Журнал бір жылда 4 рет шығады)

2000 жылдан бастап шығады

Басуға 27.09.2024 қол қойылды

Пішімі 60x84 1/8. Көлемі 42,4 с.б.т.

Таралымы 300 дана. Тапсырыс 621.

050010, Алматы қаласы,

Достық даңғылы, 13

Абай атындағы ҚазҰПУ-ің “Ұлағат” баспасы

М а з м ұ н ы  
С о д е р ж а н и е  
C o n t e n t

МАТЕМАТИКА ЖӘНЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

MATHEMATICS AND MATHEMATICAL MODELING

Әлиұлы А., Карлина Е.И., Ердеш Е.Б.,

Моханрадж М., Беляев Е.К.

Фаза ауыстырғыш материалына толтырылған каналдары бар күн сәулесін жұту пластинасындағы жылу алмасу процесін сандық модельдеу .....

7

Yeshkeyev A.R., Yarullina A.R., Kassymetova M.T.

Jonsson existentially closed unars of expanded signature .....

17

Жаксыгулова Д.Д., Рахметуллина С.Ж., Гнатюк С.А.

Исследование модели расчета количественного критерия оценки устойчивости информационно-телекоммуникационных систем критически важных объектов инфраструктуры ....

27

Курмангалиев Е.К., Бекбауова А.У.

Построение решения в широком смысле линейной счетной системы дифференциальных уравнений .....

40

Сарсенбаева А.Е., Касенов С.Е.,

Әскербекова Ж.Ә., Тлеулесова А.М.

Вывод градиента функционала обратной задачи для уравнения Гельмгольца .....

49

Утесов А.Б., Утесова Г.И.,

Шанауов Р.А., Аманов Н.Ш.

О предельной погрешности оптимального оператора дискретизации решения уравнения Пуассона .....

57

МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

METHODS OF TEACHING MATHEMATICS

Ardabayeva A.K., Tuyakov Y.A.

Training future teachers of mathematics to develop financial literacy of school students .....

70

Бейсебай П.Б., Мұхамедиев Ғ.Х.

«Комплекс сан» тақырыбын баяндаудың бір әдістемесі .....

83

Syzdykova G., Zhampeissova G., Janabekova S.

Developing students' reflection skills through the integration of problem-based learning and the method of building algorithms ...

95

ИНФОРМАТИКА

COMPUTER SCIENCE

Aitim A.K., Satybaldiyeva R.Zh.

A systematic review of existing tools to automated processing systems for kazakh language.....

106

Казахский национальный  
педагогический университет  
имени Абая

ВЕСТНИК

Серия «Физико-математические науки»  
№3 (87), 2024 г.

Главный редактор:

д.ф.-м.н., профессор М.А. Бектемесов

Редакционная коллегия:

Зам.главного редактора:

д.п.н., профессор Е.Ы. Бидайбеков,

д.ф.-м.н., профессор В.Н. Косов

Ответ. секретари:

к.п.н., асс. профессор Ш.Т. Шекербекова,

к.п.н., асс. профессор Г.А. Абдулкаримова

Технический секретарь:

Нургали Ж.А.

Члены редколлегии:

Dr.Sci. К.Алимхан (Japan),

Phd.d. А.Сабата (Spain),

Phd.d. Е. Kovatcheva (Bulgaria),

Phd.d. М. Ruzhansky (England),

д.п.н., профессор В.В. Гриншкун (Ресей),

д.ф.-м.н., профессор С.И. Кабанихин

(Ресей),

д.ф.-м.н., профессор Ф.Ф. Комаров,

(Республика Беларусь),

д.ф.-м.н., профессор В.М. Лисицин

(Ресей),

д.п.н., профессор Н.И. Пак (Ресей),

д.ф.-м.н., профессор А.Л. Семенов (Ресей),

д.п.н., профессор А.Е. Абылкасымова,

д.т.н., профессор Е. Амиргалиев,

д.т.н., профессор Б.С. Ахметов,

д.ф.-м.н., профессор А.С. Бердышев,

д.т.н., профессор К. Бисембаев,

д.т.н., профессор Н.С. Заурбеков,

д.ф.-м.н., профессор М.Н. Калимолдаев,

д.т.н., профессор М.К. Кулбек,

д.ф.-м.н., профессор С.Т. Мухамбетжанов,

Phd.d., асс., профессор и.о.

Ж.М. Нурмухамедова,

д.т.н., профессор Б.Д. Сыдықов,

д.т.н., профессор А.К. Тулешов

© Казахский национальный педагогический  
университет им. Абая, 2024

Зарегистрирован в Министерстве  
информации

Республики Казахстан,

№ 4824 - Ж - 15.03.2004

(периодичность – 4 номера в год)

Выходит с 2000 года

Подписано в печать 27.09.2024.

Формат 60x84 1/8. Об. 42,4 уч.-изд.л.

Тираж 300 экз. Заказ 621.

050010, г. Алматы, пр. Достык, 13,  
Издательство «Ұлағат» КазНПУ им. Абая

Azhibekova Zh. Zh., Aliyeva A.O.,

Sarsenbiyeva N.F., Kaldarova B.S., Toktarova A.B.

Bidirectional long short-term memory in hate speech detection  
problem on networks ..... 123

Айтенов Н.Ж., Куламбаев Б.О.,

Жекенов Д.К., Губина Д.И.

Открытые данные и искусственный интеллект:  
сравнительный анализ США и Китая ..... 132

Zhanuzakov M., Balakayeva G.

A comparative study of load-balancing algorithms for reliability  
of enterprise information systems ..... 146

Khompysh A., Kapalova N.A.,

Dyusenbayev D.S., Varennikov V.A.

Study of the statistical security of the A104 encryption algorithm .. 154

Тұрғанбай Қ.Е., Исабаева С.Н.,

Тенизбаев Е.Ж., Жукова Т.А., Игнашова Л.В.

Нейрондық желілерді терең оқыту арқылы сөйлеушіні тану  
ерекшеліктері ..... 164

Тюлепбердинова Г.А., Кунелбаев М.М.,

Амирханова Г.А., Оралбекова Ж.О., Жартыбаева М.Г.

Студенттердің стресс жағдайларын бақылауға арналған  
әдебиеттер мен патенттік зерттеулерге шолу ..... 174

#### ИНФОРМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ. БІЛІМ БЕРУДІ АҚПАРАТТАНДЫРУ

#### МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

#### METHODS OF TEACHING COMPUTER SCIENCE. INFORMATIZATION OF EDUCATION

Абдиев К.С., Жасандықызы М.,

Майнцер Д.М., Науменко В.В., Примбетова Г.С.

Анализ инструментария измерения профессиональных  
компетенций выпускников направления подготовки ИКТ ..... 190

Абдулкаримова Г.А., Исабаева Д.Н., Аканова А.Б.

Разработка критериально-оценочного комплекса для  
мониторинга учебных достижений школьников по  
информатике ..... 207

Баймаханова А.Б., Рахимжанова Л.Б., Белходжаев А.А.

Особенности методики обучения будущих медиков  
компьютерному моделированию ..... 219

Калиниченко С.А., Шмигирилова И.Б.

Представления современных школьников об уровне  
собственной цифровой грамотности ..... 236

Кошанова Г.Д., Кошанова М.Д., Абдулатипов А.Ж.

Робототехниканы оқытуда виртуалды зертханаларды қолдану  
мүмкіндіктері ..... 249

Кулмагамбетова Ж.К., Рысдаулетова А.А.

Робототехниканы оқытуда кеңейтілген шындық  
технологияларын қолдану ..... 263

Abai Kazakh National  
Pedagogical University

BULLETIN  
Ser. Physics & Mathematical Sciences

№3 (87), 2024.

**Editor-in-Chief**

*Dr. Sci.* M.A. Bektemesov

**Deputy Editor-in-Chief:**

*Dr. Sci. (Ped.)*, Ye.Y. Bidaibekov,

*Dr. Sci.* V.N. Kosov

**Responsible editorial secretary:**

*Cand. Sci. (Ped.)* Sh.T. Shekerbekova

*Cand. Sci. (Ped.)* G.A. Abdulkarimova

**Technical Secretary:**

Nurgali J.A.

**Editorial board:**

*Dr.Sci.* K. Alimhan (Japan),

*Phd.d.* A. Cabada (Spain),

*Phd.d.* E. Kovatcheva (Bulgaria),

*Phd.d.* M. Ruzhansky (England),

*Dr.Sci.* V.V. Grinshkun (Russia),

*Dr.Sc.* S.I. Kabanikhin (Russia),

*Dr. Sci.* F.F. Komarov (Republic of

Belarus),

*Dr. Sci.* V.M. Lisicin (Russia),

*Dr. Sci. (Ped.)* N.I. Pak (Russia),

*Dr. Sci.* A.L. Semenov (Russia),

*Dr. Sci. (Ped.)* A.Ye. Abylkasymova,

*Dr.Sci.(Engineering)* Ye. Amirgaliyev,

*Dr.Sci.* B.S. Akhmetov,

*Dr. Sci.* A.S. Berdyshev,

*Dr. Sci.* K. Bisembaev,

*Dr. Sci.* N.S. Zaurbekov,

*Dr. Sci.* M.N. Kalimoldayev,

*Dr.Sci.(Engineering)* M.K. Kulbek,

*Dr. Sci.* S.T. Mukhambetzhinov,

*Phd.d.* Zh.M. Nurmukhamedova,

*Dr. Sci. (Ped.)* B.D. Sydykov,

*Dr.Sci.(Engineering)* A.K. Tuleshov

© Abai Kazakh National Pedagogical  
University, 2024

Registered in the Ministry of Information of the  
Republic of Kazakhstan,  
№ 4824 - Ж - 15.03.2004  
(Periodicity: 4 issues per year)  
Published since 2000

Signed to print 27/09/2024  
Format 60x84 1/8. Vol. 42,4 p.  
Printing 300 copies. Order 621.

Publishing and Editorial:  
050010, 13 Dostyk av., Almaty, Kazakhstan  
Publisher "Ulagat" Abai KazNPU

Оразалиева А.Е., Мадьярова Г.А.,

Молдабеков Б.К., Ерниязова С.Н.

Информатика пәнінен оқу жетістіктерін бағалау  
дескрипторларын құру ..... 274

Ramankulov Sh.Zh., Mussakhan N.P.,

Bitibaeva J.M., Kurbanbekov B.A., Berdi D.

Integration of education, science and production: methodological  
features of STEM product development ..... 287

Sabyrkhanova L.Sh., Zhaidakbayeva L.K., Seitkhanova A.B.

Using Scratch software to develop the computational thinking of  
primary school students ..... 296

Salgozha I.T., Turashova Sh.P.,

Seiduali K.B., Amangeldin A.A.

The necessity of implementing SMART classrooms in the  
training of future informatics teachers ..... 307

Сағымбаева А.Е., Жақсылықов А.Е.,

Шекербекова Ш.Т., Жамкеева А.Б.

Генеративті жасанды интеллект технологиясының  
программалаудан жоо студенттерінің білімін бақылаудағы  
рөлі ..... 320

Tazabekova P., Nurbekova Zh., Sembayev T.

Succession in teaching 3D modeling and AR/VR technologies ... 331

**МАТЕМАТИКА ЖӘНЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ**  
**МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**  
**MATHEMATICS AND MATHEMATICAL MODELING**

ГТАХР 30.17.35; 44.37.29

10.51889/2959-5894.2024.87.3.001

А. Әлиұлы<sup>1,2</sup> , Е.И. Карлина<sup>1</sup> , Е.Б. Ердеш<sup>1</sup> , М. Моханрадж<sup>3</sup> , Е.К. Беляев<sup>1,2\*</sup> 

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup>Үндістан инженерлік және технологиялық колледжі, Коимбатор, Үндістан

\*e-mail: [yerzhan.belyaev@kaznu.edu.kz](mailto:yerzhan.belyaev@kaznu.edu.kz); [yerzhan.belyayev@gmail.com](mailto:yerzhan.belyayev@gmail.com)

**ФАЗА АУЫСТЫРҒЫШ МАТЕРИАЛЫНА ТОЛТЫРЫЛҒАН КАНАЛДАРЫ БАР КҮН  
СӘУЛЕСІН ЖҰТУ ПЛАСТИНАСЫНДАҒЫ ЖЫЛУ АЛМАСУ ПРОЦЕСІН  
САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ**

*Аңдатпа*

Бұл зерттеу жұмысында Қазақстанның климат жағдайына арналған күн сәулесін жұту пластинасының энергетикалық сипаттамасын болжайтын, энергия және масса балансына негізделген сандық модель ұсынылған. Өнімділікті арттыру үшін күн сәулесін жұту пластинасының жаңа конфигурациясы ұсынылды. Қарапайым күн сәулесін жұту пластинасы мен фазасын ауыстырғыш материалдар (PCM) күн сәулесін жұту пластинасы нәтижелерінің арасында салыстыру жүргізілді. Сандық модельдеу күн сәулесінің қарқындылығы 100 Вт/м<sup>2</sup> пен 900 Вт/м<sup>2</sup> арасында болатын континенталды климат жағдайында, кең диапазонды қоршаған орта температуралық мәндері үшін жүргізілді. Күн сәулесінің қарқындылығы мен қоршаған орта температурасы әсері қарастырылды. Ұсынылып отырған технология келесі жүйелерге қолдануға жарамды: күн су жылытқышы, негізі ауа/жер болып табылатын күн жылу сорғысы, күн жылу энергиясын сақтау құралы. Жылу балансына негізделген есептеу алгоритмі әр түрлі конфигурациялы күн жылу коллекторының жылу сипаттамаларын модельдеу үшін қолданылады. Әртүрлі PCM-дер алдағы зерттеулерде қарастырылады.

**Түйін сөздер:** күн коллекторы; каналды күн сәулесін жұту пластинасы; фазалық ауысымы бар материал (PCM); континенталды климат.

A. Aliuly<sup>1,2</sup>, Ye. Karlina<sup>1</sup>, Ye. Yerdesh<sup>1</sup>, M. Mohanraj<sup>3</sup>, Ye. Belyayev<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>Hindusthan College of Engineering and Technology, Coimbatore, India

**HEAT TRANSFER MODELING IN SOLAR COLLECTOR ABSORBER WITH PHASE CHANGE  
MATERIAL**

*Abstract*

A numerical model has been proposed in this work for predicting the energy performances of the solar channel absorber plate under Kazakhstan climates. The numerical model is based on energy and mass balance. A new solar channel absorber plate configuration is proposed to improve the performance. A comparison of results has been made between the conventional solar absorber plate and solar channel absorber plate with PCM. The numerical simulation was performed for wide range of ambient temperatures of continental climate with wide range of solar intensities between 100 W/m<sup>2</sup> and 900 W/m<sup>2</sup>. The influences of solar intensity and ambient temperature are discussed. The proposed technology can be used in the following systems: solar water

heater, solar assisted air/ground source heat pump, solar thermal energy storage. The developed calculation algorithm based on the heat balance can be used to simulate the thermal performance of solar thermal collectors of various configurations. Various PCMs will be considered in future research, in the heat storage tank.

**Keywords:** solar collector; channel absorber plate; phase change material (PCM); continental climate.

А. Алиулы<sup>1,2</sup>, Е.И. Карлина<sup>1</sup>, Е.Б. Ердеш<sup>1</sup>, М. Моханрадж<sup>3</sup>, Е.К. Беляев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Университет Сатбаева, Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Хиндустанский колледж инженерии и технологии, Коимбатур, Индия

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В АБСОРБЕРЕ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА, ОСНАЩЕННОГО МАТЕРИАЛОМ С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ

### Аннотация

В данной работе предложена численная модель для прогнозирования энергетических характеристик поглощающей пластины солнечного канала в условиях климата Казахстана. Численная модель основана на балансе энергии и массы. Для улучшения характеристик предложена новая конфигурация пластины поглотителя солнечного канала. Проведено сравнение результатов между обычной солнечной абсорбционной пластиной и солнечной канальной абсорбционной пластиной с РСМ. Численное моделирование было проведено для широкого диапазона температур окружающей среды континентального климата с широким диапазоном солнечной интенсивности от 100 Вт/м<sup>2</sup> до 900 Вт/м<sup>2</sup>. Обсуждается влияние интенсивности солнечного излучения и температуры окружающей среды. Предлагаемая технология может быть использована в следующих системах: солнечный водонагреватель, солнечный тепловой насос с воздушным/земным источником тепла, солнечный накопитель тепловой энергии. Разработанный алгоритм расчета на основе теплового баланса может быть использован для моделирования тепловых характеристик солнечных коллекторов различных конфигураций. В будущих исследованиях будут рассмотрены различные РСМ в резервуаре для хранения тепла.

**Ключевые слова:** солнечный коллектор; канальная поглощающая пластина; фазоизменяющий материал (PCM); континентальный климат.

### Негізгі тұжырымдар

Бұл зерттеудің негізгі идеясы – фазалық ауысым материалдары (PCM) бар күн сәулесін жұту пластинасының жылу өнімділігін арттыру. Сандық модель энергия және масса балансына негізделген және континенталды климат жағдайларында PCM бар және қарапайым күн сәулесін жұту пластиналарын салыстыруға арналған. Зерттеу нәтижелері PCM қолданылған кезде жүйенің жылу тиімділігінің айтарлықтай жақсарғанын көрсетті, әсіресе Алматыдағы климаттық жағдайларда. PCM ретінде парафин 62 және гидрат тұзы 29 қолданылды, және есептеулер парафиннің жоғары температураға дейін қыздыру тиімділігін көрсетті.

### Кіріспе

Күн жылыту технологиясы экологиялық таза әрі арзан энергия алу үшін пайдалы қазбаларды емес, күн энергиясын пайдаланады. Аталған энергия суды немесе басқа да сұйықтарды жылыту үшін қолданылады. Қазіргі таңда күн жылыту жүйелерін сұйықтарды салқындату үшін пайдаланады. Нәтижесінде, коммуналдық төлемдерді 70 %-ға дейін төмендетеді. Күн жылу қондырғыларының ішінде ең көп кездесетіні – күн су жылыту жүйесі. Бұл жүйе тек жылы климатты елдерде ғана емес, сонымен қатар континенталды климатты елдерде де белсенді қолданылады. Мұнда суды жылытудың күн жүйесі қолданыстағы жылыту құрылғыларымен бірге қолданылады. Жүйенің негізгі элементтеріне күн жылыту коллекторлары және су сақтауға арналған резервуар жатады. РСМ суды сақтайтын резервуарда қысқа мерзімді жылу сақтауды жақсарту үшін қолданылады. Күн энергиясын сақтауға арналған РСМ-дерге соңғы шолу [1] жұмыста көрсетілген. Осы зерттеудің авторлары бұрын су сақтау резервуарларында әртүрлі РСМ көмегімен күн жылу энергиясын каскадты

пайдалану тиімділігі туралы зерттеулер жүргізген [2]. Бұл жұмыс жақсартылған күн коллекторына арналған зерттеулердің жалғасы болып есептеледі.

Жылу тиімділігін арттыру үшін күн коллекторлары әртүрлі гибридті конфигурацияларда қарастырылады. Түтікшелі торлы қабылдағыш параболалық өңеші бар күн коллекторлары жүйесіне арналған сіңіру түтігі ретінде енгізілді [3]. Аталған жұмысқа сәйкес, каналды торлары бар құбырлы қабылдағышты қолданған жағдайда, жылуберу коэффициенті 12,0% артуы мүмкін. [4] жұмыста тесілген гофрленген пластинасы бар күн ауа коллекторы ұсынылған, ол өткізгіш күн ауа коллекторы мен гофрленген қаптамамен жасақталған күн ауа коллекторының үйлесімі болып табылады. [4] жұмыстағы күн ауа коллекторының мысалы жылыту маусымында 820,7 МДж энергия өндіре алатындығын көрсетеді, бұл өз кезегінде 43,1 кг стандартты көмірді үнемдеуге және көмірқышқыл газының бөлінуін 102,1 кг-ға төмендетуге мүмкіндік береді. [5] жұмыста шағын көлемді турбулизаторлар жұтқыш пластинаға қолданылған, ол еркін конвекцияны күшейту мақсатында осы беттің үстіндегі ауаның тұтқыр қабатын бұзады. [5] жұмысқа сәйкес, тегіс пластинаға қарағанда, жұтқыш пластина үшін штифт қадамы 16 мм болған жағдайда, өнімділік 26,5%-ға артқан. 4 мм-лік штифт ұзындығы – Нуссельт санының артуы үшін қолайлы жағдай туғызған. Ығыстырылған қабырғалы абсорбері бар күн ауа жылытқышына термогидравликалық әсерді бағалау теориялық тұрғыдан [6] зерттелді. Төменгі массалық шығын кезінде ығысу қабырғасының жұтқыш пластинаның астына бекітілуі – жылу мен термогидравликалық тиімділіктің айтарлықтай жоғарылауына әкелген [6]. Штифт қабырғаларының өлшемін анықтау кезінде эксергетикалық өнімділікті арттыру әдісі қолданылады [7]. Аталған зерттеудегі нәтижелерге сәйкес, оңтайландырылған қабырғаның жоғары тиімділігі күн ауа жылытқышымен жылуды сіңіру және шашырату әлеуетін жақсартады. Жылу өнімділігін арттыру мақсатында кірістірілген қанатшалары бар жұтқыш пластиналы күн ауа коллекторы қарастырылған және алынған мәліметтері бойынша, жиырма бес түрлі конфигурациялары 0,5-0,74 орташа жылу тиімділігін береді. Салыстырмалы түрде коллекторды күн сәулесін жоғары өткізетін әйнекпен қаптағанада тиімділігі 0,83-ке жетеді [8]. [9]-шы жұмыста параболалық ойық коллекторында әр түрлі жұмыс сценарийлері үшін тегіс абсорбер пластинасы бар он екі түрлі жиектердің геометриялары қарастырылады және салыстырылады. [9] келтірілген нәтижелерге сәйкес, қалыңдық пен ұзындықтың артуы – жоғары жылу сипаттамаларына, сонымен бірге қысым жоғалуының жоғарғы мәнін көрсетеді. Кедір-бұдырлы қабырғаларды немесе нанобөлшектерді қолданатын жасырын жылу сақтау жүйелерімен біріктірілген күн коллекторларын сандық зерттеуге шолу [10] жұмыста көрсетілген.

Бұл мақалада жылу тиімділігі мен өнімділігін арттыру үшін, күн су жылыту жүйесін РСМ бар каналды жұту пластинасына негізделген күн жылу коллекторларымен біріктірген. Сандық модель энергия және масса балансына негізделген және континенталды климат жағдайы үшін есептелді. Сондай-ақ күн сәулесінің қарқындылығы мен қоршаған орта температурасы ескерілді.

### **Зерттеу әдіснамасы**

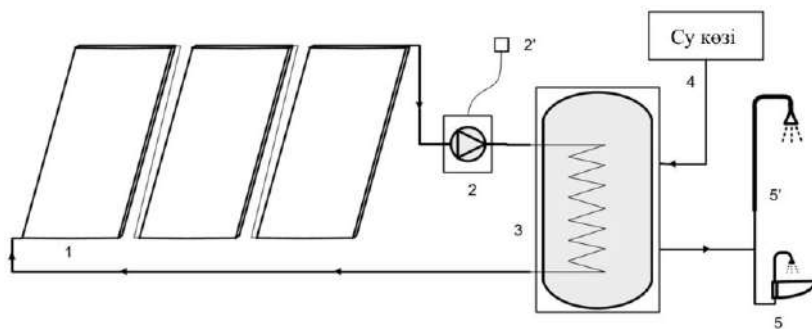
Зерттеу Алматы, Қазақстан жағдайында жүргізілді, және күн энергиясын жұту пластинасының жылу тиімділігін бағалауға бағытталған. Бұл зерттеуде фазалық ауысым материалдары (PCM), соның ішінде парафин 62 және гидрат тұзы 29 қолданылды, олар күн коллекторларына орнатылды. Модельдеулер сандық түрде Python бағдарламалық тілі арқылы, энергия және масса балансына негізделген есептеу әдістерімен жасалды. Нәтижелер фазалық ауысым материалдарының жылу сақтау тиімділігін арттыру мүмкіндігін көрсетті, әсіресе кешкі уақытта жылу жоғалтуды азайту тұрғысынан тиімді болды.

### **Жүйенің сипаттамасы**

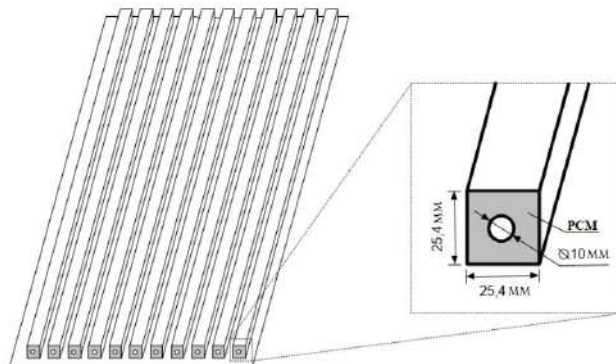
Күн су жылыту құралы – бұл ыстық сумен қамтуға қолдануға арналған жылутехникалық жабдық. Аталмыш жабдық бірнеше негізгі бөліктерден тұрады (1-сурет). Олар: 1 – күн

жылыту коллекторы, 2 – сорғы станциясы, 2' – контроллер, 3 – ыстық суды сақтауға арналған резервуар, 4 – су көзі, 5 және 5' – ыстық суды қолдану жабдықтары. Күн жылыту коллекторының жылу өнімділігін арттыру мақсатында бұл мақалада фазалық ауысу (PCM) арқылы жұмыс істейтін күн сәулесін жұту пластинасы ұсынылды (2-сурет). Диаметрі 10 мм құрайтын абсорбердің мыс түтіктері геометриялық өлшемдері 2-суретте көрсетілген тікбұрышты каналға орналастырылған. Жылу жинайтын материал (PCM) мыс түтік пен тікбұрышты арна арасына құйылады.

Бұл зерттеу жұмысының негізгі мақсаты – күн коллекторының жылу өнімділігін арттыру. Мақалада жылу жинақтаушы материалдарды (PCM) қолдана отырып, гибриді күн коллекторының жылу тиімділігін есептеудің математикалық моделі мен есептеу алгоритмі ұсынылған.



Сурет 1. Күн су жылыту жүйесі



Сурет 2. PCM толтырылған каналдары бар абсорберлік пластина

#### Математикалық модель

PCM-мен қапталған жұту пластинасына негізделген күн жылу коллекторының әртүрлі бөліктері үшін энергетикалық тепе-теңдік теңдеулері төмендегідей сипатталады.

Шыны қақпақ үшін энергия балансы:

$$m_g \cdot C_g \cdot \frac{dT_g}{dt} = (1 - \rho_g) \cdot \alpha_g \cdot G_H - q_{r,g-a} - q_{c,g-a} \quad (1)$$

PCM толтырылған каналдары бар сіңіргіш пластина үшін энергия балансы:

$$m_b \cdot C_b \cdot \frac{dT_b}{dt} = (1 - \rho_g) \cdot (1 - \alpha_g) \cdot \alpha_b \cdot G_H - q_{c,b-pcm} - q_{loss} \quad (2)$$

PCM үшін энергия баланс теңдеуі:



$$m_{pcm} \cdot C_{pcm} \cdot \frac{dT_{pcm}}{dt} = q_{c,b-pcm} - q_{c,pcm-f} \quad (3)$$

Жұмыс сұйықтығы үшін энергия баланс теңдеуі:

$$m_f \cdot C_f \cdot \frac{dT_f}{dt} + v \frac{dT_f}{dx} = q_{c,pcm-f} \quad (4)$$

(1)-(4) теңдеулерінің оң жағында берілген жылу беру механизмдері келесідей анықталады:

$$q_{r,g-a} = 0.9 \cdot \sigma (T_g^4 - T_{sky}^4) \quad (5)$$

Мұндағы аспанның тиімді температурасы  $T_{sky} = T_a - 6$ .

Шыны мен қоршаған орта арасындағы конвективті жылу алмасу:

$$q_{c,g-a} = h_{c,g-a} (T_g - T_a) \quad (6)$$

Мұндағы шыны мен қоршаған орта арасындағы конвективті жылу алмасу коэффициенті келесі қатынастардан анықталады:

$$\begin{cases} h_{c,g-a} = 2.8 + 3 \cdot V, & V \leq 5 \text{ m/s} \\ h_{c,g-a} = 6.15 \cdot (V)^{0.8}, & V > 5 \text{ m/s} \end{cases} \quad (7)$$

Жұту пластинасы мен РСМ арасындағы кондуктивті жылу алмасу:

$$q_{c,b-pcm} = k_{b-pcm} (T_b - T_{pcm}) \quad (8)$$

Мұндағы абсорбер мен РСМ арасындағы кондуктивті жылу алмасу коэффициенті келесідей анықталады:

$$k_{b-pcm} = \left( \frac{L_b}{k_b} + \frac{L_{pcm}}{k_{pcm}} \right)^{-1} \quad (9)$$

Жалпы жылу шығыны жылу өткізгіштіктен изоляцияға дейін жылу жоғалтуынан және конвекция арқылы изоляциядан қоршаған ауаға жылу жоғалтуынан тұрады. Жылу шығыны теңдеуін төмендегідей жаза аламыз:

$$q_{loss} = U_b (T_b - T_a) \quad (10)$$

Мұндағы жылу шығыны коэффициенті:

$$U_b = \left( \frac{L_b}{k_b} + \frac{L_i}{k_i} + \frac{1}{h_i} \right)^{-1} \quad (11)$$

РСМ мен жылутасымалдағыш сұйық арасындағы конвективті жылуалмасу:

$$q_{c,pcm-f} = h_{c,pcm-f} (T_{pcm} - T_f) \quad (12)$$

РСМ мен су арасындағы конвективті жылутасымал коэффициенті келесі қатынастармен анықталады:

$$\begin{cases} h_{c,pcm-f} = 0.54 \cdot \frac{k_f \cdot Ra_f^{1/4}}{L_f}, & Ra = 10^4 - 10^7 \\ h_{c,pcm-f} = 0.15 \cdot \frac{k_f \cdot Ra_f^{1/3}}{L_f}, & Ra = 10^7 - 10^{11} \end{cases} \quad (13)$$

### Есептеу әдісі

(1)-(13) теңдеулерінің сандық шешімдері төртінші ретті Рунге-Кутта әдісіне негізделген [11-13]. Сандық алгоритмді шешу үшін Python бағдарламалық тілі қолданылды. Сыртқы орта температурасы күн коллекторының әртүрлі бөлігіндегі температураның бастапқы шарты ретінде қабылданды. Уақыттың алғашқы қадамында температураның бұл мәні конвективті және радиациялық жылу беру коэффициенттерін есептеу үшін қолданылды. Аталған мәндер мен физикалық қасиеттер негізінде жүйенің әртүрлі бөлігіндегі температура мәндері есептелді. 1 кестеде РСМ-нің екі негізгі параметрі – гидрат тұзы 29 бен парафин 62 қасиеттері көрсетілген.

Кесте 1. Фазалық ауысымы бар материалдардың жылуфизикалық қасиеттері [14-16]

PCM атауы	Парафин 62	Гидрат тұзы 29, (HS 29)
Балқу температурасы, °C	52 – 67	28-30
Келбеті (түсі)	Ақ	Сұр
Латентті жылу, кДж/кг	351.7	205
Меншікті жылу сыйымдылық, кДж/кг·K	2.14	2.14
Жылуөткізгіштік, Вт/м·K	0.24	1.09/0.54
Тығыздық, кг/м <sup>3</sup>	900	1600

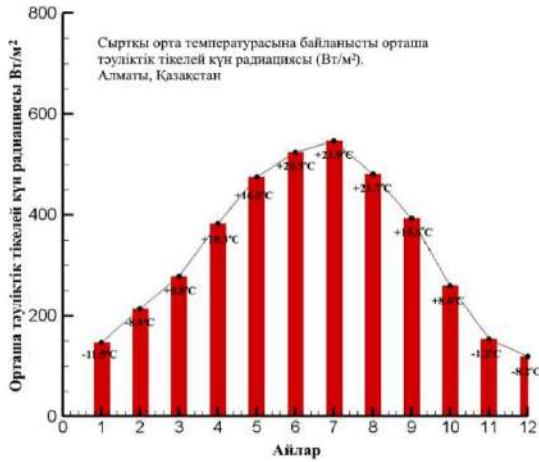
### Зерттеу нәтижелері

Зерттеу нәтижесінде фазалық ауысым материалдарын (PCM) қолдану арқылы күн коллекторының жылу тиімділігін арттыру мүмкін екені анықталды. Сандық модельдеулер Алматы, Қазақстан климаты үшін жүргізілді және РСМ көмегімен жұмыс істейтін күн жұту пластинасының жылу өнімділігі бағаланды. Парафин 62 қолданылған жағдайда, гидрат тұзы 29-ға қарағанда жылуды ұзақ сақтауға қол жеткізілді, әсіресе кешкі уақытта. Бұл нәтижелер болжамның дұрыс екенін растайды және РСМ қолдану күн коллекторының тиімділігін арттыратынын көрсетеді.

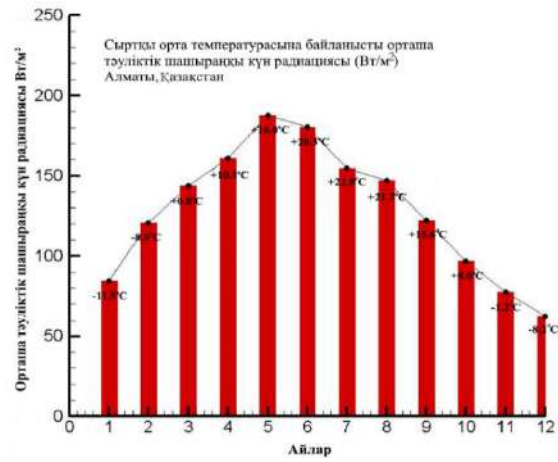
### Нәтижелер мен талқылау

Жоғарыда келтірілген алгоритмді пайдалана отырып, Алматы, Қазақстан климаттық жағдайы үшін РСМ көмегімен күн жұтқыш пластинасының температурасы есептелді. Есептеулерде күн радиациясы мен қоршаған орта температурасы туралы тиісті мәліметтер ескерілді. Сәйкесінше қоршаған орта температурасына байланысты күн радиациясының тікелей (3-сурет) және диффузиялық (4-сурет) маусымдық ауытқуларын көрсетеді.

Жазғы уақытқа байланысты (Алматы) РСМ бар күн жұтқыш пластинасының әр бөлігіндегі температураның өзгеруі көрсетілген (5-сурет). 5 суреттен көріп отырғанымыздай, парафин 62-ні РСМ ретінде қолданған кезде жұмыс сұйықтығының (сұйық ағынының) максималды температурасы 50,68 °C, ал HS29 88,4 °C-ты құрайды. Парафин 62 бар жұмыс сұйықтығының температурасының төмен болуы парафин 62-нің балқу температурасы (52-67 °C) гидрат тұздығы 29-ға қарағанда (28-30 °C) жоғары болуынан. Сәйкесінше жылуды көбірек қажет етеді.

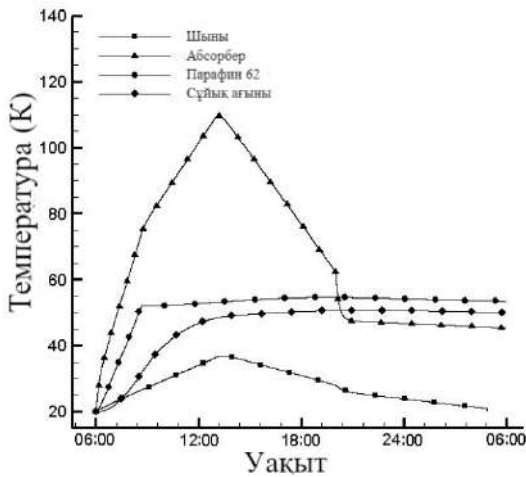


Сурет 3. Алматыдағы тікелей күн радиациясы

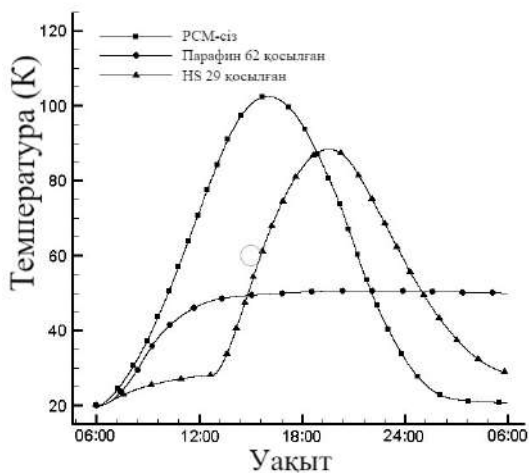
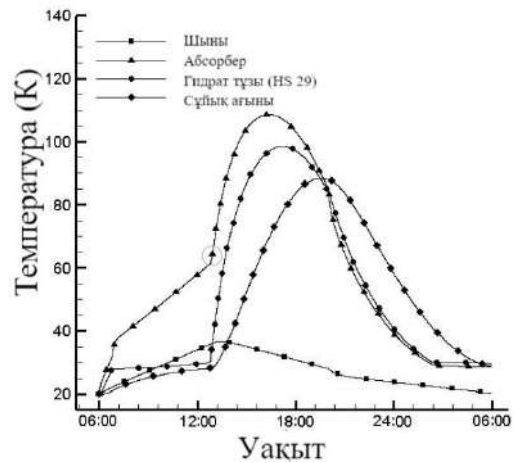


Сурет 4. Алматыдағы шашыраңқы күн радиациясы

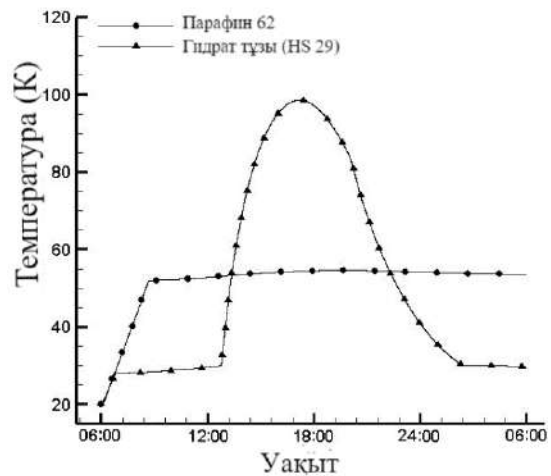
Үш түрлі жағдай үшін жұмыс сұйықтығының температурасы көрсетілген (6-сурет). Екі түрлі PCM температурасы көрсетілген (7-сурет).



Сурет 5. Күн каналы жұту пластинасының әртүрлі бөлігіндегі температураның өзгерісі



Сурет 6. Уақытқа байланысты жұмыс сұйықтығының температурасының өзгеруі



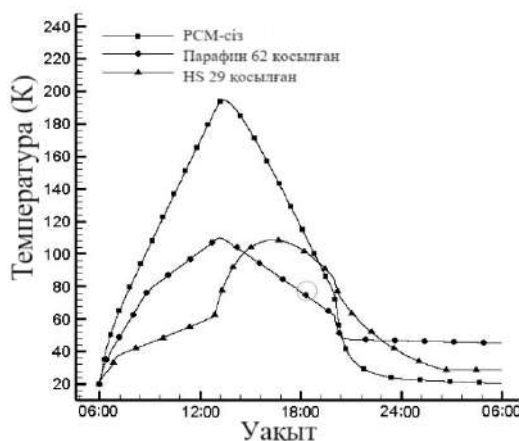
Сурет 7. Уақытқа байланысты РСМ температурасының өзгеруі

Күн каналының сіңіргіш пластинасының температурасының уақытқа байланысты өзгеруі көрсетілген (8-сурет). Сондай-ақ осы суретте жұтқыш пластинаның жылу жинақтаушы материалдарды пайдаланбай-ақ максимал температураны қабылдайтындығын көрсетеді.

Алайда, кешке, күн сәулесі болмаған кезде, сорғыш тез суиды. Парафин 62 бар жұтқыш (абсорбер) пластансының максималды температурасы 109,8 °С-қа жетеді, ал HS29-мен ол 108,6 °С құрайды. Күн сәулесі жұтқышы болмаған жағдайда, Парафин 62 пластинасының температурасы 45,6 °С, ал HS29 28,6 °С-ты құрайды. Бұл, өз кезегінде балқу температурасына жуық мәнді көрсетеді.

### Дискуссия

Зерттеу нәтижелері фазалық ауысым материалдарын (PCM) қолдану күн коллекторының жылу тиімділігін арттыратынын көрсетті, бұл оның практикалық маңыздылығын айқындайды. Атап айтқанда, парафин 62 және гидрат тұзы 29 сияқты PCM-дер күн энергиясын жинақтау және сақтау тиімділігін арттыруда түрлі артықшылықтар берді. Парафин 62 жоғары балқу температурасынан кейін жылуды ұзақ сақтай алады, бұл әсіресе кешке күн сәулесі болмаған жағдайда жүйенің өнімділігін жақсартуға мүмкіндік береді. Бұл зерттеу басқа зерттеулермен сәйкес келеді, мысалы, фазалық ауысым материалдарын қолдану арқылы жылу энергиясын сақтау саласындағы артықшылықтарды көрсететін бұрынғы жұмыстармен.



Сурет 8. Уақытқа байланысты каналды күн жұту пластинасының температурасының өзгеруі

Бұл зерттеудің маңыздылығы күн энергиясын тиімді пайдалануды арттыруда және қоршаған ортаға зиянсыз, экологиялық таза энергия көздерін дамытуда жатыр. Сондай-ақ, PCM-дердің әртүрлі түрлерін пайдалану арқылы жылу жүйелерінің тиімділігін жақсарту болашағы ашық болып тұр. Болашақ зерттеулер әртүрлі PCM материалдарын салыстыруға және күн энергиясын тиімді сақтау үшін оңтайлы конфигурацияларды анықтауға бағытталатын болады.

### Қорытынды

Алматы, Қазақстан метеорологиялық жағдайы үшін PCM бар күн сіңіргіш пластинасында жылу беруді сандық модельдеу жүргізілді. Аталған есептеулер үшін математикалық модель, сандық алгоритм және компьютерлік бағдарлама жасалды. Сандық зерттеулер күн радиациясы болмаған кезде PCM құймаған жағдай үшін және гидрат 29 тұзы құйылғанға қарағанда, сіңіргіште жылу жинақтайтын материал ретінде парафин 62-ні пайдалану жақсырақ нәтиже беретіндігін көрсетті. Жылу сақтау ұзақтығы ыстық суды сақтауға арналған резервуарда жинақталған жылуды қолдануға байланысты.

## АЛҒЫС

Авторлар Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университетінің (Yessenov University) «Экология және геология» кафедрасының профессор м.а., жоба жетекшісі Самал Сырлыбекқызына, сонымен қатар Yessenov University «Энергетика және автоматтандыру» кафедрасының ассистент профессорі Баимбетов Дінмұхамбет Баимбетұлына жан-жақты қолдау мен осы зерттеуді жүзеге асыруға мүмкіндік берген ресурстар үшін шынайы алғысын білдіреді. Сіздердің ғылыми идеяларды дамытуға қосқан үлестеріңіз бен ұйымдастырушылық қолдауларыңыз баға жетпес болып, осы жобаның сәтті жүзеге асырылуында негізгі рөл атқарды.

## Қаржыландыру көзі

Зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің гранттық қаржыландыруы аясында ИРН АР14871988 «Разработка солнечно-тепловой опреснительной установки на основе теплового насоса» жобасы бойынша жүргізілді.

## Мүдделер қақтығысы

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ екенін мәлімдейді.

### Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

- [1] Naveenkumar R., Ravichandran M., Mohanavel V., Karthick A., Aswin L. S. R. L., Priyanka S. S. H., Kumar S. K., Kumar S. P. Review on phase change materials for solar energy storage applications. *Environmental Science and Pollution Research* 29 (2022), pp. 9491-9532. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17152-8>
- [2] Akhmetov B., Navarro M.E., Seitov A., Kaltayev A., Bakenov Z., Ding Y. Numerical study of integrated latent heat thermal energy storage devices using nanoparticle-enhanced phase change materials. *Solar Energy* 194 (2019), pp. 724-741. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.10.015>
- [3] Gong X., Wang F., Wang H., Tan J., Lai Q., Han H. Heat transfer enhancement analysis of tube receiver for parabolic trough solar collector with pin fin arrays inserting. *Solar Energy Volume 144* (2017), pp. 185–202. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.01.020>
- [4] Huan Z., Xintong M., Shijun Y., Yaran W., Xuejing Z., Tianzhen Y., Wandong Z., Shen W. Mathematical modeling and performance analysis of a solar air collector with slit-perforated corrugated plate. *Solar Energy Volume 167* (2018), pp. 147–157. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.04.003>
- [5] Syed E. G., Hussain H. A., Dereje E. W., Syed I. G. Performance enhancement of free convective solar air heater by pin protrusions on the absorber. *Solar Energy Volume 151* (2017), pp. 173–185. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.05.038>
- [6] Shalini R., Prabha C., Sharma S.P. Evaluation of thermo hydraulic effect on offset finned absorber solar air heater. *Renewable Energy Volume 125* (2018), pp. 39-54. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.110>
- [7] Nwachukwu P. N. Employing exergy-optimized pin fins in the design of an absorber in a solar air heater. *Energy Volume 35* (2010), pp. 571–575. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.10.027>
- [8] Donggen P., Xiaosong Z., Hua D., Kun L. Performance study of a novel solar air collector. *Applied Thermal Engineering Volume 30* (2010), pp. 2594-2601. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2010.07.010>
- [9] Evangelos B., Christos T., Dimitrios T. Thermal enhancement of parabolic trough collector with internally finned absorbers. *Solar Energy Volume 157* (2017), pp. 514–531. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.08.067>
- [10] Shahab B., Irfan A. B., Mohammad S. N. A review of numerical studies on solar collectors integrated with latent heat storage systems employing fins or nanoparticles. *Renewable Energy Volume 118* (2018), pp. 761-778. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.11.030>
- [11] Aliuly, A., Mohanraj, M., Belyayev, Ye., Jayaraj, S., Kaltayev, A. Numerical modelling of photovoltaic thermal evaporator for heat pumps. *Bulgarian Chemical Communications Volume 48, Special Issue E* (2016), pp. 135 – 139. [http://bcc.bas.bg/BCC\\_Volumes/Volume\\_48\\_Special\\_E\\_2016/Special%20Issue%20E/Statii/Pages135-139.pdf](http://bcc.bas.bg/BCC_Volumes/Volume_48_Special_E_2016/Special%20Issue%20E/Statii/Pages135-139.pdf)

[12] Saktashova G., Aliuly A., Belyayev Ye., Mohanraj M., Singh R.M. Numerical heat transfer simulation of solar-geothermal hybrid source heat pump in Kazakhstan climates. *Bulgarian Chemical Communications Volume 50* (2018), pp. 7-13. [http://bcc.bas.bg/BCC\\_Volumes/Volume\\_50\\_Special\\_G\\_2018/50G\\_PD\\_7-13.56.pdf](http://bcc.bas.bg/BCC_Volumes/Volume_50_Special_G_2018/50G_PD_7-13.56.pdf)

[13] Ramasamy D., Mohanraj M., Belyayev Ye. Performance analysis of crushed gravel sand heat storage and biomass evaporator-assisted single slope solar still. *Environmental Science and Pollution Research Volume 28/46* (2021), pp. 65610-65620. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15487-w>

[14] Shakir Ye., Saparova B., Belyayev Ye., Kaltayev A., Mohanraj M., Jayaraj S. Numerical simulation of a heat pump assisted regenerative solar still with PCM heat storage for cold climates of Kazakhstan. *Thermal Science Volume 21* (2017), pp. 411-418. <https://doi.org/10.2298/TSCI17S2411S>

[15] Belyayev Ye., Mohanraj M., Jayaraj S., Kaltayev A. Thermal Performance Simulation of a Heat Pump Assisted Solar Desalination System for Kazakhstan Climatic Conditions. *Heat Transfer Engineering Volume 40/12* (2019), pp. 1060-1072. <https://doi.org/10.1080/01457632.2018.1451246>

[16] Kenisarin, M. M. Thermophysical properties of some organic phase change materials for latent heat storage. A review. *Solar Energy Volume 107* (2014), pp. 553-557. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.05.001>

A.R. Yeshkeyev<sup>1</sup>, A.R. Yarullina<sup>1\*</sup>, M.T. Kassymetova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karaganda Buketov University, Karaganda, Kazakhstan

\*e-mail: [linka14221@mail.ru](mailto:linka14221@mail.ru)

## JONSSON EXISTENTIALLY CLOSED UNARS OF EXPANDED SIGNATURE

### *Abstract*

Being one of the important parts of fundamental mathematics, Model Theory is a young subject for modern researchers in this area. However, according to the last obtained results, this discipline will play a crucial role in the future of mathematical science. As well-known, the name "Model Theory" was introduced in 1954. It is important to distinguish that classical Model Theory introduces concepts based on considering complete theories. The given article is dedicated to the research of Jonsson theories of unars. Jonsson theories are, generally speaking, not complete. Hence, the results obtained in this article are strengthened. Firstly, we considered the theory of all unars and a class of existentially closed models of this theory. Secondly, we expanded the signature of unars that contains only one unary functional symbol by a new unary predicate and constants. Thirdly, we obtained some results concerning the universals and primitives of considered theory's existentially closed Jonsson unars. Since we are using the new methodology (so-called semantic method) for the research of Jonsson existentially closed unars. Semantic methods consist of transferring properties of fixed complete theory to considered Jonsson theory.

**Keywords:** model theory, Jonsson theory, semantic model, unar, existentially closed unar, universals, primitives.

А.Р. Ешкеев<sup>1</sup>, А.Р. Яруллина<sup>1</sup>, М.Т. Касыметова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды қ., Қазақстан  
**КЕҢЕЙТІЛГЕН СИГНАТУРАДАҒЫ ЙОНСОНДЫҚ ЭКЗИСТЕНЦИАЛДЫ ТҮЙЫҚ  
УНАРЛАР**

### *Аңдатпа*

Модельдер теориясы, фундаменталды математиканың маңызды бөліктерінің бірі бола отырып, осы саладағы заманауи зерттеушілер арасында жас бағыт болып табылады, бірақ алынған нәтижелерге сәйкес бұл бағыт математика ғылымының болашағында өте маңызды рөл атқаратын секілді. Белгілі болғандай, «модельдер теориясы» атауы 1954 жылы енгізілген. Классикалық модельдер теориясы, толық теорияларды қарастыруға негізделген ұғымдардың кіріспесі деп ажырату маңызды. Бұл мақала, унарлардың йонсондық теорияларын зерттеуге бағытталған. Йонсондық теориялар, жалпы айтқанда, толық емес болып саналады. Демек, бұл мақалада алынған нәтижелер неғұрлым нығайтылған десек те болады. Ең алдымен, барлық йонсондық унарлар теориясын және осы теорияның экзистенциалды тұйық модельдер класын қарастырдық. Екіншіден, тек жалғыз, бір орынды функционалды символдан тұратын унарлар сигнатурасын, жаңа бір орынды предикаттық және константалық символдар арқылы кеңейттік. Үшіншіден, біз қарастырылған теорияның экзистенциалды тұйық йонсондық унарларының универсалы және примитивіне қатысты кейбір нәтижелерге қол жеткіздік. Экзистенциалды тұйық йонсондық унарларды зерттеуде семантикалық әдіс деп аталатын жаңа әдіснаманы қолданып отырғандықтан, бұл әдістің негізгі идеясын ашып жазсақ - бекітілген толық теориялардың қасиеттерін қарастырылып отырған йонсондық теорияға тасымалдау болып табылады.

**Түйін сөздер:** модельдер теориясы, йонсондық теория, семантикалық модель, унар, экзистенциалды тұйық унар, универсалдар, примитивтер.

А.Р. Ешкеев<sup>1</sup>, А.Р. Яруллина<sup>1\*</sup>, М.Т. Касыметова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Карагандинский университет им. академика Е.А. Букетова, г. Караганда, Казастан

## ЙОНСОНОВСКИЕ ЭКЗИСТЕНЦИАЛЬНО ЗАМКНУТЫЕ УНАРЫ РАСШИРЕННОЙ СИГНАТУРЫ

### Аннотация

Будучи одним из важных разделов фундаментальной математики, теория моделей является молодой темой современных исследователей в этой области, но по последним полученным результатам кажется, что эта дисциплина будет играть очень важную роль в будущем математической науки. Как известно, название "теория моделей" было введено в 1954 году. Важно отметить, что классическая теория моделей вводит понятия, основанные на рассмотрении полных теорий. Данная статья посвящена исследованию йонсоновских теорий унаров. Йонсоновские теории, вообще говоря, не являются полными. Поэтому результаты, полученные в данной статье, являются более усиленными. Во-первых, мы рассмотрели теорию всех унаров и класс экзистенциально замкнутых моделей этой теории. Во-вторых, мы расширили сигнатуру унаров, содержащих только один унарный функциональный символ, за счет нового одноместного предиката и констант. И, в-третьих, мы получили некоторые результаты, касающиеся универсалов и примитивов экзистенциально замкнутых йонсоновских унаров рассматриваемой теории. Поскольку мы используем новую методологию (так называемый семантический метод) для исследования экзистенциально замкнутых йонсоновских унаров. Семантические методы заключаются в переносе свойств фиксированной полной теории на рассматриваемую йонсоновскую теорию.

**Ключевые слова:** теория моделей, йонсоновская теория, семантическая модель, унар, экзистенциально замкнутый унар, универсалы, примитивы.

### Main provisions

The main idea of the paper was to study properties of universals and primitives of unars in the new expanded signature. As a conclusion of the research it was proved that the expansion of one unary functional symbol signature by new constant symbol and unary predicate symbol doesn't influence the Jonssonness of the unars' theories, moreover such theories will be hereditary. As a result, the authors proved three theorems concerning: the equality of new Jonsson universal of unars and its center; the relations between new Jonsson universals, their centers and semantic models; two equivalent conditions on new Jonsson primitives of unars.

### Introduction

The study of any algebraic system is strongly connected with the study of the theory that deduces the sentences true on it. The unars are one of the simple algebraic systems. In the given article, we consider a more complicated case of unars in the frame of expanded signature and three kinds of their theories: the theory of all unars, universals and primitives [1].

Since we are working in terms of Jonsson theories that are, generally speaking, not complete, we need to recall the results concerning the complete theory of unars.

Yu.Ye. Shishmaryev obtained the foundational results in this field. In 1972, Yu.Ye. Shishmaryev [2] proved three theorems concerning the complete unars theory with infinite models. The author defined the conditions that should be satisfied for the limited theory to be categorical in countable and uncountable power and for the non-limited theory to be categorical in uncountable power. In work [3], A.A. Ivanov concluded that the elementary theory of unars is decidable. In work [4], A.A. Ivanov obtained the results on strongly ultra-homogeneous unar; this result is connected with defining the criterion on the admission of quantifier elimination in the complete theory of unars, in the elementary theory of unars, as well as with the fact that every complete limited or not limited theory of unars that has an infinite model is not finitely axiomatising. A.N. Ryaskin, in work [5], counted the number of models of complete theories of unars and, in work [6], obtained the properties of the finite hull for complete unars theory. In work [7], Leo Markus obtained the criteria for the case when a model  $M$  of language  $L_1$  is minimal and consists of prime or non-prime components.  $L_1$  consists of a unary function symbol and a relation symbol (equality). The main theorem of [7] is based on that



criteria and states that if  $T^1$  has a minimal model which is not prime, then  $T^1$  has  $2^{\aleph_0}$  non-isomorphic minimal models. In the work [8], the author obtained beneficial results on relations between two components, i.e., the equivalence conditions and disjoint union criterion.

The study of the Jonsson theory of unars starts from the works of Professor T.G. Mustafin.

The characteristic of the semantic model of unars was obtained in the work [1] by Yeshkeyev A.R. and Mustafin T.G. In the work [9], it was proved that the Jonsson theory of unars is perfect. It is well-known that categorical Jonsson theories are perfect. With this moment, it will be interesting to pay attention to the following result regarding the categoricity phenomena of a complete theory of unars.

Corollary 1. [10] Theory of unars is  $\omega_1$ -categorical if and only if it is quasi-similar to the theory of infinity sets (without any structure).

Because of the later corollary, it is necessary to note the following. In order to describe some class of particular algebraic systems defined in the corresponding model-theoretic language, there may be no characteristic in the corresponding language.

The generalisation of the theories and consideration of classes are given in the works [11, 12]. We worked in the frame of the same language of unars and with the same characteristics as in [1] and researched the behaviour of classes constructed by introducing the cosemanticness relation on the Robinson spectrum from the semantic Jonsson quasivariety of universal unars.

On the other hand, it is important to note that the theory of all unars is Jonsson theory of S-acts over cyclic monoid. In a particular case, we can consider the models of such theory in the form of the algebraic system  $\{M; f\}_{\{f \in M\}}$ , i.e.  $M \times M \rightarrow M$ , where  $M$  is a cyclic monoid.

$$f_e(a) = a \text{ for } e \in M \text{ and all } a \in M;$$

$$f_{\{\alpha\beta\}}(a) = f_\alpha(f_\beta(a)) \text{ for all } a \in M \text{ and all } \alpha, \beta \in M.$$

As a cyclic monoid, we understand any homomorphic image of a free monoid with one generator. Obviously, any cyclic monoid is isomorphic to a cyclic group, either obtained by outer inclusion of unity to cyclic semigroup.

The conditions, when we can call a cyclic S-act free, flat or projective, are described in the work [13].

A monoid  $S$  is called a stabiliser (superstabiliser,  $\omega$ -stabiliser) if  $Th(A)$  is stable (superstable,  $\omega$ -stable) for any  $S$ -act  $A$  over  $S$ . In the [10], it is noted that from the [8], Shelah noticed that cyclic monoids are superstabilisers.

Theorem 1. [10] A monoid  $S$  is a superstabiliser if and only if  $S$  is a quite ordered monoid.

The description of Jonsson  $S$ -acts over a group with its respective invariants of semantic models is obtained in the work [14]. There is proof that if the theory of  $S$ -acts has an infinity model, then three conditions are equivalent: the theory is inductive and has *JEP* (joint embedding property) and *AP* (amalgamation property).

In the work [15], we obtained the cosemanticness conditions of classes constructed by introducing the cosemanticness relation on the Positive Jonsson spectrum from a fixed class of  $S$ -acts over the group.

### Research Methodology

*Jonsson theory of unars.* We will work in the frame of Jonsson theories, which are, generally speaking, not complete. Let us recall its definition.

Definition 1. [16] A theory  $T$  is said to be Jonsson, if:

- 1)  $T$  has at least one infinite model;
- 2)  $T$  is  $\forall\exists$ -axiomatising;
- 3)  $T$  has *JEP* property;
- 4)  $T$  has *AP* property.

Let  $\mathbb{T}_U$  be the theory of all unars of given language  $L$  of the signature  $\sigma = \langle f \rangle$  where  $f$  is a unary functional symbol. Therefore, the theory  $\mathbb{T}_U$  of all unars is empty (the axiom set of the theory is an empty set). It was noted in the work [17] that any empty theory of arbitrary signature is Jonsson theory. From this fact, we can conclude that the theory  $\mathbb{T}_U$  of all unars is Jonsson theory. Nevertheless, we can prove immediately that this fact is true.

Theorem 2. The theory  $\mathbb{T}_U$  of all unars is Jonsson theory.

Proof. To prove that fact, we need to use the following theorem:

Theorem 3. [17] Inductive theory  $T$  is Jonsson if and only if there is a semantic model of theory  $T$ .

Evidently, an empty theory is universal; hence, it is inductive. Let us give the definition of a semantic model of Jonsson theory.

Definition 2. [18] Let  $T$  be a Jonsson theory. A model  $\mathcal{C}_T$  of power  $2^\omega$  is said to be a semantic model of the theory  $T$  if  $\mathcal{C}_T$  is a  $\omega^+$ -homogeneous  $\omega^+$ -universal model of the theory  $T$ .

In other words, to prove Theorem 2, it is sufficient to construct a semantic model of the theory  $\mathbb{T}_U$ .

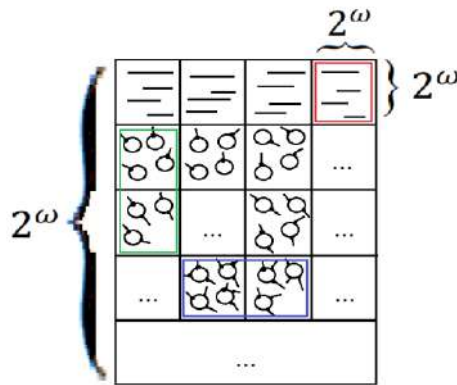


Figure 1. The semantic model of the theory  $\mathbb{T}_U$  of all unars.  
In colour, different models are embedded in the semantic model.

Theorem 2 is proven.

We will denote the semantic model of the theory  $\mathbb{T}_U$  as  $\mathcal{C}$ . Consequently, the definition of the center of Jonsson theory immediately follows from Definition 2.

Definition 3 [18] The elementary theory of a semantic model of the Jonsson theory  $T$  is called the center of this theory. The center is denoted by  $T^*$ , i.e.  $Th(\mathcal{C}) = T^*$ .

Since  $\mathbb{T}_U$  is Jonsson, it has its own center. Let us denote it as  $\mathbb{T}_U^*$ . By Definition 3,  $\mathbb{T}_U^* = Th(\mathcal{C})$  is the elementary theory of semantic model  $\mathcal{C}$  that is complete. Therefore, all the results from [2-6] apply to  $\mathbb{T}_U^*$ .

Let  $\mathfrak{A}$  be some unar, i.e. the model of signature  $\sigma = \langle f \rangle$ . Let  $f^0(x) = x, f^{n+1}(x) = f(f^n(x)), n \in \omega$ . Since each model of the Jonsson theory embeds into its semantic model by Definition 2, the following fact is true.

Lemma 1. [1] For any unar  $\mathfrak{A}$ , the following is satisfied:

$$\mathfrak{A} \models T \Leftrightarrow \mathfrak{A} \text{ embeds in } \mathcal{C}.$$

Elements  $a, b \in \mathfrak{A}$  are called  $\mathfrak{A}$ -connected in the set  $X \subseteq \mathfrak{A}$  if there exist natural numbers  $m$  and  $n$  such that  $f^m(a) = f^n(b)$  and  $f^0(a) = f^m(a), f^0(b), \dots, f^n(b) \in X$ .

The set  $X$  is called  $\mathfrak{A}$ -connected if any two elements from  $X$  are  $\mathfrak{A}$ -connected. A subsystem  $\mathfrak{B} \subseteq \mathfrak{A}$ , whose carrier is the maximal  $\mathfrak{A}$ -connected subset of carrier  $\mathfrak{A}$ , is called a component in  $\mathfrak{A}$ . If  $\mathfrak{B}$  is a component in system  $\mathfrak{A}$ , then the set  $\{a \in \mathfrak{B}: \mathfrak{A} \models (f^n(a) = a)\}$  for some  $n \in \omega$  is called a cycle of a component.

Let us write down the unique connections between the elements of the component in the form of  $\exists$ -formulas:

1) the property of the elements to be at "the beginning of the cycle of component":  $\Phi_0^n(z) = \Phi^n(z) \& \exists y \neg \Phi(y) \& f(y) = z$ , where  $\Phi^n(z) = (f^n(z) = z) \& (f(z) \neq z) \dots (f^{n-1}(z) \neq z)$ ;

2) " $x$  has no less than  $k$  different immediate predecessors":  $\Theta_k(x) = \exists x_1, \dots, \exists x_k (\bigwedge_{i \neq j < k} x_i \neq x_j \wedge \bigwedge_{i=1}^k f(x_i) = x)$ ;

3) "there are exactly  $k$  different elements between  $x$  and the beginning of the cycle of component":  $\Psi_k(x) = \exists z \exists y_1 \dots \exists y_k (\bigwedge_{i \neq j < k} (y_i \neq y_j) \wedge f^i(x) = y_i \wedge \bigwedge_{i=1}^{k-1} f(y_i) \neq f(y_{i+1}) \wedge \Phi_0^n(z) \wedge f(y_k) = z)$ .

An unar is called Jonsson if it is a model of some Jonsson theory.

Lemma 2. Let  $\mathbb{T}_U$  be Jonsson theory of all unars, and  $\mathfrak{M}$  be its component.  $\mathfrak{M}$  is a component of theory  $\mathbb{T}_U$  if and only if  $\mathfrak{M} \in E_{\mathbb{T}_U}$ , where  $E_{\mathbb{T}_U}$  is a class of existentially closed models of theory  $\mathbb{T}_U$ .

Proof. In order to prove the lemma, we need to use the following facts:

Theorem 5. [19] Every elementary class is the union of its components.

Let  $E_{\mathbb{T}_U}$  be an elementary class of signature  $\sigma = \langle f \rangle$ , where  $f$  is a unary functional symbol and  $\mathfrak{M} \in E_{\mathbb{T}_U}$ .  $E_{\mathbb{T}_U}$  is a class of models of  $Th(E_{\mathbb{T}_U})$ , and  $Th(E_{\mathbb{T}_U})$  is a set of all formulas held in  $E_{\mathbb{T}_U}$ .

Lemma 3. [19] Suppose  $\mathcal{M}$  is an elementary class and  $\mathcal{N}$  is a component of  $\mathcal{SM}$ . Then, there exists  $\mathfrak{A} \in \mathcal{M}$  such that  $\mathcal{N} = \mathbf{0}\mathfrak{A}$ .

By Lemma 3, there exists  $\mathfrak{B} \in E_{\mathbb{T}_U}$  such that  $\mathfrak{M}$  belongs to a universal class generated by  $\mathfrak{B}$ , and we will denote this class as  $Mod(Th_{Qf}(\mathfrak{B}))$ ;  $Th_{Qf}(\mathfrak{B})$  is a set of all quantifier-free formulas holding in  $\mathfrak{B}$ . Moreover, according to Lemma 3, we have the following fact:  $Mod(Th_{Qf}(\mathfrak{B}))$  is a component of the class of substructures of  $E_{\mathbb{T}_U}$ . The existence of such  $\mathfrak{B}$  is guaranteed by the fact that we can always consider  $\mathbb{T}_U^* = Th(\mathfrak{C})$  as a set of all quantifier-free formulas holding in a semantic model  $\mathfrak{C}$  of Jonsson theory of all unars.

Lemma 4. [19] Suppose  $\mathcal{M}$  is an elementary class.

(i) If  $\mathcal{N}$  is a component of  $\mathcal{SM}$ , then  $\mathcal{N} \cap \mathcal{M}$  is a component of  $\mathcal{M}$  and  $\mathcal{S}(\mathcal{N} \cap \mathcal{M}) = \mathcal{N}$ .

(ii) If  $\mathcal{N}$  is a component of  $\mathcal{M}$ , then  $\mathcal{SN}$  is a component of  $\mathcal{SM}$  and  $\mathcal{N} = \mathcal{M} \cap \mathcal{SN}$ .

Therefore, by Lemma 4,  $Mod(Th_{Qf}(\mathfrak{B})) \cap E_{\mathbb{T}_U}$  is a component of  $E_{\mathbb{T}_U}$ .

The lemma is proven. □

*Jonsson universals and primitives of unars.* In this section, we will work with Jonsson universals and primitives of unars. Let us recall their definitions starting from the following.

Definition 4. [1]  $\nabla$  is  $\Pi_1 \cup \Sigma_1$ , i.e.  $\nabla$  is a collection of all universal or existential formulas.

Definition 5. [1] 1) If  $T = T_{\nabla}$ , then  $T_{\nabla}$  is said to be universal;

2) If  $T = T_{\nabla}$ , then the theory  $T$  is said to be primitive.

I.e. the theory  $T$  is universal if it consists of its universal conclusions; the theory  $T$  is primitive if it consists of its universal or existential formulas. It is easy to see that  $T_{\nabla} \subseteq T_{\nabla}$  and  $T_{\nabla} = Th(\mathfrak{C})$ .

The connection between two Jonsson universals concerning their centres and semantic models is presented in the following proposition.

Proposition 1. [1] Let  $T_{\nabla_1}$  and  $T_{\nabla_2}$  be Jonsson universals. Then the following conditions are equivalent:

1)  $T_{\nabla_1} = T_{\nabla_2}$ ;

2)  $\mathfrak{C}_{T_{\nabla_1}} \simeq \mathfrak{C}_{T_{\nabla_2}}$ ;

3)  $T_{\nabla_1}^* = T_{\nabla_2}^*$ .

As we can see, the three conditions are equivalent: two Jonsson universals are equal, their centres are equal, and their semantic models are isomorphic to each other.

Since we have already proved that the theory of unars is Jonsson, it turned out that this Jonsson theory is perfect. Let us recall the definition of perfect Jonsson theory from the work [18].

Definition 6. [18] A Jonsson theory  $T$  is called perfect if its semantic model  $\mathfrak{C}$  is  $\omega^+$ -saturated.

Consequently, we have the following theorem regarding the property of the center of perfect Jonsson theory.

Theorem 6. [20] Let  $T$  be a Jonsson theory. Then, for any model  $\mathfrak{A} \in E_T$ , the theory  $T^0(\mathfrak{A})$  is Jonsson, where  $T^0(\mathfrak{A}) = Th_{\forall\exists}(\mathfrak{A})$ .

We can see that in the case of the perfectness of Jonsson theory  $T$  its center  $T^*$  is also a perfect Jonsson theory. The following theorem is a criterion of perfectness of Jonsson theory.

Theorem 7. [18] Let  $T$  be arbitrary Jonsson theory, then the following conditions are equivalent:

- 1) Theory  $T$  is perfect;
- 2)  $T^*$  is the model completion of theory  $T$ .

The following theorem is proven in the work [9] and is crucial for the main result of this section.

Theorem 8. [9] Let  $T$  be Jonsson universal of unars, and  $T^*$  be its center. Then

- 1)  $T^*$  is the model completion of  $T$ ;
- 2)  $T^*$  admits quantifier elimination (i.e. submodel complete);
- 3)  $T^*$  is  $\omega$ -stable.

Let  $T_{\forall}$  be Jonsson universal of unars,  $\mathfrak{C}_{T_{\forall}}$  its semantic model, and  $T_{\forall}^*$  its center. Thus, by virtue of Theorem 7, since it was proven in work [9] that  $T_{\forall}^*$  is a model completion of  $T_{\forall}$ , and Theorem 6 states that in this case, an arbitrary Jonsson theory is perfect, the Jonsson universal of unars  $T_{\forall}$  is perfect Jonsson theory.

Let us consider first-order language  $L$  of the signature  $\sigma = \langle f \rangle$  where  $f$  is a unary functional symbol and expand it by symbols of new constant  $c$  and predicate  $P$ .

Let  $\sigma'' = \sigma \cup \sigma'$ , where  $\sigma = \langle f \rangle$ ,  $\sigma' = (P^1, c)$ . We consider a theory  $\bar{T}_{\forall}$  in the new expanded signature  $\sigma''$  as follows:

$$\bar{T}_{\forall} = T_{\forall} \cup Th_{\forall}(\mathfrak{C}_{T_{\forall}}, a)_{a \in P^1(\mathfrak{C}_{T_{\forall}}) \cup P^1(c)} \cup \{P^1, \subseteq\} \cup P^1(c).$$

Here,  $P^1$  is a new unary predicate symbol,  $\{P^1, \subseteq\}$  is an infinite set of sentences, which express the fact that in  $\mathfrak{C}_{T_{\forall}}$  the predicate  $P^1$  distinguishes existentially closed submodel of  $\mathfrak{C}_{T_{\forall}}$ , i.e.  $P^1(\mathfrak{C}_{T_{\forall}}) = \mathfrak{M}$ ,  $\mathfrak{M} \in E_{T_{\forall}}$ ,  $\mathfrak{M}$  is an existentially closed model (Jonsson existentially closed unar),  $E_{T_{\forall}}$  is a class of existentially closed models of theory  $T_{\forall}$ .

The existence of such structure  $\mathfrak{M}$  is shown according to the Tarski-Vaught Test. The test states that such elementary extension  $\mathfrak{B}$  exists for substructure  $\mathfrak{A}$  that  $\mathfrak{A} \preceq \mathfrak{B}$ . Hence,  $\mathfrak{A} \preceq_{\exists_1} \mathfrak{B} \Leftrightarrow \mathfrak{A}$  is existentially closed in  $\mathfrak{B}$ . Hence,  $\mathfrak{M} \preceq_{\exists_1} \mathfrak{C}_{T_{\forall}}$ .

Let us consider whether the new theory  $\bar{T}_{\forall}$  in the newly expanded signature will be a Jonsson theory. The following definition may be useful.

Definition 7. [21] A Jonsson theory is said to be hereditary if, in any of its permissible expansion, it preserves the Jonssonness.

Let us consider  $\bar{T}_{\forall}$  as it was described above.

Theorem 9. If Jonsson theory of unars  $T_{\forall}$  is perfect Jonsson theory,  $\bar{T}_{\forall}$  is its hereditary expansion, then  $\bar{T}_{\forall}$  is also perfect Jonsson theory of unars.

Proof. Let  $T_{\forall}$  be perfect Jonsson theory of unars, and  $\mathfrak{C}_{T_{\forall}}$  is its semantic model. We introduce the permissible expansion into the original signature as described above and obtain a new theory denoted as  $\bar{T}_{\forall}$ . By the work [22], the expansion is permissible when it is concluded by a predicate that distinguishes an existentially closed model. Therefore, by Definition 11, the  $\bar{T}_{\forall}$  is, in fact, Jonsson theory. Hence, a semantic model of theory  $\bar{T}_{\forall}$  exists according to Theorem 3, which we will denote as  $\bar{\mathfrak{C}}_{T_{\forall}}$ .

Let us denote the center of  $\bar{T}_V$  as follows:

$$\bar{T}_V^* = Th(\bar{\mathfrak{C}}_{T_V}) = Th(\mathfrak{C}_{T_V}, c, a)_{c,a \in P^1(\bar{\mathfrak{C}}_{T_V})}$$

By Definition 6, we have that the semantic model  $\mathfrak{C}_{T_V}$  of theory  $T_V$  is  $\omega^+$ -saturated.

Hence,  $\mathfrak{C}_{T_V} \models p_c$ , where  $p_c$  is a main type consisting of formulas with new constants  $c$ .

Suppose  $\bar{T}_V$  is not perfect Jonsson theory; hence,  $\bar{\mathfrak{C}}_{T_V}$  is not  $\omega^+$ -saturated. It means there exists a type  $b \models p_X$ ,  $X \in \bar{\mathfrak{C}}_{T_V}$ ,  $|X| \leq \omega^+$ ,  $b \in X$  such that  $\bar{\mathfrak{C}}_{T_V} \not\models p_X$ . Thus, it will be realised in some elementary expansion  $\bar{\mathfrak{C}}'_{T_V}$ . If we restrict  $\bar{\mathfrak{C}}'_{T_V}/\sigma'$ , we get  $\mathfrak{C}'_{T_V}$ , which is an elementary expansion of  $\mathfrak{C}_{T_V}$  such that  $\mathfrak{C}'_{T_V} \models p_X$ . I.e.  $b \in \mathfrak{C}'_{T_V}$ , however,  $b \notin \mathfrak{C}_{T_V}$ .  $\mathfrak{C}_{T_V}$  is the  $\omega^+$ -saturated model since  $T_V$  is the perfect Jonsson theory of unars. Therefore,  $\mathfrak{C}_{T_V} \models p_X$  and  $b \in \mathfrak{C}_{T_V}$ . The same elements will realise the same type. We get the contradiction.

Hence,  $\bar{\mathfrak{C}}_{T_V}$  is also  $\omega^+$ -saturated, and  $\bar{T}_V$  is perfect Jonsson theory of unars. The theorem is proven.

Let  $\sigma'' = \sigma \cup \sigma'$ , where  $\sigma = \langle f \rangle$ ,  $\sigma' = (P^1, c)$ . We consider a theory  $\bar{T}_V$  in the new expanded signature  $\sigma''$  as follows:

$$\bar{T}_V = T_V \cup Th_V(\mathfrak{C}_{T_V}, a)_{a \in P^1(\mathfrak{C}_{T_V}) \cup P^1(c)} \cup \{P^1, \subseteq\} \cup P^1(c).$$

Here,  $P^1$  is a new unary predicate symbol,  $\{P^1, \subseteq\}$  is an infinite set of sentences, which express the fact that in  $\mathfrak{C}_{T_V}$  the predicate  $P^1$  distinguishes existentially closed submodel of  $\mathfrak{C}_{T_V}$ , i.e.  $P^1(\mathfrak{C}_{T_V}) = \mathfrak{M}$ ,  $\mathfrak{M} \in E_{T_V}$ ,  $\mathfrak{M}$  is an existentially closed model (Jonsson existentially closed unar),  $E_{T_V}$  is a class of existentially closed models of theory  $T_V$ .

It is easy to see that  $\bar{T}_V \supseteq \bar{T}_V$  and Theorem 9 applies to considered  $\bar{T}_V$ . Hence,  $\bar{T}_V$  is the perfect Jonsson primitive of unars; we will denote its center as  $\bar{T}_V^*$  and its semantic model as  $\bar{\mathfrak{C}}_{T_V}$ .

### Results of the study

The following theorems were obtained.

**Theorem 10.** Let  $\bar{T}_V$  be Jonsson primitive of unars,  $\bar{T}_V^*$  be its center, then  $\bar{T}_V = \bar{T}_V^*$ .

*Proof.* Since  $\bar{T}_V \subseteq \bar{T}_V^*$ , then it is obvious that  $\bar{T}_V \subseteq \bar{T}_V^*$ . Let us prove the inverse inclusion by the contradiction. Suppose that  $\varphi \in \bar{T}_V^* \setminus \bar{T}_V$ . Let  $\varphi = \forall \bar{x} \psi(\bar{x})$ . Since  $\bar{T}_V \vdash \varphi$  is incorrect, then  $\bar{T}_V \cup \{\neg \varphi\}$  is a consistent theory. Let  $\mathfrak{A} \models \bar{T}_V \cup \{\neg \varphi\}$ . Then  $\mathfrak{A} \models \exists \bar{x} \neg \psi(\bar{x})$ ,  $\mathfrak{A} \models \bar{T}_V$ . Due to the  $\omega^+$ -universality of the model  $\bar{\mathfrak{C}}_{T_V}$ , we can assume that  $\mathfrak{A} \subseteq \bar{\mathfrak{C}}_{T_V}$ , where  $\bar{\mathfrak{C}}_{T_V}$  is the semantic model of  $\bar{T}_V$  and  $\bar{\mathfrak{C}}_{T_V} \models \bar{T}_V^*$ . Let  $\bar{a} \in \mathfrak{A}$  such that  $\mathfrak{A} \models \neg \psi(\bar{a})$ . Since the formula  $\neg \psi(\bar{x})$  contains no quantifiers,  $\bar{\mathfrak{C}}_{T_V} \models \neg \psi(\bar{a})$ . However,  $\varphi \in \bar{T}_V^*$  and  $\bar{\mathfrak{C}}_{T_V} \models \bar{T}_V^*$ , so  $\bar{\mathfrak{C}}_{T_V} \models \varphi$ , that is,  $\bar{\mathfrak{C}}_{T_V} \models \forall \bar{x} \psi(\bar{x})$ . We have a contradiction.

The theorem is proved. □

**Theorem 11.** Let  $\bar{T}_{V_1}$ ,  $\bar{T}_{V_2}$  be Jonsson universals of unars,  $\bar{\mathfrak{C}}_{T_{V_1}}$ ,  $\bar{\mathfrak{C}}_{T_{V_2}}$  be their semantic models, and  $\bar{T}_{V_1}^*$ ,  $\bar{T}_{V_2}^*$  be their centers correspondingly. Then the following conditions are equivalent:

- 1)  $\bar{T}_{V_1} = \bar{T}_{V_2}$ ;
- 2)  $\bar{\mathfrak{C}}_{T_{V_1}} \simeq \bar{\mathfrak{C}}_{T_{V_2}}$ ;
- 3)  $\bar{T}_{V_1}^* = \bar{T}_{V_2}^*$ .

*Proof.* 1)  $\Rightarrow$  2)  $\Rightarrow$  3) trivial.

3)  $\Rightarrow$  1). Using Theorem 10, we have  $\bar{T}_{V_1} = \bar{T}_{V_1}^* = \bar{T}_{V_2}^* = \bar{T}_{V_2}$ . □

**Lemma 5.** Let  $\bar{T}_V$  be a Jonsson theory,  $\bar{T}_V^*$  be its center, and  $\bar{T}'_V$  be such a theory that  $\bar{T}_V \subseteq \bar{T}'_V \subseteq \bar{T}_V^*$ . Then  $\bar{T}'_V$  is also a Jonsson theory.

Proof. It is easy to see that  $\bar{\mathcal{C}}_{T_{\nabla}}$  is also a  $\bar{T}'_{\nabla}$ -universal  $\bar{T}'_{\nabla}$ -homogeneous model of the  $\forall\exists$ -theory of  $\bar{T}'_{\nabla}$ . Hence,  $\bar{T}'_{\nabla}$  is Jonsson. □

The lemma is proved. □

Theorem 12. Let  $\bar{T}_{\nabla}$  be a Jonsson primitive of unars. Then the following conditions are equivalent:

- 1)  $\bar{T}_{\nabla}$  is a maximal Jonsson primitive of unars;
- 2) The theory of  $\bar{T}_{\nabla}$  is complete with respect to  $\nabla$ .

Proof. 1)  $\Rightarrow$  2). Let  $\varphi \in \nabla$ . Suppose that  $\bar{T}_{\nabla} \vdash \varphi$  is false and  $\bar{T}_{\nabla} \vdash \neg\varphi$  is false. Furthermore, let  $\psi$  be one of the formulas  $\varphi, \neg\varphi$  such that  $\bar{T}_{\nabla} \subsetneq \bar{T}_{\nabla} \cup \{\psi\} \subseteq \bar{T}_{\nabla\exists}^*$ . By Lemma 6,  $\bar{T}_{\nabla} \cup \{\psi\}$  is a Jonsson primitive theory. It contradicts the maximality of  $\bar{T}_{\nabla}$ .

2)  $\Rightarrow$  1). Let  $\varphi \in \nabla$  and  $\bar{T}_{\nabla} \cup \{\varphi\}$  be consistent by the completeness of  $\bar{T}_{\nabla}$  with respect to  $\nabla$  we have  $\bar{T}_{\nabla} \vdash \varphi$ . Then,  $\bar{T}_{\nabla}$  is a maximal primitive. □

The theorem is proved. □

Proposition 2. 1) Every Jonsson universal of unars  $\bar{T}_{\nabla}$  is complete with respect to  $\nabla$  and is a maximal universal.

2) There exists a maximal Jonsson universal  $\bar{T}_{\nabla}$  which is not  $\nabla$ -complete.

Proof. 1) The proof is the same as 2)  $\Rightarrow$  1) of Theorem 12.

2) Let  $\sigma$  be an empty signature, and  $\bar{T}_{\nabla}$  be the theory of all models of this signature. Obviously,  $\bar{T}_{\nabla}$  is the only, and hence maximal, universal Jonsson theory. However,  $\bar{T}_{\nabla}$  is not  $\nabla$  complete since  $\bar{T}_{\nabla} \vdash \exists xy(x \neq y)$  is false, and  $\bar{T}_{\nabla} \vdash \forall xy(x = y)$  is also false. □

The proposition is proved. □

### Discussion

The article does not consider positive Model Theory in terms of studying Jonsson theories. However, the authors are interested in researching considered unars and corresponding S-acts in the frame of positive Jonsson theories. One can consider the works [23, 24] to research a given field. As well as it is of interest to research the hereditary Jonsson theories of unars in the newly expanded signature in terms of consideration of their Jonsson spectrum and semantic Jonsson quasivariety.

### Conclusion

Despite a Jonsson unar being the simplest algebraic system, obtained results play an important role in the research of Jonsson theory. The article proves several significant facts, such as:

- 1) The theory of all unars is Jonsson theory;
- 2) The theory of all unars and the new universal of unars in the expanded signature coincide with their respective centers;
- 3) A component of the semantic model of the theory of all unars is an existentially closed Jonsson unar;
- 4) The newly obtained theories of the newly expanded signature granted that expansion is permissible are hereditary Jonsson theories.

Besides the listed results, we have proved in which cases new primitives and new universals are complete with respect to the set of all existential or all universal sentences and found the properties of equality of two universals with respect to their semantic models and centers.

Obtained results serve as a foundation for researching the unars in terms of positive Jonsson theories, their Jonsson spectrum and semantic Jonsson quasivariety, and considering an unar as an S-act over cyclic monoid.

### Acknowledgements

This research has been/was/is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP23489523)

References

- [1] Ешкеев А.Р., Мустафин Т.Г. Описание йонсоновских универсалов унарнов // Исследования в теории алгебраических систем. – 1995. – P. 51-57.
- [2] Шишмарев Ю.Е. О категоричных теориях одной функции // Математические заметки. – 1972. – Volume 11, No. 1. – P. 89-98. <https://doi.org/10.1007/BF01366918>
- [3] Иванов А.А. Полные теории унарнов // Алгебра и логика. – 1984. – Volume 23, No. 1. – P. 4-73. <https://doi.org/10.1007/BF00969341>
- [4] Иванов А.А. О полных теориях унарнов // Сибирский математический журнал. – 1986. – Volume 27, No. 1. – P. 57-69. <https://doi.org/10.1007/BF00969341>
- [5] Ряскин А.Н. Число моделей полных теорий унарнов // Тр. Ин-та математики. – 1988. – Volume 8. – P. 162-182. [http://old.math.nsc.ru/journals/ti/08/ti\\_08\\_0008.pdf](http://old.math.nsc.ru/journals/ti/08/ti_08_0008.pdf)
- [6] Ряскин А.Н. Ранг Ласкара и свойство конечного покрытия для полных теорий унарнов // Алгебра и логика. – 1993. – Volume 32, No. 6. – P. 690-706. <https://doi.org/10.1007/BF02263056>
- [7] Marcus L. Minimal models of theories of one function symbol // Israel Journal of Mathematics. – 1974. – Volume 18. – P. 117-131. <https://doi.org/10.1007/BF02756866>
- [8] Marcus L. The number of countable models of a theory of one unary function // Fundamenta Mathematicae. – 1980. – Volume 108, No. 3. – P. 171-181. <https://doi.org/10.4064/fm-108-3-171-181>
- [9] Ешкеев А.Р., Мустафин Т.Г. Некоторые свойства йонсоновских примитивов унарнов // Исследования в теории алгебраических систем. – 1995. – P. 58-61.
- [10] Мустафин Т.Г. Стабильные теории. – 1990. – Караганда, Докторская диссертация.
- [11] Yeshkeyev A.R., Yarullina A.R., Amanbekov, S.M., Kassymetova, M.T. On Robinson spectrum of the semantic Jonsson quasivariety of unars // Bulletin of the Karaganda University-Mathematics. – 2023. – Volume 110, No. 2. – P. 169-178. <https://doi.org/10.31489/2023M2/169-178>
- [12] Yeshkeyev A.R., Yarullina A.R., Amanbekov, S.M. On categoricity questions for universal unars and undirected graphs under semantic Jonsson quasivariety // Bulletin of the Karaganda University-Mathematics. – 2023. - Volume 111, No. 3. – P. 165-180. <https://doi.org/10.31489/2023M3/165-180>
- [13] Gould V., Mikhalev A., Palyutin E., Stepanova A. Model-theoretic properties of free, projective, and flat S-acts // Journal of Mathematical Sciences (New York). – 2010. – Volume 164, No.2. – P. 195-227. <https://doi.org/10.1007/s10958-009-9720-8>
- [14] Мустафин Т.Г., Нурхайдаров Е.С. Описание йонсоновских теорий полигонов над группой // Исследования в теории алгебраических систем. – 1995. – P. 67-73.
- [15] Yeshkeyev A.R., Ulbrikht O.I., Yarullina A.R. Existentially positive Mustafin theories of S-acts over a group // Bulletin of the Karaganda University-Mathematics. – 2022. – Volume 106, No. 2. – P. 172-185. <https://doi.org/10.31489/2022M2/172-185>
- [16] Jonsson B. Homogeneous relational systems // Math. Scand. – 1960. - Volume 8, No. 1. – P. 137-142. <https://www.mscaand.dk/article/download/10601/8622>
- [17] Mustafin Y. Quelques proprietes des theories de Jonsson // Journal of Symbolic Logic. – 2002. – Volume 67, No. 2. – P. 528-536. <https://www.jstor.org/stable/2694936>
- [18] Ешкеев А.Р., Касыметова М.Т. Йонсоновские теории и их классы моделей / Караганда: Изд-во Кар. гос.унив. – 2016. - 370 p.
- [19] Krauss, P.H. Homogeneous universal models of universal theories // Zeitschr. Math. Logik Grundl. Math. – 1977. - Volume 23. – P. 415-426. <https://doi.org/10.1002/malq.19770232705>
- [20] Ешкеев А.Р., Ульбрихт О.И. JS $\rho$ -косемантичесность R-модулей // Сибирские электронные математические отчеты. – 2019. – Volume 16. – P. 1233-1244. <https://doi.org/10.33048/semi.2019.16.084>
- [21] Yeshkeyev, A.R., Omarova, M.T. An essential base of the central types of the convex theory // Bulletin of the Karaganda University-Mathematics. – 2021. - Volume 101, No. 1. – P. 119--126. <https://doi.org/10.31489/2021M1/119-126>
- [22] Палютин, Е.А. E\*-стабильные теории // Алгебра и логика. – 2003. – Volume 42, No. 2. – P. 194-210. <https://doi.org/10.1023/A:1023302423817>
- [23] Poizat, B., Yeshkeyev, A. Back and Forth in Positive Logic // Studies in Universal Logic, Book Chapter. – 2022. - P.603-609. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-94452-0\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-030-94452-0_31)
- [24] Poizat, B., Yeshkeyev, A. Positive Jonsson Theories // Logica Universalis. - 2018. - Volume 12, – P. 101-127. <https://doi.org/10.1007/s11787-018-0185-8>

References

- [1] Yeshkeyev, A.R., Mustafin, T.G. (1995). *Opisanie ionsonovskikh universalov unarov* [A description of Jonsson universals of unars]. *Issledovaniia v teorii algebraicheskikh sistem*, 51-57. (in Russian)
- [2] Shishmaryev, Yu.Ye. (1972) *O kategorichnykh teoriiakh odnoi funktsii* [On categorical theories of unary function]. *Mathematical notes*, 11(1), 89-98. <https://doi.org/10.1007/BF01366918> (in Russian)
- [3] Ivanov, A.A. (1984) *Polnye teorii unarov* [Complete theories of unars]. *Algebra and logic*, 23(1), 4-73. <https://doi.org/10.1007/BF00969341> (in Russian)
- [4] Ivanov, A.A. (1986), *O polnykh teoriiakh unarov* [On complete theories of unars]. *Siberian mathematical journal*, 27(1), 57-69. <https://doi.org/10.1007/BF00969341> (in Russian)
- [5] Ryaskin, A.N. (1988) *Chislo modelei polnykh teorii unarov* [Number of models of complete theories of unars]. *Proceeding of Institute of Mathematics*, 8, 162-182. [http://old.math.nsc.ru/journals/ti/08/ti\\_08\\_0008.pdf](http://old.math.nsc.ru/journals/ti/08/ti_08_0008.pdf) (in Russian)
- [6] Ryaskin, A.N. (1993) *Rang Laskara i svoistvo konechnogo pokrytiia dlia polnykh teorii unarov* [Lascar Rang and property of finite hull for complete theories of unars]. *Algebra and logic*, 32(6), 690-706. <https://doi.org/10.1007/BF02263056> (in Russian)
- [7] Marcus, L. (1974). *Minimal models of theories of one function symbol*. *Israel Journal of Mathematics*, 18, 117-131. <https://doi.org/10.1007/BF02756866>
- [8] Marcus, L. (1980). *The number of countable models of a theory of one unary function*. *Fundamenta Mathematicae*, 108(3), 171-181. <https://doi.org/10.4064/fm-108-3-171-181>
- [9] Yeshkeyev, A.R., Mustafin, T.G. (1995). *Nekotorye svoistva ionsonovskikh primitivov unarov* [Some properties of Jonsson primitives of unars]. *Issledovaniia v teorii algebraicheskikh sistem*, 58-61. (in Russian)
- [10] Mustafin, T.G. (1990). *Stable theories*. Karaganda, Doctoral dissertation.
- [11] Yeshkeyev, A.R., Yarullina, A.R., Amanbekov, S.M., Kassymetova, M.T. (2023). *On Robinson spectrum of the semantic Jonsson quasivariety of unars*, *Bulletin of the Karaganda University-Mathematics*, 110(2), 169-178. <https://doi.org/10.31489/2023M2/169-178>
- [12] Yeshkeyev, A.R., Yarullina, A.R., Amanbekov, S.M. (2023). *On categoricity questions for universal unars and undirected graphs under semantic Jonsson quasivariety*. *Bulletin of the Karaganda University-Mathematics*, 111(3), 165-180. <https://doi.org/10.31489/2023M3/165-180>
- [13] Gould, V., Mikhalev, A., Palyutin, E., Stepanova, A. (2010). *Model-theoretic properties of free, projective, and flat S-acts*. *Journal of Mathematical Sciences (New York)*, 164(2), 195-227. <https://doi.org/10.1007/s10958-009-9720-8>
- [14] Mustafin, T.G. Nurkhaidarov, E. (1995). *Opisanie ionsonovskikh teorii poligonov nad gruppoi* [Description of Jonsson theories of S-acts over a group]. *Issledovaniia v teorii algebraicheskikh sistem*, 67-73. (in Russian)
- [15] Yeshkeyev, A.R., Ulbrikht, O.I., Yarullina, A.R. (2022). *Existentially positive Mustafin theories of S-acts over a group*. *Bulletin of the Karaganda University-Mathematics*, 106(2), 172-185. <https://doi.org/10.31489/2022M2/172-185>
- [16] Jonsson, B. (1960). *Homogeneous relational systems*. *Math. Scand.*, 8(1), 137-142. <https://www.msccand.dk/article/download/10601/8622>
- [17] Mustafin, Y. (2002). *Quelques proprietes des theories de Jonsson*. *Journal of Symbolic Logic*, 67(2), 528-536. <https://www.jstor.org/stable/2694936>
- [18] Yeshkeyev, A.R., Kassymetova, M.T. (2016) *Ionsonovskie teorii i ikh klassy modelei* [Jonsson theories and their classes of models] Karaganda.: Izd-vo Karaganda state university, 370 p. (in Russian)
- [19] Krauss, P.H. (1977) *Homogeneous universal models of universal theories*. *Zeitschr. Math. Logik Grundl. Math.*, 23, 415-426. <https://doi.org/10.1002/malq.19770232705>
- [20] Yeshkeyev, A.R., Ulbrikht, O.I. (2019). *JSp-kosemantichnost R-modulei* [JSp-cosemanticness of R-modules]. *Siberian Electronic Mathematical Reports*, 16, 1233-1244. <https://doi.org/10.33048/semi.2019.16.084> (in Russian)
- [21] Yeshkeyev, A.R., Omarova, M.T. (2021) *An essential base of the central types of the convex theory*. *Bulletin of the Karaganda University-Mathematics*. 101(1), 119--126. <https://doi.org/10.31489/2021M1/119-126>
- [22] Palyutin, Ye.A. (2003) *E\*-stabilnye teorii* [E\*-stable theories]. *Algebra and Logic*, 42(2), 194-210. <https://doi.org/10.1023/A:1023302423817> (in Russian)
- [23] Poizat, B., Yeshkeyev, A. (2022). *Back and Forth in Positive Logic*. *Studies in Universal Logic*, 603-609. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-94452-0\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-030-94452-0_31)
- [24] Poizat, B., Yeshkeyev, A. (2018). *Positive Jonsson Theories*. *Logica Universalis*, 12, 101-127. <https://doi.org/10.1007/s11787-018-0185-8>



Д.Д. Жаксыгулова<sup>1\*</sup>, С.Ж. Рахметуллина<sup>1</sup>, С.А. Гнатюк<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

<sup>2</sup>Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина  
\*e-mail: daurija\_zd@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВЕННОГО КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ

### Аннотация

С учетом глобальных тенденций к увеличению числа и сложности кибератак возникает неотложная необходимость в обеспечении устойчивости информационно-технических систем (ИТС), особенно отраслевых, играющих критическую роль в общественном функционировании, социально-экономическом развитии и национальной безопасности. В связи с этим, на уровне государства решение проблемы обеспечения безопасности критической инфраструктуры становится приоритетом в процессе реформирования сектора обороны и безопасности Республики Казахстан. В данном контексте возникает неотложная необходимость разработки методов и моделей для отнесения ИС к критическим объектам инфраструктуры с целью обеспечения национальной безопасности Казахстана. В настоящем исследовании представлена модель расчета количественного критерия устойчивости информационных систем, основанная на методе анализа иерархий. Этот подход позволяет получить количественные показатели устойчивости ИС путем обработки экспертных оценок. Применение данной модели упрощает процедуру подбора экспертов, избегает сложностей обработки экспертных данных и обеспечивает оценку ИС при ограниченных статистических данных. Разработанная модель позволяет перейти от качественной оценки, представленной упорядоченным рядом буквенно-числовых комбинаций, отражающих уровни реализованных услуг, к количественной оценке в виде отношения функциональных профилей защищенности.

**Ключевые слова:** информационные системы, критический объект инфраструктуры, кибербезопасность, количественный критерий, критерий оценки защищенности, функциональный профиль защищенности.

Д.Д. Жаксыгулова<sup>1</sup>, С.Ж. Рахметуллина<sup>1</sup>, С.А. Гнатюк<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан

<sup>2</sup>Ұлттық авиация университеті, Киев, Украина

## ИНФРАҚҰРЫЛЫМНЫҢ АСА МАҢЫЗДЫ ОБЪЕКТІЛЕРІНІҢ АҚПАРАТТЫҚ- ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУДЫҢ САНДЫҚ КРИТЕРИЙІН ЕСЕПТЕУ МОДЕЛІН ЗЕРТТЕУ

### Аңдатпа

Кибершабуылдардың саны мен күрделілігінің артуының жаһандық тенденцияларын ескере отырып, ақпараттық-техникалық жүйелердің (АТЖ), әсіресе қоғамдық қызметте, әлеуметтік-экономикалық дамуда және Ұлттық қауіпсіздікте маңызды рөл атқаратын салалық жүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз етудің шұғыл қажеттілігі туындайды. Осыған байланысты, маңызды инфрақұрылымның қауіпсіздігін мемлекет деңгейінде қамтамасыз ету проблемасын шешу Қазақстан Республикасының Қорғаныс және қауіпсіздік секторын реформалау процесінде басымдыққа айналады. Осы тұрғыда Қазақстанның ұлттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында ақпараттық жүйені (АЖ) инфрақұрылымның маңызды объектілеріне жатқызу үшін әдістер мен модельдерді әзірлеудің шұғыл қажеттілігі туындайды. Бұл зерттеу иерархияларды талдау әдісіне негізделген ақпараттық жүйелердің тұрақтылығының сандық критерийін есептеу моделін ұсынады. Бұл тәсіл сараптамалық бағалауды өңдеу арқылы АЖ тұрақтылығының сандық көрсеткіштерін алуға мүмкіндік береді. Бұл модельді қолдану сарапшыларды таңдау процедурасын жеңілдетеді, сараптамалық деректерді өңдеудегі

қиындықтардан аулақ болады және шектеулі статистикалық мәліметтермен АЖ бағалауды қамтамасыз етеді. Өзірленген модель іске асырылған қызметтердің деңгейлерін көрсететін әріптік-сандық комбинациялардың реттелген сериясымен ұсынылған сапалық бағалаудан функционалдық қауіпсіздік профильдерінің қатынасы түріндегі сандық бағалауға көшуге мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** ақпараттық жүйелер, маңызды инфрақұрылым объектісі, киберқауіпсіздік, сандық критерий, қауіпсіздікті бағалау критерийі, функционалдық қауіпсіздік профилі.

D.D. Zhaxsygulova<sup>1</sup>, S.Zh. Rakhmetullina<sup>1</sup>, S.O. Gnatyuk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust'-Kamenogorsk, Kazakhstan,

<sup>2</sup>National Aviation University, Kyiv, Ukraine

## **STUDY OF A MODEL FOR CALCULATING A QUANTITATIVE CRITERION FOR ASSESSING THE STABILITY OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEMS OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES**

### *Abstract*

Given the global trends towards an increase in the number and complexity of cyberattacks, there is an urgent need to ensure the resilience of information technology systems (ITS), especially sectoral systems that play a critical role in public functioning, socio-economic development and national security. In this regard, at the level of the state, the solution of the problem of ensuring the security of critical infrastructure becomes a priority in the process of reforming the defense and security sector of the Republic of Kazakhstan. In this context, there is an urgent need to develop methods and models for attributing IS to critical infrastructure objects in order to ensure national security of Kazakhstan. This study presents a model for calculating the quantitative criterion of information systems sustainability based on the method of hierarchy analysis. This approach allows us to obtain quantitative indicators of IS sustainability by processing expert evaluations. The application of this model simplifies the procedure of expert selection, avoids the complexities of expert data processing and provides IS assessment with limited statistical data. The developed model allows us to move from a qualitative assessment, represented by an ordered series of alphanumeric combinations reflecting the levels of realized services, to a quantitative assessment in the form of a ratio of functional profiles of security.

**Keywords:** information systems, critical infrastructure object, cybersecurity, quantitative criterion, security assessment criterion, functional security profile.

### **Основные положения**

В данной статье представлена модель расчета количественного критерия оценки устойчивости информационно-телекоммуникационных систем (ИТС), основанная на методе анализа иерархий. Исследование акцентирует внимание на критически важных критериях защищенности, таких как конфиденциальность, наблюдаемость, доступность и целостность. Составленная матрица сравнений продемонстрировала значимость каждого из этих критериев для общей оценки устойчивости систем к различным угрозам. Результаты подтверждают необходимость дальнейшего анализа взаимосвязей между критериями и их влияния на защиту информационно-технических систем. Это открывает перспективы для разработки более эффективных методов и стратегий защиты, критически важных для национальной безопасности.

### **Введение**

Сегодня информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) критически важны для обеспечения ключевых функций общества и государства, таких как предоставление государственных, финансовых и медицинских услуг, обеспечение безопасности, связи и функционирование жизнеобеспечивающих объектов. Надежность этих технологий, включая серверы, системы управления, центры обработки данных и информационные системы, существенно влияет на обеспечение жизненных потребностей населения.

Учитывая, что нарушение работы этих систем может привести к серьезным последствиям, включая незаконный доступ к личным данным и сведениям охраняемой законом тайны, а также создание чрезвычайных ситуаций, в настоящее время во многих странах

разрабатываются перечни критически важных объектов и информационных систем (КВОИКИ). Эти перечни предназначены для эффективного управления чрезвычайными ситуациями социального, техногенного и других характеров, а также для обеспечения безопасности, обороны и экономической стабильности.

В условиях мировых тенденций, связанных с увеличением частоты и усложнением кибератак, вопрос устойчивости информационных систем отраслевого уровня становится все более актуальным. Особенно это касается тех систем, которые играют ключевую роль в обеспечении стабильного функционирования общества, поддержке социально-экономического развития страны и защите информационной составляющей национальной безопасности [1]. С учетом национальных потребностей в обеспечении безопасности и важности системного подхода к защите критической инфраструктуры на государственном уровне, создание эффективной системы защиты таких объектов становится одним из приоритетных направлений в процессе реформирования оборонного и безопасного сектора любой страны, включая Казахстан (Постановление Правительства РК № 559 от 13.07.2023 г.) [2]. В данном контексте основными проблемами, требующими решения, являются отсутствие унифицированных критериев и методологии отнесения ИС, являющихся частью объектов инфраструктуры, к категории критически важной инфраструктуры; отсутствие единой методологии оценки угроз безопасности ИС, являющихся критически важными объектами инфраструктуры.

Принципы классификации объектов информационно-коммуникационной инфраструктуры как критически важных соответствуют положениям Закона Республики Казахстан «Об информатизации» и регламентируют процесс их отнесения к этой категории в рамках информационно-коммуникационной инфраструктуры.

Важно отметить, что Закон Республики Казахстан «Об информатизации» №141-VII от 14.07.2022 года устанавливает правила составления перечня критической информационной инфраструктуры [1], а также разработку критериев и процедур, по которым объекты информационно-коммуникационной инфраструктуры признаются критически важными. Согласно Указу Президента Казахстана, для обеспечения киберзащиты критической инфраструктуры первоочередной задачей является установление критериев, позволяющих классифицировать информационные (автоматизированные), телекоммуникационные и информационно-технические системы как критическую информационную инфраструктуру.

Необходимо подчеркнуть, что в 13.07.2023 года был принят закон в данной области [3]. Этот закон определяет юридические и организационные основы создания и функционирования национальной системы защиты критической инфраструктуры.

Таким образом, упомянутые нормативно-правовые акты Казахстана подчеркивают необходимость разработки единых критериев и методологии для классификации информационно-технических систем (ИТС) как составляющих критической инфраструктуры государства. Следует отметить, что использование качественных оценок вместо количественных объясняется сложностью их сопоставления и воспроизведения. Это связано, в первую очередь, с трудностями в подборе экспертов и спецификой обработки экспертных данных. Указанные ограничения подчеркивают наличие важной научной задачи — установления критериев для определения отнесения ИТС к критической информационной инфраструктуре.

В 2023 году 514 объектов информационно-коммуникационной инфраструктуры были классифицированы как критически важные объекты информационно-коммуникационной инфраструктуры (далее - КВОИКИ) в соответствии с определенными критериями. Эти критерии включают:

1. Воздействие объекта информационно-коммуникационной инфраструктуры на бесперебойное функционирование особо важных государственных объектов. Нарушение работы этого объекта может привести к прекращению деятельности таких государственных объектов.

2. Воздействие объекта на непрерывное и безопасное функционирование стратегических объектов. Нарушение работы этого объекта может вызвать остановку деятельности стратегических объектов или угрозу техногенной чрезвычайной ситуации.

3. Воздействие объекта на беспрепятственное функционирование объектов отраслей экономики, имеющих стратегическое значение. Нарушение работы этого объекта может привести к прекращению деятельности таких объектов или угрозе техногенной чрезвычайной ситуации.

4. Воздействие объекта на обеспечение устойчивого функционирования «электронного правительства» и других информационно-коммуникационных услуг. Полное или частичное прекращение работы этого объекта может привести к незаконному сбору и обработке ограниченного доступа персональных данных и сведений, содержащих охраняемую законом тайну, а также к чрезвычайным ситуациям социального характера.

### **Методология исследования**

Для анализа и моделирования использовались данные реальных информационно-телекоммуникационных систем, включая автоматизированные, телекоммуникационные и информационно-технические системы, относящиеся к критическим объектам инфраструктуры Казахстана. Эти данные были собраны через взаимодействие с профильными организациями и государственными структурами, ответственными за обеспечение информационной безопасности и киберзащиты. Выборка объектов исследования включала в себя:

1. Информационные системы государственного сектора, используемые для управления критической инфраструктурой.

2. Телекоммуникационные системы, обеспечивающие связь и передачу данных на критических объектах.

3. Автоматизированные системы, задействованные в управлении процессами на таких объектах, как энергосети, водоснабжение и транспортные узлы.

Методы, использованные в исследовании, включают: анализ нормативно-правовой базы Казахстана в области информационной безопасности, в том числе Закона Республики Казахстан «Об информатизации» и соответствующих постановлений правительства, математическое моделирование, направленное на разработку количественного критерия устойчивости информационных систем. В качестве модели использовались методы анализа надежности, а также имитационные и вероятностные модели для прогнозирования устойчивости системы к внешним и внутренним угрозам. Сравнительный анализ, который включал сопоставление устойчивости систем в разных отраслях (энергетика, транспорт, связь) с целью выявления закономерностей и общих факторов риска.

### **Анализ исследований и публикаций**

Для выбора наиболее эффективного метода расчета количественного критерия защищенности информационно-технических систем (ИТС), в работе [3] был проведен анализ существующих методов принятия решений. Авторы отмечают, что общий принцип классификации этих методов базируется на их содержании и типе экспертной информации, получаемой в ходе оценки [4-8]. Рассмотренные методы делятся на те, которые применяются в условиях определенности, и те, которые актуальны при неопределенности или нечеткости данных. По мнению [4], наибольший потенциал имеют следующие подходы:

**1. Методы теории ожидаемой полезности** предполагают, что каждое действие приводит к определенным последствиям, которые описываются набором характеристик, факторов или показателей. Выбор осуществляется в пользу той альтернативы, чьи последствия наиболее предпочтительны. Для применения данного метода требуется количественная оценка всех возможных результатов, возникающих при принятии решений, после чего на основе этих оценок выбирается оптимальный результат [4, 8].

**2. Метод анализа иерархий** представляет собой математический инструмент системного подхода к решению сложных задач принятия решений. Он предусматривает синтез приоритетов на основе субъективных экспертных оценок. Этот метод помогает эксперту выбрать вариант решения, который наиболее соответствует его пониманию проблемы и предъявляемым к ней требованиям.

**3. Методы теории нечетких множеств** направлены на формализацию исходных параметров в виде вектора интервальных значений, где каждый интервал характеризуется степенью неопределенности. Допустимые границы параметров и наиболее вероятные области их значений определяются на основе исходных данных, опыта и интуиции. Основной характеристикой этих методов является функция принадлежности параметра к интервалу [9]. Существуют различные современные способы определения функций принадлежности, такие как методы попарных сравнений, экспертные оценки, использование лингвистических терминов со статистическими данными, а также параметрические и интервальные оценки [10].

Проведенный в данном исследовании анализ выявил, что наибольшую эффективность проявляют методы, основанные на правилах. Учитывая как преимущества, так и недостатки указанных методов, было принято решение использовать метод анализа иерархий для расчета количественного критерия оценки защищенности. В работе [4], авторами представлена модель расчета количественного критерия оценки защищенности информационно-технических систем (ИТС) критической инфраструктуры государства. Однако данная работа ограничивается теоретическим обоснованием предложенной модели, не предоставляя экспериментального исследования в конкретной области критической инфраструктуры. Учитывая этот аспект, основной целью настоящей статьи является проведение экспериментального исследования модели расчета количественного критерия оценки защищенности ИТС.

### Теоретические основы исследования

Предложенная модель, основанная на методе анализа иерархий, позволяет преобразовать качественную оценку, выраженную через упорядоченные буквенно-числовые комбинации [11], характеризующие уровни предоставляемых услуг, в количественную оценку, отражающую соотношение между базовым и экспертно определенным профилем защищенности. Исходные данные для этой модели включают базовый функциональный профиль защищенности, также называемый ФПЗ<sub>б</sub>, и профиль, скорректированный экспертом (ФПЗ<sub>э</sub>). Согласно стандарту НД ТЗИ 2.5-005-99, который регламентирует требования по защите информации от несанкционированного доступа, ФПЗ устанавливает меры для защиты информации от определенных угроз и применяет актуальные функциональные сервисы для их предотвращения [13]. Модель расчета количественного критерия оценки защищенности информационно-технических систем (ИТС), основанная на методе анализа иерархий, показана на рисунке 1 [4].

Метод анализа иерархий для определения отношения между альтернативами (ФПЗ<sub>б</sub> и ФПЗ<sub>э</sub>) реализуется в последовательности шагов:

1. Сначала создаются матрицы попарных сравнений для каждого уровня критериев (где критерии защищенности составляют 1 уровень, критерии услуг безопасности – 2 уровень, а критерии уровней услуг безопасности – 3 уровень):

$$A = \|a_{ij}\|_{m \times n}, \quad (1)$$

где  $a_{ij} = w_i/w_j$ , а  $w_i$  - «вес»  $i$  – того критерия при этом, то есть, матрица положительной, обратно симметричным

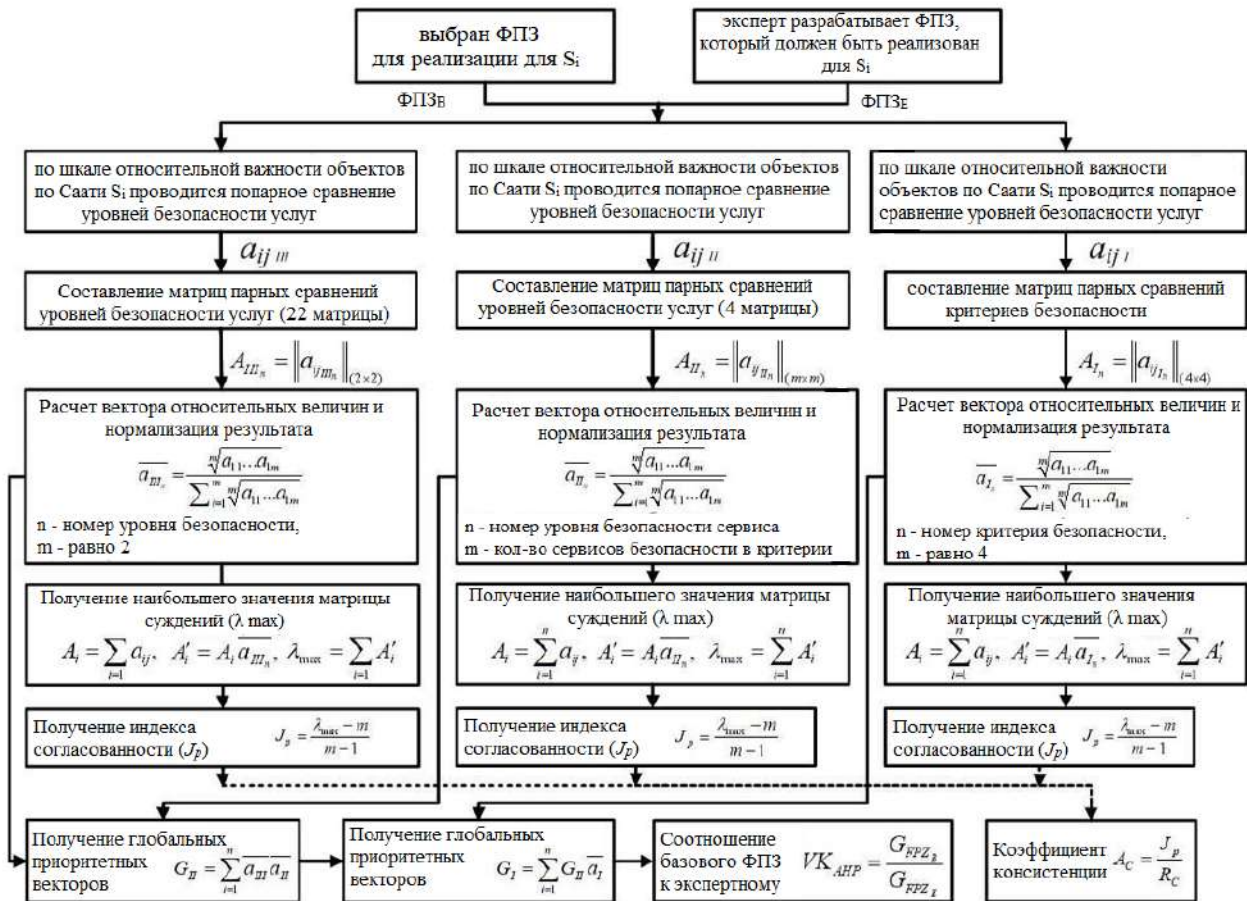


Рисунок 1. Блок-схема исследуемой модели

Для определения веса будем использовать следующие данные относительной важности (Таблица 1) [4].

Таблица 1. Шкала относительной важности критериев [4]

Вербальная оценка эксперта	Значение $a_{ij}$
$w_i$ абсолютно лучше $w_j$	9
$w_i$ намного лучше $w_j$	8
$w_i$ значительно лучше $w_j$	7
$w_i$ лучше, чем $w_j$	6
$w_i$ существенно превосходит $w_j$	5
$w_i$ превосходит $w_j$	4
$w_i$ несколько превосходит $w_j$	3
$w_i$ не существенно превосходит $w_j$	2
критерии равноценны	1
$w_j$ не существенно преобладает $w_i$	1/2
$w_j$ несколько преобладает $w_i$	1/3
$w_j$ преобладает $w_i$	1/4
$w_j$ существенно преобладает $w_i$	1/5
$w_j$ лучше $w_i$	1/6
$w_j$ значительно лучше $w_i$	1/7
$w_j$ намного лучше $w_i$	1/8
$w_j$ абсолютно лучше $w_i$	1/9

Для оценки критериев безопасности, матрица сравнения будет представлена в виде, представленном в таблице 2.

Таблица 2. Матрица сравнения для критериев безопасности [5]

	Конфиденциальность	Наблюдаемость	Доступность	Целостность
Конфиденциальность	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$
Наблюдаемость	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$a_{24}$
Доступность	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$a_{34}$
Целостность	$a_{41}$	$a_{42}$	$a_{43}$	$a_{44}$

Для критериев безопасности сервиса составляются матрицы парных сравнений. Всего матриц может быть до 4. Для критериев уровня безопасности максимальное количество матриц может быть 22.

2. Производится расчет множества собственных векторов матрицы, при этом для каждой строки матрицы вычисляется среднее геометрическое:

$$a_i = \sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot a_{i3} \cdot a_{in}} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}, \quad (2)$$

где  $n$  - это размерность матрицы.

3. Производится нормализация полученных результатов, что приводит к формированию нормализованного вектора приоритетов:

$$\bar{a}_i = \frac{a_i}{\sum_{j=1}^n a_j}, \quad (3)$$

4. Необходимо проверить согласованность локальных приоритетов. Необходимо выполнить расчет наибольшего собственного значения матрицы:

$$A_i = \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad (4)$$

$$A'_i = A_i \bar{a}_{ij}, \quad (5)$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n A'_i, \quad (6)$$

Расчет индекса согласованности:

$$J_p = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1}, \quad (7)$$

где  $m$  - количество сравниваемых элементов (размер матрицы).

Проверка корректности индекса согласованности осуществляется путем расчета отношения согласованности АС по формуле:

$$A_c = \frac{J_p}{R_c}, \quad (8)$$

где  $R_c$  - табличное значение (Таблица 3).

Таблица 3. Случайные согласованности для матриц размерности от 2 до 9

Размер матрицы $m$	2	3	4	5	6	7	8	9
Случайная согласованность $R_c$	0	0,58	0,9	1,1	1,24	1,32	1,41	1,45

В случае, если  $A_c \geq 0,10$ , то данные в матрице сравнений подлежат пересмотру и уточнению.

5. Расчет глобального приоритета для критериев высокого уровня.

Нормализованный вектор приоритета для каждого критерия более низкого уровня умножается на нормализованный вектор приоритета критериев более высокого уровня. Произведения суммируются на более высоком уровне.

$$G_i = \sum_{i=1}^n \overline{a_i b_i}, \quad (9)$$

где  $n$  - это количество критериев уровней безопасности.

6. Определение соотношения между альтернативами (ФПЗ<sub>Б</sub> и ФПЗ<sub>Э</sub>).

Для каждого ФПЗ вычисляется общий приоритет по категориям конфиденциальности, целостности, доступности и наблюдаемости. Отношение этих общих приоритетов, отражающих количественный критерий, может быть представлено в следующей форме:

$$VK_{AHP} = \frac{G_{FPZ_B}}{G_{FPZ_E}}, \quad (10)$$

где  $G_{FPZ_B}$  – табличное значение ФПЗ для отраслевой ИТС,

$G_{FPZ_E}$  – ФПЗ, полученное экспертом с использованием структурно-логической модели и структурно-функционального метода формирования ФПЗ отраслевой ИТС.

### Результаты исследования

В большинстве стран мира информационно-телекоммуникационная отрасль занимает одну из ведущих позиций по степени критичности, уступая лишь энергетическим и транспортным системам [12].

Учитывая данную ситуацию, экспериментальная проверка разработанных в рамках исследования положений была проведена с использованием информационно-телекоммуникационной системы Национальной системы конфиденциальной связи (НСКС). С целью подтверждения модели расчета количественного критерия были построены матрицы попарных сравнений для каждого уровня критериев.

Для критериев защищенности (согласно [12]), матрица сравнений будет представлена следующим образом (Таблица 4).

Таблица 4. Матрица сравнений для критериев защищенности [5]

	Конфиденциальность	Наблюдаемость	Доступность	Целостность
Конфиденциальность	1	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$
Наблюдаемость	$a_{21}$	1	$a_{23}$	$a_{24}$
Доступность	$a_{31}$	$a_{32}$	1	$a_{34}$
Целостность	$a_{41}$	$a_{42}$	$a_{43}$	1



Для критериев услуг безопасности (в соответствии с [13]) матрицы сравнений будут представлены в форме, изображенной в Таблицах 5-8.

Таблица 5 содержит матрицу критериев конфиденциальности, в которой КД представляет доверительную конфиденциальность, КА – административную конфиденциальность, КО – повторное использование объектов, КК – анализ скрытых каналов, а КВ – конфиденциальность при обмене.

Таблица 5. Матрица критериев конфиденциальности [5]

	<i>КД</i>	<i>КА</i>	<i>КО</i>	<i>КК</i>	<i>КВ</i>
<i>КД</i>	<i>1</i>	<i>a<sub>12</sub></i>	<i>a<sub>13</sub></i>	<i>a<sub>14</sub></i>	<i>a<sub>15</sub></i>
<i>КА</i>	<i>a<sub>21</sub></i>	<i>1</i>	<i>a<sub>23</sub></i>	<i>a<sub>24</sub></i>	<i>a<sub>25</sub></i>
<i>КО</i>	<i>a<sub>31</sub></i>	<i>a<sub>32</sub></i>	<i>1</i>	<i>a<sub>34</sub></i>	<i>a<sub>35</sub></i>
<i>КК</i>	<i>a<sub>41</sub></i>	<i>a<sub>42</sub></i>	<i>a<sub>43</sub></i>	<i>1</i>	<i>a<sub>45</sub></i>
<i>КВ</i>	<i>a<sub>51</sub></i>	<i>a<sub>52</sub></i>	<i>a<sub>53</sub></i>	<i>a<sub>54</sub></i>	<i>1</i>

Матрица критериев целостности представлена в таблице 6.

Таблица 6. Матрица критериев целостности [5]

	<i>Доверительная целостность</i>	<i>Административная целостность</i>	<i>Откат</i>	<i>Целостность при обмене</i>
<i>Доверительная целостность</i>	<i>1</i>	<i>a<sub>12</sub></i>	<i>a<sub>13</sub></i>	<i>a<sub>14</sub></i>
<i>Административная целостность</i>	<i>a<sub>21</sub></i>	<i>1</i>	<i>a<sub>23</sub></i>	<i>a<sub>24</sub></i>
<i>Откат</i>	<i>a<sub>31</sub></i>	<i>a<sub>32</sub></i>	<i>1</i>	<i>a<sub>34</sub></i>
<i>Целостность при обмене</i>	<i>a<sub>41</sub></i>	<i>a<sub>42</sub></i>	<i>a<sub>43</sub></i>	<i>1</i>

Матрица критериев доступности представлена в таблице 7.

Таблица 7. Матрица критериев доступности

	<i>Использование ресурсов</i>	<i>Устойчивость к отказам</i>	<i>Горячая замена горячей замены</i>	<i>Восстановление после сбоев</i>
<i>Использование ресурсов</i>	<i>1</i>	<i>a<sub>12</sub></i>	<i>a<sub>13</sub></i>	<i>a<sub>14</sub></i>
<i>Устойчивость к отказам</i>	<i>a<sub>21</sub></i>	<i>1</i>	<i>a<sub>23</sub></i>	<i>a<sub>24</sub></i>
<i>Горячая замена горячей замены</i>	<i>a<sub>31</sub></i>	<i>a<sub>32</sub></i>	<i>1</i>	<i>a<sub>34</sub></i>
<i>Восстановление после сбоев</i>	<i>a<sub>41</sub></i>	<i>a<sub>42</sub></i>	<i>a<sub>43</sub></i>	<i>1</i>

Матрица критериев наблюдаемости представлена в таблице 8, где НР - регистрация; НИ - идентификация и аутентификация; НО - распределение обязанностей, НО - аутентификация при обмене; НА - аутентификация отправителя; НП - аутентификация получателя; НК - достоверный канал; НЦ - целостность КСЗ; НТ - самотестирование.

Таблица 8. Матрица критериев наблюдаемости [5]

	НР	НИ	НО	НВ	НА	НП	НК	НЦ	НТ
НР	1	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$	$a_{15}$	$a_{16}$	$a_{17}$	$a_{18}$	$a_{19}$
НИ	$a_{21}$	1	$a_{23}$	$a_{24}$	$a_{25}$	$a_{26}$	$a_{27}$	$a_{28}$	$a_{29}$
НО	$a_{31}$	$a_{32}$	1	$a_{34}$	$a_{35}$	$a_{36}$	$a_{37}$	$a_{38}$	$a_{39}$
НВ	$a_{41}$	$a_{42}$	$a_{43}$	1	$a_{45}$	$a_{46}$	$a_{47}$	$a_{48}$	$a_{49}$
НА	$a_{51}$	$a_{52}$	$a_{53}$	$a_{54}$	1	$a_{56}$	$a_{57}$	$a_{58}$	$a_{59}$
НП	$a_{61}$	$a_{62}$	$a_{63}$	$a_{64}$	$a_{65}$	1	$a_{67}$	$a_{68}$	$a_{69}$
НК	$a_{71}$	$a_{72}$	$a_{73}$	$a_{74}$	$a_{75}$	$a_{76}$	1	$a_{78}$	$a_{79}$
НЦ	$a_{81}$	$a_{82}$	$a_{83}$	$a_{84}$	$a_{85}$	$a_{86}$	$a_{87}$	1	$a_{89}$
НТ	$a_{91}$	$a_{92}$	$a_{93}$	$a_{94}$	$a_{95}$	$a_{96}$	$a_{97}$	$a_{98}$	1

Для критериев уровней безопасности, в нашем случае, составляются все 22 матрицы сравнений согласно таблице 9, где НР-1 - внешний анализ; НР-2 - защищенный журнал; НР-3 - сигнализация об опасности; НР-4 - детальная регистрация; НР-5 - анализ в реальном времени.

Таблица 9. Матрица критериев уровней безопасности [5]

	НР-1	НР-2	НР-3	НР-4	НР-5
НР-1	1	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$	$a_{15}$
НР-2	$a_{21}$	1	$a_{23}$	$a_{24}$	$a_{25}$
НР-3	$a_{31}$	$a_{32}$	1	$a_{34}$	$a_{35}$
НР-4	$a_{41}$	$a_{42}$	$a_{43}$	1	$a_{45}$
НР-5	$a_{51}$	$a_{52}$	$a_{53}$	$a_{54}$	1

При заполнении матрицы применяется шкала, представленная в таблице 1. Расчет собственного множества векторов матрицы осуществляется по формуле (2), представляя собой среднее геометрическое для каждой матрицы. Нормализация результатов, приводящая к получению нормализованного вектора приоритетов, выполняется согласно формуле (3) с использованием того же программного обеспечения. Проверка согласованности локальных приоритетов также осуществляется с применением методов, описанных в источниках (4-7).

### Дискуссия

Результаты исследования, включающие матрицу сравнений для критериев защищенности информационно-технических систем (ИТС), таких как конфиденциальность, наблюдаемость, доступность и целостность, позволяют более детально оценить устойчивость систем к различным угрозам. Применение метода анализа иерархий в данном контексте дало возможность формализовать экспертные оценки и перейти от качественных характеристик к количественным, что значительно повышает точность и воспроизводимость оценок.

Полученные данные показывают, что критерии, такие как конфиденциальность и доступность, играют ключевую роль в общей оценке защищенности ИТС. Это согласуется с выводами других исследователей, которые также отмечают важность этих параметров для устойчивости систем в условиях внешних и внутренних угроз.

В частности, согласно [4-5], конфиденциальность считается одним из основополагающих элементов кибербезопасности, так как утечка данных может иметь критические последствия для безопасности инфраструктуры.

Интересным результатом является значимость наблюдаемости, которая часто недооценивается в традиционных подходах к оценке защищенности. В данном исследовании она оказалась важным фактором, влияющим на способность системы адекватно реагировать на угрозы. Это открывает новые перспективы для будущих исследований, которые могли бы углубленно изучить взаимосвязь между наблюдаемостью и другими критериями.

Кроме того, разработанная матрица сравнений демонстрирует, что целостность данных также является критическим компонентом в обеспечении защищенности, что подтверждается многочисленными исследованиями в области информационной безопасности. Нарушение целостности может привести к серьезным сбоям в работе ИТС, что делает этот параметр неотъемлемой частью общей модели устойчивости. Перспективы дальнейших исследований связаны с углубленным анализом взаимосвязей между критериями защищенности и адаптацией предложенной модели к различным типам ИТС. Также интересным направлением будет разработка гибридных моделей, сочетающих количественные и качественные методы оценки для улучшения точности и надежности выводов.

### **Выводы**

В результате проведенного исследования была разработана модель расчета количественного критерия оценки устойчивости информационно-телекоммуникационных систем (ИТС), ориентированная на применение метода анализа иерархий. Основное внимание уделялось критериям защищенности, таким как конфиденциальность, наблюдаемость, доступность и целостность. Составленная матрица сравнений, использующая эти критерии, позволила формализовать процесс оценки и повысить его объективность.

Полученные результаты подтвердили значимость каждого из критериев в общей оценке защищенности систем, что согласуется с мнением других исследователей в области информационной безопасности. В частности, наблюдаемость и целостность данных оказались ключевыми факторами, влияющими на устойчивость ИТС к различным угрозам.

Исследование также выявило необходимость дальнейшего углубленного анализа взаимосвязей между критериями защищенности и их влияния на устойчивость систем. Будущие исследования могут сосредоточиться на разработке гибридных моделей, которые объединяют количественные и качественные подходы к оценке защищенности. Это откроет новые возможности для повышения надежности и эффективности информационно-телекоммуникационных систем, критически важных для функционирования инфраструктуры и обеспечения национальной безопасности.

В заключение, результаты данной работы могут быть полезными для практиков и исследователей в области информационной безопасности, обеспечивая основу для дальнейших исследований и разработки более эффективных стратегий защиты информационно-технических систем.

### *Список использованных источников*

[1] Закон Республики Казахстан «Об информатизации» от 24 ноября 2016 года (с изменениями и дополнениями от 10 сентября 2023 года). <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1500000418>

[2] Постановление Правительства Казахстана «Об утверждении Правил и критериев отнесения объектов информационно-коммуникационной инфраструктуры к критически важным объектам информационно-коммуникационной инфраструктуры» №529 от 8 сентября 2016 года (с изменениями и дополнениями от 13 июля 2023 года). <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2300032996>

[3] Концепция кибербезопасности («Киберцит Казахстана») Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 июня 2017 года №407 (с изменениями и дополнениями от 17 марта 2023 года). <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1700000407>

[4] Юдин А.Ю., Сидоренко В.М., Гнатюк С.А., Верховец А.С. Модель расчета количественного критерия оценки защищенности информационно-телекоммуникационных систем критической

инфраструктуры государства // *Современные информационные системы*. – 2021. - Т. 5, № 4. - С. 109-115. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.4.15>

[5] Gnatyuk S. et al. *The Model for Calculating the Quantitative Criteria for Assessing the Security Level of Information and Telecommunication Systems // IntelITSIS*. – 2022. – С. 390-399.

[6] Гнатюк С.А., Юдин А.Ю., Сидоренко В.М., Евченко Я.П. *Метод формирования функционального профиля защищенности отраслевых информационно-телекоммуникационных систем // Кибербезопасность: образование, наука, техника*. – 2021. - Т. 3, № 11. - С. 166-182.

[7] Sarkar T.K., Salazar-Palma M., Zhu M.D., Chen H. *Mathematical Principles Related to Modern System Analysis // Modern Characterization of Electromagnetic Systems and its Associated Metrology*. – 2021. - P. 1-20. DOI: 10.1002/9781119076230.ch1.

[8] Guo X., Gao M., Zhang M., Chen Y., Tseng S.-P. *Design and Implementation of Teaching Quality Assessment System based on Analytic Hierarchy Process Fuzzy Comprehensive Evaluation method // 2020 8th International Conference on Orange Technology (ICOT)*. – 2020. - P. 1-3. DOI: 10.1109/ICOT51877.2020.9468778.

[9] Sandoval-Alfaro O.E., Quintero-Meza R.R. *Application of Data Analytics Techniques for Decision Making in the Retrospective Stage of the Agile Scrum Methodology // 2021 Mexican International Conference on Computer Science (ENC)*. – 2021. - P. 1-8. DOI: 10.1109/ENC53357.2021.9534800.

[10] Коробов В. Б., Тутьгин А. Г. *Преимущества и недостатки метода анализа иерархий // Известия Российского государственного педагогического университета им. АИ Герцена*. – 2010. – №. 122.

[11] Ma Z., Wang S., Deng X., Jiang W. *An improved approach for adversarial decision making under uncertainty based on simultaneous game // 2018 Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*. – 2018. - P. 2499-2503. DOI: 10.1109/CCDC.2018.8407545.

[12] Гнатюк С., Сидоренко В., Положенцев А., Сотниченко Ю. *Экспериментальное определение уровня кибербезопасности в критической инфраструктуре гражданской авиации // Материалы Международной научно-практической конференции IEEE 2020: Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T*. – Kyiv, Ukraine, 2020. - P. 757-764.

[13] СТ РК ИСО/МЭК 27002-2009, *Свод правил по управлению защитой информации, СТ РК ИСО/МЭК РК, 2009*. [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=31458716](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31458716)

#### References

[1] *Zakon Respubliki Kazakhstan «Ob informatizatsii» ot 24 noyabrya 2016 goda (s izmeneniyami i dopolneniyami ot 10 sentyabrya 2023 goda)*. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1500000418>

[2] *Postanovleniye Pravitel'stva Kazakhstana «Ob utverzhdenii Pravil i kriteriyev otneseniya ob'yektov informatsionno-kommunikatsionnoy infrastruktury k kriticheski vazhnym ob'yektam informatsionno-kommunikatsionnoy infrastruktury» №529 ot 8 sentyabrya 2016 goda (s izmeneniyami i dopolneniyami ot 13 iyulya 2023 goda)*. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2300032996>

[3] *Kontseptsiya kiberbezopasnosti («Kibershchit Kazakhstana») Postanovleniye Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 30 iyunya 2017 goda №407 (s izmeneniyami i dopolneniyami ot 17 marta 2023 goda)*. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1700000407>

[4] Yudin A.YU., Sidorenko V.M., Gnatyuk S.A., Verkhovets A.S. *Model' rascheta kolichestvennogo kriteriya otsenki zashchishchennosti informatsionno-telekommunikatsionnykh sistem kriticheskoy infrastruktury gosudarstva // Sovremennyye informatsionnyye sistemy*. – 2021. - Т. 5, № 4. - С. 109-115. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.4.15>

[5] Gnatyuk S. et al. *The Model for Calculating the Quantitative Criteria for Assessing the Security Level of Information and Telecommunication Systems // IntelITSIS*. – 2022. – S. 390-399.

[6] Gnatyuk S.A., Yudin A.YU., Sidorenko V.M., Yevchenko YA.P. *Metod formirovaniya funktsional'nogo profilya zashchishchennosti otraslevykh informatsionno-telekommunikatsionnykh sistem // Kiberbezopasnost': obrazovaniye, nauka, tekhnika*. – 2021. - Т. 3, № 11. - С. 166-182.

[7] Sarkar T.K., Salazar-Palma M., Zhu M.D., Chen H. *Mathematical Principles Related to Modern System Analysis // Modern Characterization of Electromagnetic Systems and its Associated Metrology*. – 2021. - P. 1-20. DOI: 10.1002/9781119076230.ch1.

[8] Guo X., Gao M., Zhang M., Chen Y., Tseng S.-P. *Design and Implementation of Teaching Quality Assessment System based on Analytic Hierarchy Process Fuzzy Comprehensive Evaluation method // 2020 8th International Conference on Orange Technology (ICOT)*. – 2020. - P. 1-3. DOI: 10.1109/ICOT51877.2020.9468778.

[9] Sandoval-Alfaro O.E., Quintero-Meza R.R. *Application of Data Analytics Techniques for Decision Making in the Retrospective Stage of the Agile Scrum Methodology // 2021 Mexican International Conference on Computer Science (ENC)*. – 2021. - P. 1-8. DOI: 10.1109/ENC53357.2021.9534800.

[10] Korobov V. B., Tutygin A. G. *Preimushchestva i nedostatki metoda analiza iyerarkhiy // Izvestiya Rossiyskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. AI Gertsena*. – 2010. – №. 122.

[11] Ma Z., Wang S., Deng X., Jiang W. *An improved approach for adversarial decision making under uncertainty based on simultaneous game // 2018 Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*. – 2018. - P. 2499-2503. DOI: 10.1109/CCDC.2018.8407545.

[12] Gnatyuk S., Sidorenko V., Polozhentsev A., Sotnichenko YU. *Ekspymental'noye opredeleniye urovnya kiberbezopasnosti v kriticheskoy infrastrukture grazhdanskoy aviatsii // Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii IEEE 2020: Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T*. – Kyiv, Ukraine, 2020. - R. 757-764.

[13] ST RK ISO/MEK 27002-2009, *Svod pravil po upravleniyu zashchitoy informatsii, ST RK ISO/MEK RK, 2009*. [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=31458716](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31458716)

Е.К. Курмангалиев<sup>1\*</sup> , А.У. Бекбауова<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Актюбинский региональный университет имени К.Жубанова, г. Актюбе, Казахстан

\*e-mail: [ergali715@gmail.com](mailto:ergali715@gmail.com), [mirra478@mail.ru](mailto:mirra478@mail.ru)

## ПОСТРОЕНИЕ РЕШЕНИЯ В ШИРОКОМ СМЫСЛЕ ЛИНЕЙНОЙ СЧЕТНОЙ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

### Аннотация

В статье рассматриваются вопросы существования и единственности периодических по некоторым переменным решений в широком смысле для счетных систем в частных производных. Изучение периодических решений систем дифференциальных уравнений имеет важное значение в современной теории дифференциальных уравнений, поскольку многие задачи механики, физики и инженерии сводятся к анализу колебательных решений как обыкновенных, так и частных уравнений. В статье применен метод характеристик, установлены достаточные условия для существования и единственности периодических по части переменных решения в широком смысле для линейной бесконечной системы уравнений в частных производных. Также приведены определения решений в широком смысле для бесконечных систем первого порядка в частных производных.

**Ключевые слова:** счетная система, гиперболические системы, бесконечные системы дифференциальных уравнений, решения в широком смысле, периодические решения.

Е.К. Курмангалиев<sup>1</sup>, А.У. Бекбауова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан

## САНАЛЫМДЫ СЫЗЫҚТЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІНІҢ КЕҢ МАҒЫНАДАҒЫ ШЕШІМДЕРІН ТҮРҒЫЗУ

### Аңдатпа

Мақалада бірінші ретті саналымды дифференциалдық теңдеулер жүйесінің айнымалылардың кейбірі бойынша периодты кең мағынадағы шешімдерін анықтау мәселелері қарастырылған. Дербес дифференциалдық жүйелердің периодтық шешімдерін зерттеу қазіргі дифференциалдық теңдеулер теориясында маңызды орын алады. Механика, физика және техника салаларындағы көптеген мәселелер қарапайым және дербес туындылы дифференциалдық теңдеулер жүйесінің тербелмелі шешімдерімен сипатталады. Сонымен қатар, мақалада сипаттауыштар әдісі қолданылып, шексіз сызықты бірінші ретті дербес туындылы дифференциалдық теңдеулер жүйесінің айнымалылардың кейбірі бойынша периодты кең мағынадағы шешімінің бар болу және жалғыздығына қажетті шарттар анықталды. Сондай-ақ, шексіз дербес туындылы дифференциалдық жүйенің кең мағынадағы шешімінің анықтамасы берілді.

**Түйін сөздер:** саналымды жүйе, гиперболалық жүйелер, шектелмеген дифференциалдық теңдеулер жүйесі, кең мағынадағы шешімдер, периодты шешімдер.

Е.К. Kurmangaliev<sup>1</sup>, A.U. Bekbauova<sup>1</sup>

Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan

## CONSTRUCTION OF A SOLUTION IN A BROAD SENSE OF A LINEAR DIFFERENTIAL SYSTEM

### Abstract

The article discusses the existence and uniqueness of solutions periodic over some variables in a broad sense for partial differential countable systems. The study of periodic solutions of systems of differential equations is important in modern differential equation theory, since many problems of mechanics, physics and engineering are reduced to the analysis of vibrational solutions of both ordinary and partial equations. The article applies the method of characteristics, established sufficient conditions for the existence and uniqueness

of periodic variable solutions in a broad sense for a linear infinite system of partial differential equations. Definitions of solutions in a broad sense for infinite first-order partial differential systems are also given.

**Keywords:** countable system, hyperbolic systems, infinite systems of differential equations, solutions in a broad sense, periodic solutions.

### Основные положения

При решения прикладных задач в области естествознания часто применяются системы дифференциальных уравнений. В статье изучается счетная система уравнений в частных производных, рассматриваются вопросы существования и единственности периодических по некоторым переменным решений в широком смысле. Метод характеристик применяется к системе дифференциальных уравнений в частных производных, строится матрицант счетной системы, и даны определения решений в широком смысле для бесконечной системы дифференциальных уравнений.

### Введение

Часто при моделирования прикладных задач применяются системы в частных производных первого порядка [1-6]. Основы теории бесконечных систем дифференциальных уравнений заложены в работах многих ученых [7-9]. В исследованиях Г. Бора, П. Боля, С. Бохнера установлена связь между почти периодическими функциями одной переменной и периодическими функциями от конечного и бесконечного множества переменных. В работах В.Х. Харасахала [9] квазипериодические решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений исследуются с помощью систем уравнений в частных производных с конечным числом независимых переменных. Этот метод развивался на случай счетных систем уравнений в частных производных со счетным множеством независимых переменных, а также многопериодические по частям переменных решения таких систем исследованы в работах Д.У. Умбетжанова и др [10-12]. Классическое решение системы дифференциальных уравнений в частных производных, как известно, обладает непрерывной дифференцируемостью. Если же решение имеет меньшую степень гладкости, но в определенном смысле удовлетворяет данной системе уравнений, его называют обобщенным решением. Одни из таких обобщенных решений системы уравнений первого порядка в частных производных, согласно К.О. Фридрихсу, называются решениями в широком смысле [13].

### Методология исследования

Для существования решения в широком смысле не требуется, чтобы входные данные системы дифференциальных уравнений в частных производных обладали гладкостью, при этом аналитическая форма как классического решения, так и решения в широком смысле совпадает. Если входные данные системы обладают необходимой гладкостью и удовлетворяют дополнительным условиям, связанным с этой гладкостью, то решение, полученное в широком смысле, также будет являться классическим решением данной системы. Следовательно, это дает возможность ослабить условия существования и построения классического решения. При изучении разрывных решений уравнений в частных производных используются обобщенные решения в широком смысле. В исследованиях [13-14] были получены обобщенные решения в широком смысле по Фридрихсу для гиперболических систем, принадлежащие к классу непрерывных функций. В работах А.У. Бекбауовой [14] изучались многопериодические по некоторым переменным решения конечных систем уравнений в частных производных первого порядка.

### Результаты исследования

Рассмотрим бесконечную систему линейных дифференциальных уравнений

$$Du = P(t, x, y)u + f(t, x, y), \quad (1)$$

где  $D = \frac{\partial}{\partial t} + \left\langle a(t, x, y), \frac{\partial}{\partial x} \right\rangle + \left\langle b(t, x, y), \frac{\partial}{\partial y} \right\rangle$  - оператор дифференцирования,  $\frac{\partial}{\partial x} = \left( \frac{\partial}{\partial x_1}, \frac{\partial}{\partial x_2}, \dots \right)$ ,  $\frac{\partial}{\partial y} = \left( \frac{\partial}{\partial y_1}, \frac{\partial}{\partial y_2}, \dots \right)$  - векторы дифференцирования по  $x_1, x_2, \dots$  и  $y_1, y_2, \dots$  соответственно,  $x = (x_1, x_2, \dots)$ ,  $y = (y_1, y_2, \dots)$ ,  $a(t, x, y) = (a_1(t, x, y), a_2(t, x, y), \dots)$ ,  $b(t, x, y) = (b_1(t, x, y), b_2(t, x, y), \dots)$  - счетно-мерные векторы,  $\langle, \rangle$  - означает скалярное произведение,

$f(t, x, y) = (f_1(t, x, y), f_2(t, x, y), \dots)$  - счетномерная вектор-функция,  $t \in R = (-\infty, +\infty)$  - вещественная переменная,  $P(t, x, y) = \{p_{i \rightarrow j}(t, x, y)\}_1^\infty$  - бесконечная матрица,  $u, f$  - вектор-столбцы.

**Определение 1.** Непрерывная в  $\Omega$  вектор-функция  $u(t, x, y)$  называется периодическим по части переменных решением системы (1) в широком смысле, если она  $(\theta, \omega)$ -периодична по  $t, x$ , т.е. удовлетворяет условию

$$u(t + \theta, x + q\omega, y) = u(t, x, y), \quad (1^*)$$

и непрерывно дифференцируема по переменной  $t$  вдоль характеристик  $x = \lambda(t, s, x_0, y_0)$ ,  $y = \xi(t, s, x_0, y_0)$  оператора дифференцирования  $D$ , причем

$$\frac{d}{dt} x(t, \lambda(t, s, x_0, y_0), \xi(t, s, x_0, y_0)) = P(t, x, y)x(t, x, y) + f(t, x, y),$$

где  $\Omega = R \times \mathbf{m} \times \mathbf{m}$ ,  $\mathbf{m}$ -пространство ограниченных последовательностей,  $(\theta, \omega) \in R \times \mathbf{m}$ -вектор-период,  $q\hat{\omega} = (q_1\omega_1, q_2\omega_2, \dots)$ ,  $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots)$ ,  $q \in Z^\infty = Z \times Z \times \dots$ ,  $Z$  -множество целых чисел.

Для нахождения решения системы (1) рассмотрим бесконечную однородную линейную систему уравнений первого порядка в частных производных.

$$Du = P(t, x, y)u. \quad (2)$$

**Лемма 1.** Если входные данные  $a(t, x, y)$ ,  $b(t, x, y)$ ,  $P(t, x, y)$  для системы (2) обладают свойствами равномерной непрерывности и периодичности (под непрерывностью понимается равномерная непрерывность компонентов данных векторных функций и элементов бесконечной матрицы),

$$\begin{aligned} a(t + \theta, x + q\omega, y) &= a(t, x, y) \in C(R \times \mathbf{m} \times \mathbf{m}), \\ b(t + \theta, x + q\omega, y) &= b(t, x, y) \in C(R \times \mathbf{m} \times \mathbf{m}), \\ P(t + \theta, x + q\omega, y) &= P(t, x, y) \in C(R \times \mathbf{m} \times \mathbf{m}), \end{aligned} \quad (3)$$

липищевости

$$\begin{aligned} \|a(t, x, y) - a(t, \bar{x}, \bar{y})\| &\leq \alpha(\|x - \bar{x}\| + \|y - \bar{y}\|), \\ \|b(t, x, y) - b(t, \bar{x}, \bar{y})\| &\leq \beta(\|x - \bar{x}\| + \|y - \bar{y}\|), \end{aligned} \quad (4)$$

и ограниченности

$$\|a(t, x, y)\| \leq a_0, \quad \|b(t, x, y)\| \leq b_0, \quad \|P(t, x, y)\| \leq \bar{P}_0 \quad (5)$$

в области  $\Omega = R \times \mathbf{m} \times \mathbf{m}$ , где  $R = (-\infty, +\infty)$ ,  $\mathbf{m}$  - множество ограниченных последовательностей, то интегральное матричное уравнение

$$U(s, t, x, y) = E + \int_s^t P(\tau, \lambda(\tau, t, x, y), \xi(\tau, t, x, y))U(s, \tau, \lambda(\tau, t, x, y), \xi(\tau, t, x, y))d\tau \quad (6)$$



где  $E$  -бесконечная единичная матрица, с начальным условием

$$U(s, t, x, y)|_{t=s} = E,$$

имеет единственное непрерывное ограниченное решение, которое представляется в виде суммы равномерно сходящегося ряда

$$U(s, t, x, y) = \sum_{k=0}^{\infty} U^{(k)}(s, t, x, y), \quad (7)$$

члены которого определяются при помощи рекуррентных соотношений:

$$U^{(0)}(s, t, x, y) = E, \\ U^{(k)}(s, t, x, y) = \int_s^t P(\tau, \lambda(\tau, t, x, y), \xi(\tau, t, x, y)) U^{(k-1)}(s, \tau, \lambda(\tau, t, x, y), \xi(\tau, t, x, y)) d\tau, \quad (8)$$

Доказательство. Покажем, что (7) является решением интегрального уравнения (6). Действительно, из (8) получаем оценки:

$$\|U^{(0)}(s, t, x, y)\| = \|E\| = 1, \\ \|U^{(k)}(s, t, x, y)\| \leq \frac{\bar{P}_0^k |t-s|^k}{k!}, \quad k = 1, 2, \dots$$

Отсюда видно сходимость ряда (7), причем

$$\|U(s, t, x, y)\| \leq e^{\bar{P}_0 |t-s|}. \quad (9)$$

В силу сходимости суммируя обе части (8), по  $k$  от 1 до  $\infty$ , имеем

$$\sum_{k=1}^{\infty} U^{(k)} = \int_s^t P \cdot \sum_{k=1}^{\infty} U^{(k-1)} d\tau. \quad (10)$$

Учитывая (7), из (10) получим

$$U - E = \int_s^t P U d\tau.$$

Теперь покажем единственность решения (7). Предположим, что кроме (7) существует еще одно решение  $V$  отличное от  $U$ , т.е.  $U - V \neq 0$ . Тогда их разность  $U - V$  удовлетворяет уравнению

$$U - V = \int_s^t P(U - V) d\tau. \quad (11)$$

Решение  $Z = U - V$  уравнения (11) будем находить с использованием метода последовательных приближений (8). Но ряд (7) сходится, поэтому решение уравнения (11) является пределом общего члена этого ряда и равно нулю. Следовательно, уравнение (11) может иметь только нулевое решение, что доказывает единственность решения (7).

**Определение 2.** Вектор-функция  $u(t, x, y)$ , непрерывная по всем переменным, называется решением системы (2) в широком смысле, если она непрерывно дифференцируема по переменной  $t$  вдоль характеристик  $x = \lambda(t, s, x_0, y_0)$ ,  $y = \xi(t, s, x_0, y_0)$  оператора дифференцирования  $D$ , при этом

$$\frac{d}{dt} u(t, \lambda(t, s, x_0, y_0), \xi(t, s, x_0, y_0)) = P(t, x, y) u(t, x, y).$$

**Лемма 2.** Если входные данные  $a(t, x, y)$ ,  $b(t, x, y)$ ,  $P(t, x, y)$  системы (2) соответствуют условиям (3)-(5), то существует единственное решение  $U(s, t, x, y)$ , которое в широком смысле удовлетворяет матричному уравнению

$$DU = P(t, x, y)U \quad (12)$$

с начальным условием

$$U(s, t, x, y)|_{t=s} = E, \quad (12_0)$$

и причем оно является решением интегрального уравнения (6).

Действительно, пусть  $x = \lambda(t, s, x_0, y_0)$ ,  $y = \xi(t, s, x_0, y_0)$  являются характеристикой оператора дифференцирования  $D$ , проходящей через точку  $(s, x_0, y_0) \in \Omega$ . Тогда на основе свойства единственности характеристики исходящей из начальной точки, вдоль этой характеристики из (6), получим

$$U(s, t, \lambda(t, s, x_0, y_0), \xi(t, s, x_0, y_0)) = E + \int_s^t P[\tau, \lambda(\tau, s, x_0, y_0), \xi(\tau, s, x_0, y_0)] \times \\ \times U[s, \tau, \lambda(\tau, s, x_0, y_0), \xi(\tau, s, x_0, y_0)] d\tau.$$

Дифференцируя теперь по  $t$ , получим

$$\frac{d}{dt} U(s, t, \lambda(t, s, x_0, y_0), \xi(t, s, x_0, y_0)) = P(t, x, y)U(s, t, x, y),$$

так как подынтегральное выражение не зависит от  $t$ .

Условия леммы обеспечивают существование единственного непрерывного и ограниченного решения, которое представляется в виде суммы равномерно сходящегося ряда (7). Следовательно, матрица (7) является решением в широком смысле матричного уравнения (12), удовлетворяющим начальному условию (12<sub>0</sub>). Матрицу (7) назовем матрицантом в широком смысле однородной системы (2).

**Теорема.** Если входные данные  $a(t, x, y), b(t, x, y), P(t, x, y)$  системы (1) удовлетворяют условиям (2)-(5) и  $f(t, x, y)$  удовлетворяет условиям аналогичным (3), (5) в области  $\Omega = \mathbb{R} \times \mathbf{m} \times \mathbf{m}$ , то система (1) имеет единственное ограниченное периодическое по части переменных решение в широком смысле определяемое

$$u(t, x, y) = \int_{-\infty}^t U(\tau, t, x, y) f(\tau, \lambda(\tau, t, x, y), \xi(\tau, t, x, y)) d\tau \quad (13)$$

при условии некритичности

$$\|U(s, t, x, y)\| \leq \Gamma e^{-\gamma(t-s)}, \quad t \geq s, \quad (14)$$

где  $\Gamma \geq 1$ ,  $\gamma > 0$ -постоянные, матрицанта в широком смысле  $U(s, t, x, y)$  линейной однородной системы (2).

Доказательство. Заметим, что условия теоремы обеспечивают условия леммы 2. Тогда, по лемме 2, существует матрицант  $U(s, t, x, y)$ , который в широком смысле удовлетворяет матричному уравнению (12), причем оно может быть найдено как решение интегрального уравнения (6).

Пусть  $G$ -пространство  $\omega$ -периодических по  $x$ , непрерывных и ограниченных по  $x, y$  в области  $\mathbf{m} \times \mathbf{m}$ , где  $\mathbf{m}$  - множество ограниченных последовательностей, счетномерных вектор-функций

$$g(x + q\omega, y) = g(x, y) \in C(\mathbf{m} \times \mathbf{m}),$$

с нормой  $\|g\| = \sup_k |g_k|$ , где  $q \in Z^\infty$ ,  $Z^\infty = Z \times Z \times \dots$ ,  $Z$  -множество целых чисел.

Тогда, любое решение в широком смысле однородной системы (2) с начальным условием

$$u(t, x, y)|_{t=s} = g(x, y) \quad (15)$$

можно представить в виде

$$u(t, x, y) = U(s, t, x, y)g(\lambda(s, t, x, y), \xi(s, t, x, y)), \quad (16)$$

а решение в широком смысле неоднородной системы (1), удовлетворяющее начальному условию (15) представляется в виде

$$u(t, x, y) = U(s, t, x, y)g(\lambda(s, t, x, y), \xi(s, t, x, y)) + \int_s^t U(\tau, t, x, y)f(\tau, \lambda(\tau, t, x, y), \xi(\tau, t, x, y))d\tau, \quad (17)$$

где  $U(s, t, x, y)$  -матрицант в широком смысле однородной системы (2).

Таким образом, исходя из представления решения (17), и с учетом условия (14), линейная однородная система (2) не имеет  $(\theta, \omega)$  -периодических решений кроме нулевого.

Пусть матрицант в широком смысле  $U(s, t, x, y)$  удовлетворяет условию (14). Тогда, учитывая сходимость несобственного интеграла, начальную функцию  $g(x, y)$  выберем соотношением

$$g(\lambda(s, t, x, y), \xi(s, t, x, y)) = \int_{-\infty}^s U(\tau, t, x, y)f(\tau, \lambda(\tau, t, x, y), \xi(\tau, t, x, y)) d\tau, \quad (18)$$

так как при  $t = s$  имеем  $\lambda(t, t, x, y) = x$ ,  $\xi(t, t, x, y) = y$ . Отсюда из (17), (18) получим (13).

Равномерную сходимость несобственного интеграла в (13) обеспечивает условие некритичности (14). В силу равномерной сходимости несобственного интеграла в (13)  $u(t, x, y)$  будет непрерывной функцией от  $t, x, y$ . Из условия (3) периодичности входных данных  $a(t, x, y)$ ,  $b(t, x, y)$  получим периодичность характеристик оператора дифференцирования  $D$  по переменным  $t, x$ . Периодичность входных данных  $f, P$  и свойства периодичности характеристики матрицанта обеспечивают  $(\theta, \omega)$  -периодичность функции (13) по части  $t, x$  переменных  $t, x, y$ :

$$\begin{aligned} u(t + \theta, x + q\omega, y) &= \int_{-\infty}^{t+\theta} U(\tau, t + \theta, x + q\omega, y)f(\tau, \lambda(\tau, t + \theta, x + q\omega, y), \\ &\xi(\tau, t + \theta, x + q\omega, y))d\tau = \left| \tau = \sigma + \theta \right| = \int_{-\infty}^t U(\sigma + \theta, t + \theta, x + q\omega, y) \times \\ &\times f(\sigma + \theta, \lambda(\sigma + \theta, t + \theta, x + q\omega, y), \xi(\sigma + \theta, t + \theta, x + q\omega, y))d\sigma = \\ &= \int_{-\infty}^t U(\sigma, t, x, y)f(\sigma, \lambda(\sigma, t, x, y) + q\omega, \xi(\sigma, t, x, y))d\sigma = \\ &= \int_{-\infty}^t U(\sigma, t, x, y)f(\sigma, \lambda(\sigma, t, x, y), \xi(\sigma, t, x, y))d\sigma = u(t, x, y). \end{aligned}$$

Проверим, что (13) является решением системы (1) в широком смысле. На основе свойства единственности характеристики исходящей из начальной точки вдоль характеристик  $x = \lambda(t, s, x_0, y_0)$ ,  $y = \xi(t, s, x_0, y_0)$  из (13) имеем

$$\begin{aligned} u(t, \lambda(t, s, x_0, y_0), \xi(t, s, x_0, y_0)) &= \\ &= \int_{-\infty}^t U(\tau, t, \lambda(t, s, x_0, y_0), \xi(t, s, x_0, y_0)) f(\tau, \lambda(\tau, s, x_0, y_0), \xi(\tau, s, x_0, y_0))d\tau. \quad (19) \end{aligned}$$

Дифференцируя (19) по переменной  $t$  имеем

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}u(t, \lambda(t, s, x_0, y_0), \xi(t, s, x_0, y_0)) &= U(t, t, x, y)f(t, x, y) + \\ &+ \int_{-\infty}^t \frac{d}{dt}U(\tau, t, \lambda(t, s, x_0, y_0), \xi(t, s, x_0, y_0))f(\tau, \lambda(\tau, s, x_0, y_0), \xi(\tau, s, x_0, y_0))d\tau. \quad (20) \end{aligned}$$

Так как

$$\frac{d}{dt}U(\tau, t, \lambda(t, s, x_0, y_0), \xi(t, s, x_0, y_0)) = P(t, x, y)U(\tau, t, x, y),$$

то из (20) имеем

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}u(t, \lambda(t, s, x_0, y_0), \xi(t, s, x_0, y_0)) &= Ef(t, x, y) + \\ + P(t, x, y) \int_{-\infty}^t U(\tau, t, x, y) f(\tau, \lambda(\tau, s, x_0, y_0), \xi(\tau, s, x_0, y_0)) d\tau. \end{aligned} \quad (21)$$

Из (21), в силу тождества (19), получим

$$\frac{d}{dt}u(t, \lambda(t, s, x_0, y_0), \xi(t, s, x_0, y_0)) = f(t, x, y) + P(t, x, y)u(t, x, y).$$

Чтобы завершить доказательство теоремы, необходимо продемонстрировать единственность периодического решения по некоторым переменным в широком смысле (13).

Для этого предположим существование другого решения в широком смысле  $v(t, x, y)$   $(\theta, \omega)$ -периодического по  $t, x$  отличного от  $u(t, x, y)$ , т.е. их разность  $v(t, x, y) - u(t, x, y) = z(t, x, y) \neq 0$ . Так как  $v(t, x, y)$  является решением в широком смысле системы (1), то их разность  $z(t, x, y)$  будет  $(\theta, \omega)$ -периодическим по  $t, x$  решением в широком смысле однородной системы (2). Но матрицант в широком смысле  $U(s, t, x, y)$  системы (2) удовлетворяет условию некритичности (14). Следовательно, система (2) в силу условия (14) не может иметь  $(\theta, \omega)$ -периодических решений по  $t, x$ , кроме нулевого.

Значит

$$z(t, x, y) \equiv 0.$$

Полученное противоречие доказывает единственность  $(\theta, \omega)$ -периодического решения в широком смысле (13).

Рассмотрим пример. Дана система

$$\frac{\partial u_k}{\partial t} + \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\partial u_k}{\partial x_i} + \sum_{j=1}^{\infty} \frac{\partial u_k}{\partial y_j} = -\gamma u_k + f_k(t, x, y), \quad (k = 1, 2, \dots), \quad (22)$$

где  $\gamma > 0$ -постоянное,  $f_k(t, x, y)$ -периодические по части переменных функций.

Периодическое по части переменных решение бесконечной системы (22) является следующей функцией:

$$u_k(t, x, y) = \int_{-\infty}^t e^{-\gamma(t-\tau)} f_k(\tau, x - e\tau + e\tau, y - e\tau + e\tau) d\tau,$$

где  $e = (1, 1, \dots)$  - счетномерный вектор. При условии нулевой гладкости входных данных решение нам удалось построить решения в широком смысле. Если входные данные имеют необходимую гладкость, то найденное (обобщенное) решение в широком смысле (13) также является классическим решением системы (1).

### Дискуссия

Отметим, что существование решения в широком смысле не требует гладкости от входных данных системы (1), причем аналитические виды классического решения и решения в широком смысле одинаковы. Если в системе (1) все входные данные обладают достаточной гладкостью и удовлетворяют дополнительным условиям, связанным с гладкостью, тогда построенное решение в широком смысле будет классическим решением системы (1). Следовательно, это дает возможность ослабить условия существования и построения

классического решения. Результаты данной работы, имеют практическое применение. При изучении разрывных решений уравнений в частных производных используются обобщенные решения в широком смысле.

### Заключение

В статье используется метод характеристик, введено понятие матрицанта в широком смысле для бесконечных линейных уравнений первого порядка в частных производных, и на его основе получено интегральное представление периодических по некоторым переменным решений в широком смысле. Определено понятие периодического по некоторым переменным решения в широком смысле по Фридрихсу, которое заключается в том, что решение является непрерывным и вдоль характеристик дифференцирующего оператора имеет производную по  $t$ , равную правой части рассматриваемой системы уравнений в частных производных. Определены условия, при которых периодическое по переменным решение в широком смысле бесконечной линейной системы становится классическим решением.

### Благодарность

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН АР19675358)

#### Список использованных источников

- [1] S. Zahar, S. Georgiev and K. Mebarki. Multiple solutions for a class BVPs for second order ODEs via an extension of Leray Schauder boundary condition, // *Nonlinear Studies*, 2022, Vol. 30, No. 1, pp. 113-125,
- [2] Y.H. Youssri<sup>1</sup>, R.M. Hafez<sup>2</sup> Exponential Jacobi spectral method for hyperbolic partial differential equations // *Mathematical Sciences*, 2019, 13:347–354, <https://doi.org/10.1007/s40096-019-00304-w>
- [3] Prüss J. *Evolutionary Integral Equations and Applications*. – Berlin: Birkhauser Verlag, Baseletc., 1993. – 391 p.
- [4] Dzhumabaev D.S., Bakirova E.A., Mynbaeva S.T. Numerical implementation of one algorithm for finding a solution to a special Cauchy problem for nonlinear integro-differential Fredholm Equations // *Mathematical journal*, 2017, Vol. 17, № 4(66), P. 25-36. (in Russian).
- [5] Assanova, A.T. A generalized integral problem for a system of hyperbolic equations and its applications // *Journal of Mathematics and Statistics.*, 2023, 52(6), P. 1513–1532
- [6] Bakirova, E.A., Kadirbayeva, Z.M., Salgarayeva, G.I. A Computational Method for Solving a Boundary-Value Problem for Differential Equations with Piecewise Constant Argument of Generalized Type // *Lobachevskii Journal of Mathematics.*, 2022, 43(11), P. 3057–306
- [7] Жаутыков О.А. О построении решений задачи Коши для бесконечных систем линейных уравнений в частных производных // *Известия АН КазССР, серия матем. и мех.* – 1959. – Вып. 8(12). – С. 3-17.
- [8] Шнидерман И.Д. О бесконечных системах линейных дифференциальных уравнений // *Дифференциальные уравнения*. 1968. – Т. IV, № 2. – С. 276-282.
- [9] Harasahal V.H. *Pochti periodicheskie resheniya obyknovennyh differencial'nyh uravnenij*. – Alma-Ata: Nauka, 1970.
- [10] Umbetzhonov D.U. *Pochti periodicheskie resheniya evolyucionnyh uravnenij*. Alma-Ata: Nauka, 1979.-179s
- [11] Сартабанов Ж.А. Периодичность характеристик оператора дифференцирования по диагонали // *Вестник КазНПУ им. Абая, серия «Физико-математические науки», No2(82), 2023г, С. 40-53*
- [12] Berzhanov A.B., Kurmangaliev E.K. *Mnogoperiodicheskoe po chasti peremennyh reshenie odnoj schetnoj sistemy kvazilinejnyh uravnenij v chastnyh proizvodnyh* // *Ukrainskij matematicheskij zhurnal*. – 2009. – Т.61, №2. – С. 280-288.
- [13] Zhestkov S.V. *O postroenii mnogoperiodicheskikh reshenij polulinejnyh giperbolicheskikh sistem uravnenij v chastnyh proizvodnyh s pomoshch'yu harakteristik* // *Differencial'nye uravneniya*. - 1984. - Т.20. - №9. -S.1630-1632.
- [14] Бекбауова А.У., Талипова М.Ж., Иманчиев А.Е., Курмангалиев Е.К., Утеуова Н.Ж., Построение решения в широком смысле систем дифференциальных уравнений в частных производных, *ВЕСТНИК КазНПУ им. Абая, серия «Физико-математические науки», N3(83), 2023г, С. 7-15*

References

- [1] S. Zahar, S. Georgiev and K. Mebarki. *Multiple solutions for a class BVPs for second order ODEs via an extension of Leray Schauder boundary condition*, // *Nonlinear Studies*, 2022, Vol. 30, No. 1, pp. 113-125,
- [2] Y.H. Youssri<sup>1</sup>, R.M. Hafez<sup>2</sup> *Exponential Jacobi spectral method for hyperbolic partial differential equations* // *Mathematical Sciences*, 2019, 13:347–354, <https://doi.org/10.1007/s40096-019-00304-w>
- [3] Prüss J. *Evolutionary Integral Equations and Applications*. – Berlin: Birkhauser Verlag, Baseletc., 1993. – 391 p.
- [4] Dzhumabaev D.S., Bakirova E.A., Mynbaeva S.T. *Numerical implementation of one algorithm for finding a solution to a special Cauchy problem for nonlinear integro-differential Fredholm Equations* // *Mathematical journal*, 2017, Vol. 17, № 4(66), P. 25-36. (in Russian).
- [5] [Assanova, A.T.](#) *A generalized integral problem for a system of hyperbolic equations and its applications* // *Journal of Mathematics and Statistics.*, 2023, 52(6), P. 1513–1532
- [6] [Bakirova, E.A.](#), [Kadirbayeva, Z.M.](#), [Salgarayeva, G.I.](#) *A Computational Method for Solving a Boundary-Value Problem for Differential Equations with Piecewise Constant Argument of Generalized Type* // *Lobachevskii Journal of Mathematics.*, 2022, 43(11), P. 3057–306
- [7] Zhautykov O.A. (1959) *O postroenii reshenij zadachi Koshi dlya beskonechnykh sistem linejnykh uravnenij v chastnykh proizvodnykh* [On the construction of solutions to the Cauchy problem for infinite systems of linear partial differential equations]. *Izvestiya AN KazSSR, seriya matem. i mekh. Vyp. 8(12)*. 3-17. (in Russian).
- [8] Shniderman I.D. (1968) *O beskonechnykh sistemah linejnykh differencial'nykh uravnenij* [On infinite systems of linear differential equations // *Differential equations*]. *Differencial'nye uravneniya. T. IV, № 2*. 276-282. (in Russian)
- [9] Harasahal V.H. *Pochti periodicheskie resheniya obyknovennykh differencial'nykh uravnenij*. – Alma-Ata: Nauka, 1970.
- [10] Umbetzhano D.U. *Pochti periodicheskie resheniya evolyucionnykh uravnenij*. Alma-Ata: Nauka, 1979.-179s
- [11] ZH.A. Sartabanov (2023) *Periodichnost' harakteristikoperatora differencirovaniya po diagonalii* [The frequency of characteristics of the diagonal differentiation operator]. *Vestnik KazNPU im. Abaya, seriya «Fiziko-matematicheskie nauki»*, No2(82), 40-53. (in Russian)
- [12] Berzhanov A.B., Kurmangaliev E.K. *Mnogoperiodicheskoe po chasti peremennykh reshenie odnoj schetnoj sistemy kvazilinejnykh uravnenij v chastnykh proizvodnykh* // *Ukrainskij matematicheskij zhurnal*. – 2009. – T.61, №2. – S. 280-288.
- [13] ZHestkov S.V. *O postroenii mnogoperiodicheskikh reshenij polulinejnykh giperbolicheskikh sistem uravnenij v chastnykh proizvodnykh s pomoshch'yu harakteristik* // *Differencial'nye uravneniya*. - 1984. - T.20. - №9. -S.1630-1632.
- [14] A.U.Bekbauova, M.ZH.Talipova, A.E.Imanchiev, E.K.Kurmangaliev, N.ZH.Uteuova, (2023) *Postroenie resheniya v shirokom smysle sistem differencial'nykh uravnenij v chastnykh proizvodnykh* [Construction of a solution in a broad sense of systems of partial differential equations]. *VESTNIK KazNPU im. Abaya, seriya «Fiziko-matematicheskie nauki»*, N3(83), 2023., 7-15. (in Russian).

А.Е. Сарсенбаева<sup>1\*</sup>, С.Е. Касенов<sup>2</sup>, Ж.Ә. Әскербекова<sup>3</sup>, А.М. Тлеулесова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

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

<sup>3</sup> Восточно-Казахстанский технический университет имени Д.Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

\* e-mail: [sarsenbaeva\\_82@bk.ru](mailto:sarsenbaeva_82@bk.ru).

## ВЫВОД ГРАДИЕНТА ФУНКЦИОНАЛА ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА

### *Аннотация*

В статье рассматривается задача продолжения для уравнения Гельмгольца. Решение исходной задачи сводится к решению обратной задачи по отношению к прямой (корректной) задаче. Обратная задача формулируется для уточнения граничного условия с помощью дополнительной информации о решении прямой задачи. Обратная задача записывается в операторном виде. Решение операторного уравнения сводится к задаче минимизации целевого функционала. В работе также исследуются вопросы сходимости градиентных методов для решения обратной задачи. Также разработан алгоритм решения обратной задачи с использованием теории сопряженной оптимизации и метода Ландвебера. Представлены подробные выкладки для получения сопряженной задачи. Полученные результаты показывают, что использование теории сопряженной оптимизации и метода Ландвебера позволяет эффективно решать обратные задачи.

**Ключевые слова:** обратная задача, сопряженная задача, уравнение Гельмгольца, градиент функционала, метод Ландвебера.

A.E. Sarsenbayeva<sup>1</sup>, S.E. Kasenov<sup>2</sup>, Zh. Askerbekova<sup>3</sup>, A.M. Tleulesova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> South Kazakhstan University named after Mukhtar Auezov Shymkent, Kazakhstan

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

<sup>3</sup> East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbayev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

## DERIVATION OF THE GRADIENT OF THE INVERSE PROBLEM FUNCTIONAL FOR THE HELMHOLTZ EQUATION

### *Abstract*

This paper considers the continuation problem for the Helmholtz equation. The solution to the original problem is reduced to solving the inverse problem with respect to the direct (well-posed) problem. The inverse problem is formulated to clarify the boundary condition with the help of additional information about the solution of the direct problem. The inverse problem is written in operator form. The solution of the operator equation is reduced to the problem of minimizing the objective functional. The paper also examines issues of convergence of gradient methods for solving the inverse problem. An algorithm has been developed for solving the inverse problem using the theory of conjugate optimization and the Landweber method. Detailed calculations for obtaining the associated problem are presented. The results obtained show that the use of the theory of conjugate optimization and the Landweber method makes it possible to effectively solve inverse problems.

**Keywords:** inverse problem, adjoint problem, Helmholtz equation, gradient of the functional, the Landweber method.

А.Е. Сарсенбаева<sup>1</sup>, С.Е. Касенов<sup>2</sup>, Ж. Ә. Әскербекова<sup>3</sup>, А.М. Тлеулесова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>М. Әуэзов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ, Қазақстан

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

<sup>3</sup>Д.Серикбаева атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті,

Өскемен қ, Қазақстан

## ГЕЛЬМГОЛЬЦ ТЕНДЕУІ ҮШІН КЕРІ ЕСЕПТІҢ ФУНКЦИОНАЛЫНЫҢ ГРАДИЕНТІН ЕСЕПТЕУ

### *Аңдатпа*

Бұл жұмыста Гельмгольц тендеуі үшін жалғастыру есебі қарастырылады. Бастапқы есептің шешімі тура есепке қатысты кері есепті шешуге келтіріледі. Кері есеп тура есептің шешімі туралы қосымша ақпараттың көмегімен шекаралық шартты нақтылау үшін құрастырылады. Кері есеп операторлық түрде жазылады. Операторлық тендеудің шешімі мақсаттық функционалды минимизациялау есебіне келтіріледі. Сонымен қатар жұмыста кері есепті шешудегі градиенттік әдістерінің жинақтылығы мәселесі қарастырылады. Түйіндес оптимизация теориясы мен Ландвебер әдісін қолдану арқылы кері есепті шешу алгоритмі жасалды. Түйіндес есептің қойылымын алу үшін есептеулер ұсынылған. Алынған нәтижелер түйіндес оптимизация теориясы мен Ландвебер әдісінің кері есептерді тиімді шешуге мүмкіндік беретінін көрсетеді.

**Түйін сөздер:** кері есеп, түйіндес есеп, Гельмгольц тендеуі, функционал градиенті, Ландвебер әдісі.

### **Введение**

Обратные задачи играют значимую роль в математическом моделировании и анализе данных, широко применяясь в областях, таких как геофизика, медицинская диагностика, неразрушающий контроль и климатическое моделирование. Эти задачи направлены на восстановление параметров или внутренних характеристик системы на основе измеренных внешних данных. Ряд исследований в работах [1-2], охватывают различные теоретические и прикладные аспекты обратных задач, включая методы регуляризации и численные методы, а также их применение в различных научных и инженерных областях.

В отличие от прямых задач, которые определяются известными начальными и граничными условиями, обратные задачи часто сталкиваются с некорректностью, требующей применения специализированных методов для получения стабильных и достоверных решений. Градиентные методы являются ключевыми в разработке и анализе итеративных подходов для решения эллиптических, гиперболических и параболических уравнений [3].

Метод решения задачи Коши для эллиптических уравнений, предложенный в работе [4] включает использование градиентного метода, что позволяет находить численные решения в условиях некорректности поставленной задачи. Исследования Марчука Г.И. также выделяются в использовании сопряженных уравнений для анализа и управления динамическими системами и решения экологических задач [5], [6].

В работе [6] используются сопряженные уравнения для нахождения оптимальных решений в задачах управления и оценки точности решений к изменениям начальных условий или параметров системы.

Метод Ландвебера, применяемый в задачах регуляризации, направлен на решение некорректных или плохо обусловленных задач. Он основан на добавлении дополнительного члена к исходному уравнению, учитывающему априорную информацию или ограничения на решение, что повышает устойчивость и надежность численного решения при условиях некорректности задачи.

Применение метода Ландвебера требует тщательного подбора параметров регуляризации для достижения оптимального сочетания между точностью решения и устойчивостью к шумам, при этом учитывая вычислительные затраты. Благодаря усилиям исследователей, метод сопряженных градиентов стал мощным инструментом для эффективного и устойчивого решения обратных задач в различных областях применения [7].



В данной статье проводится более глубокий анализ основных принципов метода градиентов, освещая как его теоретические, так и практические аспекты для решения начально-краевой задачи для уравнения Гельмгольца с заданной константой. Исследование сосредоточено на тщательном рассмотрении теоретических основ, лежащих в основе метода градиентов, включая его математическое обоснование и предположения, которые лежат в основе его применения.

На основе проведенных исследований был разработан алгоритм численного решения обратной задачи, использующий метод Ландвебера и характеризующийся сходимостью к точному решению.

### Методология исследования

Постановка задачи продолжения для уравнения Гельмгольца в области  $\Omega = (0, L_x) \times (0, L_y)$

$$u_{xx} + u_{yy} + k^2 u = 0 \quad (x, y) \in \Omega \quad (1)$$

$$u_x(0, y) = 0 \quad y \in [0, L_y] \quad (2)$$

$$u(0, y) = f(y) \quad y \in [0, L_y] \quad (3)$$

$$u(x, 0) = u(x, L_y) = 0 \quad x \in [0, L_x] \quad (4)$$

где  $k = \text{const}$ , требуется найти функцию  $u(x, y)$  в области  $\Omega$  по данным  $f(y)$

Постановка обратной задачи. Исходная задача сводится к обратной задаче по отношению к следующей прямой задаче

$$u_{xx} + u_{yy} + k^2 u = 0 \quad (x, y) \in \Omega \quad (5)$$

$$u_x(0, y) = 0 \quad y \in [0, L_y] \quad (6)$$

$$u(L_x, y) = q_n(y) \quad y \in [0, L_y] \quad (7)$$

$$u(x, 0) = u(x, L_y) = 0 \quad x \in [0, L_x] \quad (8)$$

Таким образом обратную задачу можно сформулировать следующим образом: необходимо найти  $q(y) = u(L_x, y)$  из соотношений (5),(6),(8) по дополнительной информации о решении прямой задачи

$$u(0, y) = f(y) \quad y \in [0, L_y] \quad (9)$$

*Определение 1.* Функцию  $u \in L_2(\Omega)$  будем называть обобщенным (или слабым) решением прямой задачи (5) - (8), если для любых  $\omega \in H^2(\Omega)[1]$ , таких, что

$$\omega_x(0, y) = 0 \quad y \in [0, L_y] \quad (10)$$

$$\omega(L_x, y) = 0 \quad y \in [0, L_y] \quad (11)$$

$$\omega(x, 0) = \omega(x, L_y) = 0 \quad x \in [0, L_x] \quad (12)$$

Тогда имеет место следующее равенство

$$\int_{\Omega} u(\omega_{xx} + \omega_{yy} + k^2 \omega) dx dy - \int_0^1 q(y) \cdot \omega_x(L_x, y) dy = 0 \quad (13)$$

Функцию  $\omega \in H^2(\Omega)$ , удовлетворяющую (10)-(12) будем называть тест-функцией.

Вводим оператор  $A$  следующим образом:

$$A: u(L_x, y) = q(y) \mapsto u(0, y) = f(y)$$

где  $u(x, y)$  решение прямой задачи (5)-(8) записывается в операторной форме

$$Aq = f \tag{14}$$

Операторное уравнение (14) преобразуется в задачу оптимизации, и мы минимизируем следующий функционал

$$J(q_n) = \|Aq_n - f\|^2 = \int_0^\pi [u(0, y; q_n) - f(y)]^2 dy \tag{15}$$

минимизировать целевой функционал будем методом итераций Ландвебера

$$q_{n+1} = q_n - \alpha J' q_n \tag{16}$$

где  $\alpha = (0, \|A\|^{-2})$  параметр спуска.

Изучим вопрос сходимости градиентных методов. Рассмотрим ситуацию, когда  $A$  – линейный непрерывный оператор, а уравнение  $Aq = f$  имеет более одного решения. Тогда можно ввести дополнительные условия на искомое решение, например, потребовать, чтобы решение было минимальным по норме или самым близким к некоторому заданному элементу  $q^0 \in Q$ .

*Определение 2.* Нормальным относительно некоторого  $q^0 \in Q$  решением уравнения  $Aq = f$  назовем то решение  $q_n^0 \in Q_f$ , которое имеет наименьшее отклонение от  $q^0$ , т.е. [1]

$$\|q_n^0 - q^0\| = \min_{q \in Q_f} \|q - q^0\|.$$

*Замечание 1.* Обычно элемент  $q^0$  выбирают с учетом априорной информации об искомом решении.

Рассмотрим задачу нахождения нормального относительно некоторого  $q^0 \in Q$  решения уравнения  $Aq = f$ . Обозначим область значений оператора  $A$  через

$$R(A) = A(Q) = \{f \in F: \exists q \in Q, \text{ такой, что } Aq = f\}$$

Результаты о сходимости градиентных методов и их устойчивости к ошибкам в правой части, полученные для корректных задач, могут быть применены и к случаю нахождения решения нормального относительно  $q^0$  решения, если область значений  $R(A)$  оператора  $A$  замкнута.

Рассмотрим метод Ландвебера для некорректных задач (метод простой итерации):

$$q_{n+1} = q_n - \alpha J' q_n, \\ q_0 \in Q, n \in \mathbb{N} \cup \{0\}, \quad \alpha = \text{const} \in (0, \|A\|^{-2})$$

при обосновании сходимости потребуются ограничения на  $\alpha$ .

*Лемма 1.* При всех  $n \in \mathbb{N}$  справедливо равенство [1]

$$J(q_n) - J(q_{n+1}) = \alpha \|J' q_n\|^2 - \alpha^2 \|AJ' q_n\|^2$$

*Доказательство.* Распишем разность  $J(q_n) - J(q_{n+1})$ , учитывая  $J' q = 2(A' q) * (Aq - f)$  и  $q_{n+1} = q_n - \alpha J' q_n$  тогда получим:

$$\begin{aligned} J(q_n) - J(q_{n+1}) &= \|Aq_n - f\|^2 - \|Aq_n - A\alpha J'q_n - f\|^2 = \\ &= 2\langle Aq_n - f, A\alpha J'q_n \rangle - \alpha^2 \|AJ'q_n\|^2 = \\ &= \alpha \langle 2A^*(Aq_n - f), J'q_n \rangle - \alpha^2 \|AJ'q_n\|^2 = \alpha \|J'q_n\|^2 - \alpha^2 \|AJ'q_n\|^2, \end{aligned}$$

что и требовалось доказать  $\square$

*Лемма 2.* Пусть  $q_T \in Q_f$  – одно из решений  $Aq = f$ . Тогда при всех,  $n \in \mathbb{N} \cup \{0\}$  имеет место равенство [1]

$$\|q_n - q_T\|^2 - \|q_{n+1} - q_T\|^2 = 4\alpha J(q_n) - \alpha^2 \|J'q_n\|^2$$

Доказательство следует из следующих простых равенств

$$\begin{aligned} \|q_n - q_T\|^2 - \|q_n - \alpha J'q_n - q_T\|^2 &= 2\alpha \langle q_n - q_T, J'q_n \rangle - \alpha^2 \|J'q_n\|^2 = \\ &= 4\alpha \langle Aq_n - f, Aq_n - f \rangle - \alpha^2 \|J'q_n\|^2. \square \end{aligned}$$

*Теорема (о сходимости по функционалу метода простой итерации)*[1].

Пусть  $Q$  и  $F$ -гильбертовы пространства,  $A$ -линейный ограниченный оператор. Предположим, что для некоторого  $f \in F$  существует точное решение  $q_T$  уравнения  $Aq = f$ . Тогда при любом  $q_0 \in Q$  и  $\alpha \in (0, \|A\|^{-2})$  последовательность  $\{q_n\}$ , определяемая равенствами

$$q_{n+1} = q_n - \alpha J'q_n, \quad q_0 \in Q$$

сходится по функционалу и верна оценка

$$J(q_n) \leq \frac{\|q_0 - q_T\|^2}{n\alpha(1 - \alpha\|A\|^2)}.$$

Задав приращение  $q_n + \delta q_n$ , введем следующее обозначение

$$\delta u = \tilde{u} - u = u(x, y; q_n + \delta q_n) - u(x, y; q_n) \quad (17)$$

Вычисляем приращение целевого функционала  $J(q_n)$  используя обозначение (17)

$$\begin{aligned} J(q_n + \delta q_n) - J(q_n) &= \int_0^{L_y} [u(0, y; q_n + \delta q_n) - f(y)]^2 dy - \int_0^{L_y} [u(0, y; q_n) - f(y)]^2 dy = \\ &= \int_0^{L_y} [u(0, y; q_n + \delta q_n) - u(0, y; q_n)] \\ &\quad \cdot [u(0, y; q_n + \delta q_n) - f(y) + u(0, y; q_n) - f(y)] dy = \\ &= \int_0^{L_y} \delta u(0, y; q_n) 2 \cdot [u(0, y; q_n) - f(y)] dy + o(\|\delta u\|) \end{aligned} \quad (18)$$

Рассмотрим постановку возмущенной задачи к задачи (5) – (8)

$$\tilde{u}_{xx} + \tilde{u}_{yy} + k^2 \tilde{u} = 0 \quad (x, y) \in \Omega \quad (19)$$

$$\tilde{u}_x(0, y) = 0 \quad y \in [0, L_y] \quad (20)$$

$$\tilde{u}(L_x, y) = q_n + \delta q_n \quad y \in [0, L_y] \quad (21)$$

$$\tilde{u}(x, 0) = \tilde{u}(x, L_y) = 0 \quad x \in [0, L_x] \quad (22)$$

Чтобы получить задачу от  $\delta u(0, y; q_n)$  из задачи (19)-(22) вычтем задачу (5)-(8) и учитывая (17), получим следующие соотношения:

$$\delta u_{xx} + \delta u_{yy} + k^2 \delta u = 0 \quad (x, y) \in \Omega \quad (23)$$

$$\delta u_x(0, y) = 0 \quad y \in [0, L_y] \quad (24)$$

$$\delta u(L_x, y) = \delta q_n \quad y \in [0, L_y] \quad (25)$$

$$\delta u(x, 0) = \delta u(x, L_y) = 0 \quad x \in [0, L_x] \quad (26)$$

Рассмотрим выражение (23) и умножим на произвольную функцию  $\psi(x, y)$  затем, проинтегрируем это выражение по переменной  $x$  от 0 до  $L_x$  и по переменной  $y$  от 0 до  $L_y$

$$\begin{aligned} 0 &= \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} [\delta u_{xx} + \delta u_{yy} + k^2 \delta u] \psi dy dx = \int_0^{L_y} \psi \delta u_x|_0^{L_x} dy - \int_0^{L_y} \psi_x \delta u|_0^{L_x} dy + \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \psi_{xx} \delta u dx dy + \\ &+ \int_0^{L_x} \psi \delta u_y|_0^{L_y} dx - \int_0^{L_x} \psi_y \delta u|_0^{L_y} dx + \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} \psi_{yy} \delta u dx dy + \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} k^2 \delta u \psi dx dy = \\ &= \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} (\psi_{xx} + \psi_{yy} + k^2 \psi) \delta u dx dy + \int_0^{L_y} \psi(L_x, y) \delta u_x(L_x, y) dy \\ &- \int_0^{L_y} \psi_x(L_x, y) \delta u(L_x, y) dy + \int_0^{L_y} \psi_x(0, y) \delta u(0, y) dy - \int_0^{L_x} \psi_y(x, L_y) \delta u(x, L_y) dx \\ &+ \int_0^{L_x} \psi_y(x, 0) \delta u(x, 0) dx \end{aligned} \quad (27)$$

Учитывая (18) и (27), получим

$$\begin{aligned} \int_0^{L_y} \delta q_n \cdot J' q_n dy &= \int_0^{L_y} \delta u(0, y; q_n) \cdot 2(u(0, y) - f(y)) \\ \int_0^{L_y} \psi_x(L_x, y) \cdot \delta q_n dy &= \int_0^{L_y} \psi_x(0, y) \delta u(0, y) dy \end{aligned}$$

откуда,

$$\begin{aligned} \langle \delta q_n, J' q_n \rangle &= \int_0^{L_y} \psi_x(L_x, y) \delta q_n dy \\ J' q_n &= \psi_x(L_x, y) \end{aligned}$$

Таким образом вытекает постановка сопряженной задачи

$$\psi_{xx} + \psi_{yy} + k^2 \psi = 0 \quad (x, y) \in \Omega \quad (28)$$

$$\psi(L_x, y) = 0 \quad y \in [0, L_y] \quad (29)$$

$$\psi_x(0, y) = 2(u(0, y) - f(y)) \quad y \in [0, L_y] \quad (30)$$

$$\psi(x, L_y) = \psi(x, 0) = 0 \quad x \in [0, L_x] \quad (31)$$

### Результаты исследования и дискуссия

По результатам выполненных исследований для решения обратной задачи разработан численный алгоритм с применением метода Ландвебера, обеспечивающий сходимость к точному решению.

Алгоритм решения обратной задачи методом Ландвебера:

1. Задаем  $q_0$  (начальное приближение)
2. Решаем прямую задачу предположив, что  $q_n$  уже известна:

$$\begin{aligned} u_{xx} + u_{yy} + k^2 u &= 0 & (x, y) \in \Omega \\ u_x(0, y) &= 0 & y \in [0, L_y] \\ u(L_x, y) &= q_n(y) & y \in [0, L_y] \\ u(x, 0) = u(x, L_y) &= 0 & x \in [0, L_x] \end{aligned}$$

3. Вычисляем значение целевого функционала

$$J(q_n) = \|Aq_n - f\|^2 = \int_0^{L_y} [u(0, y; q_n) - f(y)]^2 dy$$

4. Решаем сопряженную задачу, если значение функционала  $J(q_n)$ -недостаточно мало:

$$\begin{aligned} \psi_{xx} + \psi_{yy} + k^2 \psi &= 0 & (x, y) \in \Omega \\ \psi(L_x, y) &= 0 & y \in [0, L_y] \\ \psi_x(0, y) &= 2(u(0, y) - f(y)) & y \in [0, L_y] \\ \psi(x, L_y) = \psi(x, 0) &= 0 & x \in [0, L_x] \end{aligned}$$

5. Вычисляем градиент функционала

$$J' q_n = \psi_x(L_x, y)$$

6. Вычисляем  $q_{n+1}$  (следующее приближение)

$$q_{n+1} = q_n - \alpha J' q_n$$

переходим к пункту 2.

В данном алгоритме начальное приближение  $q_0$  рассматривается как  $q_0 \in Q$  константа  $\alpha$  определяется как  $\alpha = \text{const} \in (0, \|A\|^{-2})$ . Согласно алгоритму задается начальное приближение  $q_0$  и решается прямая задача в пункте 2 вышеуказанного алгоритма. Проводится поиск минимума целевого функционала согласно пункту 3, если функционал не достигает минимума, то решается сопряженная задача из пункта 4. Далее вычисляется градиент функционала согласно пункту 5 алгоритма и следующее приближение уточняется с помощью формулы из пункта 6.

### Заключение

В данной статье рассматривается задача продолжения для уравнения Гельмгольца с заданной константой. Решение исследуемой исходной задачи сводится к решению обратной задачи, по отношению к прямой (корректной) задаче. Обратная задача сформулирована таким образом, что нужно найти  $q_n(y) = u(L_x, y)$  из соотношений (5),(6),(8) с дополнительной информации о решении прямой задачи. Для решения данной задачи формулируется определение обобщенной задачи. Рассматривается исследование вопросов сходимости

градиентных методов для решения обратной задачи. Разработан алгоритм для решения обратной задачи с применением теории сопряженной оптимизации и метода Ландвебера. Представлены подробные выкладки получения сопряженной задачи.

### Благодарность

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19579325 «Разработка и исследование современных численных методов решения обратных и некорректных задач для уравнения акустики»)

### Список использованной литературы

- [1] Кабанихин С.И. Обратные и некорректные задачи. -Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2008. -460 с.
- [2] Кабанихин С.И., Бектемесов М.А., Нурсейтова А.Т. Итерационные методы решения обратных и некорректных задач с данными на части границы/ Алматы-Новосибирск: ОФ «Международный фонд обратных задач», 2006. -394 с.
- [3] Козлов В.А., Мазья В.Г., Фомин А.В. Об одном итерационном методе решения задачи Коши для эллиптических уравнений//Журнал вычислительной математики и математической физики.-1991.Т.31.,№1.-С.64-73
- [4] Kabanikhin S.I., and Karchevsky A.L., "Optimization method for solving the Cauchy problem for an elliptic equation" *Journal of Inverse and Ill-posed Problems*, vol. 3, no. 1, 1995, pp. 21-46. <https://doi.org/10.1515/jiip.1995.3.1.21>
- [5] Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.:Наука.,1982.-320 с.
- [6] Марчук Г.И. Курс лекций. Сопряженные уравнения. М., 2000.-229 с.
- [7] Кабанихин С.И., Аяпбергенова А.Т. Метод итераций Ландвебера в обратной задаче акустики.// Обратные задачи и информационные технологии.-2002.-1(1)-С.7-47.

### References

- [1] Kabanikhin S.I. *Inverse and ill-posed problems*. - Novosibirsk: Siberian Scientific Publishing House, 2008. - 460 p.
- [2] Kabanikhin S.I., Bektemesov M.A., Nurseitova A.T. *Iterative methods for solving inverse and ill-posed problems with data on part of the boundary / Almaty-Novosibirsk: PF "International Foundation of Inverse Problems"*, 2006.-394 p.
- [3] Kozlov V.A., Mazya V.G., Fomin A.V. *On one iterative method for solving the Cauchy problem for elliptic equations//Journal of Computational Mathematics and Mathematical Physics*.-1991.T.31.,No.1.-P.64-73
- [4] Kabanikhin S.I., and Karchevsky A.L., "Optimization method for solving the Cauchy problem for an elliptic equation" *Journal of Inverse and Ill-posed Problems*, vol. 3, no. 1, 1995, pp. 21-46. <https://doi.org/10.1515/jiip.1995.3.1.21>
- [5] Marchuk G.I. *Mathematical modeling in environmental problems*. M.:Nauka., 1982.-320 p.
- [6] Marchuk G.I. *Course of lectures. Conjugate equations*. M., 2000.-229 p.
- [7] Kabanikhin S.I., Ayapbergenova A.T. *Landweber iteration method in the inverse problem of acoustics.// Inverse problems and information technologies*.-2002.-1(1)-P.7-47.

А.Б. Утесов<sup>1</sup>, Г.И. Утесова<sup>1\*</sup>, Р.А. Шанауов<sup>1</sup>, Н.Ш. Аманов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Актюбинский региональный университет им. К.Жубанова, г.Актобе, Казахстан

\*e-mail: ugi\_a@mail.ru

## О ПРЕДЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ОПТИМАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА ДИСКРЕТИЗАЦИИ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА

*Аннотация*

Целью данного исследования является построение оптимального оператора дискретизации решения уравнения Пуассона и нахождение его предельной погрешности. Методология исследования основана на рассмотрении задачи дискретизации решения уравнения Пуассона как одной из конкретизации общей задачи оптимального восстановления оператора и в использовании известных утверждений теории приближений. В этом исследовании в рамках этой общей задачи оптимального восстановления во – первых, в гильбертовой метрике установлен точный порядок наименьшей погрешности дискретизации решения уравнения Пуассона с правой частью  $f$  из многомерного периодического класса Соболева; во – вторых, по конечному набору коэффициентов Фурье функции  $f$  построен оператор дискретизации  $(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)$ , реализующий установленный точный порядок; в – третьих, найдена предельная погрешность оптимального оператор дискретизации  $(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)$ . Уравнение Пуассона описывает многие физические явления такие, как электростатическое поле, стационарное поле температуры, поле давления и поле потенциала скорости в гидродинамике. Поэтому актуальность проведенного здесь исследования не вызывает сомнений.

**Ключевые слова:** уравнение Пуассона, дискретизация решений, оптимальный оператор дискретизации, погрешность дискретизации, предельная погрешность, класс Соболева.

А.Б. Утесов<sup>1</sup>, Г.И. Утесова<sup>1</sup>, Р.А. Шанауов<sup>1</sup>, Н.Ш. Аманов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан

## ПУАССОН ТЕНДЕУІ ШЕШІМІНІҢ ОПТИМАЛДЫ ДИСКРЕТТЕУ ОПЕРАТОРЫНЫҢ ШЕКТІК ҚАТЕЛІГІ ТУРАЛЫ

*Аңдатпа*

Бұл зерттеудің мақсаты – Пуассон тендеуінің шешімі үшін оптималды дискреттеу операторын құру және оның шектік қателігін табу. Зерттеу әдістемесі Пуассон тендеуінің шешімін дискреттеу есебін операторды оптималды қалыптастырудың жалпы есебінің бір дербес жағдайы ретінде қарастыруға және жуықтаулар теориясының белгілі тұжырымдарын пайдалануға негізделген. Бұл зерттеуде оптималды қалыптастырудың жалпы есебінің аясында біріншіден, гильберттік метрикада оң жағы көпөлшемді периодты Соболев класына тиесілі  $f$  функциясы болатын Пуассон тендеуінің шешімін дискреттеудегі ең аз қателіктің дәл реті тағайындалған; екіншіден,  $f$  функциясының Фурье коэффициенттерінің ақырлы жиынтығы бойынша тағайындалған дәл ретті жүзеге асыратын  $(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)$  дискреттеу операторы құрылған; үшіншіден, оптималды  $(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)$  дискреттеу операторының шектік қателігі табылған. Пуассон тендеуі электростатикалық өріс, температураның стационарлық өрісі, қысым өрісі, сондай – ақ, гидродинамикадағы жылдамдық потенциалының өрісі сияқты біраз физикалық құбылыстарды сипаттайды. Сондықтан, осы жұмыста жүргізілген зерттеудің өзектілігі ешқандай күмән туғызбайтыны сөзсіз.

**Түйін сөздер:** Пуассон тендеуі, шешімдерді дискреттеу, оптималды дискреттеу операторы, дискреттеу қателігі, шектік қателік, Соболев класы.

A.B. Utessov<sup>1</sup>, G.I. Utessova<sup>1</sup>, R.A. Shanauov, N.Sh. Amanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aktobe regional university named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan

**ON LIMIT ERROR OF THE OPTIMAL DISCRETIZATION OPERATOR FOR SOLUTION OF POISSON EQUATION**

*Abstract*

The purpose of this study is to construct an optimal discretization operator for the solution of the Poisson equation and find its limit error. The research methodology is based on considering the problem of discretizing the solution of the Poisson equation as one of the concretizations of the general problem of optimal recovery of the operator and using well-known statements of approximation theory. In this study, within the framework of this general optimal recovery problem, firstly, in the Hilbert metric, the exact order of the smallest discretization error of the solution of the Poisson equation with the right-hand side  $f$  from the multidimensional periodic Sobolev class is established; secondly, based on a finite set of Fourier coefficients of the function  $f$ , a discretization operator  $(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)$  is constructed that implements the established exact order; thirdly, the limit error of the optimal discretization operator  $(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)$  was found. Poisson's equation describes many physical phenomena such as the electrostatic field, stationary temperature field, pressure field and velocity potential field in hydrodynamics. Therefore, the relevance of the research conducted here is beyond doubt.

**Keywords:** Poisson equation, discretization of solutions, optimal discretization operator, discretization error, limit error, Sobolev class.

**Введение**

В работе рассматривается уравнение Пуассона

$$\Delta u \equiv \frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + \dots + \frac{\partial^2 u}{\partial x_s^2} = f \tag{1}$$

с правой частью  $f$  из многомерного периодического класса Соболева  $W_2^r \equiv W_2^r[0,1]^s$  с параметрами  $r > 0$  и  $s \in \mathbb{N} \setminus \{1\}$ , состоящего из всех суммируемых на  $[0,1]^s$  и однопериодических по каждой переменной  $x_1, \dots, x_s$  функций  $f(x) = f(x_1, \dots, x_s)$ , тригонометрические коэффициенты Фурье  $\hat{f}(m) = \int_{[0,1]^s} f(x) \exp\{-2\pi i(m, x)\} dx, m \in Z^s$  которых удовлетворяют условию

$$\sum_{m \in Z^s} |\hat{f}(m)|^2 (\bar{m}_1^{2r} + \dots + \bar{m}_s^{2r}) \leq 1,$$

где  $(m, x) = m_1 x_1 + \dots + m_s x_s, \bar{m}_j = \max\{1, |m_j|\} (j = 1, \dots, s)$ .

Легко проверить, что если справедливы  $r > s/2$  и  $\hat{f}(0) \neq 0$ , то при любом краевом условии найдется функция  $\omega = \omega(x) \in C[0,1]^s$  с  $\Delta \omega = 1$  на  $[0,1]^s$  такая, что решение уравнения (1) имеет вид



$$u_{\omega}(x; f) = \omega(x) \hat{f}(0) - \frac{1}{4\pi^2} \sum_{m \in Z^s}^* \frac{\hat{f}(m)}{(m, m)} \exp\{-2\pi i(m, x)\}, \quad (2)$$

здесь и всюду ниже знак \* означает, что вектор  $m = (0, \dots, 0) \in Z^s$  в суммировании не участвует. Обратно, всякая функция вида (2) удовлетворяет уравнению (1).

Так как кратный функциональный ряд из (2) является бесконечным объектом, то возникает задача дискретизации (приближения) решения  $u_{\omega}(x; f)$  конечным объектом и установления точности погрешности дискретизации. Первый результат по дискретизации решения  $u_{\omega}(x; f)$  был получен в [1] при условии, когда правая часть (1) принадлежит классу Коробова  $E_s^r$ . Затем изучение задачи дискретизации решения  $u_{\omega}(x; f)$  продолжились в работах [2 – 6] при соответствующих функциональных классах, каждый из которых содержит заданный  $f$ . Заметим, что в [1 – 5]

дискретизация решений производится операторами дискретизации, построенными по значениям функций  $f$  в заданных точках. А в [6] для дискретизации решений  $u_{\omega}(x; f)$  были привлечены операторы дискретизации, построенные по коэффициентам Фурье функций  $f$ , принадлежащих классам Коробова  $E_s^r$ .

В настоящей работе по конечному набору коэффициентов Фурье  $\hat{f}(m_1), \dots, \hat{f}(m_N)$  построен оптимальный оператор дискретизации  $(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)$  решения  $u_{\omega}(x; f)$  уравнения Пуассона с правой частью  $f \in W_2^r$  и найдена его предельная погрешность (определение предельной погрешности дано ниже).

### Методология исследования

Пусть даны нормированные пространства  $X$  и  $Y$ , состоящие из функций  $f : \Omega_X \rightarrow \mathbb{R}$  и  $g : \Omega_Y \rightarrow \mathbb{R}$  соответственно, функциональный класс  $F \subset X$ , оператор  $T : F \rightarrow Y$ .

Основной величиной в задаче оптимального восстановления оператора является (см, например, [7])

$$\delta_N(D_N, T, F)_Y = \inf_{(l^{(N)}, \varphi_N) \in D_N} \delta_N((l^{(N)}, \varphi_N), T, F)_Y, \quad (3)$$

Где

$$\delta_N((l^{(N)}, \varphi_N), T, F)_Y = \sup_{f \in F} \left\| (Tf)(\cdot) - \varphi_N(l_N^{(1)}(f), \dots, l_N^{(N)}(f); \cdot) \right\|_Y,$$

$D_N$  – множество всевозможных пар  $(l^{(N)}, \varphi_N)$ , образованных из  $N$  – мерного вектора

$l^{(N)} = \left( l_N^{(1)}, \dots, l_N^{(N)} \right)$  с функционалами  $l_N^{(1)} : F \rightarrow \mathbb{C}, \dots, l_N^{(N)} : F \rightarrow \mathbb{C}$  и функции

$$\varphi_N \equiv \varphi_N(z_1, \dots, z_N; y) : \mathbb{C}^N \times \Omega_Y \rightarrow \mathbb{C} (N = 1, 2, \dots).$$

Далее, для положительных последовательностей  $\{a_n\}_{n \geq 1}$  и  $\{b_n\}_{n \geq 1}$  будем использовать запись  $a_n \ll_{\alpha, \beta, \dots} b_n$ , которая означает существование некоторой величины

$$C_k(\alpha, \beta, \dots) > 0 (k = 1, 2, \dots)$$

такой, что  $a_n \leq C_k(\alpha, \beta, \dots)b_n$  для всех  $n \in \mathbb{N}$ . При одновременном выполнении соотношений  $a_n \ll_{\alpha, \beta, \dots} b_n$  и  $b_n \ll_{\alpha, \beta, \dots} a_n$  будем писать  $a_n \asymp_{\alpha, \beta, \dots} b_n$ .

Задача оптимального восстановления оператора  $T: F \mapsto Y$  вычислительными агрегатами  $(l^{(N)}, \varphi_N) \equiv \varphi_N(l_N^{(1)}(f), \dots, l_N^{(N)}(f); \cdot)$  в метрике пространства  $Y$  состоит в нахождении положительной последовательности  $\{\psi_N\}_{N \geq 1}$  и вычислительного агрегата  $(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)$  так, чтобы выполнялись соотношения

$$\delta_N(D_N, T, F)_Y \asymp_{\alpha, \beta, \dots} \psi_N \asymp_{\alpha, \beta, \dots} \delta_N((\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N), T, F)_Y.$$

При этом вычислительный агрегат  $(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)$  называют оптимальным вычислительным агрегатом или вычислительным агрегатом, реализующим точный порядок наименьшей погрешности восстановления.

Вычисление для каждой  $f \in F$  значения функционалов  $l_N^{(1)}: F \rightarrow \mathbb{C}, \dots, l_N^{(N)}: F \rightarrow \mathbb{C}$ , за редкими исключениями, не может быть точным. Поэтому, для оптимального вычислительного агрегата  $(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)$  возникает задача нахождения погрешности  $\tilde{\varepsilon}_N$  вычисления значений

$\tilde{l}_N^{(1)}(f), \dots, \tilde{l}_N^{(N)}(f)$  функционалов  $\tilde{l}_N^{(1)}: F \rightarrow \mathbb{C}, \dots, \tilde{l}_N^{(N)}: F \rightarrow \mathbb{C}$ , сохраняющей оптимальность  $(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)$  и являющейся неуллучшаемой по порядку. В [7], следуя идеям и терминам статьи [8], определение погрешности  $\tilde{\varepsilon}_N$  было дано в таком виде: Последовательность  $\tilde{\varepsilon}_N > 0$  называется предельной погрешностью оптимального вычислительного агрегата  $(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)$ , если

$$\Delta_N(\tilde{\varepsilon}_N, (\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N), T, F)_Y \asymp_{\alpha, \beta, \dots} \delta_N(D_N, T, F)_Y \text{ и}$$

$$\overline{\lim}_{N \rightarrow \infty} \frac{\Delta_N(\eta_N \tilde{\varepsilon}_N, (\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N), T, F)_Y}{\delta_N(D_N, T, F)_Y} = +\infty$$

для любой сколь угодно медленно возрастающей к  $+\infty$  положительной последовательности  $\{\eta_N\}_{N \geq 1}$ , где

$$\Delta_N(\varepsilon_N, (\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N), T, F)_Y =$$

$$\begin{aligned}
 &= \sup_{f \in F} \sup_{z_1, \dots, z_N} \left\{ \left\| (Tf)(\cdot) - \tilde{\varphi}_N(z_1, \dots, z_N; \cdot) \right\|_Y : \left| z_i - \tilde{l}_N^{(i)}(f) \right| \leq \varepsilon_N, i=1, \dots, N \right\} \equiv \\
 &\equiv \sup_{f \in F} \sup_{\left| \gamma_N^{(1)} \right| \leq 1, \dots, \left| \gamma_N^{(N)} \right| \leq 1} \left\| (Tf)(\cdot) - \tilde{\varphi}_N \left( \tilde{l}_N^{(1)}(f) + \gamma_N^{(1)} \varepsilon_N, \dots, \tilde{l}_N^{(N)}(f) + \gamma_N^{(N)} \varepsilon_N; \cdot \right) \right\|_Y
 \end{aligned}$$

для каждой положительной последовательности  $\varepsilon_N$ .

Конкретизация в (3) класса  $F$ , пространства  $Y$ , оператора  $T : F \mapsto Y$ , множества  $D_N$  порождает различные задачи оптимального восстановления и нахождения предельной погрешности. Заметим, что если в качестве оператора  $T$  выступает решение какого-либо уравнения в частных производных, то вместо терминов «восстановление» и «вычислительный агрегат» используются термины «дискретизация» и «оператор дискретизации» соответственно (см., например, [3 – 5]).

В данной работе при конкретизации

$$(Tf)(\cdot) = u_{\omega}(\cdot; f), F = W_2^r[0,1]^s, Y = L^2[0,1]^s, D_N = L_N,$$

где  $L_N$  – множество всех пар  $\{(l^{(N)}, \varphi_N)\}$  с линейными функционалами

$$l_N^{(1)} : W_2^r \mapsto \mathbb{C}, \dots, l_N^{(N)} : W_2^r \mapsto \mathbb{C},$$

построен оптимальный оператор дискретизации с нахождением его предельной погрешности.

### Результаты исследования

Далее, ради краткости положим

$$\delta_N(L_N) = \delta_N(L_N, (Tf)(\cdot) = u_{\omega}(\cdot; f), W_2^r)_{L^2},$$

$$\delta_N(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N) = \delta_N(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N, (Tf)(\cdot) = u_{\omega}(\cdot; f), W_2^r)_{L^2},$$

$$\Delta_N\left(\tilde{\varepsilon}_N, \left(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N\right)\right) = \Delta_N\left(\tilde{\varepsilon}_N, \left(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N\right), (Tf)(\cdot) = u_{\omega}(\cdot; f), W_2^r\right)_{L^2}.$$

Основными результатами данного исследования являются следующие две теоремы.

**Теорема 1.** Пусть даны числа  $s \in \mathbb{N} \setminus \{1\}$  и  $r > s/2$ . Тогда для каждого  $N = (2n+1)^s, n \in \mathbb{N}$  имеют место соотношения

$$\delta_N(L_N) \asymp_{s,r} \delta_N(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N) \asymp_{s,r} \frac{1}{N^{(r+2)/s}}, \tag{4}$$

здесь  $l^{(N)}$  состоит из компонент

$$\tilde{l}_N^{(1)}(f) = \hat{f}(\tilde{m}^{(1)}) = \hat{f}(0), \tilde{l}_N^{(2)}(f) = \hat{f}(\tilde{m}^{(2)}), \dots, \tilde{l}_N^{(N)}(f) = \hat{f}(\tilde{m}^{(N)}),$$

а функция  $\varphi_N \equiv \varphi_N(z_1, \dots, z_N; \cdot)$  определена равенством

$$\tilde{\varphi}_N(z_1, \dots, z_N; x) = -\frac{1}{4\pi^2} \sum_{k=1}^N z_k d_k(x) \exp\{2\pi i(\tilde{m}^{(k)}, x)\},$$

где  $\{\tilde{m}^{(1)} = 0, \tilde{m}^{(2)}, \dots, \tilde{m}^{(N)}\}$  – некоторое упорядочение множества

$$A_n = \{m \in Z^s : |m_1| \leq n, \dots, |m_s| \leq n\}, d_k(x) = \begin{cases} (\tilde{m}^{(k)}, \tilde{m}^{(k)})^{-1}, & k \in \{2, \dots, N\}, \\ -4\pi^2 \omega(x), & k = 1. \end{cases}$$

**Теорема 2.** При  $s \in \{5, 6, \dots\}$  величина  $\tilde{\varepsilon}_N = \frac{1}{N^{r/s} \sqrt{N}}$  является предельной погрешностью оптимального оператора дискретизации  $(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)$ , т.е.

$$\Delta_N(\tilde{\varepsilon}_N, (\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)) \asymp_{s,r,\omega} \delta_N((\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)) \quad (5)$$

и для любой сколь угодно медленно возрастающей к  $+\infty$  положительной последовательности  $\{\eta_{N(K)}\}_{K \geq 1}$  имеет место равенство

$$\lim_{K \rightarrow \infty} \frac{\Delta_N(\eta_N \tilde{\varepsilon}_N, (\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N))}{\delta_N(L_N)} = +\infty, N = N(K). \quad (6)$$

**Доказательство теоремы 1.** Для каждого  $f \in W_2^r$  имеет место равенство

$$\tilde{\varphi}_N(\tilde{l}_N^{(1)}(f), \dots, \tilde{l}_N^{(N)}(f); x) = \omega(x) \hat{f}(0) - \frac{1}{4\pi^2} \sum_{m \in A_n}^* \frac{\hat{f}(m)}{(m, m)} \exp\{2\pi i(m, x)\}.$$

Следовательно, согласно равенству (2) получаем

$$u_\omega(x; f) - \tilde{\varphi}_N(\tilde{l}_N^{(1)}(f), \dots, \tilde{l}_N^{(N)}(f); x) = \frac{1}{4\pi^2} \sum_{m \in Z^s \setminus A_n} \frac{\hat{f}(m)}{(m, m)} \exp\{2\pi i(m, x)\},$$

откуда, вследствие равенства Парсеваля имеем

$$\left\| u_\omega(\cdot; f) - \tilde{\varphi}_N(\tilde{l}_N^{(1)}(f), \dots, \tilde{l}_N^{(N)}(f); \cdot) \right\|_{L^2} \leq \left( \sum_{m \in Z^s \setminus A_n} \frac{|\hat{f}(m)|^2}{(m, m)^2} \right)^{1/2}. \quad (7)$$

Легко убедимся в том, что

$$\sum_{m \in Z^s \setminus A_n} \frac{|\hat{f}(m)|^2}{(m, m)^2} \ll_s \sum_{m \in Z^s \setminus A_n} \frac{|\hat{f}(m)|^2 (\bar{m}_1^{2r} + \dots + \bar{m}_s^{2r})}{\bar{m}_1^{2r+4} + \dots + \bar{m}_s^{2r+4}}. \quad (8)$$

Для любого  $m \in Z^s \setminus A_n$  найдется индекс  $\theta \in \{1, \dots, s\}$  такой, что  $|m_\theta| \geq n$ . Поэтому, принимая во внимание неравенство Гёльдера и определение рассматриваемого класса из (8) получаем

$$\sum_{m \in Z^s \setminus A_n} \frac{|\hat{f}(m)|^2}{(m, m)^2} \ll_{r, s} \frac{1}{n^{2r+4}}.$$

Стало быть, в силу равенства  $N = (2n+1)^s$  и (7),

$$\left\| u_\omega(\cdot; f) - \tilde{\varphi}_N(\tilde{l}_N^{(1)}(f), \dots, \tilde{l}_N^{(N)}(f); \cdot) \right\|_{L^2_{r, s} N^{(r+2)/s}} \ll \frac{1}{N^{(r+2)/s}}, \quad (9)$$

отсюда в силу произвольности  $f \in W_2^r$  следует

$$\delta_N((\tilde{l}_N^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)) \ll_{s, r} \frac{1}{N^{(r+2)/s}}. \quad (10)$$

Пусть заданы линейные функционалы

$$l_N^{(1)} : W_2^r \mapsto \mathbb{C}, \dots, l_N^{(N)} : W_2^r \mapsto \mathbb{C} \quad (11)$$

и функция  $\varphi_N(z_1, \dots, z_N; y) : \mathbb{C}^N \times [0, 1]^s \mapsto \mathbb{C}$ . При некотором  $C_1(s, r) > 0$  для множества

$U_N = \{m \in Z^s : 1 \leq \|m\| \leq C_1(s, r)N^{1/s}\}$  выполняются условия  $|U_N| > 2N$  и  $|U_N| \ll N$  (здесь и всюду ниже  $|P|$  есть число элементов множества  $P$ ). Следовательно, в силу леммы А из [9] для линейных функционалов (11) найдутся комплексные числа  $c_m, m \in U_N$  такие, что

$$\sum_{m \in U_N} |c_m|^2 = N, \quad (12)$$

причем если  $g_N(x) = \sum_{m \in U_N} c_m \exp\{2\pi i(m, x)\}$ , то

$$l_N^{(1)}(g_N) = 0, \dots, l_N^{(N)}(g_N) = 0. \quad (13)$$

Функция  $f_N(x) = \frac{C_2(s,r)}{N^{r/s}\sqrt{N}} g_N(x)$  принадлежит классу  $W_2^r$ . Действительно, учитывая (12) и соотношение  $|U_N| \asymp N$ , получаем

$$\begin{aligned} & \sum_{m \in U_N} |\hat{f}_N(m)|^2 \left( \bar{m}_1^{2r} + \dots + \bar{m}_s^{2r} \right) \ll_{s,r} \\ & \ll_{s,r} \sum_{m \in U_N} \frac{|c_m|^2}{N^{2r/s}} \left( \bar{m}_1^{2r} + \dots + \bar{m}_s^{2r} \right) \ll_{s,r} \\ & \ll_{s,r} \frac{1}{N^{2r/s}} \sum_{m \in U_N} |c_m|^2 \left( \bar{m}_1^{2r} + \dots + \bar{m}_s^{2r} \right) \ll_{s,r} \frac{1}{N} \sum_{m \in U_N} |c_m|^2 \ll 1. \end{aligned}$$

Так как  $0 \notin U_N$ , то  $\hat{f}_N(0) = 0$ . Поэтому из равенства (2) следует

$$u_\omega(x; f_N) = -\frac{C_2(s,r)}{4\pi^2 N^{r/s}\sqrt{N}} \sum_{m \in U_N} \frac{c_m \exp\{-2\pi i(m,x)\}}{(m,m)}.$$

Поскольку

$$\|u_\omega(\cdot; f_N)\|_{L^2} \gg \frac{1}{N^{r/s}\sqrt{N}} \left( \sum_{m \in U_N} c_m^2 \frac{1}{(m,m)^2} \right)^{1/2}, \quad (14)$$

и  $(m,m) = m_1^2 + \dots + m_s^2 \ll \|m\|^2$ , то в силу (12) и (14) получим

$$\|u_\omega(\cdot; f_N)\|_{L^2} \gg \frac{1}{N^{(r+2)/s}}. \quad (15)$$

Опираясь на включение  $f_N \in W_2^r$  и равенства  $l_N^{(1)}(f_N) = 0, \dots, l_N^{(N)}(f_N) = 0$ , вытекающие из (13), имеем

$$\begin{aligned} & \sup_{f \in W_2^r} \left\| u_\omega(\cdot; f) - \varphi_N(l_N^{(1)}(f), \dots, l_N^{(N)}(f); \cdot) \right\|_{L^2} \geq \\ & \geq \frac{1}{2} \left( \left\| u_\omega(\cdot; f_N) - \varphi_N(l_N^{(1)}(f_N), \dots, l_N^{(N)}(f_N); \cdot) \right\|_{L^2} + \right. \\ & \left. + \left\| u_\omega(\cdot; -f_N) - \varphi_N(l_N^{(1)}(-f_N), \dots, l_N^{(N)}(-f_N); \cdot) \right\|_{L^2} \right) = \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{2} \left( \left\| u_{\omega}(\cdot; f_N) - \varphi_N(0, \dots, 0; \cdot) \right\|_{L^2} + \left\| u_{\omega}(\cdot; -f_N) - \varphi_N(0, \dots, 0; \cdot) \right\|_{L^2} \right) \geq \left\| u_{\omega}(\cdot; f_N) \right\|_{L^2},$$

откуда, принимая во внимание (15) получаем

$$\delta_N(L_N) \gg \frac{1}{N^{s,r} N^{(r+2)/s}}. \quad (16)$$

Поэтому в силу неравенств (10) и  $\delta_N(L_N) \leq \delta_N(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N)$  выполняются соотношения (4).

Теорема 1 доказана.

**Доказательство теоремы 2.** Для произвольно заданных чисел  $\left| \gamma_N^{(1)} \right| \leq 1, \dots, \left| \gamma_N^{(N)} \right| \leq 1$

справедливо неравенство

$$\left\| \sum_{\tau=1}^N \left( -\gamma_N^{(\tau)} \right) \tilde{\varepsilon}_N d_{\tau}(x) \exp\{2\pi i(\tilde{m}^{(\tau)}, x)\} \right\|_{L^2_{s,r,\omega}} \ll \tilde{\varepsilon}_N \left( \sum_{1 \leq \|m\| \leq n(m,m)^2} \frac{1}{n(m,m)^2} \right)^{1/2}. \quad (17)$$

Следуя лемме 3 из статьи [10] можно легко доказать справедливость соотношения

$$\sum_{1 \leq \|m\| \leq n} \frac{1}{n(m,m)^2} \ll n^{s-4} \quad (s = 5, 6, \dots). \quad (18)$$

Стало быть, вследствие равенства  $\tilde{\varepsilon}_N = \frac{1}{N^{r/s} \sqrt{N}}$  и неравенств (17) и (18), получаем

$$\left\| \sum_{\tau=1}^N \left( -\gamma_N^{(\tau)} \right) \tilde{\varepsilon}_N d_{\tau}(x) \exp\{2\pi i(\tilde{m}^{(\tau)}, x)\} \right\|_{L^2_{s,r,\omega}} \ll \frac{1}{N^{(r+2)/s}}. \quad (19)$$

Так как

$$\begin{aligned} & \left\| u_{\omega}(x; f) - \tilde{\varphi}_N \left( \tilde{l}_N^{(1)}(f) + \gamma_N^{(1)} \tilde{\varepsilon}_N, \dots, \tilde{l}_N^{(N)}(f) + \gamma_N^{(N)} \tilde{\varepsilon}_N; x \right) \right\|_{L^2} \leq \\ & \leq \left\| u_{\omega}(x; f) - \tilde{\varphi}_N \left( \tilde{l}_N^{(1)}(f), \dots, \tilde{l}_N^{(N)}(f); x \right) \right\|_{L^2} + \\ & + \left\| \sum_{\tau=1}^N \left( -\gamma_N^{(\tau)} \right) \tilde{\varepsilon}_N d_{\tau}(x) \exp\{2\pi i(\tilde{m}^{(\tau)}, x)\} \right\|_{L^2}, \end{aligned}$$

то в силу оценок (9) и (19) имеем

$$\left\| u_{\omega}(x; f) - \tilde{\varphi}_N \left( \tilde{l}_N^{(1)}(f) + \gamma_N^{(1)} \tilde{\varepsilon}_N, \dots, \tilde{l}_N^{(N)}(f) + \gamma_N^{(N)} \tilde{\varepsilon}_N; x \right) \right\|_{L^2_{s,r}} \ll \frac{1}{N^{(r+2)/s}},$$

откуда, в силу произвольности чисел  $\gamma_N^{(\tau)} (\tau = 1, \dots, N)$  и функции  $f$ , следует

$$\Delta_N \left( \tilde{\varepsilon}_N, \left( \tilde{l}_N^{(N)}, \tilde{\varphi}_N \right) \right) \ll \frac{1}{N^{(r+2)/s}}. \quad (20)$$

Поскольку

$$\delta_N(L_N) \leq \delta_N\left(\left(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N\right)\right) \leq \Delta_N\left(\tilde{\varepsilon}_N, \left(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N\right)\right),$$

то используя неравенства (16) и (20) получим соотношение (5).

Пусть символом  $\Phi_N$  обозначено множество всех вычислительных агрегатов  $\left(l^{(N)}, \varphi_N\right)$  с функционалами  $l_N^{(1)}(f) = \hat{f}\left(m^{(1)}\right), \dots, l_N^{(N)}(f) = \hat{f}\left(m^{(N)}\right)$ . Теперь убедимся в том, что для всех  $\left(l^{(N)}, \varphi_N\right) \in \Phi_N$  и любой сколь угодно медленно возрастающей к  $+\infty$  положительной последовательности  $\{\eta_{N(K)}\}_{K \geq 1}$  имеет место равенство (6).

Для каждого  $K \in \mathbb{N}$  определим множество  $H_K = \{m \in Z^s : 1 \leq \|m\| \leq \beta_K^{-1/r} N^{1/s}\}$ , где  $N = N(K)$ ,  $\beta_K = \min\{\eta_N, \ln N\}$ .

Ясно, что

$$|H_K|_{s,r} \gg \frac{N}{\beta_K^{s/r}}. \tag{21}$$

Так как  $\lim_{K \rightarrow +\infty} \beta_K = +\infty$ , то существует номер  $K_0 \in \mathbb{N}$  такой, что для всех целых  $K \geq K_0$  имеет место неравенство

$$\beta_K \geq 1. \tag{22}$$

Далее, для всех  $K \geq K_0$  рассмотрим функцию  $h_K(x) = \beta_K \tilde{\varepsilon}_N \sum_{m \in H_K} \exp\{2\pi i(m, x)\}$ .

Используя неравенств (21) и (22) имеем

$$\begin{aligned} \sum_{m \in Z^s} |\hat{h}_K(m)|^2 (\bar{m}_1^{2r} + \dots + \bar{m}_s^{2r}) &= \sum_{m \in H_K} |\hat{h}_K(m)|^2 (\bar{m}_1^{2r} + \dots + \bar{m}_s^{2r}) \ll \\ &\ll \beta_K^2 \tilde{\varepsilon}_N^2 \sum_{m \in H_K} N^{2r/s} \beta_K^{-2} \ll \beta_K^{-s/r} \ll 1. \end{aligned}$$

Следовательно, при некотором  $C_3(r, s) > 0$  функция  $t_K(x) = C_3(r, s) h_K(x)$ ,  $K \geq K_0$  принадлежит классу  $W_2^r$ . Так как  $\hat{t}_K(0) = 0$ , то

$$u_\omega(x; t_K) = -\frac{C_3(s, r) \beta_K \tilde{\varepsilon}_N}{4\pi^2} \sum_{m \in H_K} \frac{\exp\{-2\pi i(m, x)\}}{(m, m)},$$

откуда, в силу соотношений (21) и (4), получаем

$$\|u_\omega(x; t_K)\|_{L^2_{s,r}} \gg \beta_K^{1-(s-4)/(2r)} \delta_N(L_N). \tag{23}$$



Пусть  $\tilde{\gamma}_N^{(\tau)} = -\frac{\hat{t}_K(m^{(\tau)})}{\tilde{\varepsilon}_N \eta_N}$  и  $\tilde{\nu}_N^{(\tau)} = -\frac{(-\hat{t}_K)(m^{(\tau)})}{\tilde{\varepsilon}_N \eta_N}$ , где  $\tau \in \{1, \dots, N \equiv N(K)\}$ . Тогда, в силу

легко проверяемых неравенств  $|\tilde{\gamma}_N^{(\tau)}| \leq 1$ ,  $|\tilde{\nu}_N^{(\tau)}| \leq 1$  и равенств  $\hat{t}_K(m^{(\tau)}) + \eta_N \tilde{\gamma}_N^{(\tau)} \tilde{\varepsilon}_N = 0$ ,

$(-\hat{t}_K)(m^{(\tau)}) + \eta_N \tilde{\nu}_N^{(\tau)} \tilde{\varepsilon}_N = 0$ , для всякой пары  $(l^{(N)}, \varphi_N) \in \Phi_N$  имеем

$$\begin{aligned} & \sup_{f \in W_2^r} \left| \gamma_N^{(1)} \right| \leq 1, \dots, \left| \gamma_N^{(N)} \right| \leq 1 \left\| u_{\omega}(\cdot, f) - \varphi_N \left( \hat{f}(m^{(1)}) + \gamma_N^{(1)} \eta_N \tilde{\varepsilon}_N, \dots, \right. \right. \\ & \left. \left. \hat{f}(m^{(N)}) + \gamma_N^{(N)} \eta_N \tilde{\varepsilon}_N; \cdot \right) \right\|_{L^2} \geq \\ & \geq \max \left\{ \left\| u_{\omega}(\cdot, t_K) - \varphi_N \left( \hat{t}_K(m^{(1)}) + \tilde{\gamma}_N^{(1)} \eta_N \tilde{\varepsilon}_N, \dots, \hat{t}_K(m^{(N)}) + \tilde{\gamma}_N^{(N)} \eta_N \tilde{\varepsilon}_N; \cdot \right) \right\|_{L^2}, \right. \\ & \left. \left\| u_{\omega}(\cdot, -t_K) - \varphi_N \left( (-\hat{t}_K)(m^{(1)}) + \tilde{\nu}_N^{(1)} \eta_N \tilde{\varepsilon}_N, \dots, (-\hat{t}_K)(m^{(N)}) + \tilde{\nu}_N^{(N)} \eta_N \tilde{\varepsilon}_N; \cdot \right) \right\|_{L^2} \right\} = \\ & = \max \left\{ \left\| u_{\omega}(\cdot; t_K) - \varphi_N(0, \dots, 0; \cdot) \right\|_{L^2}, \left\| u_{\omega}(\cdot; -t_K) - \varphi_N(0, \dots, 0; \cdot) \right\|_{L^2} \right\} \geq \left\| u_{\omega}(\cdot; t_K) \right\|_{L^2}. \end{aligned}$$

Стало быть, согласно (23) имеет место неравенство

$$\Delta_N \left( \eta_N \tilde{\varepsilon}_N, (l^{(N)}, \varphi_N) \right)_{s,r} \gg \delta_N (L_N) \beta_K^{1-(s-4)/(2r)}. \quad (24)$$

Так как  $(\tilde{l}^{(N)}, \tilde{\varphi}_N) \in \Phi_N$  и  $\lim_{K \rightarrow +\infty} \beta_K^{1-(s-4)/(2r)} = +\infty$ , то из (24) следует равенство (6).

Теорема 2 доказана.

### Дискуссия

В [2, теорема 3.1] установлено, что оператор дискретизации

$$\begin{aligned} \varphi_N(f(\zeta^{(1)}), \dots, f(\zeta^{(N)}), x) &= \frac{1}{N} \sum_{\zeta^{(n)} \in S_N} f(\zeta^{(n)}) \times \\ & \times \left( \omega(x) - \frac{1}{4\pi^2} \sum_{\|k\| < p/2}^* \frac{\exp\{2\pi i(k, x - \zeta^{(n)})\}}{(k, k)} \right), \end{aligned} \quad (25)$$

где для каждого  $N = p^s$  ( $p = 1, 2, \dots$ ) положено

$$S_N = \left\{ \zeta^{(n)} = \left( \frac{n_1}{p}, \dots, \frac{n_s}{p} \right), n \in Z^s, 0 \leq n_j < p (j = 1, \dots, s) \right\},$$

приближает решение  $u_{\omega}(x; f)$ ,  $f \in W_2^r$  в метрике пространства  $L^2$  с точностью  $\frac{C_4(s, r)}{N^{r/s}}$ ,

а также доказана неулучшаемость по порядку этой точности. Сравнивая точность  $\frac{C_4(s, r)}{N^{r/s}}$  с

полученной здесь точностью  $\frac{C_5(s, r)}{N^{(r+2)/s}}$  заключаем, что предложенной нами оператор

дискретизации  $\tilde{\varphi}_N(\tilde{I}_N^{(1)}(f), \dots, \tilde{I}_N^{(N)}(f); x) = \omega(x)\hat{f}(0) - \frac{1}{4\pi^2} \sum_{m \in A}^* \frac{\hat{f}(m)}{(m, m)} \exp\{2\pi i(m, x)\}$

приближает решение  $u_\omega(x; f)$ ,  $f \in W_2^r$  в метрике пространства  $L^2$  с лучшей по порядку точностью, чем оператор дискретизации (25).

### Заключение

Сформулированные и доказанные нами теоремы являются новыми результатами в теории приближений, численном анализе и вычислительной математике.

Данное исследование можно продолжить изучая задачи дискретизации решения  $u_\omega(x; f)$  при других функциональных классах  $F$ , содержащих  $f$ , множествах  $D_N$  и нормированных пространствах  $Y$ .

### Список использованных источников

- [1] Коробов Н. М. Теоретико - числовые методы в приближенном анализе. – М.: 1963. –224 с.
- [2] Баилов Е. А. Приближенное интегрирование и восстановление функций из анизотропных классов и восстановление решений уравнения Пуассона: дисс. ... канд. физ.- мат. наук. Алматы, 1998.
- [3] Bailov, E.A., Temirgaliev, N. (2006) Discretization of the Solutions to Poisson's Equation. *Computational Mathematics and Mathematical physics*, 46(9), 1515 – 1525. <https://doi.org/10.1134/S0965542506090053>
- [4] Kudaibergenov, S.S., Sabitova, S.G.(2013) Discretization of solutions to Poisson's equation in the Korobov class. *Computational Mathematics and Mathematical physics*, 53(7), 896–907. <https://doi.org/10.1134/S0965542513070166>
- [5] Arystangalikyzy, A. (2023) Discretization of solutions of Poisson equation by inaccurate information. *Bulletin of the L.N. Gumilov Eurasian National University. Mathematics. Computer Science. Mechanics Series*, 144(3), 39 – 44. <https://doi.org/10.32523/bulmathenu.2023/3.4>
- [6] Utesov, A.B., (2024) On Error Estimates for Discretization Operators for the Solution of the Poisson Equation. *Differential Equations*, Vol. 60, No. 1, pp. 136 –143. <https://doi.org/10.1134/S0012266124010117>
- [7] Utesov, A.B., Bazarkhanova, A.A. (2021) On Optimal Discretization of Solutions of the Heat Equation and the Limit Error of the Optimum Computing Unit. *Differential Equations*, 57 (12), 1726 –1735. DOI: 10.1134/S0012266121120168
- [8] Temirgaliev, N., Zhubanisheva, A.Zh.(2015) Informative Cardinality of Trigonometric Fourier Coefficients and Their Limiting Error in the Discretization of a Differentiation Operator in Multidimensional Sobolev Classes. *Computational Mathematics and Mathematical physics*, 55(9), 1432-1443. DOI:10.1134/S0965542515090146
- [9] Azhgaliev, Sh. U. (2007) Discretization of the solutions of the heat equation. *Math. Notes*, 82(2), 153 – 158. <https://doi.org/10.1134/S000143460707019X>
- [10] Utesov, A.B., Bazarkhanova, A.A. (2022) Optimal Computing Units in the Problem of Discretizing Solutions of the Klein – Gordon Equation and Their Limit Errors. *Differential Equations*, 58 (5), 703 – 716. DOI: 10.1134/S0012266122050093

### References

- [1] Korobov N.M. (1963) *Teoretiko – chislovye metody v priblizhennom analize [Numerical – theoretic methods in approximate analysis]*. M. –224 s. (In Russian)
- [2] Bailov E.A. (1998) *Priblizhennoe integrirovanie i vosstanovlenie funktsiy iz anizotropnykh klassov i vosstanovlenie reshenij uravneniya Puassona [Approximate integration and restoration of functions from*

*anisotropic classes and restoration of solutions to the Poisson equation]: diss. ... kand. fiz.- mat. nauk. Almaty. (In Russian)*

[3] Bailov, E.A., Temirgaliev, N. (2006) *Discretization of the Solutions to Poisson's Equation. Computational Mathematics and Mathematical physics*, 46(9), 1515 – 1525. <https://doi.org/10.1134/S0965542506090053>

[4] Kudaibergenov, S.S., Sabitova, S.G.(2013) *Discretization of solutions to Poisson's equation in the Korobov class. Computational Mathematics and Mathematical physics*, 53(7), 896 –907. <https://doi.org/10.1134/S0965542513070166>

[5] Arystangalikyzy, A. (2023) *Discretization of solutions of Poisson equation by inaccurate information. Bulletin of the L.N.Gumilov Eurasian National University. Mathematics. Computer Science. Mechanics Series*, 144(3), 39 – 44. <https://doi.org/10.32523/bulmathenu.2023/3.4>

[6] Utesov, A.B. (2024) *On Error Estimates for Discretization Operators for the Solution of the Poisson Equation. Differential Equations*, Vol. 60, No. 1, pp. 136 –143. <https://doi.org/10.1134/S0012266124010117>

[7] Utesov, A.B., Bazarkhanova, A.A. (2021) *On Optimal Discretization of Solutions of the Heat Equation and the Limit Error of the Optimum Computing Unit. Differential Equations*, 57 (12), 1726 –1735. DOI: 10.1134/S0012266121120168

[8] Temirgaliev, N., Zhubanisheva, A.Zh. (2015) *Informative Cardinality of Trigonometric Fourier Coefficients and Their Limiting Error in the Discretization of a Differentiation Operator in Multidimensional Sobolev Classes. Computational Mathematics and Mathematical physics*, 55(9), 1432- 1443. DOI:10.1134/S0965542515090146

[9] Azhgaliev, Sh. U. (2007) *Discretization of the solutions of the heat equation. Math. Notes*, 82(2), 153 – 158. <https://doi.org/10.1134/S000143460707019X>

[10] Utesov, A.B., Bazarkhanova, A.A. (2022) *Optimal Computing Units in the Problem of Discretizing Solutions of the Klein – Gordon Equation and Their Limit Errors. Differential Equations*, 58 (5), 703 – 716. DOI: 10.1134/S0012266122050093

**МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ**  
**МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ**  
**METHODS OF TEACHING MATHEMATICS**

IRSTI 14.35.09

10.51889/2959-5894.2024.87.3.006

**A.K Ardabayeva<sup>1</sup>** , **Y.A. Tuyakov<sup>1\*</sup>** 

<sup>1</sup> Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: t.esen.a@mail.ru

**TRAINING FUTURE TEACHERS OF MATHEMATICS TO DEVELOP FINANCIAL LITERACY OF SCHOOL STUDENTS**

*Abstract*

Mathematics is one of the important subjects that allows you to form and develop financial literacy of students through the content and tools of training. The article discusses the issues of improving the professional and methodological training of future mathematics teachers by introducing a special course in the content of the educational program for the formation of financial literacy of students while studying the school course of mathematics. Also, the article presents the content of the course "Fundamentals of financial literacy and their mathematical solutions", necessary for the formation of financial literacy of students, methodology for solving problems of financial and economic content was proposed and specific examples were given. The purpose of the study is to identify the methodological basis for improving the professional training of future mathematics teachers to develop financial literacy of school students. The objectives of the study are to study the condition of training future teachers of mathematics to develop financial literacy of school students, to compile substantive and methodological recommendations for the course "Fundamentals of financial literacy and their mathematical solutions". The effectiveness of the methodological recommendations of the research work is confirmed experimentally by introducing them into the process of teaching mathematics in general education schools in Almaty. The significance of the study is that the result of the study contributes to the integration of the content of the mathematics course with financial knowledge by introducing a special course into the educational program of pedagogical universities, the formation of financial literacy of school students using financial and economic content tasks.

**Keywords:** general education school, higher education institutions, financial literacy, mathematics, educational program, financial and economic content tasks.

А.К. Ардабаева<sup>1</sup>, Е.А. Тұяқов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

**МЕКТЕП ОҚУШЫЛАРЫНЫҢ ҚАРЖЫЛЫҚ САУАТТЫЛЫҒЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУҒА  
БОЛАШАҚ МАТЕМАТИКА МҰҒАЛІМДЕРІН ДАЙЫНДАУ**

*Аңдатпа*

Математика – оқыту мазмұны мен құралдары арқылы оқушылардың қаржылық сауаттылығын қалыптастыру мен дамытуға мүмкіндік беретін маңызды пән. Мақалада мектеп математика курсын оқыту процесінде оқушылардың қаржылық сауаттылығын қалыптастыру үшін болашақ математика мұғалімдеріне арналған білім беру бағдарламасының мазмұнына арнайы курсты енгізу арқылы кәсіби-әдістемелік дайындығын жетілдіру мәселесі қарастырылған. Мақалада болашақ математика мұғалімдерінің оқушылардың қаржылық сауаттылығын қалыптастыруға қажетті «Қаржылық сауаттылық негіздері және олардың математикалық шешімдері» курсының мазмұны айқындалып, қаржылық-экономикалық мазмұнды есептерді шығарудың әдістемесі ұсынылады, нақты мысалдармен келтірілген. Зерттеу мақсаты - мектеп оқушыларының қаржылық сауаттылығын қалыптастыруға

болашақ математика мұғалімдерінің кәсіби дайындығын жетілдірудің әдістемелік негіздерін анықтау. Зерттеу міндеттері - жоғары оқу орындарында болашақ математика мұғалімдерінің оқушылардың қаржылық сауаттылығын қалыптастыруға дайындығын зерделеу, «Қаржылық сауаттылық негіздері және олардың математикалық шешімдері» курсы бойынша мазмұндық пен әдістемелік ұсынымдар жасау. Зерттеу жұмысындағы әдістемелік ұсынымдардың тиімділігі Алматы қаласының жалпы білім беретін мектептерінде математиканы оқу процесіне енгізіліп, эксперимент жүзінде дәлелденген. Зерттеудің маңыздылығы – педагогикалық жоғары оқу орындарында математика мұғалімдерін дайындауда арнайы курсты ұйымдастыру арқылы математиканы қаржылық біліммен кіріктіре оқытуға, қаржылық-экономикалық мазмұнды есептер арқылы оқушылардың қаржылық сауаттылығын қалыптастыруға ықпал етеді.

**Түйін сөздер:** жалпы білім беретін мектеп, жоғары оқу орындары, қаржылық сауаттылық, математика, оқу жоспары, қаржылық-экономикалық мазмұнды есептер.

А.К. Ардабаева<sup>1</sup>, Е.А. Туяков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

## **ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ МАТЕМАТИКИ К ФОРМИРОВАНИЮ ФИНАНСОВОЙ ГРАМОТНОСТИ УЧАЩИХСЯ ШКОЛ**

### *Аннотация*

Математика – один из важных предметов, который позволяет формировать и развивать финансовую грамотность учащихся, посредством содержания и инструментов обучения. В статье рассматриваются вопросы совершенствования профессионально-методической подготовки будущих учителей математики, путем введения специального курса в учебные планы и тематики для ознокомления знаний по финансовой сфере и применения методических умений и навыков в педагогической деятельности в школе. Представленный курс «Основы финансовой грамотности и их математические решения» обеспечивает подготовку выпускников педвуза и предложена методика решения задач финансово-экономического содержания, приведены конкретные примеры. Цель исследования – выявить методическую основу совершенствования профессиональной подготовки будущих учителей математики для формирования финансовой грамотности учащихся школ. Задачи исследования - изучить состояние подготовки будущих учителей математики к формированию финансовой грамотности учащихся школ, составить содержательные и методические рекомендации по курсу «Основы финансовой грамотности и их математические решения». Эффективность методических рекомендаций научно-исследовательской работы подтверждена экспериментально путем внедрения их в процесс обучения математике в общеобразовательных школах г.Алматы. Значимость исследования – результат исследования способствует интеграции содержания курса математики с финансовыми знаниями путем введения специального курса в учебный план, реализации межпредметной связи на основе задач финансово-экономического характера.

**Ключевые слова:** общеобразовательная школа, высшие учебные заведения, финансовая грамотность, математика, учебный план, задачи финансово-экономического содержания.

### **Main provisions**

The main idea of the study is that the methodological basis for improving the professional training of future mathematics teachers in connection with increasing the financial knowledge of students were determined, the content of the special course curriculum, methodological guidelines and financial and economic content tasks were developed. Conclusions and results of the research - a methodological system for preparing mathematics teachers for the formation of students' financial literacy in higher educational institutions (aims, content, methods and forms, tools of the study) was presented, methodological guidelines for increasing financial literacy and a system of financial and economic content tasks were introduced into the educational process, and the results processed by mathematical methods.

### **Introduction**

Currently, the issue of increasing financial literacy in the context of financial education for the population and students of our country is being discussed at the government level. In this regard, the

President Kassym-Jomart Tokayev in his address to the people of Kazakhstan charged to expand the "Debtless Society" project to increase financial literacy of the population to master debt and credit information [1]. Our republic has a concept for the development of financial literacy for 2020-2024, which states that it is necessary to prepare a curriculum and digital resources to improve the education of students at all levels of education and tools to implement this objective is indicated [2]. Also, in the concept of education development for 2023-2029, preparation for future activities by integrating financial knowledge into the curriculum of students [3]. Also, at the meetings of the Government, teaching of the subject of financial literacy was given as a proposal for the curriculum in educational organizations [4].

Students can be given financial knowledge during the lesson. In this context, state education standards and programs, principles, normative legal acts allow for integrated teaching of financial literacy with academic subjects, including mathematics. After all, mathematics is an important subject in the development of all types of functional literacy, including not only mathematical literacy, but also financial literacy and economic thinking of students.

However, in the course of teaching the subjects of the curriculum, the skills of teaching graduates to develop and produce interdisciplinary economic reports intended to provide financial knowledge to students and young people in their pedagogical activities and to form their literacy are insufficient. Accordingly, it will be necessary to prepare educational resources (collection of reports, manuals, tools) to improve subject and teaching knowledge and skills.

Here, domestic scientists - A.E. Abylkassymova, A.K. Kagazbaeva et al. The teacher is involved in the development of the methodology of mathematicians and has published many articles and textbooks [5, 6]. If we consider the publications, they are training young specialists-teachers, not enough research was conducted on the issue of teaching them to form financial literacy of schoolchildren and methodological support, and often a lot of attention is paid to the methodology of teaching the subject.

The content of subjects in the "6B01501-Mathematics" educational program for training future mathematics teachers in higher educational institutions includes the subject "Economics and entrepreneurship research methods" [7]. In learning the subject, students do not develop a methodology for teaching students, but learn only the basic financial system. Therefore, it is necessary to introduce a special course to upgrade the methods and content of the subject competences of future mathematics teachers and improve the financial literacy of students, and focus on creating its methodological complex. In order to solve these problems, it is necessary to pay special attention to the work plan and lesson content of higher educational institutions that train young specialist mathematics teachers and introduce innovation.

A young graduate of an educational institution uses the acquired mathematical knowledge and skills in the educational process to form the financial literacy of students in his pedagogical work. Therefore, it will be necessary to control the methodological aspects of training in order to prepare the graduate in advance in pedagogical higher educational institutions and provide it with educational and methodological support for the formation of financial literacy of schoolchildren determines the relevance of the research work.

### **Research methodology**

Financial literacy is a knowledge and skill necessary for social activities and lifestyle in human life. Therefore, a person should have financial literacy in order to be able to solve problems related to finances that arise in any field of activity. Financial literacy is a person's ability to earn money on his own from a young age and show how to allocate and spend it effectively. Experts of the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) say: "The progress of the financial sector in society, the political and economic conditions in each country require a person to be competent in financial education". In this regard, in 2003, on the basis of the development of the principles of financial literacy, OECD started a project to propose ways to improve financial education and literacy standards [8].

As for the definition of the concept of "financial literacy", formulation is given in the works of foreign and domestic scientists - A. Lusardi, C. Sawatzki, M. Noctor, S. Stoney, R. Stradling, O.Y. Lazebnikova, G. S. Kovaleva, Z. S. Yerkisheva and others (Table 1).

Table 1. Definitions of the concept of "financial literacy".

No	Authors	Description
1	A. Lusardi	the ability of a person to use his funds correctly, manage them and make effective decisions [9].
2	S. Sawatzki	the ability to acquire information, knowledge and skills system that allows to improve the social situation of a person, to achieve his own financial situation, to make the right decision [10].
3	M. Noctor, S. Stoney, R. Stradling	ability to manage money and make rational decisions based on it [11].
4	O. Y. Lazebnikova	the ability to acquire knowledge and skills to achieve financial goals in everyday life [12].
5	G. Kovaleva	the ability to achieve personal financial success through study, analysis and management, to be financially successful [13].
6	Organization for Economic Cooperation and Development	knowing, understanding and applying terms and concepts in the field of finance, determining effective solutions to problems, knowledge and skills necessary to improve the financial situation in life, access to financial activities in family and community affairs [14, 15].
7	Z.S. Yerkisheva	the ability to master financial competences in daily life needs an informed and digital society, improving certain financial knowledge and skills accumulated in improving living conditions of a person [16].

Based on the study of the definitions in this table, we defined the following concepts for the concept of "financial literacy", that is, financial literacy is a type of knowledge and skill formed on the basis of financial knowledge and the ability to use it; appropriate financial behavior, education; established financial experience. Currently, due to the fact that the formation of these concepts is relevant and one of the main factors necessary for the self-realization of a person in society, there is a need to prepare students for it from school age and it is one of the main requirements of modern education. In PISA work, one of the international studies that evaluates the education of students, we noticed that students of developed countries have a high level of financial literacy in their educational achievements. In this study, students solve financial problems encountered in everyday life, personal and family life, perform tasks and calculations, and understand and apply the necessary concepts, terms, and practices. Tasks aimed at applying financial knowledge in the PISA study can be divided into two groups: 1) tasks on "financial arithmetic": spending, depositing and receiving money, the amount of expenses and remaining funds, the result of currency exchange; 2) actions performed due to a certain situation [14, 15]. There are works of foreign and domestic scientists dedicated to the formation of financial literacy of students. Let's focus on the methodological features proposed by the scientists-methodologists. Y.A. Sedova imparted financial knowledge in an interdisciplinary relationship with mathematics and expressed an opinion on forming the literacy of young students with calculations [17]. In his work T.A. Almazova says to form students' literacy with financial calculations in mathematics education [18].

A.E. Abylkassymova, Z.S. Yerkisheva, Z.N. Turganbayeva proposed methods of solving economic problems on the basis of stochastic knowledge, which contribute to the formation of financial literacy of students during the teaching of mathematics, approaches to the development of thinking ability [19]. From the research works, we see that mathematics is a subject that forms financial literacy in interdisciplinary connection with natural sciences and economic subjects in terms of theory and practice, and uses mathematical methods to achieve certain goals. Of course, school mathematics teachers have research work aimed at forming the financial literacy of their students, but

the graduates of pedagogical higher educational institutions should also be armed with methodological preparation, educational content, teaching methods and tools to form the literacy of students in their future work. Academician A.E. Abilkassymova says that school mathematicians should be deeply educated and use the methodology they have mastered at the educational institution [20]. There are many publications created by scientists for the systematic training of young specialist teachers-mathematicians - A.G. Mordkovich, I.A. Novik, N.L. Stefanova, O.A. Ivanov, Y.V. Silayev, M.A. Skiba and etc., from domestic scientists - works of A.E. Abylkassymova, A.K. Kagazbayeva, S.Y. Altynbekov (Table 2).

Table 2. Research on the training of future mathematics teachers

No	The author	Description of work
1	A.G. Mordkovich	The concept of training future mathematics teachers in a professional-pedagogical direction was created and it was implemented on the basis of the principles of fundamentality, continuity, comprehensiveness, and continuity [21].
2	I. A. Novik	By forming the fundamental and methodical culture of future mathematics teachers, he created a methodical system of providing knowledge, skills, and abilities. In higher educational institutions, he studied the methodological foundations of methodological training through the mathematical culture of the future teacher [22].
3	N. L. Stefanova	He gave the concept of improving the professional knowledge and training of future mathematics teachers based on methodological principles. Defines the theory and practice of teaching mathematics at school and offers special methods of teaching in practice. The methodical training of teachers in higher educational institutions was implemented in the special education system and it is referred to as the methodical system of training of mathematics teachers [23].
4	A.E. Abylkassymova	Paying attention to the development of the activity and original cognitive interest and activities of the mathematics teacher at the university, he offers practical ways to provide methodological training, provides a system for organizing the cognitive activity of future teachers, and organizes educational and research work. The preparation of mathematics teacher-students is the process of mastering the basic knowledge of school mathematics, the methodological knowledge and skills necessary for teaching it to students, and preparing it for practical implementation [5, p.12].
5	A.K. Kagazbayeva	He determined the methodology, provides the principles of methodological preparation of mathematics teachers-students for their pedagogical work in higher educational institutions and the rules of their implementation, educational content and subjects to ensure the system. He talks about the methodological preparation of students in higher educational institutions is a system organized for teaching students methodological knowledge, theory and practical methods of implementation of theory and practice in general education schools [6, p.13].
6	S.Y. Altynbekov	Bolashak has created the methodological basis for preparing the future mathematics teacher to teach students to solve Olympiad problems, and thus offers a methodology for the formation of students' research skills. A special course "Olympic problem solving in mathematics" was introduced into the educational process [24].

Analysing the research works in table 2 and others, the problems of theoretical justification of the system of professional-methodical training of future mathematics teachers were reviewed and resolved; It was determined that the content of methodological preparation of mathematics teachers in higher pedagogical educational institutions is different. If we look at the works, there are few works of graduates-mathematics teachers to form students' financial literacy.

Currently, the educational program "6B01501-Mathematics (IP)" for training mathematics teachers in higher educational institutions is developed jointly with other universities of Kazakhstan



under the supervision of foreign experts within the framework of the project "Strengthening the educational potential of teachers" financed by the World Bank, and in the 2023-2024 academic year KazNPU named after Abay it was introduced in the pilot mode and in the 2024-2025 academic year it was introduced to the pedagogical universities. The cycle of basic and formative subjects in the educational program "6B01501-Mathematics (IP)" includes elective courses that provide in-depth teaching of school mathematics, basic subjects, educational-methodical subjects, which provide training for a mathematics teacher. This program improves the continuity of the mathematics course at school with the teaching content. In our work, we recommend giving the program of the training course to the work plan in order to prepare for the formation of financial literacy of students in the future work of young professional teachers.

### Research results

In our research work, in order to adapt future teachers of mathematics to the formation of financial literacy of students, we propose to introduce the course "Fundamentals of financial literacy and their mathematical solutions" in the educational program "6B01501-Mathematics" with 4 credits in 3 courses. This course is especially relevant due to the lack of life experience of school students in the market economy. Because of this, many families are not only unable to manage their income and savings rationally, but also fail to teach their children about financial behavior in a practical way.

In the course of training, financial knowledge and its connection with mathematics, financial and economic content calculations and methodological bases of training for their production, and the use of mathematical methods are considered. Based on dissertation research, we present the methodological system of teaching the course "Fundamentals of financial literacy and their mathematical solutions" to future mathematics teachers-students (figure 1).

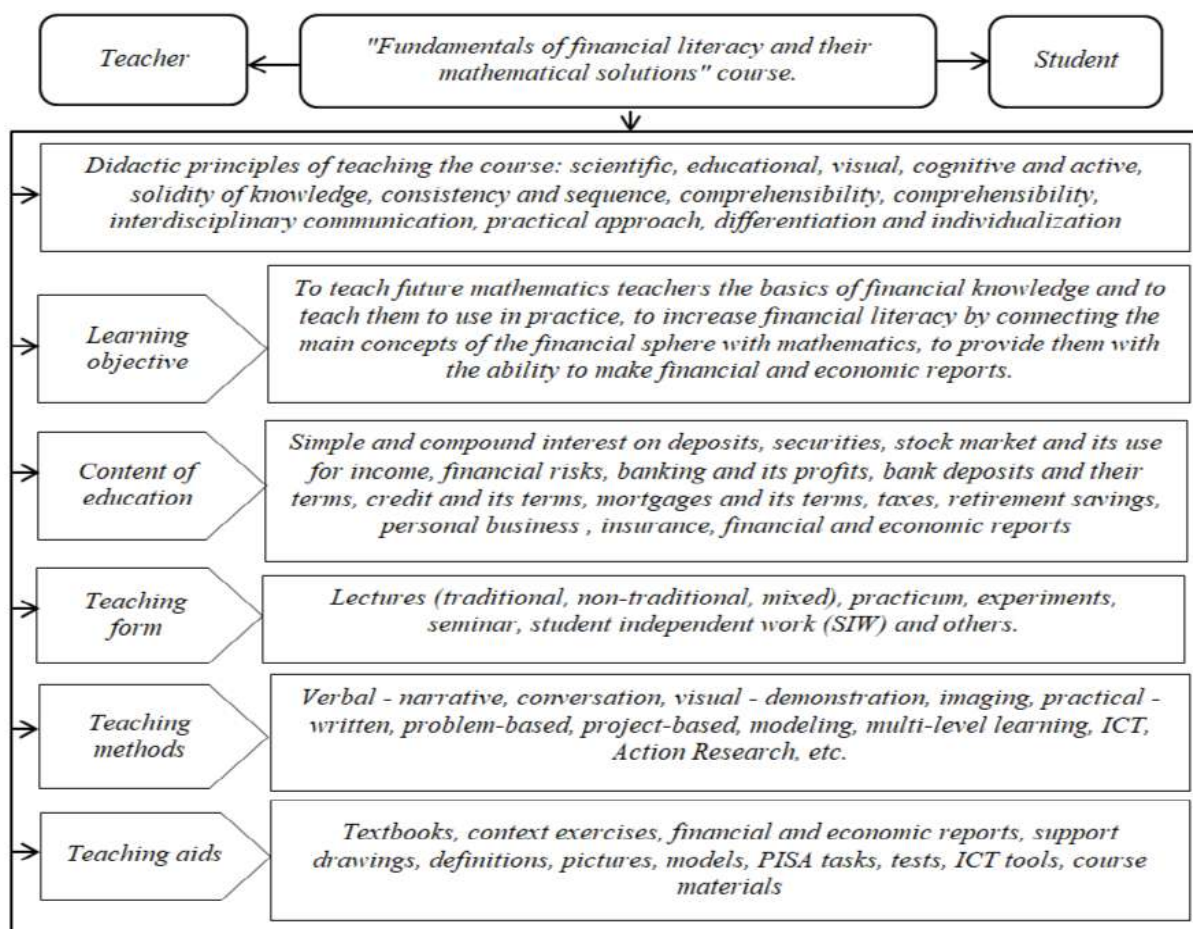


Figure 1. Methodological system of teaching the course "Fundamentals of financial literacy and their mathematical solutions"

Five components (purpose of the course, teaching content, methods, form, tool) are presented in the proposed methodological system. In order to form financial literacy in mathematics, financial and economic tasks are the main teaching tools. Financial and economic tasks contain terms of social importance on banking, trade, consumer, mortgage, deposit, life and property insurance issues and produced by mathematical methods. Compilation of such problems and use in the learning process depends on the teacher's knowledge and methodological skills. Among the teaching tools, it is important to teach students to produce contextual reports in research that externally assess the knowledge of students. Now let's look at financial and economic reports according to the topic that we give to students in the seminar practical classes of the course we are offering.

*Exercise 1. "Export".*

Figure 2 below shows information on the export volume of Kazakhstan.

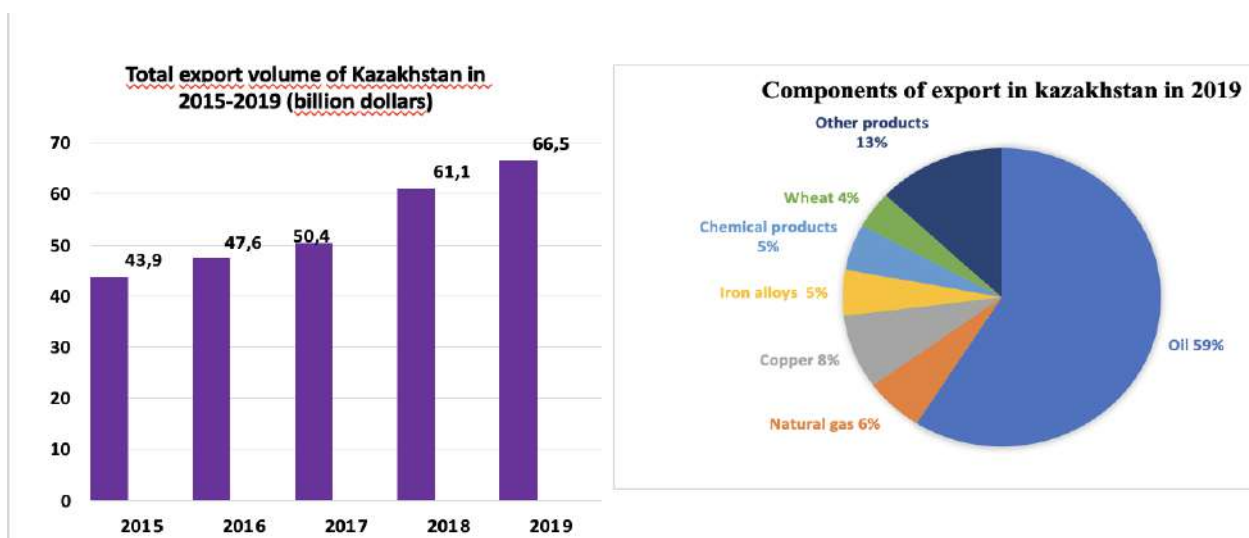


Figure 2. Information on the export volume of Kazakhstan

*Tasks:*

1) What was the total value of exports in Kazakhstan in 2017 (in billions of dollars)?

*Answer:* As we can see from the diagram, the figure 50.4 shows that 50,400,000,000 dollars.

2) How much income did the export of natural gas from Kazakhstan bring in 2019?

A) 3.2 bln. dollar. B) 3.8 billion. dollar. C) 3.4 billion. dollar.

D) 4.0 billion. dollar. E) 3.6 billion. dollar.

*Answer:* In 2019, the export of natural gas amounted to 6 percent:

$$66\,500\,000\,000 \cdot \frac{6\%}{100\%} = 3\,990\,000\,000 \approx 4,0 \text{ млрд.}$$

Export of fruit juice brought 4 bln. dollar income.

*Exercise 2. "Currency exchange rate".*

Anton from Russia prepared for a 3-month trip to Kazakhstan under the student exchange program. He needed to exchange some Russian Rubles (RUB) into Kazakhstani Tenge (KZT).

*Tasks:*

1) Anton found out that exchange rate between the Russian ruble and the Kazakhstani tenge as follows: 1 RUB = 5.3 KZT. Anton exchanged 180 000 Russian rubles to Kazakhstani tenge according to the this exchange rate. How much Kazakhstani tenge did Anton get?

*Answer:*  $180\,000 \cdot 5,3 = 954\,000$ . Anton received 954000 Kazakhstani Tenge.

2) When Anton returned to Russia after 3 months, he had 62,000 KZT left. He exchanged them for Russian rubles, but at the modified rate: 1 RUB = 5.0 KZT. How many Russian rubles did Anton receive?

*Solution:*  $62\,000 : 5 = 12\,400$ . Anton received 12 400 Russian rubles.

*Exercise 3. "National musical instruments".*

Figure 3 below shows information about the goods and their prices in the "Kazakh Melody" store.




*Tasks:*

1) Saken added the prices of dombra, kobyz and jetigen in the calculator. As a result, it was 213 600 tenge (Figure 4).

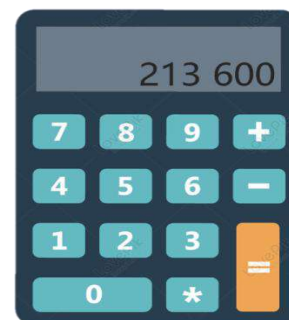
Saken's answer is incorrect. Find out what he did wrong.

- A) Saken adds the same price twice.
- B) Saken forgot one while connecting.
- C) Saken forgot the last digit of a number.
- D) Saken performed one column addition with subtraction.

*Answer :* Saken forgot to write the last digit "0" when he wrote the price of jetigen. As a result, the result of  $92\ 000 + 106\ 000 + 15\ 600 = 213\ 600$  was obtained. Option C is correct.

<i>Goods of the "Kazakh Melody" store</i>		
<i>Dombra</i>  <i>Price: 92 000 tenge</i>	<i>Kobyz</i>  <i>Price: 106 000 tenge</i>	<i>Jetigen</i>  <i>Price: 156 000 tenge</i>

*Figure 3. Prices of goods in the "Kazakh Melody" store*



*Figure 4. Calculator*

2) In the "Kazakh Music" store, the seller offered a discount: if you buy 2 or more instruments, there is a 20% discount on finance. Since Talgat has 200,000 tenge, what kind of instrument will he buy? Please select «Yes» or «No» from the options below (Table 3).

*Table 3. Discounts in the "Kazakh Music" store*

<i>Goods</i>	<i>Can Talgat buy these things for 200 000 tenge?</i>
<i>1. Drum and kobyz</i>	<i>Yes / No</i>
<i>2. Drum and jetigen</i>	<i>Yes / No</i>
<i>3. All 3 instruments</i>	<i>Yes / No</i>

*Answer :* 1)  $92000 + 106000 = 198000 \Rightarrow 198000 \cdot \frac{80\%}{100\%} = 158400$  (Yes);

2)  $92000 + 156000 = 248000 \Rightarrow 248000 \cdot \frac{80\%}{100\%} = 198400$  (Yes);

3)  $92000 + 106000 + 156000 = 354000 \Rightarrow 354000 \cdot \frac{80\%}{100\%} = 283200$ (No).

*Exercise 4. "Holiday home".*

Asylbek looked at various holiday homes and chose one. It was necessary to pay a fee to visit during the holidays (Table 4).

Table 4. Housing situation

Number of rooms	1 x living room and kitchen 1 x bedroom, 1 x bathroom	Price: 27 000 000 tenge 
District	60 (m <sup>2</sup> )	
Parking lot	There is	
Time to city center	10 minute	
Distance to the beach	350 meter	
Average length of stay for guests over the past 10 years	315 days per year	

Task: Asylbek determined the price of a holiday home using the conditions in table 5.

Table 5. Housing cost

1 m <sup>2</sup> price	Basic price	400 000 tenge per 1 m <sup>2</sup>			
Additional price criteria	Time to city center	more than 15 minute : + 500 000tg	5 – 15 minutes : +1 000 000 t g	less than 5 minute : +200 000 tg	
	Distance to the beach	more than 2 km: +0 tg	1 - 2 km: +500 000 tenge	0.5 - 1 km: +1 000 000 tg	less than 0.5 km: +1 500 000 tenge
	Parking lot	Not provided: + 0 tg	Provided: +1 000 000 tg		

If the expert's price is higher than the seller's price, it will be very profitable for Asylbek. Find out if your vacation home is worth the price with our expert evaluation criteria.

Answer: The price determined by the expert: basic price:  $60 \cdot 400000 = 24\,000\,000$ tg; additional price for the time to the center: 1 000 000 tenge; price according to the distance to the beach: 1 500 000 tenge; additional price for parking: 1 000 000 tenge; total price: 27 500 000 tenge. Therefore, the initial offer of 27 000 000 tenge by the seller of the housing was profitable for Asylbek.

### Discussion

A pedagogical experiment was conducted in the specialized lyceum No. 178 of Almaty city in order to substantiate the effect of educational materials on the financial knowledge and literacy formation of students according to the methodological system of the proposed course.

The purpose of the conducted pedagogical practice is to prove the effectiveness of the method of forming students' financial literacy by producing financial and economic tasks.

The pedagogical experiment was implemented in the following stages:

- 1) determination period (3 quarter of the 2023-2024 academic year);
- 2) teaching period (3 quarter of the 2023-2024 academic year);
- 3) teaching and summation period (4 quarters of the academic year 2023-2024).

The results during the experiment were obtained through formative and summative evaluations using a 20-point system. The control group included 10 "A" and 10 "B" students, and the experimental group included 10 "B" and 10 "G" students, and their academic achievements at the beginning and end of the experiment are shown in Table 6.

Table 6. Learning achievements at the beginning and end of the pedagogical experiment

No	Experimental group		Control group	
	At the beginning of the experiment	At the end of the experiment	At the beginning of the experiment	At the end of the experiment
$\Sigma$	624	872	591	633
$\bar{x}$	11, 556	16, 463	11,596	11, 981
$\delta$	11,155	4,178	8,755	11,902
$\sqrt{\delta}$	3,340	2,044	2,959	3,450

During the defining phase of the pedagogical experiment, group evaluations were conducted, and statistical analysis of their educational achievements was conducted. The results obtained by Student's t-criteria did not show any difference and can be seen in Table 7.

Table 7. Students' results at the beginning of the experiment

Scale	Experimental group	Control too	Student's t-test	p-value	Conclusion
Results at the beginning of the experiment	$\bar{x} = 11.556$ $\sqrt{\delta} = \pm 3.340$	$\bar{x} = 11.596$ $\sqrt{\delta} = \pm 2.959$	0.01	0.993	"Primary results" scale between the two groups is not significant. (where $t_{crit} = 1.984$ ).

During the teaching period of the experiment, the proposed methodical recommendations and the production of financial and economic tasks were used in the mathematics class.

At the conclusion of the experiment, a summary assessment was conducted to determine the educational achievements of the participant - experimental and control groups, the results were obtained and comparative analyzes were made (Tables 8-9).

Table 8. Results of the control group at the beginning and end of the pedagogical experiment

Scale	Before the experiment	Post-experiment	Student's t-criteria	p-value	Conclusion
Control group	$\bar{x} = 11.596$ $\sqrt{\delta} = \pm 2.959$	$\bar{x} = 11.981$ $\sqrt{\delta} = \pm 3.410$	1, 605	0.115	Differences between the results at the beginning and the end of the experiment were determined ( $t_{control} < t_{crit}$ where $t_{crit} = 2.009$ , $p < 0.115$ ).

Table 9. Results of the experimental group at the beginning and end of the pedagogical experiment

Scale	Before the experiment	Post-experiment	Student's t-criteria	p-value	Conclusion
Experimental group	$\bar{x} = 11.556$ $\sqrt{\delta} = \pm 3.340$	$\bar{x} = 16.463$ $\sqrt{\delta} = \pm 2.044$	19, 872	0.000	Significant differences were found between the results at the beginning and the end of the experiment ( $t_{control} > t_{crit}$ , where $t_{crit} = 2.007$ , $p < 0.001$ ).

At the end of the pedagogical experiment, it was found that the educational level of the students in the experimental group who made financial and economic calculations during the teaching of mathematics (average: 16.463; standard deviation: 2.044) was 27.22% higher than the students in the

control group who were taught with traditional educational materials (average: 11.981; standard deviation: 3.410).

Changes in the level of formation of students' financial literacy are shown in Table 10 below and we present it visually with a diagram (Figure 5).

Table 10. Levels of formation of students' financial literacy

	Experimental group		Control group	
	At the beginning of the experiment	At the end of the experiment	At the beginning of the experiment	At the end of the experiment
Education level	57.5 %	82.2 %	59.9 %	62.4 %

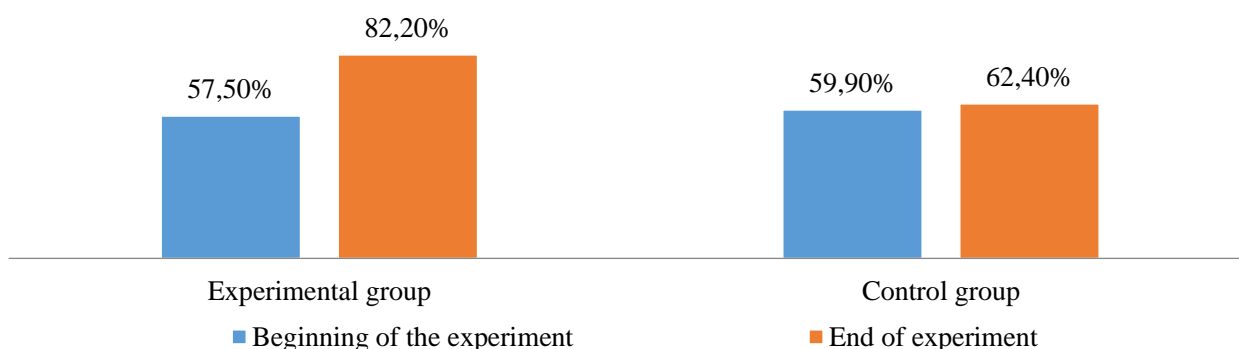


Figure 5. Levels of formation of students' financial literacy

At the end of the pedagogical experiment, the level of students' financial literacy increased by 24.7% in the experimental group and 2.5% in the control group. It proves the effectiveness of the proposed methodological recommendations and the system of special problems and shows that it allows students to form their financial literacy during teaching of mathematics. We believe that the method of organizing mathematics lessons for students to make financial and economic calculations will help to form their financial literacy.

### Conclusion

So, in order to prepare graduates with regular training in higher educational institutions that train teacher-mathematicians:

- the teaching content of subjects and courses in the curricula should be revised in accordance with educational standards to meet the changes and demands of the market in society;
- it is necessary to systematize the course and educational-methodological complex for the development of knowledge and literacy of students in the field of finance in the future work of young specialists-graduates;
- it is necessary to integrate financial and economic calculations in practical classes of mathematical subjects and implement interdisciplinary communication.

In conclusion, the preparation of mathematics teachers-students for the formation of financial literacy of students in their pedagogical activities is an urgent problem, and our idea to solve it contributes to the quality training of specialists.

Teaching them to do financial calculations in math class or extracurricular activities is important, it helps them develop their financial understanding and find solutions to life's problems.

### Acknowledgment

The research is financed by the Abai Kazakh National Pedagogical University (scientific project, contract No. 46 dated May 28, 2024).

References

- [1] "Economic orientation of a fair Kazakhstan" Address of the Head of State Kassym-Jomart Tokayev to the people of Kazakhstan on September 1, 2023 // [https://adilet.zan.kz/kaz/docs/K23002023\\_1](https://adilet.zan.kz/kaz/docs/K23002023_1)
- [2] Resolution No. 338 of the Government of the Republic of Kazakhstan dated May 30, 2020 "On approval of the concept of increasing financial literacy for 2020-2024" // <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2000000338>
- [3] Resolution No. 249 of the Government of the Republic of Kazakhstan dated March 28, 2023 "On approval of the concept of development of pre-school, secondary, technical and vocational education in the Republic of Kazakhstan for 2023-2029" // <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2300000249>
- [4] Shkol'niki i studenty v Kazahstane budut uchit'sja finansovoj gramotnosti // <https://daryo.uz/ru/2023/10/31/skolniki-i-studenty-v-kazahstane-budut-ucitsa-finansovoj-gramotnosti?ysclid=lu1jkequet124360289>
- [5] Abylkassymova A.E. Formirovanie poznavatel'noj samostojatel'nosti studentov-matematikov v sisteme metodicheskoy podgotovki v universitete: diss. ... dok.ped.nauk:13.00.02. – Almaty, 1995. – 291 s.
- [6] Kagazbaeva A.K. Sovershenstvovanie professional'no-metodicheskoy podgotovki uchitelja matematiki v sisteme vysshego pedagogicheskogo obrazovaniya: dis. ...dok.ped.nauk: 13.00.02. - Almaty: AGU, 1999. – 324 s.
- [7] «6V01501 – Matematika» bilim beru bazdarlamasy // Abaj atyndaғы ҚазҰПУ Ғылыми кеңесі бекіткен, 05.05.2023 ж. № 9 хаттама. – Almaty, 2023. – 54 б.
- [8] JeYDҒ. G20/Cifrlandyru zhәне қарзhyлық sauattyлық bojynsha JeYDҒ-nyң INF sajasatyna basshyлық. Parizh, Francija: JeYDҒ baspasy, 2018.
- [9] Lusardi A. Financial literacy and the need for financial education: evidence and implications // *Swiss Journal of Economics and Statistics*. – 2019. – P.6-8. <https://doi.org/10.1186/s41937-019-0027-5>
- [10] Sawatzki C., Sullivan P. Shopping for Shoes: Teaching Students to Apply and Interpret Mathematics in the Real World // *International Journal of Science and Mathematics Education*. – 2018.– 16(7).–P 1355–1373. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9833-3>
- [11] Noctor, M., Stoney, S., & Stradling, R. (1992). Қарзhyлық sauattyлық: қарзhyлық sauattyлықтың тызhyrymdamalary мен қызыретtilikterin zhәне ony zhastardyң оқуына engizu mymkindikterin talqylau. Ыlтық bilim berudi zertteu қory
- [12] Lazebnikova A.Ju. Prakticheskaja realizacija zadachi povysheniya finansovoj gramotnosti shkol'nikov: sostojanie i problemy // *Otechestvennaja i zarubezhnaja pedagogika*. – 2017. – T.1. – № 2 (37). – S. 22–30.
- [13] Kovaleva G.S. Finansovaja gramotnost' kak sostavlajajushhaja funkcional'noj gramotnosti: mezhdunarodnyj kontekst // *Otechestvennaja i zarubezhnaja pedagogika*. – 2017. – T.1. - №2 (37). – S.31-43.
- [14] OECD (2023a), PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- [15] OECD (2023b), PISA 2022 Results (Volume II): Learning During – and From – Disruption, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/a97db61c-en>
- [16] Erkishева Zh.S. Orta mektep оқushylaryn мәтінди esepтерди shyzaruza үjрету арқылы қарзhyлық sauattyлықын қалыптастыру әдістемеси: философия dok. ... dis.: 6D010900–Matematika. – Түркistan, 2022. 174 б.
- [17] Sedova A.E. Voprosy finansovoj gramotnosti v shkol'nom matematicheskom obrazovanii. // *Otechestvennaja i zarubezhnaja pedagogika*. – 2017. – T.1, № 2 (37). – P.55–64.
- [18] Almazova T.A., Nikanorkina N.V. K voprosu o roli szuzhetnyh zadach s jekonomicheskim sodержaniem v formirovanii finansovoj gramotnosti uchashhihsja pri izuchenii matematiki // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. – 2018. – № 1.– P.42-46.
- [19] Abylkassymova, A., Mubarakov, A., Yerkishева, Z., Turganbayeva, Z., & Baysalov, Z. Assessment of Financial Literacy Formation Methods in Mathematics Education: Financial Computation -*International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*. – eISSN: 1863-0383. – Vol.15. – No.16. – Germany, 2020. -pp. 49-67. doi:10.3991/ijet.v15i16.14587
- [20] Abylkassymova A.E. On Mathematical-Methodical Training Of Future Mathematics Teacher In The Conditions Of Content Updating Of School Education // *Modern Journal of Language Teaching Methods (MJLTM)*. ISSN: 2251 – 6204. Vol. 8, Issue 3, March 2018. – Iran. – P.411-414 .
- [21] Mordkovich A.G. Professional'no-pedagogicheskaja napravlennost' special'noj podgotovki uchitelja matematiki v pedagogicheskom institute: diss. ...dok.ped.nauk: 13.00.02. – Moskva, 1986. – 355 s.
- [22] Novik I.A. Formirovanie metodicheskoy kul'tury uchitelja matematiki v pedinstitute: dis. ... dok. ped. nauk: 13.00.02. – Moskva, 1990. – 317 s.
- [23] Ctefanova N.L. Teoreticheskie osnovy razvitija sistemy metodicheskoy podgotovki uchitelja matematiki v pedagogicheskom vuze: diss. ...dok. ped.nauk: 13.00.02. – Sankt-Peterburg, 1996. – 366s.
- [24] Altynbekov S., Ashirbayev N., Torebek Y., Kerimbekov T. Formation of Research Skills of Future Teachers of Mathematics in Solving Olympiad Problems // *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*. 2023. - Vol. 6 (12). - P. 335-346.

Пайдаланған дереккөздердің тізімі

- [1] Тоқаевтың 2023 жылғы 1 қыркүйектегі Қазақстан халқына Жолдауы // [https://adilet.zan.kz/kaz/docs/K23002023\\_1](https://adilet.zan.kz/kaz/docs/K23002023_1)
- [2] «Қаржылық сауаттылықты арттырудың 2020-2024 жылдарға арналған тұжырымдамасын бекіту туралы» Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2020 жылғы 30 мамырдағы № 338 қаулысы // <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2000000338>
- [3] «Қазақстан Республикасында мектепке дейінгі, орта, техникалық және кәсіптік білім беруді дамытудың 2023-2029 жылдарға арналған тұжырымдамасын бекіту туралы» Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2023 жылғы 28 наурыздағы № 249 қаулысы // <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2300000249>
- [4] Школьники и студенты в Казахстане будут учиться фин.грамотности // <https://daryo.uz/ru/2023/10/31/skolniki-i-studenty-v-kazahstane-budut-ucitsa-finansovoj-gramotnosti?ysclid=lu1jkequet124360289>
- [5] Абылкасымова А.Е. Формирование познавательной самостоятельности студентов-математиков в системе методической подготовки в университете: дисс. ... док.пед.наук: 13.00.02. – Алматы, 1995. 291 с.
- [6] Казабаева А.К. Совершенствование профессионально-мет.подготовки учителя математики в системе высшего педагогического образования: дис. ... док.пед.наук: 13.00.02. - Алматы: АГУ, 1999. –324 с.
- [7] «6B01501 – Математика» білім беру бағдарламасы // Абай атындағы ҚазҰПУ Ғылыми кеңесі бекіткен, 05.05.2023 ж. № 9 хаттама. – Алматы, 2023. – 54 б.
- [8] ЭЫДҰ. G20/Цифрландыру және қаржылық сауаттылық бойынша ЭЫДҰ-ның INF саясатына басшылық. Париж, Франция: ЭЫДҰ баспасы, 2018.
- [9] Lusardi A. Financial literacy and the need for financial education: evidence and implications // *Swiss Journal of Economics and Statistics*. – 2019. – P.6-8. <https://doi.org/10.1186/s41937-019-0027-5>
- [10] Sawatzki C., Sullivan P. Shopping for Shoes: Teaching Students to Apply and Interpret Mathematics in the Real World // *International Journal of Science and Mathematics Education*. – 2018.– 16(7).–P 1355–1373. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9833-3>
- [11] Noctor, M., Stoney, S., & Stradling, R. (1992). Қаржылық сауаттылық: қаржылық сауаттылықтың тұжырымдамалары мен құзыреттіліктерін және оны жастардың оқуына енгізу мүмкіндіктерін талқылау. Ұлттық білім беруді зерттеу қоры
- [12] Лазебникова А.Ю. Практическая реализация задачи повышения финансовой грамотности школьников: состояние и проблемы // *Отечественная и зарубежная педагогика*. 2017. Т.1. № 2 (37). С. 22-30.
- [13] Ковалева Г.С. Финансовая грамотность как составляющая функциональной грамотности: международный контекст // *Отечественная и зарубежная педагогика*. – 2017. – Т.1. - №2 (37). – С. 31-43.
- [14] OECD (2023a), PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>,
- [15] OECD (2023b), PISA 2022 Results (Volume II): Learning During – and From – Disruption, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/a97db61c-en>,
- [16] Еркишева Ж.С. Орта мектеп оқушыларын мәтінді есептерді шығаруға үйрету арқылы қаржылық сауаттылығын қалыптастыру әдістемесі: PhD... дис.: 6D010900-Математика. Түркістан, 2022. -174 б.
- [17] Седова А.Е. Вопросы финансовой грамотности в школьном математическом образовании. // *Отечественная и зарубежная педагогика*. – 2017. – Т.1, № 2 (37). – С.55–64.
- [18] Алмазова Т.А., Никаноркина Н.В. К вопросу о роли сюжетных задач с экономическим содержанием в формировании финансовой грамотности учащихся при изучении математики // *Современные проблемы науки и образования*. – 2018. – № 1. – С.42-46.
- [19] Abylkassymova, A., Mubarakov, A., Yerkisheva, Z., Turganbayeva, Z., & Baysalov, Z. Assessment of Financial Literacy Formation Methods in Mathematics Education: Financial Computation -*International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*. – eISSN: 1863-0383. – Vol.15. – No.16. – Germany, 2020. -pp. 49-67. doi:10.3991/ijet.v15i16.14587
- [20] Abylkassymova A.E. On Mathematical-Methodical Training Of Future Mathematics Teacher In The Conditions Of Content Updating Of School Education // *Modern Journal of Language Teaching Methods (MJLTM)*. ISSN: 2251 – 6204. Vol. 8, Issue 3, March 2018. – Iran. – P.411-414.
- [21] Мордкович А.Г. Профессионально-педагогическая направленность специальной подготовки учителя математики в педагогическом институте: дисс. ... док.пед.наук: 13.00.02. Москва, –1986. –355 с.
- [22] Новик И.А. Формирование методической культуры учителя математики в пединституте: дис. ... док. пед. наук: 13.00.02. – Москва, 1990. – 317 с.
- [23] Стефанова Н.Л. Теоретические основы развития системы методической подготовки учителя математики в педагогическом вузе: дисс. ... док. пед.наук: 13.00.02. – Санкт-Петербург, 1996. – 366 с.
- [24] Altynbekov S., Ashirbayev N., Torebek Y., Kerimbekov T. Formation of Research Skills of Future Teachers of Mathematics in Solving Olympiad Problems // *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*. 2023. - Vol. 6 (12). - P. 335-346.



П.Б. Бейсебай<sup>1\*</sup> , Г.Х. Мұхамедиев<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

<sup>2</sup>С.Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік университеті, Өскемен қ., Қазақстан

\*e-mail: beisebai@mail.ru

## «КОМПЛЕКС САН» ТАҚЫРЫБЫН БАЯНДАУДЫҢ БІР ӘДІСТЕМЕСІ

### Аңдатпа

Жоғары оқу орнында оқытылатын математиканың көптеген салаларын меңгеруде комплекс сандардың қолданылуы бұл тақырыптың студенттерге мейлінше жетімді түрде баяндалуының өзектілігін көрсетеді. Ұсынылған мақалада авторлар жоғары оқу орнының оқытушыларына «Комплекс сан» тақырыбын білім алушыларға баяндаудың бір әдісін ұсынып, өз пікірлерімен бөліседі. Тақырыпты баяндау, нақты сандар жиынында шешуі болмайтын есептің мысалын келтіру арқылы, есептің шешімдерін іздеу облысын, тек нақты сандар өсінің нүктелерінің жиынымен ғана шектемей, тым болмаса декарттық жазықтықтың нүктелерінің, яғни нақты сандардың реттелінген жұптарының жиынына дейін кеңейтудің қажеттілігін негіздеумен басталады. Сонан соң, нақты сандардың реттелінген жұптарының жиынына нақты сандар жиынына тән қатынастардың тек қосу, көбейту және теңдік қатынастарын ғана енгізуге болатынын көрсету арқылы, нақты сандардың реттелінген жұптарының жиынын нақты сандардан өзгеше сандар жиыны ретінде қарастырудың және оны, комплекс сандар жиыны деп атаудың қисынды болатыны негізделінеді. Одан кейін, комплекс сандар жиынын нақты сандар жиынының шынымен де кеңейтуі болатыны негізделінеді. Ол үшін комплекс сандар жиынының абсциссалар өсіне тиісті сандарынан тұратын ішкі жиынын, оған нақты сандар жиынына тән барлық қатынастарды енгізуге болатын жиын, яғни оны нақты сандар жиыны ретінде қабылдауға болатын жиын екені көрсетіледі. Кейіннен ординаталар өсі де, абсциссалар өсі тәрізді нақты сандар өсі болғанымен, комплекс сандар жиынының осы өске тиісті сандарынын тұратын ішкі жиыны нақты сандар жиыны ретінде қабылдауға болмайтыны жиын және оның нақты санмен жорамал бірліктің көбейтіндісі түрінде өрнектелінетін таза жорамал сандар жиыны болып табылатыны негізделінеді. Ақырында, жоғарыда келтірілген негіздемелер негізінде комплекс санның нақты сандар мен жорамал бірліктен тұратын алгебралық түрінде жазылуы қорытып шығарылады. Авторлар тақырыпты осылайша бірізді сипаттау желісімен баяндауды, тақырыптың материалдарының толық меңгерулінуіне зор ықпалын тигізеді деген оймен ұсынады.

**Түйін сөздер:** комплекс сан, реттілік қатынас, үзіліссіздік аксиомасы, қосындылар, көбейтінділер, комплекс сандар жиыны

П.Б. Бейсебай<sup>1</sup>, Г.Х. Мұхамедиев<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Восточно-Казахстанский государственный университет им. С.Аманжолова,  
г.Усть-Каменогорск, Казахстан

## ОБ ОДНОЙ МЕТОДИКЕ ИЗЛОЖЕНИЯ ТЕМЫ «КОМПЛЕКСНОЕ ЧИСЛО»

### Аннотация

Использование комплексных чисел при изучении многих разделов математики, преподаваемых в вузе, показывает важность изложения этой темы в максимально доступной для студентов форме. В представленной статье авторы делятся своим мнением с преподавателями вуза, предлагая один из способов подачи студентам темы «Комплексное число». По ходу изложения темы прежде всего приводится пример задачи, приводящей к необходимости расширения области поиска решения, не ограничивая ее только множеством точек оси действительных чисел, хотя бы до множества точек декартовой плоскости, т.е. до множества упорядоченных пар действительных чисел. Впоследствии, показав, что из правил сложения и умножения, отношении порядка и аксиомы непрерывности, присущих множеству действительных чисел, в множество упорядоченных пар действительных чисел можно ввести только правил сложения и умножения и отношения равенства, обосновывается, что

множество упорядоченных пар действительных чисел логично рассматривать как множество чисел, отличных от действительных чисел и называть его множеством комплексных чисел. Затем, дается обоснование тому, что множества комплексных чисел действительно является расширением множества действительных чисел. Для этого показывается, что в подмножество множества комплексных чисел, состоящее из чисел принадлежащих оси абсцисс, является множеством, в которое можно ввести все отношения характерные для множества действительных чисел, то есть множеством, которого можно принять в качестве множества действительных чисел. Далее устанавливается, что подмножество множества комплексных чисел, состоящее из чисел принадлежащих оси ординат, хотя ось ординат, так же как и ось абсцисс, является осью действительных чисел, не может быть принятым в качестве множества действительных чисел и является множеством чисто мнимых чисел, то есть чисел представимых в виде произведения действительного числа и мнимой единицы. И в конце, на основе приведенных обоснований выводится алгебраическая форма комплексного числа. Авторы предлагают данную методику последовательного изложения темы, полагая, что она способствует полному усвоению ее материалов.

**Ключевые слова:** комплексное число, отношение последовательности, аксиома непрерывности, сложение, умножение, множество комплексных чисел

P.B. Beisebay<sup>1</sup>, G.H. Mukhamediev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup>S. Amanzholov East Kazakhstan State University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

### **ABOUT ONE METHOD OF PRESENTING THE TOPIC “COMPLEX NUMBER”**

#### *Abstract*

The use of complex numbers in the study of many branches of mathematics taught at a university shows the importance of presenting this topic in the most accessible form for students. In this article, the authors share their opinions with university teachers, offering one way to present the topic “Complex Number” to students. In the course of presenting the topic, first of all, an example of a problem is given that leads to the need to expand the search area for a solution, not limiting it only to the set of points on the real number axis, at least to the set of points of the Cartesian plane, i.e. to the set of ordered pairs of real numbers. Subsequently, having shown that from the rules of addition and multiplication, the relation of order and the axiom of continuity inherent in the set of real numbers, only the rules of addition and multiplication and the relation of equality can be introduced into the set of ordered pairs of real numbers, it is substantiated that the set of ordered pairs of real numbers can be logically considered as the set of numbers other than real numbers and call it the set of complex numbers. Then, it is argued that the set of complex numbers is indeed an extension of the set of real numbers. To do this, it is shown that the subset of the set of complex numbers, consisting of numbers belonging to the abscissa axis, is a set into which all relations characteristic of the set of real numbers can be introduced, that is, a set that can be taken as the set of real numbers. It is further established that the subset of the set of complex numbers, consisting of numbers belonging to the ordinate axis, although the ordinate axis, like the abscissa axis, is the axis of real numbers, cannot be accepted as a set of real numbers and is a set of purely imaginary numbers, that is numbers representable as the product of a real number and an imaginary unit. And finally, based on the above justifications, the algebraic form of a complex number is derived. The authors propose this method of sequential presentation of the topic, believing that it contributes to the complete assimilation of its materials.

**Keywords:** complex number, sequence relation, continuity axiom, addition, multiplication, set of complex numbers.

#### **Негізгі ережелер**

Зерттеудің негізгі идеясы – комплекс сандар жиынын нақты сандар жиынының геометриялық кескіні болатын нақты сандар өсінің нүктелерінің жиынын жазықтық нүктелерінің, яғни нақты сандардың реттелінген жұптарының жиынына дейінгі кеңейтілуі ретінде енгізу. Ол үшін нақты сандардың реттелінген жұптарының жиынына нақты сандар жиынына тән қатынастардың тек қосу, көбейту және теңдік қатынастарын ғана енгізуге болатынын көрсету арқылы, нақты сандардың реттелінген жұптарының жиынын нақты сандардан өзгеше сандар жиыны ретінде қарастырудың және оны, комплекс сандар жиыны

деп атаудың қисынды болатыны негізделінеді. Сонан соң комплекс сандар жиынының абсциссалар өсіне тиісті сандарынан тұратын ішкі жиынын нақты сандар жиыны ретінде қабылдауға болатынын негіздеу арқылы, комплекс сандар жиыны нақты сандар жиынының жалғастыруы болатыны негізделіне отырып, комплекс санның нақты сандар мен жорамал бірліктен тұратын алгебралық түрінде жазылуы қорытып шығарылады.

### Кіріспе

Комплекс айнымалы функциялар теориясы математиканың, физиканың және жаратылыстану ғылымдарының барлық дерлік салаларында қолданылуы комплекс айнымалы функциялар теориясының аталған мамандықтар бойынша мамандар даярлаудағы зор маңызын көрсетеді. Комплекс айнымалы функциялар теориясы комплекс сан ұғымын енгізуден басталатындықтан, бұл ұғым математикалық талдау теориясының іргелі ұғымдарының бірі болып табылады. Сол себепті комплекс сандар ұғымын енгізудің білімгерлерге мейлінше жеткілікті түрде баяндалуы өзекті мәселелердің бірі болып танылады.

Жоғары оқу орындарының білімгерлеріне арналған оқулықтар мен оқу құралдарында комплекс сан ұғымы, негізінен,  $a, b$  нақты сандары мен квадраты минус бірге тең  $i$  – саны арқылы  $a + bi$  түрінде жазылатын сан немесе нақты сандардың реттелінген жұбы ретінде анықталады.

Комплекс санның бірінші түрдегі анықтамасы қолданылатын оқулықтарда бұл анықтама, негізінен, келесі түрлерде беріледі:

- «Комплекс сан деп келесі өрнек арқылы анықталған санды айтады:  $z = x + iy = x + yi$ , мұндағы  $x$  пен  $y$  нақты сандар, ал  $i = \sqrt{-1}$  жорамал бірлік деп аталады» [1];

- « $z = x + iy$  өрнегі түрінде берілген  $z$  саны комплекс сан деп аталады, мұндағы  $x$  және  $y$  – нақты сандар, ал  $i$  -жорамал бірлік деп аталады және  $i^2 = -1$  немесе  $i = \sqrt{-1}$  теңдіктерінен анықталады» [2];

- «Комплекс сан деп теңдік түсінігі мен арифметикалық амалдар төмендегі 1)-4) ережелермен анықталған,  $x + yi$  (немесе  $x + iy$ ) түріндегі өрнекті айтады» [3];

- «Комплекс сан деп  $x + yi$  түріндегі өрнек аталады, мұндағы  $x, y$  – қандай да бір нақты сандар,  $i$  - жорамал бірлік деп аталатын квадраты  $-1$ -ге тең таңба» [4, 5].

Комплекс санның осындай түрлердегі анықтамаларына келер болсақ, біріншіден, санның квадраты дегеніміз сандардың көбейтіндісі, ал көбейту ережесі білімгер үшін, әзірше, тек нақты сандар жиынында енгізілген ереже, сондықтан, нақты сандар жиынында квадраты бірге тең сан, яғни  $i$  саны жоқ болғандықтан, « $i$  санының квадраты» дегеннің білімгер үшін мағынасы болмайды. Екіншіден комплекс сан неге  $a + bi$  түрінде қарастырылатыны беймәлім. Үшіншіден,  $a + bi$  түріндегі өрнек білімгерге бұрыннан таныс, ол білімгер үшін  $a$  саны мен  $bi$  көбейтіндісінің қосындысы, сондықтан білімгер  $a + bi$  өрнегін  $a$  саны мен  $bi$  көбейтіндісінің қосындысы деп түсінуі мүмкін, ал мұндай түсінік, қосу және көбейту ережелері, әзірше, тек нақты сандар жиынына тән ережелер болғандықтан, теріс түсінік болады.

Комплекс санның екінші түрдегі анықтамасы қолданылатын оқулықтарда бұл анықтама, негізінен, келесі түрлерде беріледі:

- «Комплекс сан – белгілі бір ретпен алынған  $z = (x, y)$ ,  $x, y \in \mathbb{R}$  нақты сандар жұбы.  $\mathbb{R}$  нақты сандар жиыны комплекс сандар жиынының бөлігі болып табылады.  $y = 0$  болғанда  $(x, 0)$  арқылы белгілеу бізге  $x$  нақты санын береді» [6];

- «Комплекс сан -  $z = (x, y)$  түріндегі өрнек. Жорамал бірлік деп  $z = \sqrt{-1}$  аталады» [7];

- «Комплекс сан – белгілі бір ретпен алынған  $a$  және  $b$  нақты сандар жұбы:  $\alpha = (a, b)$ .

Егер  $b = 0$  болса, онда сәйкес жұпты,  $(a, 0) = a$  деп ұйғара отырып қысқаша  $a$  арқылы белгілейміз» [8,9].

«Барлық комплекс сандардың  $C$  жиыны (комплекс жазықтық) теңдік қатынасы және - қосу және көбейту амалдары анықталған нақты сандардың барлық реттелінген жұптарының  $C := \{z=(x,y): x,y \in \mathbb{R}\}$  жиыны ретінде анықталады» [10,11].

Комплекс санның осындай түрлердегі анықтамаларына келер болсақ, бұл анықтамаларда да комплекс сан неге сандар жұбы ретінде қарастырылатыны беймәлім, ол туралы айтылған күннің өзінде қандай негізде сандар жұбын сан деп атауға болатыны айтылмайды. Сонымен қатар тақырыпты баяндау барысында комплекс сандар жиыны нақты сандар жиынының кеңейтілуі болатыны, яғни нақты сандар жиыны комплекс сандар жиынына ішкі жиын болатыны толық негізделмейді. Сол себепті, комплекс сан ұғымын бұлай енгізу оны білімгерлерге жетімді болатындай енгізілген деп айта алмаймыз.

### Зерттеу әдіснамасы

Мақала авторлардың жоғары оқу орындарының студенттеріне комплекс айнымалы функциялар теориясы бойынша дәріс оқудағы көп жылдық тәжірибесі негізінде жазылған.

Тақырыпты баяндау бірнеше кезеңнен тұрады.

1. Нақты сандар жиынында шешімі болмайтын теңдеудің мысалын келтіру арқылы нақты сандар жиынын жаңа жиынға дейін кеңейту қажеттілігі негізделеді және нақты сандар жиынының, яғни  $Ox$  нақты сандар өсінің нүктелерінің жиынының кеңейтуі ретінде  $Oxy$  жазықтығының, яғни нақты сандардың реттелінген жұптарының жиыны алынады.

2. Нақты сандардың реттелінген жұптарының жиынына, нақты сандар жиынына тән қосу, көбейту ережелері мен реттілік қатынасының ішінен, тек қосу, көбейту ережелері мен теңдік қатынасын енгізу мүмкіндігін көрсетіліп, соның негізінде нақты сандардың реттелінген жұбын  $Oxy$  жазықтығының қандай да бір нүктесімен бейнеленген қандай да бір жаңа сан ретінде қарастыру қисынды болатыны негізделіп, ол санға, сандар жұбын сандар комплексі ретінде қарастыруға болатындықтан, комплекс сан атауы беріледі.

3. Мысал ретінде келтірілген нақты сандар жиынында шешімі болмайтын теңдеудің комплекс сандар жиынында шешімі бар болатынын көрсету арқылы, нақты сандар жиынын комплекс сандар жиынына дейін кеңейтудің орындылығы негізделеді.

4. Комплекс сандар жиынына енгізілген қосу, көбейту ережелерінің комплекс сандар жиынының  $Ox$  нақты сандар өсіне тиісті  $(x,0)$  түріндегі сандарынан тұратын ішкі жиынында да қосу, көбейту ережелері болатынын көрсету және оған реттілік қатынасын енгізу арқылы, бұл ішкі жиынды нақты сандар жиыны ретінде қарастыруға болатыны көрсетіліп,  $(x,0) = x$  теңдігі мен комплекс сандар жиынының нақты сандар жиынының шынында да кеңейтуі болатыны негізделеді.

5. « $Ox$  нақты өсіне тиісті комплекс сандарын нақты сан ретінде қабылдауға болса, онда  $Oy$  нақты өсіне тиісті  $(0,y)$  түріндегі сандарды да нақты сандар ретінде қабылдауға болтын шығар» деген жорамал тексеріліп, комплекс сандар жиынына енгізілген көбейту ережесінің комплекс сандар жиынының  $Oy$  өсіне тиісті сандарынан тұратын ішкі жиынында көбейту ережесі болмайтыны, яғни  $(0,y)$  саны нақты сан ретінде қабылданбайтыны көрсетіліп, бұл санға таза жорамал сан деген атау беріледі.

6.  $(x,y) = (x,0) + (0,y)$ ,  $(x,0) = x$  және  $(0,y) = y(0,1)$  кез келген  $(x,y)$  санының  $x,y$  нақты сандары мен жалғыз  $(0,1)$  комплекс санынан тұратын  $(x,y) = x + y(0,1)$  алгебралық өрнек түріндегі кескіні беріледі.

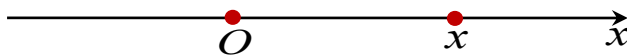
*I – кезең.* Рационал және иррационал сандар нақты сандар жиынын құрайды. Бірақ кез келген алгебралық теңдеуді шешу үшін нақты сандар жеткіліксіз. Мысалы,

$$x^2 + 1 = 0$$

теңдеуінің нақты сандар жиынында түбірі жоқ. Сондықтан, нақты сандар жиынын  $x^2 + a^2 = 0$  түріндегі теңдеулердің шешімі болатындай жаңа жиынға дейін кеңейту қажеттілігі

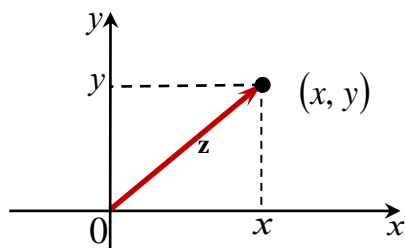
туындайды. Бізге  $Ox$  сан өсінің нүктелерінің жиыны  $R$  нақты сандар жиынының кескіні болатыны белгілі, яғни  $X$  нақты саны дегеніміз  $Ox$  сан өсінің  $x$  нүктесі болады (Сурет 1).

$R$ :



Сурет 1. Нақты сандар жиынының кескіні

Осы тұрғыдан,  $x^2 + 1 = 0$  теңдеуінің түбірін табу дегеніміз -  $Ox$  сан өсінің осы теңдеуді қанағаттандыратын нүктесін табу деген сөз. Бірақ, бұл теңдеудің нақты сандар жиынында түбірі жоқ болғандықтан,  $Ox$  сан өсінде мұндай нүкте жоқ, басқаша айтсақ,  $Ox$  сан өсінде мұндай нүкте табылмайды. Олай болса мұндай нүктені  $Ox$  сан өсінен тыс іздеу керек, яғни нүктені іздеу облысын, оны тек  $Ox$  сан өсінің нүктелерінің жиынымен ғана шектемей, тым болмаса  $Oxy$  жазықтығының нүктелерінің жиынына дейін кеңейту керек. Сонымен, керек нүкте  $Oxy$  жазықтығының нүктесі ретінде ізделінетін болды. Негізінде біздің іздегеніміз сан, ал сандар тұрғысынан сан өсінің нүктесі мен жазықтықтың нүктесінің арасында елеулі айырмашылық бар:  $Ox$  өсінің нүктесі нақты санның кескіні болса,  $Oxy$  жазықтығының нүктесі нақты сандардың реттелген  $(x, y)$ ,  $((x, y) \neq (y, x))$  жұбының кескіні болады (Сурет 2).



Сурет 2. Комплекс санның геометриялық кескіні

2 – кезең. Демек, іздеп отырғанымыз сан болғандықтан, «Сандардың реттелген жұптарының  $Z = \{(x, y) : x, y \in R\}$  жиынын нақты сандар жиыны ретінде қабылдауға бола ма?» деген заңды сұрақ туады. Бұл сұраққа жауап беру үшін, алдымен, нақты сандар жиыны деп қандай жиын аталатынына тоқталайық.

Біріншіден, нақты сандар жиыны - қосу («+») амалы (ережесі) енгізілген жиын, яғни жиынның әрбір  $(a, b)$  қос элементіне төмендегі 1.1) – 1.4) шарттарын қанағаттандыратын  $a, b$  элементтерінің қосындысы деп аталатын осы жиынның  $a + b$  элементі сәйкестікке қойылған жиын:

1.1)  $a + b = b + a$  (қосу амалының коммутативтілігі);

1.2)  $(a + b) + c = a + (b + c)$  (қосу амалының ассоциативтілігі);

1.3)  $a + 0 = a$  теңдігі кез келген  $a$  элементі үшін орынды болатын жалғыз  $0$  элементі бар болады (қосынды бойынша бейтарап элементтің – нөлдің бар болуы);

1.4) әрбір  $a$  элементі үшін  $a + u = 0$  теңдігі орынды болатын жалғыз  $u$  элементі бар болады (қарама қарсы элементтің бар болуы).

$R$  нақты сандар жиынының қосынды бойынша бейтарап элементі  $0$  саны, ал  $a$  санына қарама қарсы сан  $(-a)$  саны болады:  $0 = 0, u = -a$ .

Екіншіден, нақты сандар жиыны - көбейту («\*») амалы (ережесі) енгізілген жиын, яғни жиынның әрбір  $(a, b)$  қос элементіне төмендегі 2.1) – 2.4) шарттарын қанағаттандыратын  $a, b$  элементтерінің көбейтіндісі деп аталатын осы жиынның  $a \cdot b$  элементі сәйкестікке қойылған жиын:

2.1)  $a \cdot b = b \cdot a$  (көбейту амалының коммутативтілігі);

2.2)  $(a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c)$  (көбейту амалының ассоциативтілігі);

2.3)  $a \cdot e = a$  теңдігі кез келген  $a$  элементі үшін орынды болатын жалғыз  $e$  элементі бар болады (көбейту бойынша бейтарап элементтің – бірдің бар болуы);

2.4) әрбір  $a \neq 0$  элементі үшін  $a \cdot v = e$  теңдігі орынды болатын жалғыз  $v$  элементі бар болады (кері элементтің бар болуы).

$R$  нақты сандар жиынының көбейтінді бойынша бейтарап элементі 1 саны ( $e = 1$ ), ал  $a$  санына кері сан  $\frac{1}{a}$  саны болады:  $e = 1, v = \frac{1}{a}$ .

Үшіншіден, нақты сандар жиыны - реттілік (« $\leq$  - кіші немесе тең») қатынасы енгізілген жиын, яғни жиынның әрбір  $a, b$  қос элементі үшін  $a \leq b$  ( $a$  элементі  $b$  элементінен артық емес) немесе  $b \leq a$  шарттарының тым болмаса бірі орындалатын жиын.

Төртіншіден, нақты сандар жиыны – үзіліссіздік аксиомасы енгізілген жиын, яғни жиынының бір ішкі жиынының кез келген элементі екінші бір ішкі жиынының кез келген элементінен артық емес болса, онда бірінші жиынның кез келген элементінен кіші болмайтын және екінші жиынның кез келген элементінен үлкен болмайтын элементі бар болатын жиын.

Сондықтан,  $Z = \{(x, y): x, y \in R\}$  жиынының нақты сандар жиыны ретінде қабылдануы үшін, оған қосу, көбейту амалдарын, реттілік қатынасын және үзіліссіздік аксиомасын енгізу қажет.

*Қосу амалын енгізу*

$Z = \{(x, y): x, y \in R\}$  жиынына қосу амалы

$$(x_1, y_1) + (x_2, y_2) = (x_1 + x_2, y_1 + y_2) \quad (1)$$

теңдігімен енгізіледі.

$(x_1 + x_2, y_1 + y_2)$  элементінің  $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$  элементтерінің қосындысы болатындығы, яғни 1.1) – 1.4) шарттарын қанағаттандыратындығы, нақты сандардың өзімізге белгілі қосындылары арқылы өрнектелетіндігінен шығады.

$Z$  жиынының  $(0,0)$  нөлдік элементі, ал  $(x, y)$  элементіне қарама қарсы элемент  $(-x, -y)$  элементі болады:

$$O = (0,0);$$

$$-(x, y) = (-x, -y).$$

*Көбейту амалын енгізу*

$Z = \{(x, y): x, y \in R\}$  жиынына көбейту амалы

$$(x_1, y_1) \times (x_2, y_2) = (x_1 x_2 - y_1 y_2, x_1 y_2 + x_2 y_1) \quad (2)$$

теңдігімен енгізіледі.

$(x_1 x_2 - y_1 y_2, x_1 y_2 + x_2 y_1)$  элементінің  $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$  элементтерінің көбейтіндісі болатындығы, яғни 2.1 – 2.4 шарттарын қанағаттандыратындығы, оның нақты сандардың көбейтінділері мен қосындылары арқылы өрнектелетіндігінен шығады.

$Z$  жиынының бірлігі  $(1,0)$  элементі, ал  $(x, y) \neq (0, 0)$  элементіне кері элемент

$$\left( \frac{x}{x^2 + y^2}, -\frac{y}{x^2 + y^2} \right) \text{ элементі болады: } e = (1,0);$$

$$(x, y)^{-1} = \left( \frac{x}{x^2 + y^2}, -\frac{y}{x^2 + y^2} \right), (x, y) \neq (0, 0).$$

*Реттілік қатынасын (тең, кіші және үлкен ұғымдарын) енгізу*

$(x_1, y_1), (x_2, y_2)$  жұптары тең дейміз, егер олардың сәйкес сандары тең болса:

$$(x_1, y_1) = (x_2, y_2) \Leftrightarrow \begin{cases} x_1 = x_2 \\ y_1 = y_2 \end{cases} . \quad (3)$$

Кіші және үлкен ұғымдарына келер болсақ,  $Z$  жиынының элементтері үшін бұл ұғымдарды енгізу мүмкін емес екендігі дәлелденген.

*Үзіліссіздік аксиомасы*

Үзіліссіздік аксиомасы үлкен немесе кіші қатынастары арқылы берілетіндіктен,  $Z$  жиыны үзіліссіздік аксиомасын да енгізу мүмкін емес жиын болады.

Сонымен реттелінген сандар жұбының  $Z = \{(x, y) : x, y \in R\}$  жиыны тек қосу, көбейту ережелері мен теңдік қатынасы ғана тән жиын болатынын алдық. Олай болса,  $Z = \{(x, y) : x, y \in R\}$  жиынын нақты сандар жиыны ретінде қабылдауға болмайды.

Сондықтан, нақты сандардың реттелінген  $(x, y)$  жұбын Оху жазықтығының қандай да бір нүктесімен бейнеленген қандай да бір жаңа сан ретінде қарастыру қисынды болады.

Негізі, бірдей объектілерден тұратын объект – объектілер комплексі (кешені) деп аталатындықтан,  $(x, y)$  жұбы нақты сандар комплексі (кешені) болады. Осы тұрғыдан, нақты сандардың  $(x, y)$  комплексін комплекс сан деп атау қисынды болады. Сонымен біз келесі ұғымға келдік.

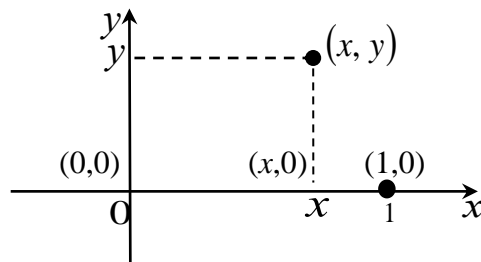
*Анықтама.* Комплекс сан деп нақты сандардың реттелінген жұбын айтамыз:

$(x, y)$  – комплекс сан,  $(x, y) \in R$ . Тек қосу, көбейту амалдарымен теңдік қатынасы енгізілген нақты сандардың реттелінген жұбының  $Z = \{(x, y) : x, y \in R\}$  жиыны комплекс сандар (сандар комплекстерінің) жиыны болады.

*3 – кезең.* Комплекс сандар жиынын енгізуге түрткі болған мәселелердің бірі – нақты сандар жиынында  $x^2 + 1 = 0$  теңдеуінің түбірінің болмауы. Енді комплекс сандар жиынында осы мәселенің шешімінің бар болуын қарастырайық. Ол үшін, алдымен, теңдеуді комплекс сандар тілінде жазып аламыз.  $x^2 + 1 = 0$  теңдеуіндегі  $x$  нақты белгісізі мен 1 және 0 нақты тұрақтыларына, сәйкесінше  $(x, y)$  комплекс белгісізі мен  $(1, 0)$  және  $(0, 0)$  комплекс тұрақтыларына ауыстырамыз (Сурет 3):

$$(x, y)^2 + (1, 0) = (0, 0), \quad (4)$$

мұндағы  $(x, y)^2 = (x, y) \cdot (x, y)$



Сурет 3. Комплекстік жазықтықтағы комплекс сандар бейнесі

(1) және (2) амалдарын қолдану арқылы (4) теңдеуін

$$(x^2 - y^2 + 1, 2xy) = (0, 0)$$

теңдігіне келтіреміз.

Бұл теңдіктен, (3) тұжырымы бойынша

$$\begin{cases} x^2 - y^2 + 1 = 0 \\ 2xy = 0 \end{cases}$$

жүйесіне келеміз.

$$\begin{cases} x^2 - y^2 + 1 = 0 \\ x = 0 \text{ немесе } y = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} -y^2 + 1 = 0 \\ x = 0 \end{cases} \text{ немесе } \begin{cases} x^2 + 1 = 0 \\ y = 0 \end{cases}$$

жүйесін шешеміз.

$x$  – нақты сан болғандықтан,  $x^2 + 1 = 0$  теңдеуінің шешімі жоқ, яғни

$$\begin{cases} x^2 + 1 = 0 \\ y = 0 \end{cases} \text{ жүйесінің шешімі жоқ онда } \begin{cases} -y^2 + 1 = 0 \\ x = 0 \end{cases} \text{ жүйесін қарастырайық:}$$

$$\begin{cases} -y^2 + 1 = 0 \\ x = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y^2 = 1 \\ x = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y = -1 \text{ немесе } y = 1 \\ x = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y = -1 \\ x = 0 \end{cases} \text{ немесе } \begin{cases} y = 1 \\ x = 0 \end{cases}$$

Демек,  $(0, -1); (0, 1)$  – теңдеудің шешімдері.

Сонымен біз нақты сандар жиынында шешімі жоқ квадрат теңдеудің комплекс сандар жиынында шешімдері болатынын алдық.

Бұл мысалдан біз нақты сандар жиынын комплекс сандар жиынына дейін кеңейтудің нақты сандар жиынында шешілмейтін мәселелерді шешуге мүмкіндік беретінін көреміз.

4 – кезең.  $Z$  комплекс сандар жиынының нақты сандар жиынының геометриялық бейнесі болып табылатын абсциссалар осінің нүктелері арқылы бейнеленетін  $Z_{Ox} = \{(x, 0) : x \in R\}$  ішкі жиынының нақты сандар жиыны ретінде қарастыруға, яғни  $Z_{Ox}$  жиынына қосу, көбейту амалдары мен реттілік қатынасын енгізуге болмас па екен деген сұраққа тоқталайық.

Қосу және көбейту амалдарына келер болсақ,  $Z$  комплекс сандар жиынына қосу және көбейту ережелері (1) және (2) теңдіктерімен енгізілген.

Бұл қосу және көбейту ережелері  $Z_{Ox} = \{(x, 0) : x \in R\}$  жиынында қосу, көбейту ережелері болуы үшін,  $Z_{Ox}$  жиынының элементтерінің осы ережелермен анықталған  $(x_1, 0) + (x_2, 0)$  қосындысы мен  $(x_1, 0) \cdot (x_2, 0)$  көбейтіндісі біріншіден,  $Z_{Ox}$  жиынына тиісті болулары, екіншіден, 1.1 – 1.4 және 2.1 – 2.4 шарттарын қанағаттандырулары қажет.

Қосу, көбейту ережелеріне қойылатын 1.4 және 2.1 – 2.4 шарттары комплекс сандар жиынында орынды болғандықтан, олар оның  $Z_{Ox}$  ішкі жиынында да орынды болады.

$(x_1, 0) + (x_2, 0)$  қосындысы мен  $(x_1, 0) \cdot (x_2, 0)$  көбейтіндісінің  $Z_{Ox}$  жиынына тиістілігін тексерейік:

$$\begin{aligned} (x_1, 0) + (x_2, 0) &= (x_1 + x_2, 0) \in Z_{Ox}; \\ (x_1, 0) \cdot (x_2, 0) &= (x_1 \cdot x_2, 0) \in Z_{Ox}. \end{aligned}$$

$(x_1, 0) + (x_2, 0)$  қосындысы мен  $(x_1, 0) \cdot (x_2, 0)$  көбейтіндісі  $Z_{Ox}$  жиынына тиісті болып шықты. Олай болса,  $Z_{Ox}$  жиыны – қосу және көбейту ережелері енгізілген жиын.

Реттілік қатынасына келер болсақ,  $Z_{Ox} = \{(x, 0) : x \in R\}$  жиынына  $(x_1, 0) \leq (x_2, 0) \Leftrightarrow x_1 \leq x_2$  ережесімен енгізілген қатынас реттілік қатынасы болады.



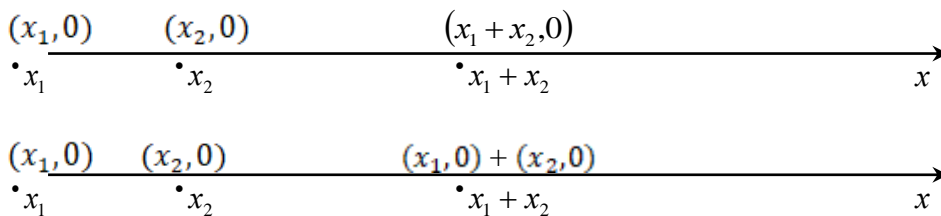
$(x_1, 0) \leq (x_2, 0)$  реттілік қатынасы нақты сандар жиынындағы  $x_1 \leq x_2$  реттілік қатынасы арқылы берілгендіктен, нақты сандар жиынында орынды үзіліссіздік аксиомасы  $Z_{Ox}$  жиынында да орынды болады.

Сонымен,  $Z_{Ox} = \{(x, 0) : x \in R\}$  жиыны қосу, көбейту амалдары мен реттілік қатынасы енгізілген және үзіліссіздік аксиомасы орынды жиын, яғни нақты сандар жиыны болып шықты.

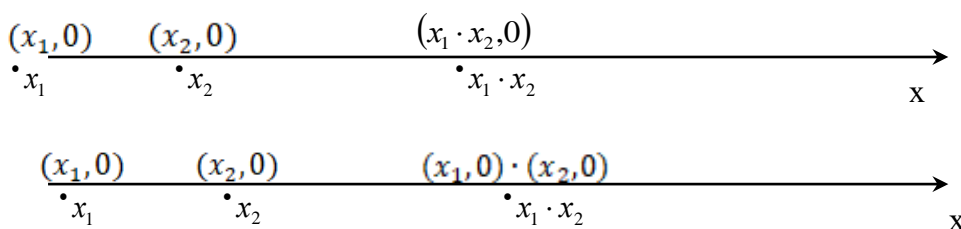
Енді  $R$  және  $Z_{Ox}$  нақты сандар жиыныдарын қосу, көбейту амалдары мен реттілік қатынасы тұрғысынан салыстырайық.

$x \rightarrow (x, 0)$  бейнелеуі  $R$  жиынын  $Z_{Ox}$  жиынына өзара бірмәнді бейнелейді.  $x_1 \rightarrow (x_1, 0)$  және  $x_2 \rightarrow (x_2, 0)$  болсын.

Онда  $x_1 + x_2 \rightarrow (x_1 + x_2, 0)$  сәйкестігі мен  $(x_1 + x_2, 0) = (x_1, 0) + (x_2, 0)$  теңдігінен  $x_1 + x_2 \rightarrow (x_1, 0) + (x_2, 0)$  сәйкестігі, яғни  $R$  жиынынң элементтерінің қосындысы мен  $Z_{Ox}$  жиынының оларға сәйкес элементтерінің қосындысы  $Ox$  өсінің бір нүктесімен бейнеленетіні шығады.



Сол сияқты  $x_1 \cdot x_2 \rightarrow (x_1 \cdot x_2, 0)$  сәйкестігі мен  $(x_1 \cdot x_2, 0) = (x_1, 0) \cdot (x_2, 0)$  теңдігінен  $x_1 \cdot x_2 \rightarrow (x_1, 0) \cdot (x_2, 0)$  сәйкестігі, яғни  $R$  жиынынң элементтерінің көбейтіндісі мен  $Z_{Ox}$  жиынының оларға сәйкес элементтерінің көбейтіндісі  $Ox$  өсінің бір нүктесімен бейнеленетіні шығады.



Реттілік қатынастарына келер болсақ,  $(x_1, 0) \leq (x_2, 0) \Leftrightarrow x_1 \leq x_2$  реттілік ережесінен  $R$  жиынының элементтерінің реттілігі олардың  $Z_{Ox}$  жиынындағы бейнелері үшін сақталатыны шығады.

Келтірілген қосындылар, көбейтінділер және реттіліктер сәйкестіктері негізінде  $Z_{Ox} = R$  және  $(x, 0) = x$  деп ұйғаруға болады.

Онда  $Z_{Ox} \subset Z$  болғандықтан,  $R \subset Z$  қатынасы орынды болады.

5 – кезең.  $Z_{Ox} = \{(x, 0) : x \in R\}$  жиыны нақты сандар өсінің нүктелерімен бейнелетін комплекс сандар жиынының жалғыз ішкі жиыны емес, комплекс сандар жиынының  $Z_{Oy} = \{(0, y) : y \in R\}$  ішкі жиыны да нақты сандар жиынының геометриялық бейнесі болып табылатын  $Oy$  ординаталар өсінің нүктелері арқылы бейнеленеді. Бұл жағдай,  $Z_{Ox}$  жиынына ұқсас,  $Z_{Oy}$  жиыны да, нақты сандар жиыны ретінде, яғни (1), (2) ережелері қосу, көбейту

ережелері болатын және реттілік қатынасы  $(0, y_1) \leq (0, y_2) \Leftrightarrow y_1 \leq y_2$  ережесімен енгізілетін жиын ретінде қабылдауға болатын жиын болуы керек деген болжам тұғызады.

Енді осы болжамның орындылығын қарастырайық. Жоғарыда айтылғандай, бұл болжам орынды болуы үшін  $Z_{Oy}$  жиынының кез келген екі  $(0, y_1), (0, y_2)$  элементтерінің  $Z$  комплекс сандар жиынына (1) және (2) теңдіктерімен енгізілген қосу және көбейту ережелерімен анықталған  $(0, y_1) + (0, y_2)$  қосындысы мен  $(0, y_1) \cdot (0, y_2)$  көбейтіндісі  $Z_{Oy}$  жиынына тиісті болулары қажет.

$(0, y_1) + (0, y_2)$  қосындысы мен  $(0, y_1) \cdot (0, y_2)$  көбейтіндісінің  $Z_{Oy}$  жиынына тиістілігін тексерейік:

$$\begin{aligned} (0, y_1) + (0, y_2) &= (0, y_1 + y_2) \in Z_{Oy}; \\ (0, y_1) \cdot (0, y_2) &= (-y_1 \cdot y_2, 0) \notin Z_{Oy}; \end{aligned}$$

$(0, y_1) \cdot (0, y_2)$  көбейтіндісі  $Z_{Oy}$  жиынына тиіссіз болып шықты. Олай болса, комплекс сандар жиынына енгізілген (2) көбейту ережесі оның  $Z_{Oy}$  ішкі жиынында көбейту ережесі бола алмайды да,  $Z_{Oy}$  жиыны нақты сандар жиыны ретінде қабылдана алмайды.

*б – кезең.* Кез келген  $(x, y)$  комплекс саны  $Z_{Ox} = \{(x, 0) : x \in R\}$  және  $Z_{Oy} = \{(0, y) : y \in R\}$  ішкі жиындарының элементтерінің қосындысына жіктеледі:

$$(x, y) = (x, 0) + (0, y).$$

Бұл теңдіктен,  $(0, y) = (y, 0) \cdot (0, 1)$ ,  $(x, 0) = x$  және  $(y, 0) = y$  теңдіктерін ескерсек, кез келген  $(x, y)$  комплекс санының жалғыз  $(0, 1)$  комплекс саны арқылы

$$(x, y) = x + y \cdot (0, 1)$$

алгебралық өрнектелуін аламыз.

$(0, 1)$  комплекс саны  $i$  әрпімен белгіленеді де,  $(x, y)$  комплекс санының  $x + y \cdot i$  түрінде жазылуы, оның алгебралық пішіні деп аталады.

Комплекс санның алгебралық пішіні комплекс санға қолданылатын амалдарды жалғыз  $i$  комплекс санына жүргізу арқылы орындауға мүмкіндік береді.

Мысалға  $(x_1, y_1) \cdot (x_2, y_2)$  көбейтіндісін сандардың алгебралық пішіндеріне көшу арқылы есептесек

$$(x_1, y_1) \cdot (x_2, y_2) = (x_1 + y_1 i) \cdot (x_2 + y_2 i) = x_1 x_2 + x_1 y_2 i + x_2 y_1 i + y_1 y_2 i^2 = x_1 x_2 + (x_1 y_2 + x_2 y_1) i + y_1 y_2 i^2$$

теңдігін аламыз.

Бұл теңдіктен комплекс сандардың көбейтіндісін табу үшін  $i^2$  санының неге тең екенін білу жеткілікті болатынын көреміз.

Комплекс сандардың көбейтіндісінің анықтамасынан

$$i^2 = (0, 1) \cdot (0, 1) = (-1, 0) = -1 \text{ болатыны шығады.}$$

$i^2$  санының  $i^2 = -1$  мәнін алдыңғы теңдікке қойсақ, комплекс сандардың көбейтіндісінің өзімізге белгілі анықтамасын беретін

$$(x_1, y_1) \cdot (x_2, y_2) = (x_1 x_2 - y_1 y_2) + (x_1 y_2 + x_2 y_1) i = (x_1 x_2 - y_1 y_2, x_1 y_2 + x_2 y_1) \text{ теңдігін аламыз.}$$

### Зерттеу нәтижелері

Зерттеу нәтижесінде нақты сандардың реттелінген жиыны ретінде енгізілген комплекс сандар жиыны нақты сандар жиынының кеңейтілуі болатыны негізделініп, комплекс санның  $x$ ,  $y$  нақты сандары мен жалғыз  $(0,1)$  комплекс санынан тұратын  $(x, y) = x + y(0,1)$  алгебралық өрнек түрінде жазылуы қорытылып шығарылды.

### Дискуссия

Жұмыста ұсынылған әдістеме желісінде Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің жаратылыстану ғылымдары факультетінің бірінші курс студенттеріне «Комплекс сандар, оның модулі, аргументі, геометриялық кескіні, оларға қолданылатын амалдар» тақырыбында ашық дәріс өткізілді. Ашық сабақ «Жоғары математика» кафедрасының әдістемелік семинарында талқыланып, тақырыпты баяндаудың сабақта келтірілген баяндау әдістемесін, қазіргі оқулықтарда берілген дәстүрлі баяндау әдістемелеріне қарағанда жоғары оқу орындарының оқытушыларына тақырыпты білімгерге мейлінше ұғынықты болатындай етіп баяндаудың әдістемесі ретінде ұсынуға болады деген қорытынды жасалды.

### Қорытынды

Авторлар «Комплекс сан» тақырыбын осылайша бірізді сипаттау желісімен баяндау әдістемесін білімгердің тақырыпты толық меңгеруіне зор ықпалын тигізеді деген оймен ұсынады. Аталған мақала авторлардың жоғары оқу орындарының студенттеріне комплекс айнымалы функциялар теориясы бойынша жылдап жиналған дәріс оқудағы тәжірибесі негізінде жазылғандықтан оқырмандардың, осы саладағы жұмыс жасайтын жас мамандардың өздігінен білімін тереңдетулеріне де көмегі болары сөзсіз.

#### Пайдаланылған дереккөздер тізімі

[1] Понарин Я.П. Алгебра комплексных чисел в геометрических задачах. Книга для учащихся математических классов школ, учителей и студентов педагогических вузов. - М.: МЦНМО, 2014. - 160 с. <https://math.ru/lib/461>

[2] Куранова Н.Ю. Теория комплексных чисел. Учебное пособие. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2021. – 172 с. [http://op.vlsu.ru/fileadmin/Programmy/Magistratura/44.04.01/prof\\_ob\\_MATEM\\_i\\_INFORM/Method\\_doc/Teorija\\_kompleksnykh\\_chisel.pdf](http://op.vlsu.ru/fileadmin/Programmy/Magistratura/44.04.01/prof_ob_MATEM_i_INFORM/Method_doc/Teorija_kompleksnykh_chisel.pdf)

[3] Деменева Н.В. Комплексные числа. Сборник задач. – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2016. – 32 с. [http://pgsha.ru:8008/books/study/Деменева\\_Н.В.](http://pgsha.ru:8008/books/study/Деменева_Н.В.)

[4] Евсеев Н.А. Комплексные числа. Учебно-методическое пособие. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2015. – 119 с. [http://www.phys.nsu.ru/ok03/doc/Complex\\_Numbers\\_Evseev.pdf](http://www.phys.nsu.ru/ok03/doc/Complex_Numbers_Evseev.pdf)

[5] Аруова А.Б., Асқарова А.Ж., Бейсебай П.Б. и др. Высшая математика. Учебное пособие. - Нур-Сұлтан: Издательство Казахского агротехнического университета имени С.Сейфуллина, 2022. – 120 с. [repository.kazatu.kz/xmlui/handle/123456789/1598](https://repository.kazatu.kz/xmlui/handle/123456789/1598)

[6] Бейсебай П.Б. Математикалық талдаудың қосымша тараулары. Оқулық. - Астана: «Фолиант» баспасы, 2020. - 416 б. ISBN 978-601-338-186-2 <https://www.flip.kz/catalog?prod=2138427&ysclid>

[7] П.Б. Бейсебай П.Б., Асқарова А.Ж., Аруова А.Б. және басқалар. Жоғары математика. Оқу құралы. - Нур-Сұлтан: С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті баспасы, 2022. - 90 б. <https://repository.kazatu.kz/jspui/handle/123456789/1808>

[8] Дубровин В.Т. Теория функций комплексного переменного. Учебное пособие. – Казань: Казанский государственный университет, 2015. — 102 с. <https://kpfu.ru/docs/F1855528304/complex.pdf>

[9] Акимов В.Н., Коновалова И.Н. Комплексные числа, комплексные векторы и их приложения. Учебное пособие. – Москва: Российский государственный медицинский университет, 2018. — 85 с. <https://rsmu.ru/fileadmin/templates/DOC/Faculties/PF/Phys-mat>

[10] Бейсебай П.Б., Мухамедиев Г.Х. Ерікті ретті тұрақты коэффициентті сызықтық біртекті дифференциалдық теңдеудің шешімдерінің фундаменталды жүйесін құру туралы // Казахский национальный педагогический университет имени Абая ВЕСТНИК Серия «Физико-математические науки» №2 (70), 2020 г. 49-53 б. (ISSN-L): 2959-5886, <https://doi.org/10.51889/2020-2.1728-7901.07>

[11] Li Y., Qiu H. Fractal Sets in the Field of  $p$  - Adic Analogue of the complex numbers. *Fractals*, Vol. 27, No. 04, 1950053 (2019), ISSN 0218-348X, <https://doi.org/10.1142/S0218348X19500531>

#### References

[1] Ponarin Ja.P. (2014) Algebra kompleksnyh chisel v geometricheskikh zadachah [Algebra of complex numbers in geometric problems]. Kniga dlja uchashhihsja matematicheskikh klassov shkol, uchitelej i studentov pedagogicheskikh vuzov. M.: MCNMO, 160. <https://math.ru/lib/46>. (In Russian)

[2] Kuranova N.Ju. (2021) Teoriya kompleksnyh chisel [Teoriya kompleksnyh chisel]. Uchebnoe posobie. Vladimir.: Izd-vo VIGU, 172. [http://op.vlsu.ru/fileadmin/Programmy/Magistratura/44.04.01/prof\\_ob\\_MATEM\\_i\\_INFORM/Metod\\_doc/Teoriya\\_kompleksnykh\\_chisel.pdf](http://op.vlsu.ru/fileadmin/Programmy/Magistratura/44.04.01/prof_ob_MATEM_i_INFORM/Metod_doc/Teoriya_kompleksnykh_chisel.pdf). (In Russian)

[3] Demeneva N.V. (2016) Kompleksnye chisla [Complex numbers]. Sbornik zadach. Perm': IPC «Prokrost#»,. 32. <http://pgsha.ru:8008/books/study/Demeneva N.V.> (In Russian)

[4] Evseev N.A. (2015) Kompleksnye chisla [Complex numbers]. Uchebno-metodicheskoe posobie. Novosibirsk: Novosibirskij gosudarstvennyj universitet, 119. [http://www.phys.nsu.ru/ok03/doc/Complex\\_Numbers\\_Evseev.pdf](http://www.phys.nsu.ru/ok03/doc/Complex_Numbers_Evseev.pdf). (In Russian)

[5] Aruova A.B., Askarova A.Zh., Bejsebaj P.B. i dr. (2022) Vysshaja matematika [Higher Mathematics]. Uchebnoe posobie. Nur-Sultan: Izdatel'stvo Kazahskogo agrotehnicheskogo universiteta imeni S.Sejfullina, 120. [repository.kazatu.kz/xmlui/handle/123456789/1598](https://repository.kazatu.kz/xmlui/handle/123456789/1598). (In Russian)

[6] Bejsebaj P.B. (2020) Matematikalық taldaudyң қосымша taraulary [Additional chapters of mathematical analysis]. Оқулық. Astana: «Foliant» baspasy, 416. <https://www.flip.kz/catalog?prod=2138427&ysclid>. (In Kazakh)

[7] Bejsebaj P.B., Askarova A.Zh., Aruova A.B. және басқалар (2022) Zhоzary matematika. [Higher Mathematics]. Оқу құралы. Нұр-Сұлтан: S.Sejfullin atyndazy Қазақ агrotehnikalyқ universiteti baspasy, 90. <https://repository.kazatu.kz/jspui/handle/123456789/1808>. (In Kazakh)

[8] Dubrovin V.T. (2015) Teoriya funkciy kompleksnogo peremennogo [Theory of functions of a complex variable]. Uchebnoe posobie. Kazan': Kazanskij gosudarstvennyj universitet, 102. <https://kpfu.ru/docs/F1855528304/complex.pdf>. (In Russian)

[9] Akimov V.N., Konovalova I.N. (2018) Kompleksnye chisla, kompleksnye vektory i ih prilozhenija [Complex numbers, complex vectors and their applications]. Uchebnoe posobie. Moskva: Rossijskij gosudarstvennyj medicinskij universitet, 85. <https://rsmu.ru/fileadmin/templates/DOC/Faculties/PF/Phys-mat.> (In Russian)

[10] Bejsebaj P.B., Muhamediev G.H. (2020) Erikti retti тұрақты коэффициентті сызықтық біртекті дифференциалдық теңдеудің шешімдерінің фундаменталды жүйесін құру туралы [On creating a fundamental system of solutions of a linear homogeneous differential equation with a constant coefficient of arbitrary order]. Kazahskij nacional'nyj pedagogicheskij universitet imeni Abai VESTNIK Serija «Fiziko-matematicheskie nauki». №2 (70), 49-53. (In Kazakh) <https://doi.org/10.51889/2020-2.1728-7901.07>

[11] Li Y., Qiu H. (2019) Fractal Sets in the Field of  $p$  - Adic Analogue of the complex numbers. *Fractals* Vol. 27, No. 04, 1950053, (In English) <https://doi.org/10.1142/S0218348X19500531>

G. Syzdykova <sup>1\*</sup>, G. Zhampeissova <sup>2</sup>, S. Janabekova <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Nazarbayev Intellectual School of Physics and Mathematics Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Nazarbayev Intellectual School of Physics and Mathematics Astana, Kazakhstan

<sup>3</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: syzdykova\_g@fmalm.nis.edu.kz

## DEVELOPING STUDENTS' REFLECTION SKILLS THROUGH THE INTEGRATION OF PROBLEM-BASED LEARNING AND THE METHOD OF BUILDING ALGORITHMS

### Abstract

This article describes how problem-based learning and algorithm design methods were integrated in action research and how effective this integration was in developing students' reflective skills. Literature related to problem-based learning, as well as the method of creating algorithms and reflection skills, was studied and analyzed. During the observation of lessons, it was found that difficulties arose with fully describing the ways to solve tasks. The purpose of the study was to develop students' reflection skills when solving a problem situation by creating algorithms for completing tasks. Research objectives: clarification of the research question; formation of a strategic plan; data collection; reflection; determination of new steps for the completed research. The study consisted of the following stages: study, analysis, selection of topics and educational goals in a calendar-thematic plan according to the eleventh grade curriculum; development of structured tasks; identifying solution steps; presentation and comparison of ready-made algorithms and evaluation tables; defining a joint solution; reflection and evaluation. The results of our previous study on identifying occupational dynamics were combined with this study. The study took into account the results of external summative assessment after the tenth grade, as well as the physiological, general and personal abilities, and practical abilities of students. The research process included four main cycles, including methods of problem-based learning and algorithm creation. Analyzing students' written reflections after each round of inquiry helped determine next steps. In general, according to the results of the study, we were able to promote the formation of reflective skills in students and the development of design and research skills.

**Keywords:** action research, integration of methods, problem-based learning method, algorithm development method, reflection skill.

Г. К. Сыздыкова <sup>1</sup>, Г.Д. Жампеисова <sup>2</sup>, С.К. Джанабекова <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Назарбаев Интеллектуальная школа физико-математического направления, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Назарбаев Интеллектуальная школа физико-математического направления, г. Астана, Казахстан

<sup>3</sup>Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

## РАЗВИТИЕ У УЧАЩИХСЯ НАВЫКОВ РЕФЛЕКСИИ ЧЕРЕЗ ИНТЕГРАЦИЮ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ И МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМОВ

### Аннотация

В данной статье описывается, как методы проблемного обучения и создания алгоритмов были интегрированы в ходе исследования действия, и насколько эффективна была эта интеграция в формировании навыков рефлексии учащихся. Была изучена и проанализирована литература, связанная с проблемным обучением, а также методом создания алгоритмов и навыками рефлексии. В ходе наблюдения за уроками было установлено, что возникли трудности с полным прописыванием путей решений заданий. Целью исследования было развитие у учащихся навыков рефлексии при решении проблемной ситуации путем создания алгоритмов выполнения заданий. Задачи исследования: уточнение вопроса исследования; формирование стратегического плана; сбор данных; рефлексия; определение новых шагов по выполненному исследованию. Исследование состояло из следующих этапов: изучение, анализ, выбор тем и учебных целей в календарно-тематическом плане согласно учебной программе одиннадцатого класса; разработка структурированных задач; определение шагов решения; представление и сравнение готовых алгоритмов и таблиц оценок; определение совместного решения; рефлексия и оценивание. Результаты нашего предыдущего исследования по определению

профессиональной динамики были объединены с этим исследованием. В ходе исследования учитывались результаты внешнего суммативного оценивания после десятого класса, а также физиологические, общие и личностные способности, практические способности учащихся. Процесс исследования включал четыре основных цикла, включающих методы проблемного обучения и создания алгоритмов. Анализ письменных рефлексий учащихся после каждого цикла исследования помог определить следующие шаги. В целом, по результатам исследования, нам удалось способствовать формированию у студентов рефлексивных навыков и развитию проектно-исследовательских навыков.

**Ключевые слова:** исследование в действии, интеграция методов, метод проблемного обучения, метод разработки алгоритма, навык рефлексии.

*Г.К. Сыздыкова<sup>1</sup>, Г.Д. Жампеисова<sup>2</sup>, С.К. Жаңабекова<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Физика-математика бағытындағы Назарбаев Зияткерлік мектебі, Алматы қ., Қазақстан*

<sup>2</sup>*Физика-математика бағытындағы Назарбаев Зияткерлік мектебі, Астана қ., Қазақстан*

<sup>3</sup>*Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

## **ПРОБЛЕМАЛЫҚ ОҚЫТУ ЖӘНЕ АЛГОРИТМДЕРДІ ҚҰРУ ӘДІСІН КІРІКТІРУ АРҚЫЛЫ ОҚУШЫЛАРДЫҢ РЕФЛЕКСИЯЛАУ DAҒДЫЛАРЫН ДАМУЫ**

### *Аңдатпа*

Бұл мақалада іс-әрекеттегі зерттеуді жүргізу барысында проблемалық оқыту және алгоритм құру әдістерін өзара кіріктіру қалай жүргізілгені, әрі бұл кіріктірудің оқушылардың рефлексиялау дағдыларын қалыптастыруда қаншалықты тиімді болғаны жазылады. Проблемалық оқыту, алгоритм құру әдістеріне және рефлексиялау дағдыларына қатысты әдебиеттер зерделеніп, талданды. Сабақтарды бақылау барысында тапсырмалардың шығарылу жолдарын ашып жазу бойынша қиындықтар туындағаны анықталды. Зерттеудің мақсаты тапсырмаларды орындауда алгоритмдер құру арқылы проблемалық ситуацияны шешуде оқушылардың рефлексия жасау дағдыларына ықпал ету болды. Зерттеудің міндеттері: зерттеу сұрағын нақтылау; стратегиялық жоспарды қалыптастыру; мәліметтерді жинақтау; рефлексия; игерілген зерттеу бойынша жаңа қадамдарды анықтау. Зерттеу келесі кезеңдерді қамтиды: он бірінші сыныптың оқу бағдарламасына сәйкес күнтізбелік-тақырыптық жоспардағы тақырыптар мен оқу мақсаттарын зерделеу, талдау, іріктеу; құрылымдалған тапсырмаларды әзірлеу; шешу қадамдарын айқындау; дайын алгоритмдер мен балл қою кестелерін ұсыну және салыстыру; бірлесе шешімін анықтау; рефлексия жасап, бағалау. Кәсіби тұрғыдағы динамиканың айқындалуында алдыңғы зерттеу нәтижелеріміз осы зерттеуге өзара ұштастырылды. Зерттеу барысында оныншы сыныптан кейінгі сыртқы жиынтық бағалау нәтижелері және оқушылардың физиологиялық, жалпы және жеке қабілеттері, практикалық іске қабілеттіліктері ескерілді. Зерттеу үдерісі проблемалық оқыту және алгоритмдерді құру әдістерін кіріктіре отырып негізгі төрт циклді қамтыды. Зерттеудің әрбір циклінен кейін оқушылардан алынған жазбаша рефлексиялардың талдануының нәтижесінде келесі қадамды анықтауға септігін тигізді. Жалпы, зерттеу нәтижесі бойынша оқушылардың рефлексиялау дағдыларының қалыптасуына, әрі жобалық-зерттеу дағдыларының дамуына ықпал ете алдық.

**Түйін сөздер:** іс-әрекеттегі зерттеу, әдістерді кіріктіру, проблемалық оқыту әдісі, алгоритм құру әдісі, рефлексиялау дағдысы.

### **Main provisions**

Action research was conducted with the participation of high school students from the Nazarbayev Intellectual School. One of the peculiarities of these schools is that after the tenth grade, students choose specialized subjects, and in the eleventh grade, the composition of students in each class is formed anew. Based on observations of eleventh-graders in the classroom, the following problems were identified: students write down short answers to problems without detailed solution steps, and also find it difficult to choose solution methods. This prevented them from putting theory into practice, justifying their answers, and completing homework assignments fully. This also led to a decrease in intrinsic motivation and activity. Therefore, a model was conceived for integrating problem-based learning methods and methods for constructing algorithms to develop students' self-

regulation, as well as develop their ability to reflect. In addition, the study was based on the results of previous studies, which demonstrates professionalism in a dynamic sense.

### **Introduction**

The issue of action research in education has been ongoing since the mid-XX century. Organizing and conducting research is found in the work of Kurt Lewin (2002) as “action research.” This process involves problem, action and inquiry and is used in social psychology for group research. Action research identifies teaching principles and the relationship between student achievement and teacher instructional actions. Moreover, it shows that these two activities are constantly evolving together [1]. Stephen Corey was one of the first to use action research in his practice. In his 1953 work, he concluded that innovations in qualitatively oriented research on teachers lead to changes in teaching. As described in the book *Action Research* (1999) by Linda Dickens and Karen Watkins, our research was based on Kurt Lewin's action research model. That is, it is a cyclical process involving fact-finding, planning, action and evaluation of the results of actions.

Presenting a problem situation according to the purpose of the study leads students to assimilate new knowledge based on their basic knowledge and joint analysis [2]. When working in a collaborative environment, students are more active than in a regular, traditional environment. We tried to raise open questions rather than provide new knowledge in a ready-made form. Open-ended questions encourage students to formulate an idea based on the information provided and present an expanded answer. Students practice free expression of their opinions, the range of answers expands, and feedback is also effective, leading to deeper exploration and comparison of answers. At the same time, open questions lead to the search and analysis of ways to complete a task. As a result of active dialogue implemented in this way, students' internal motivation to learn new knowledge increases [3].

According to research, the method of creating algorithms develops students' algorithmic thinking, and also allows the teacher to determine the dynamics of students' algorithmic thinking. The components of algorithmic thinking are: knowledge of the concepts, understanding how to create an algorithm using basic knowledge, understanding the conditions of the problem, structuring it, dividing the problem into several parts by analyzing it, considering ways to solve it and achieve results through analysis and synthesis [4]. This contributes to the systematic structuring of students' thoughts during creative work.

Ready-made algorithms for solving the problem situation were presented in accordance with the purpose of teaching the topic in the first cycle. In other topics, students have already begun to develop algorithms themselves. Four formative assessment tasks were offered on the topic of each cycle. This made it possible to determine ways to implement research objectives in action. To achieve the goal of the study, students reflected after each cycle. This helps to identify the desired object in a problem situation, divide solution paths into several steps, compile algorithms based on these steps, achieve results from the algorithms, clearly disclose and write a solution, analyze and formulate and evaluate ways to solve the problem. achieve the right result. Constant reflection and critical analysis leads to systematization of thinking by connecting and comparing one action with another. Only then it will help them master the acquired knowledge and use it in practice [5]. Reflection involves the researcher considering a formulated key idea in the future by connecting external conditions with his/her thoughts and the current situation and comparing them with the past [6]. Thus, reflection turned out to be a key component of the research process, which was effective in planning each subsequent step of our research strategy [7].

### **Research methodology**

According to the diagnostic test of the dominant perceptual modality (Efremtsev S.), among the 55 students who took part in the study there were 17 audials, 26 visuals, 8 kinesthetes and 4 digitals. Therefore, we have developed structured, differentiated tasks and materials in the form of handouts, videos and presentations. Students were provided with instructions, references, and reference words.

The topics in the series of studies were the following: 1) «Degree with a rational exponent and its properties», 2) «Bezout’s theorem. Its consequences», 3) «Cone. Truncated cone. Total surface area of the cone», 4) «Study of a function and construction of its graph».

In accordance with the topic of the study, a problem situation was given; students learned new knowledge based on their basic knowledge [2] and analyzed it together. Ready-made algorithms for solving the problem situation presented in the first topic were given. Working together, they found a solution to the problem [8] . We tried not to provide new knowledge in a ready-made form, but to raise questions. The questions led to the search and analysis of ways to complete the task [3] , the implementation of active dialogue increased the internal motivation of students.

In the section «Degree with a rational exponent and its properties», the learning goal is considered as the properties of a degree with an integer exponent, constructing a graph of an exponential function with an integer exponent. Ready-made algorithms were presented in the form of repetitions of some functions and their graphs: give an example of a linear function, write its degree; give an example of a quadratic function, write its degree; give an example of a cubic function, write its degree; give an example of an inverse proportionality function and write its degree. Problem situation: 1) What unites these functions? 2) To which set does the exponent belong? 3) What do you think these functions should be called? 4) Give the definition of a degree function with an integer exponent. It was planned to analyze the solution to this problem situation in groups and independently acquire new knowledge. Students are offered cards with the functions  $y = x$ ,  $y = x^2$ ,  $y = x^3$ ,  $y = x^4$ ,  $y = x^5$ ,  $y = x^6$ ,  $y = x^{-1}$ ,  $y = x^{-2}$ ,  $y = x^{-3}$ ,  $y = x^{-4}$ ,  $y = x^{-5}$ ,  $y = x^{-6}$  and it is recommended to divide them into four groups. After grouping them into four groups, the question is formulated: «On what basis did you divide these functions?» Each group was given prepared schematic tables in which they could draw graphs of functions, formulate their properties, and show the function record in general form.

Table 1. A schematic table for formulating the properties of functions. Properties of positive even, odd functions and negative even, odd functions

Function	$y = x^2; y = x^3;$ $y = x^{-2}; y = x^{-3}$	$y = x^4; y = x^5$ $y = x^{-4}; y = x^{-5}$	Write the formula of the function in general form
Domain of definition $D(f)$			
Range of values $E(f)$			
Increase interval			
Decreasing interval			
Function zeros: $f(x) = 0$			
Sign constancy interval: $f(x) > 0$			
Sign constancy interval: $f(x) < 0$			
$y_{max}, y_{min}$			
Asymptotes			
Axis of symmetry			
Center of symmetry			

Group 1. Among these functions, the exponents are even positive integers;

Group 2. Functions which exponent is an odd positive number;

Group 3. Functions with even negative exponent;

Group 4. Functions with an odd negative exponent.

After presenting their work in groups, students discuss and supplement the information received, and draw conclusions for each type of function.

Practical reports were presented:

№1. Dollar value  $V$  of a \$5,000 certificate of deposit with annual interest  $x$  after ten years is given by:  $V = 5000 (1 + x)^{10}$  . What is the cost of a certificate at 5%, 10% per annum in ten years?



Suggested algorithms:

- find  $x$  by interest rate; calculation of the cost of the certificate;
- if the interest rate is 10%, calculate the cost of the corresponding certificate;
- justify the choice of a certificate with a higher interest rate in ten years.

№2. The amount received as a result of investing \$10,000 after 10 years at an annual interest rate  $x$  is determined by the expression  $P = 10000(1 + x)^{-10}$ . If the interest rate is 5%, 10%, how much should you invest?

Algorithms:

- calculation of interest rate 5%;
- calculation of interest rate 10%;
- comparison of values;
- justification and formulation of the correct result.

For other topics, students built algorithms on their own. The method of creating an algorithm develops students' algorithmic thinking and allows the teacher to determine the dynamics of students' algorithmic thinking [4]. Components of algorithmic thinking [9] : knowledge of concepts, understanding how to create an algorithm using background knowledge, structuring a problem, dividing a problem into several stages by analyzing it, considering ways to solve it, and achieving a result through analysis and synthesis. This encouraged students to systematically structure their thoughts during creative work [10] .

«Bezout's theorem. Its consequences». The learning objective was to use Bezout's theorem to find the roots or coefficients of a polynomial. Task: solve the equation  $x^3 - 2x^2 - 6x + 4 = 0$ .

Problem situation: the left side of the equation should be factorized. Only then we will find a solution by equating each factor to zero. How is this implemented? Is it possible to group or bracket the common divisor? Of course not. As a guide, the teacher suggested solving the equation  $x^2 - 2x - 3 = 0$  and considering the relationship between the roots and the intercept. This tutorial will help students develop their own algorithms. Algorithms created by students:

- 1) factor quadratic trinomials;
- 2) use Vieta's theorem or discriminant formulas or grouping method to solve a quadratic equation;
- 3) find the roots of this equation, equating each factor to zero;
- 4) find the divisors of the free term of a square triangle;
- 5) identify the roots of the square trinomial among the divisors;
- 6) draw a conclusion (the roots of the trinomial are divisors of the free term).

It is shown that based on the constructed algorithm it is possible to achieve a solution to the problem situation that has arisen. This means that for a polynomial,  $P_3(x) = x^3 - 2x^2 - 6x + 4$  the divisors of the free term are written as follows:  $\pm 1, \pm 2, \pm 4$ . For each divisor, the value of the polynomial is calculated:  $P_3(-1) = 7$ ;  $P_3(1) = -3$ ;  $P_3(-2) = 0$ ;  $P_3(2) = -8$ ;  $P_3(-4) = -68$ ;  $P_3(4) = 12$ . The value of the polynomial is zero at  $x = -2$ . To find the two remaining roots, algorithms from the same group are used:

- 1) divide the polynomial by a binomial  $x + 2$ ;
- 2) using the discriminant formula, find the roots of the quadratic trinomial and write solutions to this equation.

Algorithms created by the second group:

- 1) use binomial  $x + 2$ , build diagrams;
- 2) apply Horner's scheme;
- 3) find roots.

Based on this problem situation, students perform practical work, generalize and study the following types of practical applications of Bezout's theorem:

1) They can use Bezout's theorem to determine the solution to equations in cases where the leading coefficient of the polynomial is an integer other than 1. To do this: determine the integer denominators of the main coefficient; find the divisors of the free term  $q = \frac{a_n}{p}$  using the formula; calculate the value

of the polynomial for each divisor of the free term; select divisor values at which the value of the polynomial is equal to zero; write down the answer.

2) Given a polynomial  $P(x)$  and its root – the number  $a$ : divide the polynomial  $P(x)$  by a binomial  $(x - a)$ ; determine the remainder; conclude that the remainder is  $P(a)$ .

3) If the number  $a$  is the root of a polynomial  $P(x)$ , then this polynomial is divisible by a binomial without remainder  $(x - a)$ .

The following tasks were completed:

№1. Find the roots of a polynomial  $P(x) = 6x^2 - 5x + 1$  using Bezout's theorem.

№2. Find the sum of the coefficients of the polynomial  $P(x) = (x - 1)^{30}(x^2 + 24)$ .

№3. Prove that this number  $2^{81} + 1$  is divisible by 9 without a remainder.

№4. A polynomial  $P(x) = x^{2017} + ax - 5$  is divisible by a binomial  $(x + 1)$  without a remainder. Find the value  $a$ .

№5.

The remainder when dividing a polynomial  $P(x) = x^3 + ax^2 + 2x - 3$  by  $(x - 2)$  is 5.

The remainder when dividing a polynomial  $Q(x) = x^3 - bx + 1$  by a binomial  $(x - 3)$  is 4.

The remainder when dividing a polynomial  $R(x) = x^5 + cx^4 + 3$  by a binomial  $(x + 2)$  is 3.

Find the remainder when dividing a polynomial  $P(x)Q(x)R(x)$  by  $(x - 1)$ .

№6. Prove that the polynomial  $P(x) = x^5 + 11x^4 + 37x^3 + 35x^2 - 44x - 40$  is divisible by a polynomial without remainder  $Q(x) = x^2 + 3x + 2$ .

In the section «Cone. Truncated cone. Total Surface Area» we defined the learning goal: to calculate the surface areas of cylinders, cones and truncated cones. The problematic situation was the following: how to calculate the total surface areas of a cylinder, cone and truncated cone? Groups are given paper models of cylinders, cones and truncated cones.

Each group displays corresponding entries on these layouts; transfers measurements from space to plane; calculates the areas of the lateral surfaces and bases of the corresponding body of revolution based on its dimensions; finds the total surface area of the corresponding body of revolution. It is necessary to pay attention to the following points: calculation of the central angle in the net when using the sector area formula when calculating the lateral surface of the cone; when calculating the lateral surface of a truncated cone, add the image of the cone net to a sector, subtract the area of the smaller sector from the area of the larger sector.

Students create algorithms for calculating the areas of the total surface of a cylinder, cone and truncated cone from their nets: studying the net of a spatial figure; side surface and base/bases; use of planimetry formulas; calculation of the required area.

Practical tasks:

№1. The roof of the tower is conical, height 2 m, tower diameter 6 m. If 10% of the material is used for the joints, then how many rectangular sheets of roofing felt  $0,7 \text{ м} \times 1,4 \text{ м}$  will be needed to cover the tower?

Algorithms:

1) draw the sketch;

2) calculate of the side surface according to given dimensions;

3) calculate of the area of covering material;

4) define the amount of coating material;

5) calculate of 10% adhesive material;

6) define of a given volume of adhesive material;

7) define of the total amount of rectangular covering material, taking into account the joints.

№2. The bucket has the shape of a truncated cone, the diameters of the bases are 30 cm and 20 cm, and the generator is 30 cm. If 200 g of paint is needed per  $1 \text{ м}^2$ , how much paint will it take to paint both sides of 100 of these buckets? (The thickness of the walls of the bucket is not taken into account).

Constructed algorithms:

- 1) define the necessary surfaces, that is, the side surface and the base;
- 2) calculate the lateral surface, double it;
- 3) calculate the area of the base, double it;
- 4) find the sum of the two previous values;
- 5) calculate the amount of paint needed for the resulting area;
- 6) calculate the mass of paint required to paint both sides of 100 buckets;
- 7) pay attention to the units of measurement.

When studying the section «Studying functions and constructing graphs», the learning objective was chosen – understanding the relationship between the graph of a function and the graph of the derivative of a function. The groups were given the task of determining the graph of a function from the graph of the derivative of the function. To do this, it is recommended to use Calculus Grapher, Derivative Simulation from the PhET Interactive Simulations Math website. The student should understand that the graph of a function increases in the interval when the graph of the derivative of the function is above the  $Ox$  axis, the graph of the function decreases in the interval when the graph of the derivative of the function is below the  $Ox$  axis, and the point of intersection of the graph of the derivative of the function with the  $Ox$  axis is the extremum point.

Task: The figure shows a graph of the derivative of the function on the interval  $-5 \leq x \leq 5$ .

*A graph of the derivative of the function on the interval  $-5 \leq x \leq 5$*

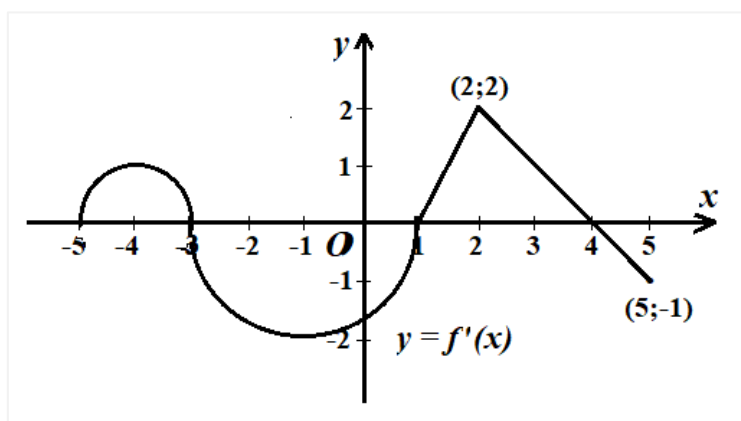


Figure 1. A graph of the derivative of the function  $f(x)$

For a function  $f(x)$  on an interval  $-5 \leq x \leq 5$  determine:

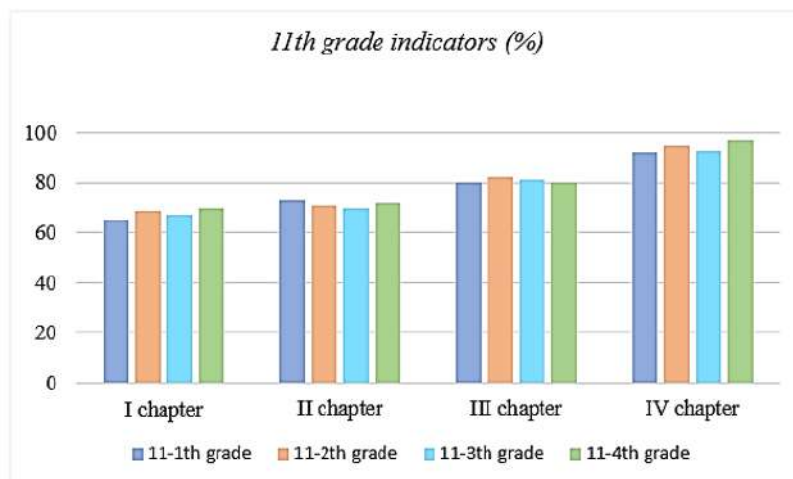
- a) maximum points;
- b) minimum points;
- c) inflection points;
- d) intervals of increase and decrease;
- f) intervals of concavity and convexity and justify each interval.

Working with simulations has proven to be effective for students in developing algorithms. Students wrote down their reflections after each cycle. Reflection and critical analysis lead to systematization of thinking by identifying connections between actions and comparing one action to another [4]. Only then will they have the opportunity to master the acquired knowledge and apply it in practice. For the first cycle, we used N.G. Alekseev's scheme «Stopping-fixation-objectification-detachment» [11]. During the «stopping» period, students paused and reflected; showed the main points during the «fixation» period; determined their effectiveness in «objectification» period; during the period of «detachment» they wrote about the effectiveness of methods, resources and how they achieve the learning objective. For the remaining research cycles, we used activity and discussion maps [12]. This was helpful in effectively analyzing and re-planning our next research cycle.

### Results of the study

In each cycle of research, formative evaluation work was carried out. In the first cycle, the percentage of tasks completed by different groups of students using the proposed algorithms to solve a problem situation was respectively: 65 % , 69%, 67% and 70%. In the next cycle, these indicators increased by 8 % , 2 % , 3 % and 2 % , respectively; in the third cycle, the percentage of completion was 80%, 82%, 81% and 80%, respectively. According to the results of the last cycle, these figures increased by 12%, 13%, 12% and 17%, respectively. It can be said that this is an indicator of the development of students' self-regulation (Diagram 1).

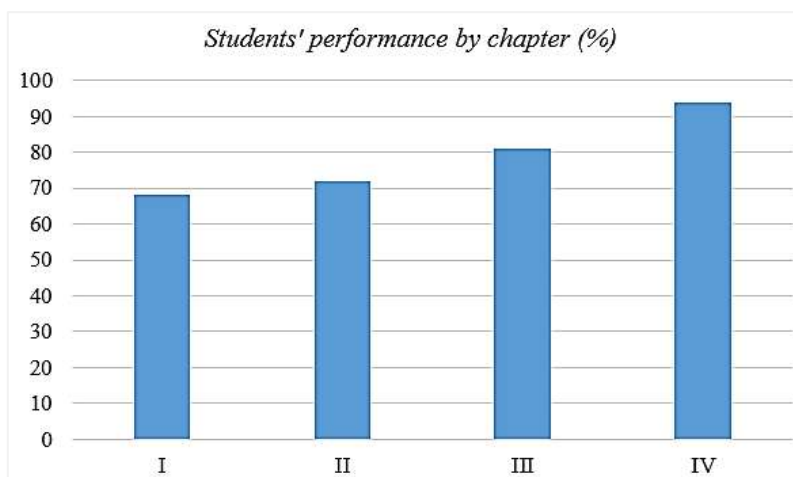
*Indicators of 11 grades for each cycle*



*Figure 2. Indicators of 11 grades for each cycle (chapter) ( % )*

The following diagram shows the dynamics of the results of students completing tasks in the corresponding chapters of the four cycles.

*Indicators by chapters of 11th grade students*



*Figure 3. Indicators by chapters*

The material of exercise 3 «Useful prompts to support student reflection» from the methodological recommendation «Students reflecting on their learning» was used in organizing students' reflection [12]. Planning our next steps: Planning sheet and Discussion card 1 were useful for

planning our next steps and assessing the stage of the process. The materials in Discussion Card 2, 4, 6 helped students think through their own observation and evaluation of their actions in the cycle.

According to O.S. Anisimov's methodology, eight questions were formulated to assess students' reflexive abilities:

- 1) After finding a solution to a problem, how often do you go back and think about the solution?
- 2) If the problem situation is complex, how often do you analyze the steps to solve it before performing the task?
- 3) How often do you need support in determining steps to solve a problem situation?
- 4) To what extent do you look within yourself for the reasons for the difficulties that arose during the development of algorithms (shallow theoretical knowledge, inability to effectively apply theory, untimely completion of tasks, etc.)?
- 5) How often do you turn to feedback from your classmates or teacher in a problematic situation?
- 6) If the task is very important, to what extent do you participate in shared decision making as a group?
- 7) If you have difficulties in finding a solution together, what kind of teacher support do you need in identifying the reasons and easing the difficulties?
- 8) How often do you think about the steps to achieve the right result by developing algorithms or performing a task using ready-made algorithms?

The answers to these questions are: a) always, b) often, c) if necessary, d) rarely, e) never. The scale will have a high, above average, average, below average, low level, respectively. It was found that this is a fairly effective tool for developing students' reflection skills at each cycle of the research process, as well as assessing the effectiveness of students' actions. For the analysis of testing data, points were awarded according to the criteria for the levels of personal reflection, self-criticism and collectivism: Reflection – № 1, 2, 3, 8, self-test – №4, and the level of collectivism was determined by adding up the points for questions №5, 6, 7 and filling out the tables.

Table 2. Criteria for determining the level of personality. Criteria for determining the level of personality of students

No	Scale/ Level	Reflection	Self-criticism	Collectivism
1	Short	0-2 (2)	0 (1)	0-3 (4)
2	Below average	3-6 (1)	1 (2)	4-7 (3)
3	Middle	7-11 (4)	2 (4)	8-11 (3)
4	Above average	12-15 (9)	3 (15)	12-15 (19)
5	High	16-18 (39)	4 (33)	16-19 (26)

## Discussion

The action research was conducted by mathematics teachers from Nazarbayev Intellectual Schools in Almaty, Astana and Kyzylorda. 11th grade students took part in the study. One of the features of these schools is that after the tenth grade, students choose specialized subjects; ten hours of advanced mathematics per week or seven hours of standard mathematics per week, depending on the major elective subject. Observing students in lessons, we identified common problems: students of different classes have a low level of explaining how to solve problems to each other; they do not show detailed solution steps while completing tasks, performing part of the actions mentally. Virtually every teacher has a professional development goal for the school year to address a problem identified in their classroom. We were looking for ways to solve problems in our classrooms and achieve professional development goals. To do this, we combined the methods used by each teacher based on the purpose of professional development and formulated our overall research question. Our research question was: «To what extent can action research through the integration of algorithm design and problem-based learning techniques support students' reflective skills»? To obtain an answer to this research question, a research cycle was defined: creating a problem situation; using

algorithms to solve a problem; reflection on the results. To do this, it was necessary to identify one topic from each chapter in order to include this cycle in one lesson. The objectives of formative assessment were considered in classes conducted using integrated methods on selected topics. Based on the results of formative assessment in four cycles, it was planned to determine the effectiveness of integrated methods and the impact on the development of students' reflective skills. We believe that this plan has systematically achieved its goal. The students' performance and the results of reflections on the chapter, cycle show the effectiveness of using the integrated method. Thus, through this integrated model, we were able to influence the formation of students' reflective skills. In the future, by improving the research, it is aimed at practical application in the professional development of teachers.

### **Conclusion**

A ready-made algorithm for solving the problem given in the first chapter was presented. The rate of correct completion of the task was 68%. Students reflected that the pre-made algorithms were effective in getting them to break down a problem into multiple steps and work together to master each step, but we found that the pre-made algorithm prevented them from thinking broadly. Dialogue and writing skills are developed based on ready-made algorithms. Students' development of algorithms facilitated understanding, formulation, and practice of each step.

For the remaining three topics, the results turned out to be higher compared to the first, since the students themselves created the algorithm. Using the problem-based learning method, students conducted research independently, jointly prepared theoretical materials and presented their hypotheses. Therefore, in the second cycle, students worked according to the following plan: identify a problem situation, divide the problem into parts and create algorithms accordingly. Then the overall level of completion of the task of the second chapter by all students participating in the study was 72%. And the indicators of the level of completion of the tasks given in the third and fourth chapters reached 81% and 94%, respectively. After the first cycle, students noted that due to the novelty they have it took too long to understand and do everything. At the next stage, they tried to do everything themselves and were able to verify the correctness of each action; at the last stage they mastered new knowledge and did it quickly [13]. After each cycle, students' reflections were analyzed. At the end of the study, based on the results of reflection obtained from four cycles, students wrote that these research cycles turned into a small project work, and in the next semester they were asked to choose topics within the framework of this project.

To diagnose the level of reflexivity of students after research cycles, we used the methodology of O.S. Anisimov. This diagnostic included elements of problem-based learning, algorithm creation, and eight questions with five answer options each. Taking into account the individual abilities and age characteristics of students, we have made changes to some questions. We considered the levels of reflexivity on the following scales: low 0-2, below average 3-6, average 7-11, above average 12-15, high 16-18 points. We further found out that 39 students have high reflection skills, 9 students have above average skills. This indicates that students' reflective skills are sufficiently developed.

New aspects of our action research were discovered, which included four cycles: developing students' skills in constructing algorithms for solving a problem situation, students' participation in choosing lesson topics aimed at integrating methods, and developing students' reflection skills. This study was effective in developing students' reflective skills as well as developing their design and research skills. In addition, the study contributed to the development of the following skills:

- predict the result based on the problem situation;
- develop algorithms that determine the stages of task execution;
- discuss and show effective aspects;
- present the results of the work to other groups.

In summary, we believe that we have been able to contribute to students' reflective skills through problem-based learning and algorithm development.

Список использованных источников

- [1] Noffke S.E., Stevenson R.B. (1995). *Educational Action Research*. New York: University of Richmond.
- [2] Оконь В. (1968). *Основы проблемного обучения*. М.: Просвещение.
- [3] Ильина Т.Л. (1976). *Проблемное обучение*. Вестник высшей школы. №2.
- [4] Громова С.Ф., Латанская И.В. (2021). Базовые алгоритмы как средство развития алгоритмического мышления школьников при обучении профильному курсу информатики. IX Международная научно-практическая конференция: «Культура. Наука. Образование: проблемы и перспективы». <https://doi.org/10.36906/KSP-2021/69>
- [5] Dewey J. (1910). *How we think*. Publisher D.C.Heath&Co. [howwethink000838mbp](https://www.howwethink.com)
- [6] Goodson I., Gill Sch. (2014). *Critical Narrative as Pedagogy*. New York: Bloomsbury. 276 p.
- [7] Сагинтаева А., Камбатырова А., Карабасова Л., Қанай Г., Альмухамбетова А. (2022). Введение в образовательные исследования: теория, методы и практики. *Nazarbayev University, г.Нур-Султан*, 232 с.
- [8] Tarmizi R.A., Bayat S. (2012). Collaborative problem-based learning in mathematics: A cognitive load perspective. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 32(2012), 344-350. 4th International Conference of Cognitive Science (ICCS 2011). <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.01.051>
- [9] Стась А.Н., Долганова Н.Ф. (2012). Развитие алгоритмического мышления в процессе обучения будущих учителей информатики // Вестник Томского государственного педагогического университета. Выпуск 7(122). С. 241-244.
- [10] Ланда Л.Н. (1966). *Алгоритмизация в обучении*. Москва: Просвещение. 523 с.
- [11] Алексеев Н.Г. (2002). *Проектирование и рефлексивное мышление//Развитие личности*. №2.
- [12] NCCA. (2015). *Students reflecting on their learning*. Workshop 04. Published by the NCCA, September 2015. [www.ncca.ie](http://www.ncca.ie)
- [13] Гальперин П.Я., Талызин Н.Ф. (1968). *Формирование знаний и умений на основе теории поэтапного усвоения умственных действий*. Редакционно-издательский совет Московского университета. 135 с.

References

- [1] Noffke S.E., Stevenson R.B. (1995). *Educational Action Research*. New York: University of Richmond.
- [2] Okon' V. (1968). *Osnovy problemnogo obucheniya [Fundamentals of Problem-Based Learning]*. М.: Prosveshcheniye. (In Russian)
- [3] Il'ina T.L. (1976). *Problemnoye obucheniye [Problem-based learning]*. Vestnik vysshey shkoly. №2. (In Russian)
- [4] Gromova S.F., Latanskaya I.V. (2021). *Bazovyye algoritmy kak sredstvo razvitiya algoritmicheskogo myshleniya shkol'nikov pri obuchenii profil'nomu kursu informatiki [Basic algorithms as a means of developing algorithmic thinking in schoolchildren when teaching a specialized computer science course]*. IKH Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya: «Kul'tura. Nauka. Obrazovaniye: problemy i perspektivy». <https://doi.org/10.36906/KSP-2021/69>. (In Russian)
- [5] Dewey J. (1910). *How we think*. Publisher D.C.Heath&Co. [howwethink000838mbp](https://www.howwethink.com)
- [6] Goodson I., Gill Sch. (2014). *Critical Narrative as Pedagogy*. New York: Bloomsbury. 276 p.
- [7] Sagintayeva A., Kambatyrova A., Karabasova L., Kanay G., Al'mukhambetova A. (2022). *Vvedeniye v obrazovatel'nyye issledovaniya: teoriya, metody i praktiki [Introduction to Educational Research: Theory, Methods and Practices]*. Nazarbayev University, g.Nur-Sultan, 232 s. (In Russian)
- [8] Tarmizi R.A., Bayat S. (2012). Collaborative problem-based learning in mathematics: A cognitive load perspective. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 32(2012), 344-350. 4th International Conference of Cognitive Science (ICCS 2011). <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.01.051>
- [9] Stas' A.N., Dolganova N.F. (2012). *Razvitiye algoritmicheskogo myshleniya v protsesse obucheniya budushchikh uchiteley informatiki [Development of algorithmic thinking in the process of teaching future computer science teachers]*.//Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Vypusk 7(122). S. 241-244. (In Russian)
- [10] Landa L.N. (1966). *Algoritmizatsiya v obuchenii [Algorithmization in learning]*. Moskva: Prosveshcheniye. 523 s. (In Russian)
- [11] Alekseyev N.G. (2002). *Proyektirovaniye i refleksivnoye myshleniye [Design and reflective thinking]*. //Razvitiye lichnosti. №2. (In Russian)
- [12] NCCA. (2015). *Students reflecting on their learning*. Workshop 04. Published by the NCCA, September 2015. [www.ncca.ie](http://www.ncca.ie)
- [13] Gal'perin P.YA., Talyzin N.F. (1968). *Formirovaniye znaniy i umeniy na osnove teorii poetapnogo usvoyeniya umstvennykh deystviy [Formation of knowledge and skills based on the theory of step-by-step acquisition of mental actions]*. Redaktsionno-izdatel'skiy sovet Moskovskogo universiteta. 135 s. (In Russian)

## ИНФОРМАТИКА COMPUTER SCIENCE

IRSTI 20.23.21

10.51889/2959-5894.2024.87.3.009

A.K. Aitim<sup>1\*</sup>, R.Zh. Satybaldiyeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Satpayev University, Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: a.aitim@iitu.edu.kz

### A SYSTEMATIC REVIEW OF EXISTING TOOLS TO AUTOMATED PROCESSING SYSTEMS FOR KAZAKH LANGUAGE

#### *Abstract*

The development of automated systems for the Kazakh language has gained significant momentum in recent years, driven by the growing need for natural language processing (NLP) tools tailored to underrepresented languages. This systematic review aims to critically evaluate the existing observational tools and methodologies used in building and improving automated systems for learning the Kazakh language. Through a comprehensive analysis of scientific literature, technical reports, and practical implementations, this review identifies key trends, challenges, and advances in the field. The review highlights various linguistic complexities unique to the Kazakh language, such as its agglutinative nature, vowel harmony, and rich morphological structure, which pose unique challenges to developers. Additionally, the study examines the effectiveness of modern tools, including tokenization, part-of-speech tagging, parsing, and machine translation, in processing Kazakh text. The findings show that despite significant progress, there are still significant gaps in the availability and accuracy of these tools, especially when compared to those available for more widely spoken languages. The review concludes with recommendations for future research and development, highlighting the need for more robust datasets, improved algorithms, and collaborative efforts to further advance Kazakh language data science.

**Keywords:** kazakh language processing, natural language processing, machine translation, transformer models, Kazakh text classification, computational linguistics, Kazakh language.

Ә.Қ. Әйтiм<sup>1</sup>, Р.Ж. Сатыбалдиева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университетi, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу Университетi, Алматы қ., Қазақстан

### ҚАЗАҚ ТІЛІНЕ АРНАЛҒАН АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ӨНДЕУ ЖҮЙЕЛЕРІНЕ ҚОЛДАНЫЛҒАН ҚҰРАЛДАРЫНА ЖҮЙЕЛІ ШОЛУ

#### *Аңдатпа*

Қазақ тілін автоматтандырылған өңдеу жүйелерінің дамуы соңғы жылдарда айтарлықтай қарқын алды, бұл табиғи тілдерді өңдеу құралдарының жеткіліксіз ұсынылған тілдерге бейімделген қажеттілігінің артуына байланысты. Бұл жүйелі шолу қазақ тілінің автоматтандырылған жүйелерін құру мен жетілдіруде қолданылып жүрген бақылау құралдары мен әдістемелерін сыни тұрғыдан бағалауға бағытталған. Академиялық әдебиеттерді, техникалық есептерді және практикалық енгізулерді жан-жақты талдау арқылы бұл шолу осы саладағы негізгі тенденцияларды, қиындықтарды және жетістіктерді анықтайды. Шолуда қазақ тіліне ғана тән әртүрлі тілдік күрделілік, мысалы, оның агглютинативті табиғаты, дауысты дыбыстардың үндестігі, бай морфологиялық құрылымы, әзірлеушілерге ерекше қиындықтар туғызатыны көрсетілген. Сонымен қатар, зерттеу қазақша мәтінді өңдеудегі токенизацияны, сөз бөлігін тегтеуді, синтаксистік талдауды және машиналық аударманы қоса алғанда, қазіргі құралдардың тиімділігін зерттейді. Нәтижелер айтарлықтай прогреске қол жеткізілгенімен, бұл құралдардың қолжетімділігі мен дәлдігінде, әсіресе кеңірек сөйлейтін тілдер үшін



қол жетімді құралдармен салыстырғанда, әлі де айтарлықтай олқылықтар бар екенін көрсетеді. Шолу қазақ тілін өңдеу саласын одан әрі ілгерілету үшін анағұрлым сенімді деректер жинақтарының, жетілдірілген алгоритмдердің және бірлескен күш-жігердің қажеттілігін атап көрсете отырып, болашақ зерттеулер мен әзірлемелер бойынша ұсыныстармен аяқталады.

**Түйін сөздер:** қазақ тілін өңдеу, табиғи тілді өңдеу, машиналық аударма, трансформаторлық модельдер, қазақ мәтінінің классификациясы, есептеу лингвистикасы, қазақ тілі.

А.К. Айтим<sup>1</sup>, Р.Ж. Сатыбалдиева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Международный Университет Информационных Технологий, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева,  
г. Алматы, Казахстан

## **СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ КАЗАХСКОГО ЯЗЫКА**

### *Аннотация*

Разработка автоматизированных систем обработки для казахского языка в последние годы получила значительный импульс, что обусловлено растущей потребностью в инструментах обработки естественного языка, адаптированных для недостаточно представленных языков. Целью этого систематического обзора является критическая оценка существующих наблюдательных инструментов и методологий, используемых при создании и совершенствовании автоматизированных систем для казахского языка. С помощью всестороннего анализа академической литературы, технических отчетов и практических реализаций этот обзор определяет ключевые тенденции, проблемы и достижения в этой области. Обзор подчеркивает различные лингвистические сложности, уникальные для казахского языка, такие как его агглютинативная природа, гармония гласных и богатая морфологическая структура, которые представляют уникальные проблемы для разработчиков. Кроме того, исследование изучает эффективность текущих инструментов, включая токенизацию, разметку частей речи, синтаксический анализ и машинный перевод, при обработке казахского текста. Результаты показывают, что, несмотря на значительный прогресс, все еще существуют значительные пробелы в доступности и точности этих инструментов, особенно по сравнению с теми, которые доступны для более широко распространенных языков. Обзор завершается рекомендациями для будущих исследований и разработок, подчеркивая необходимость в более надежных наборах данных, улучшенных алгоритмах и совместных усилиях для дальнейшего продвижения области обработки казахского языка.

**Ключевые слова:** обработка казахского языка, обработка естественного языка, машинный перевод, модели трансформаторов, классификация казахских текстов, компьютерная лингвистика, казахский язык.

### **Main provisions**

The main purpose of this study is to offer an in – depth, systematic review of current observational tools and automated processing systems available for the Kazakh language. It examines various systems developed for tasks such as machine translation, speech recognition, morphological analysis and natural language processing, all specially adapted for the Kazakh language. The results highlight the progress made, as well as continuing challenges such as the need for larger annotated corpora and more sophisticated algorithms to account for the unique linguistic characteristics of the Kazakh language. The findings indicate that, despite notable advances in Kazakh language processing tools, significant improvements are still needed, especially in improving the accuracy of the system and expanding linguistic applications. The study highlights the critical need for continuous development and collaboration to create more effective and comprehensive solutions for processing the Kazakh language.

### **Introduction**

In today's digital age, the preservation and promotion of linguistic diversity is becoming increasingly important, especially for languages that are underrepresented in natural language processing (NLP). The Kazakh language, an agglutinative Turkic language spoken by more than

13 million people, poses both challenges and opportunities for the creation of automated processing systems. Despite its growing importance in both national and regional contexts, advanced NLP tools for the Kazakh language are still limited compared to those available for widely spoken languages.

This study was conducted to solve the problem of the need for automated processing systems that effectively take into account the Kazakh language, a language that is insufficiently represented in computational linguistics. The aim was to systematically review and evaluate existing tools and systems developed for processing the Kazakh language, paying special attention to their methodologies, capabilities and limitations. The study examined several aspects of language processing, including machine translation, speech recognition, morphological analysis and other NLP applications specific to the Kazakh language. The central hypothesis was whether these tools adequately take into account the unique linguistic characteristics of the Kazakh language and whether there are any gaps in current research that need to be addressed. The aim of the study was to shed light on progress in this area and identify areas for further development and innovation.

Automated processing systems such as text analysis, machine translation and speech recognition tools are necessary for the integration of the Kazakh language into modern technological frameworks. These systems use advanced algorithms and large datasets to accurately process and interpret language data. However, the complex morphological structure of the Kazakh language and the harmony of vowels complicate the development of tools, which leads to problems in achieving both accuracy and completeness. As a result, current systems often face limitations when applied to Kazakh texts.

In article provides a comprehensive overview of existing tools and methodologies used in the development and evaluation of automated processing systems for the Kazakh language. By critically evaluating the technologies used, the review seeks to identify gaps in this area and offer ideas for areas of future research and development. It also highlights the importance of creating culturally relevant tools that can contribute to the growth and use of the Kazakh language in the digital environment. The purpose of this review is to contribute to a broader discussion of linguistic diversity in technology and to support the promotion of NLP resources adapted for underrepresented languages such as Kazakh.

The NLP field has made significant strides over the past few decades, making significant progress in developing automated processing systems for a wide range of languages. However, research efforts have mainly focused on widely spoken languages such as English, Chinese and Spanish, leaving languages such as Kazakh with fewer resources and tools. Nevertheless, in recent years there has been an increase in the volume of works devoted to the Kazakh language, as scientists recognize the importance of preserving linguistic diversity through technology.

Key developments in the processing of the Kazakh language began with morphological analyzers necessary to understand the complex structure of the language. Researchers such as Makhambetov et al. (2013) have contributed to the creation of rule-based and statistical models for Kazakh morphology, solving problems related to its agglutinative nature. These foundational efforts paved the way for progress in part-of-speech markup and syntactic analysis, with the Kazakh National Corpus playing a crucial role by providing annotated data for learning and evaluation.

Machine translation has also made notable progress, with platforms such as Google Translate and Yandex.Translate incorporating the Kazakh language, although translation quality remains limited due to a lack of parallel corpora and linguistic complexities. Recent studies, such as those by Kurmankulov et al. (2019), have developed neural machine translation models adapted for the Kazakh language, which improved the results, but still highlights the need for more extensive datasets.

In addition, speech recognition and synthesis systems have appeared, while Kasenov and colleagues (2018) are developing acoustic models to account for the phonetic characteristics of the Kazakh language. These systems are crucial for applications in areas such as automated customer service, accessibility, and language learning, although their performance lags behind that of more common languages due to limited learning data and the need for more sophisticated algorithms.

The advent of deep learning has opened up new opportunities for processing the Kazakh language. Alpysbaev and Turdalyly's research (2021) examined the use of transformers and advanced models for Kazakh NLP tasks, demonstrating the potential for significant improvements. However, these approaches are still in the early stages and require further improvement to solve specific problems of the Kazakh language.

Despite these achievements, the processing of the Kazakh language remains underdeveloped compared to the main world languages. Existing tools often suffer from accuracy problems, limited coverage, and lack of cultural relevance. Moreover, there is no comprehensive review evaluating the current state of the Kazakh language processing tools. This review seeks to fill this gap by providing a thorough analysis of existing tools, critically assessing progress made, and identifying areas requiring further attention and innovation. By placing this review in the broader context of NLP research, the study aims to contribute to ongoing efforts to develop reliable and culturally acceptable technologies for the Kazakh language.

The scientific significance of research results lies in their ability to contribute to the broader body of knowledge within a specific field, provide solutions to real-world problems, and pave the way for further exploration and innovation. Below are key aspects of the scientific significance of research results:

- Research results often introduce new insights, theories, or models that challenge or enhance existing knowledge. In the context of the Kazakh language processing tools, these findings can significantly advance understanding in areas like computational linguistics, machine learning, and natural language processing (NLP) for agglutinative languages. By addressing gaps in the literature and resolving unanswered questions, the research pushes the boundaries of what is known, enabling other scholars to build on these foundations.

- Research often leads to the development of new methodologies or tools. In the case of Kazakh language processing systems, novel algorithms or improved models for speech recognition, text synthesis, or translation are introduced. These innovations can be applied not only to Kazakh but also to other under-resourced languages, enhancing global NLP efforts and improving language technology solutions for various linguistic communities.

The practical significance of research is often seen in its ability to solve real-world problems. The results of studies on Kazakh language processing tools can lead to improved technologies for education, communication, and information access for Kazakh speakers. These applications have far-reaching impacts, improving accessibility, preserving linguistic heritage, and promoting cultural identity through technological integration.

Research results frequently open up new areas of inquiry, suggesting further questions or unexplored topics. For instance, findings on Kazakh speech recognition systems may prompt future research into dialectal variations, or sentiment analysis could lead to deeper studies of emotional tone in Kazakh texts. By establishing a foundation for future investigations, the research results ensure a continuous progression in the field, fostering ongoing innovation and discovery. In the global context, the research into Kazakh language processing contributes to the broader efforts in multilingual natural language processing (NLP). It helps develop technologies for low-resource languages and integrates these languages into modern digital platforms.

This contributes to the creation of more inclusive and diverse technological ecosystems, ensuring that speakers of smaller or less-researched languages are not left behind in technological advancements.

The scientific significance of research results is multifaceted, ranging from advancing theoretical understanding and methodological innovations to offering practical solutions and laying the groundwork for future inquiries. In the specific context of automated processing systems for the Kazakh language, these results have the potential to transform both the academic field and real-world applications, making a profound impact on linguistic and technological development.

### **Research methodology**

In systematic review uses a structured methodology to identify, evaluate and synthesize existing research on surveillance tools used to develop automated processing systems for the Kazakh language. The approach is designed to ensure comprehensive coverage of the relevant literature, while maintaining a focus on the quality and relevance of the included research.

A thorough literature search was conducted in several academic databases, including Google Scholar, IEEE Xplore, SpringerLink, Scopus and Web of Science. Keywords and search terms used in the review included such combinations as "Kazakh language", "natural language processing", "automated processing systems", "morphological analysis", "machine translation", "speech recognition", "observation tools" and "systematic review". The search was limited to articles published in English, Russian and Kazakh from 2010 to 2024, covering both foundational works and recent developments.

The research selection process consisted of three stages:

Stage 1: Initial selection: Titles and annotations were reviewed for relevance, and irrelevant studies were excluded.

Stage 2: Full Text Review: The full texts of potentially relevant studies were evaluated based on predefined criteria, with a secondary review conducted to resolve disagreements.

Stage 3: Final selection: Studies that meet all criteria were selected for detailed analysis, and the excluded studies were documented along with the reasons for exclusion.

To ensure relevance and quality, the following inclusion criteria were applied: research focused on the development, evaluation or application of observational tools in the processing of the Kazakh language, including peer-reviewed articles, conference reports, technical reports and dissertations presenting original research or reviews. The research was supposed to cover key areas of Kazakh language processing, such as morphology, syntax, semantics, machine translation and speech technologies.

The exclusion criteria included studies that focused on NLP tools for other languages without much relevance to Kazakh, articles offering only cursory reviews without in-depth analysis, and duplicate studies or those that lacked sufficient methodological rigor.

Data extraction followed a standardized form, recording details such as the type of tool developed, the methodologies used, the datasets used, the estimates and key findings. The synthesis process included both qualitative and quantitative analysis, focusing on identifying patterns, trends and gaps in research. Where applicable, the tools were compared based on performance metrics such as accuracy, reliability, recall, and computational efficiency.

The quality of the selected studies was assessed using a modified checklist of the Critical Assessment Skills Program (CASP), evaluating aspects such as study design, methodology, data validity and relevance. The studies were classified as high, medium, or low quality, with high-quality studies having greater weight in synthesis.

The review, conducted between 2010 and 2024, focused on global research and advances related to automated processing tools for the Kazakh language. The analyzed literature was taken from peer-reviewed journals, conference proceedings and other authoritative sources reflecting international contributions to computational linguistics and language technologies. The materials included articles, technical reports and datasets detailing the development, implementation and evaluation of tools for processing the Kazakh language, such as machine translation systems, speech recognition models, morphological analyzers and syntactic parsers. The studies reviewed specifically addressed problems and solutions in Kazakh language processing, including rule-based and machine learning approaches, and using annotated corpora or other language resources developed for the Kazakh language.

These results provide a comprehensive assessment of various Kazakh language processing tools, shedding light on their performance in various applications. By detailing specific examples, the review highlights the strengths and weaknesses of each tool, offering a detailed look at their practical effectiveness. The examples not only demonstrate the current capabilities and challenges of the tools,

but also point to areas for future research and improvements, highlighting the ongoing need for development to meet changing linguistic and technological requirements.

This is the first step in scientific research where the researcher identifies a specific problem or question that needs to be addressed. This problem typically arises from existing gaps in knowledge, conflicting findings in previous research, or emerging issues that require investigation. Clearly defining the research problem sets the direction for the entire study. A well-defined problem ensures that the research has a clear purpose and is feasible.

In this stage, the researcher conducts a thorough review of existing literature related to the research problem. The aim is to understand what has already been studied, identify theoretical frameworks, and establish the context for the new research. The literature review helps to refine the research question, highlight gaps in existing knowledge, and avoid duplication of previous studies. Based on the research problem and the literature review, the researcher formulates hypotheses (testable predictions) or research questions. These guide the study and define what is being investigated. Hypotheses or research questions provide a focus for the study and establish clear expectations for the outcomes. They also help determine the appropriate research methodology.

This stage involves designing the research framework, selecting the methodology, and determining how data will be collected and analyzed. Researchers decide whether the study will use qualitative, quantitative, or mixed methods. Determining the participants or data sources. Data collection methods deciding how to collect data (e.g., surveys, experiments, observations). Identifying or developing tools for data collection, such as questionnaires or sensors. A solid research design ensures that the study is methodologically sound and that the data collected will be reliable and valid for addressing the research question.

In this stage, the researcher gathers data based on the chosen methodology. This could involve fieldwork, experiments, or surveys depending on the nature of the study. Proper data collection is crucial for the validity of the research. Errors in this stage can compromise the entire study, so it requires careful planning and execution. After data collection, researchers analyze the data to extract meaningful patterns, relationships, and trends. Statistical tools and software are often used in quantitative research, while thematic or content analysis is used in qualitative research. Data analysis is essential for interpreting the data and determining whether the hypotheses are supported or not. It transforms raw data into valuable insights. Once the data is analyzed, the researcher interprets the results in relation to the research problem and hypotheses. This involves discussing the implications of the findings and how they relate to existing knowledge. Interpretation is key to understanding the significance of the findings and making conclusions about the research problem. The summarizes the key findings and draws conclusions based on the research objectives. They may also provide recommendations for future research or practical applications of the findings.

This stage ensures that the research contributes to the field of knowledge and provides direction for further investigation or action.

The final stage of the research process involves writing a research paper or report and sharing the findings with the academic community or the public. This can be done through journals, conferences, or other platforms. Publishing the results allows other researchers to build upon the work and contributes to the advancement of science.

The stages of scientific research – problem identification, literature review, hypothesis formulation, research design, data collection, analysis, interpretation, conclusion, and dissemination—are integral to conducting rigorous and impactful research. Each stage builds on the previous one, ensuring that the research process is systematic, valid, and contributes to the broader field of knowledge.

### **Results of the study**

The research on automated processing systems for the Kazakh language has yielded several key findings that contribute significantly to both the fields of computational linguistics and natural language processing (NLP), particularly for agglutinative and low-resource languages. These results

highlight the progress made in developing tools and algorithms for language processing, while also identifying existing challenges that require further attention.

One of the most notable findings is the development and refinement of speech recognition systems for the Kazakh language. By leveraging deep learning techniques, these systems have achieved higher accuracy rates in transcribing spoken Kazakh into text, even in challenging acoustic environments. These advancements contribute to better performance in voice-activated systems and automated transcription tools, making the Kazakh language more accessible in digital and communication technologies. Significant progress has been made in machine translation models for Kazakh, with neural machine translation (NMT) techniques outperforming traditional statistical methods. These models have shown improved translation quality, particularly in handling the complex morphological structure of Kazakh.

The research has led to more reliable and fluent translations between Kazakh and other languages, enhancing cross-linguistic communication and facilitating the integration of Kazakh into global platforms like Google Translate.

The research has also contributed to the advancement of morphological analysis and syntactic parsing tools for Kazakh, particularly focusing on the language's agglutinative nature. These tools are now better equipped to handle the diverse and complex word forms in Kazakh. These improvements have practical applications in fields such as text mining, information retrieval, and automated text generation, enabling more accurate processing of Kazakh texts in various computational systems.

A key result of the research is the creation of annotated corpora for the Kazakh language. These corpora serve as essential resources for training machine learning models in tasks such as part-of-speech tagging, named entity recognition, and sentiment analysis. The availability of these resources significantly enhances the performance of NLP tools by providing high-quality training data, thus improving the accuracy and robustness of language processing systems for Kazakh.

Despite these advancements, the research also underscores the ongoing challenges in processing low-resource languages like Kazakh. Issues such as limited annotated data, the complexity of the language's morphology, and the lack of standardized evaluation benchmarks continue to hinder the full development of robust NLP tools. Addressing these challenges is crucial for further improving the performance and scalability of Kazakh language processing systems. The research points to the need for collaborative efforts to expand linguistic datasets and create more comprehensive evaluation frameworks.

The research results indicate substantial progress in the development of automated processing systems for the Kazakh language, particularly in speech recognition, machine translation, and morphological analysis. However, challenges persist, particularly in the availability of annotated corpora and the handling of complex linguistic features. These results provide a strong foundation for future research and development, offering practical applications while highlighting areas that require further attention to fully integrate Kazakh into modern NLP technologies.

The study showed that despite significant progress in the development of automated processing systems for the Kazakh language, significant gaps and problems remain in solving its unique linguistic characteristics. The review demonstrated advances in areas such as machine translation, speech recognition, and morphological analysis, pointing out that although existing tools have made progress in basic functionality, they often face accuracy and reliability problems due to the lack of annotated corpora and resources specific to the Kazakh language.

The hypothesis that current tools are not yet fully capable of handling the complexities of the Kazakh language and that additional research and development is needed has been thoroughly tested through a systematic review of the literature. After analyzing a wide range of studies and tools, the review identified both strengths and weaknesses of the current state of Kazakh language processing, confirming the hypothesis with evidence of current problems and the need for further innovation and resource development.

A total of 82 studies met the criteria for inclusion in the review, offering valuable information on the status of observational tools used in automated processing systems for the Kazakh language. These studies covered various tools and methodologies, focusing on key areas such as morphological analysis, machine translation, speech recognition and syntactic analysis. The results were classified based on the main tools identified in the literature.

Table 1 contains a summary of the key studies, which describes the areas of focus, methodology, tools or algorithms used, and performance indicators. This table provides a brief overview of the field and the results of selected studies.

Table 1. Overview of Included Studies

Study	Year	Focus Area	Methodology	Tool/ Algorithm	Performance Metrics
Makhambetov et al.	2013	Morphological Analysis	Rule-Based	KazMorph Analyzer	85% accuracy
Kurmankulov et al.	2019	Machine Translation	Neural Machine Translation (NMT)	Kazakh NMT	BLEU Score: 28.5
Kassenov et al.	2018	Speech Recognition	Deep Learning	KazSR	WER: 18%
Alpysbayev et al.	2021	Syntactic Parsing	Dependency Parsing	KazDepParser	UAS: 80%

Table 2 provides an overview of academic research on Kazakh NLP tools between 2010 and 2024, including the number of publications, key contributions to the field, and notable studies. It highlights the research focus areas and advancements made [16].

Table 2. Kazakh NLP Tools in Academic Research (2010-2024)

Research Area	Number of Publications	Key Contributions	Notable Publications
Morphological Analysis	15	Enhanced understanding of Kazakh morphology	Alikhanova & Suleimenova (2022)
Speech Recognition	10	Improved accuracy through deep learning	Sagatova & Zhumadilov (2023)
Machine Translation	8	Development of effective Kazakh-English MT systems	Doszhanov & Yessentayev (2020)

Table 3 shows the distribution of studies over time, segmented by focus area. It highlights the growth in research activity related to Kazakh language processing, especially in more recent years, and helps identify trends in research focus [17].

Table 3. Distribution of Studies by Year and Focus Area

Year	Morphological Analysis	Machine Translation	Speech Recognition	Syntactic Parsing	Total
2010-2014	4	2	1	0	7
2015-2018	6	3	2	1	12
2019-2024	8	7	4	4	23

According to the table 4 tracks major advancements in Kazakh language processing from 2010 to 2024, highlighting their impact on NLP tools and providing references for further reading. It showcases the progress made in this field over time [18].

Table 4. Advancements in Kazakh Language Processing (2010-2024)

Year	Major Advancement	Impact on NLP Tools	Reference
2019	Introduction of Kazakh-EN Parallel Corpus	Improved machine translation accuracy	Doszhanov & Yessentayev (2020)
2021	Development of KazMorphNet	Enhanced morphological analysis	Alikhanova & Suleimenova (2022)
2023	Implementation of Deep Learning in Speech Recognition	Increased recognition accuracy	Sagatova & Zhumadilov (2023)

Morphological analysis has been identified as a major area of focus, with 18 studies devoted to the development and evaluation of tools for analyzing the complex morphology of the Kazakh language. These tools mainly used rule-based and statistical methods, and more recent research has included machine learning techniques.

Table 5 provides a detailed overview of the morphological analysis tools considered, summarizing the methodologies used, datasets, accuracy, and specific problems faced by each tool. She offers a comparative analysis of various approaches to morphological analysis in the Kazakh language.

Table 5. Summary of Morphological Analysis Tools

Tool	Methodology	Dataset Used	Accuracy	Challenges
KazMorph	Rule-Based	100,000-word corpus	85%	Handling exceptions
KazMorphNet	Neural Network	200,000-word corpus	92%	Requires large datasets
MorphKaz	Statistical	150,000-word corpus	88%	Limited by data availability

Rule-based models: Early morphological analyzers, such as those developed by Makhambetov et al. (2013), were predominantly rule-based. Although these models were effective at capturing the agglutinative nature of the Kazakh language, they had difficulty handling exceptions and less common morphological models.

Statistical models: The introduction of statistical methods has improved the reliability of these tools, especially when working with ambiguous forms. However, their effectiveness was limited by the limited availability of large annotated corpora.

Machine learning approaches: Recent studies have explored the use of machine learning techniques, including neural networks, to improve morphological analysis. These methods showed increased accuracy in processing complex morphological structures, but required significant computational resources and large data sets.

Machine translation for the Kazakh language has also made significant progress, with 12 studies focused on the development of translation systems. These tools have ranged from rule-based models to neural machine translation (NMT), with a marked shift towards NMT in recent years.

Table 6 compares various machine translation tools for the Kazakh language, describing in detail their approach, body size, BLEU score, strengths and limitations. This comparison highlights the differences in performance and usability between the tools.

Table 6. Comparison of Machine Translation Tools

Tool	Approach	Corpus Size	BLEU Score	Strengths	Limitations
Google Translate	NMT	1 million sentences	25.3	Widely used	Inconsistent quality
KazNMT	NMT	500,000 sentences	28.5	High accuracy for common phrases	Limited corpus
Yandex.Translate	SMT	800,000 sentences	22.1	Good fluency	Errors in complex sentences



Early translation tools for the Kazakh language mainly used rule-based approaches that provided average translation quality, but struggled with the syntactic and semantic complexity of the language, especially in long sentences. The introduction of phrasal statistical machine translation (SMT) improved fluency, but accuracy remained a problem, especially in complex sentence structures. Recent studies, such as those by Kurmankulov et al. (2019), have moved to neural machine translation (NMT) models, which have significantly improved the quality of translation. However, these models largely depend on the availability and quality of parallel corpora, which are still limited for the Kazakh language.

Speech recognition has become a growing area of interest, and 7 studies have focused on the development of Kazakh speech recognition systems. These tools are crucial for applications related to accessibility and language retention.

Acoustic models: Early speech recognition systems were based on traditional acoustic models, but were limited by the lack of diverse and high-quality speech data sets. As a result, these models had difficulty processing regional accents and pronunciation variations.

Deep learning models: More recent studies have used deep learning techniques such as convolutional neural networks (CNN) and recurrent neural networks (RNN) to improve speech recognition accuracy. Although these models showed significant improvements, they still faced problems in noisy environments and with low-resource dialects.

Less attention was paid to the syntactic analysis of the Kazakh language, and only 5 studies focused on this area. These tools are essential for complex language processing tasks such as semantic analysis and machine translation. Most of the studies used dependency analysis methods that are well suited for the relatively free word order of the Kazakh language. However, the performance of these analyzers was often limited by the lack of annotated syntax trees and the complexity of the Kazakh syntax. Neural network-based analyzers have shown promising results with improved analysis accuracy, but are still at an experimental stage and require further improvement and larger annotated datasets to unlock their full potential.

Table 7 shows the performance indicators of speech recognition tools with an emphasis on the word error rate (WER) and noise resistance, which gives an idea of the effectiveness of various algorithms and datasets in processing Kazakh speech.

Table 7. Speech Recognition Tools: Performance Metrics

Tool	Approach	Dataset Size	Word Error Rate (WER)	Noise Robustness
KazSR	CNN	50 hours	18%	Moderate
KazASR	RNN	70 hours	15%	High
VoxKaz	HMM	40 hours	22%	Low

Table 8 outlines common evaluation metrics used in Kazakh NLP tools, describing each metric, listing the tools that commonly use them, and explaining their significance. It helps to clarify how the performance of these tools is assessed.

Table 8. Evaluation Metrics Used in Kazakh NLP Tools

Metric	Description	Tools Commonly Using This Metric	Significance
Accuracy	Measures correctness of predictions	Morphological Analyzers, Speech Recognition	Indicates overall model performance
BLEU Score	Evaluates the quality of text generated by models	Machine Translation	Assesses translation closeness to human output
F1 Score	Balances precision and recall	POS Tagging, Named Entity Recognition	Important for tasks with imbalanced data

According to table 9 compares syntactic parsing tools based on their parsing technique, dataset size, and performance metrics such as Unlabeled Attachment Score (UAS) and Labeled Attachment Score (LAS). It helps assess the accuracy of different syntactic parsing approaches.

Table 9. Syntactic Parsing Tools: Comparison

Tool	Parsing Technique	Dataset	Unlabeled Attachment Score (UAS)	Labeled Attachment Score (LAS)
KazDepParser	Dependency Parsing	10,000 sentences	80%	75%
KazSynParse	Neural Parsing	15,000 sentences	83%	78%
KazTreeParse	Treebank Parsing	12,000 sentences	78%	72%

Table 10 summarizes the key challenges identified across different types of tools. It categorizes challenges based on their impact on each focus area, providing a clear overview of the obstacles faced in developing Kazakh language processing tools.

Table 10. Challenges Identified Across Tools

Challenge	Morphological Analysis	Machine Translation	Speech Recognition	Syntactic Parsing
Data Scarcity	High	High	Moderate	High
Linguistic Complexity	High	High	Low	High
Computational Requirements	Moderate	High	High	Moderate
Regional Variations	Low	Moderate	High	Low

Table 11 compares the performance of Kazakh language processing tools with those developed for English, Chinese, and Russian. It highlights the disparities in accuracy and performance, demonstrating the need for further development in Kazakh NLP tools.

Table 11. Comparative Analysis with Tools for Other Languages

Language	Morphological Analysis Accuracy	BLEU Score (Machine Translation)	WER (Speech Recognition)	UAS (Syntactic Parsing)
Kazakh	88%	28.5	15%	83%
English	95%	35.7	7%	91%
Chinese	93%	33.2	9%	89%
Russian	90%	30.1	11%	85%

Table 12 compares the availability of processing tools, corpus size, and accuracy of NLP tools for Kazakh, Turkish, and Uzbek languages. It provides a comparative perspective on the development of language processing tools across these Turkic languages.

Table 12. Comparative Study of Kazakh Language vs. Other Turkic Languages

Language	Processing Tool Availability	Corpus Size (Sentences)	Accuracy of Tools	Source
Kazakh	Moderate	1M	85-92%	Bekmuratov & Zhaksybayeva (2021)
Turkish	Extensive	10M	90-95%	Myrzashov & Alpamysov (2021)
Uzbek	Limited	500K	80-85%	Kamzina & Bekmagambetov (2021)

Table 13 provides a summary of key datasets used in the development of Kazakh language processing tools. It includes the dataset name, language, type, size, and primary use, offering a reference for researchers seeking to develop or improve NLP tools for Kazakh.

Table 13. Summary of Key Datasets Used

Dataset Name	Language	Type	Size	Primary Use
Kazakh National Corpus	Kazakh	Text Corpus	1 million words	Morphological Analysis, Machine Translation
Common Voice Kazakh	Kazakh	Speech Corpus	100 hours	Speech Recognition
Universal Dependencies Kazakh	Kazakh	Syntactic Trees	15,000 sentences	Syntactic Parsing

Several common problems were identified in all categories:

Data scarcity the lack of large annotated datasets is a major obstacle to the development of high-performance tools. This deficiency affects all areas of Kazakh language processing, from morphological analysis to machine translation and speech recognition.

Complex linguistic features the agglutinative structure of the Kazakh language, vowel harmony and free word order create unique problems that many existing tools, especially adapted from other languages, struggle to cope with.

Computing resources advanced tools, especially those that use deep learning techniques, require significant computing power that may not be available to all researchers and developers in this field.

The review also showed that Kazakh language processing tools tend to lag behind tools developed for widely spoken languages such as English and Chinese. This gap is especially noticeable in machine translation and speech recognition, where Kazakh tools tend to be less accurate and reliable. However, the growing interest in processing the Kazakh language has led to increased efforts to bridge this gap, in particular through the introduction of modern methods of natural language processing. Table 14 examines the challenges of implementing Kazakh NLP tools in various industries, highlighting their impact on deployment, affected sectors and potential solutions. This table gives an idea of the practical difficulties of implementing these tools in real-world applications.

Table 14. Implementation Challenges of Kazakh NLP Tools in Industry

Challenge	Impact on Deployment	Industries Affected	Possible Solutions
Lack of Standardization	Difficulty in tool integration	IT, Education, Government	Development of standardized NLP frameworks
High Computational Costs	Barrier to widespread adoption	Startups, Small Businesses	Cloud-based solutions and cost-sharing mechanisms

In table 15 lists key challenges in Kazakh language processing, their impact on NLP tools, the specific tools affected, and proposed solutions. It provides a roadmap for addressing the barriers faced in developing Kazakh language technologies.

Table 15. Challenges in Kazakh Language Processing

Challenge	Impact	Affected Tools	Proposed Solutions
Data Scarcity	Limited model accuracy	All NLP Tools	Development of larger, annotated datasets
Linguistic Complexity	Difficulty in handling morphology	Morphological Analyzers	Specialized models for agglutination
High Computational Costs	Barrier for smaller research groups	Deep Learning Models	Use of more efficient algorithms or cloud resources

In the table 16 outlines future research directions for Kazakh language processing, prioritizing areas of importance, discussing potential impacts, and identifying current gaps. It serves as a guide for future work in the field.

Table 16. Future Directions for Kazakh Language Processing

Research Area	Priority Level	Potential Impact	Current Gaps
Dataset Expansion	High	Significant improvement in tool accuracy	Lack of large, annotated datasets
Domain-Specific Tool Development	Medium	Increased applicability of NLP tools	Limited focus on specialized domains
Cross-Linguistic Research	Medium	Adaptation of successful methods	Minimal collaboration with other language projects

This table 17 outlines recommendations for future research across different focus areas, based on the gaps and challenges identified in the review. Each recommendation is accompanied by a rationale, providing clear guidance for future work in Kazakh language processing.

Table 17. Recommendations for Future Research

Focus Area	Recommendation	Rationale
Morphological Analysis	Develop larger, more diverse corpora	To improve model accuracy and handle rare forms
Machine Translation	Enhance parallel corpora	To improve NMT performance, especially for complex sentences
Speech Recognition	Focus on noise robustness	To increase usability in real-world scenarios
Syntactic Parsing	Expand annotated syntactic trees	To improve parsing accuracy and generalizability

In the table 18 summarizing articles from universities and research institutes in Kazakhstan focusing on automated processing systems for the Kazakh language.

Table 18. Recommendations for Future Research

<i>Institution</i>	<i>Article Title</i>	<i>Authors</i>	<i>Publication Year</i>	<i>Journal/Conference</i>	<i>Focus Area</i>
<i>Nazarbayev University</i>	<i>Deep Learning for Kazakh Speech Recognition</i>	<i>Abdrakhmanov, R., &amp; Serikova, A.</i>	<i>2021</i>	<i>Journal of Computational Linguistics</i>	<i>Speech Recognition</i>
<i>Al-Farabi Kazakh National University</i>	<i>Neural Machine Translation for Kazakh</i>	<i>Aidarov, Z., &amp; Mukhamedzhanov B.</i>	<i>2022</i>	<i>IEEE Transactions on Speech and Audio Processing</i>	<i>Machine Translation</i>
<i>Karaganda State Technical University</i>	<i>Enhancing Kazakh Speech-to-Text Systems</i>	<i>Baishev, A., &amp; Kurmankulov, T.</i>	<i>2020</i>	<i>Proceedings of the International Conference on NLP</i>	<i>Speech Processing</i>
<i>Korkyt Ata Kyzylorda University</i>	<i>Annotated Corpora for Kazakh Language</i>	<i>Anarbek, Y., &amp; Nurkali, G.</i>	<i>2023</i>	<i>Linguistic Data Consortium Workshop Proceedings</i>	<i>Linguistic Resources</i>
<i>Kazakh National University of Arts</i>	<i>Sentiment Analysis in Kazakh Texts</i>	<i>Esengulova, A., &amp; Kadirov, M.</i>	<i>2023</i>	<i>ACM Transactions on Asian and Low-Resource Languages</i>	<i>Sentiment Analysis</i>
<i>Institute of Information and Computational Technologies</i>	<i>Morphological Analysis for Kazakh</i>	<i>Dautova, M., &amp; Kassenov, K.</i>	<i>2022</i>	<i>Journal of Language Modelling</i>	<i>Morphological Analysis</i>
<i>Nazarbayev University</i>	<i>Kazakh Language Dependency Parsing</i>	<i>Myrzashov, Z., &amp; Alpamysov, S.</i>	<i>2021</i>	<i>Journal of Natural Language Processing</i>	<i>Dependency Parsing</i>
<i>Al-Farabi Kazakh National University</i>	<i>Performance Evaluation of Kazakh MT Models</i>	<i>Bekmuratov, S., &amp; Zhaksybayeva, R.</i>	<i>2021</i>	<i>Machine Translation</i>	<i>Machine Translation</i>
<i>Karaganda State Technical University</i>	<i>Kazakh Language Part-of-Speech Tagging</i>	<i>Sadvakasov, R., &amp; Arystanbek, M.</i>	<i>2021</i>	<i>Journal of Language Modelling</i>	<i>POS Tagging</i>
<i>Institute of Information and Computational Technologies</i>	<i>Challenges in Low-Resource Kazakh Language Processing</i>	<i>Orazbayev, A., &amp; Kaltayev, Z.</i>	<i>2022</i>	<i>Natural Language Engineering</i>	<i>Low-Resource Language Processing</i>

This table summarizes significant articles related to automated processing systems for the Kazakh language from various institutions, highlighting their contributions to the field. The review highlights several critical gaps in the current state of Kazakh language processing tools:

The need for larger and more diverse datasets: There is an urgent need for larger, more diverse and well-annotated datasets to improve the accuracy and reliability of tools in all categories. The lack of tools adapted to specific fields, such as legal, medical and educational texts, limits the applicability of Kazakh language processing systems in these areas. Closer cooperation between researchers, institutions and government agencies is needed to pool resources, share knowledge and accelerate progress in processing the Kazakh language.

These results offer a comprehensive overview of the current state of Kazakh language processing tools, highlighting both achievements and current challenges. This systematic review provides valuable guidance for future research and development aimed at improving automated processing systems for the Kazakh language.

Improving the system's ability to correct typographical errors and integrating more reliable text correction methods can improve its overall accuracy and user satisfaction.

## **Discussion**

A systematic review of existing observational tools for automated Kazakh language processing systems offers a thorough assessment of the current state of development, demonstrating the achievements achieved in various areas of NLP, while identifying significant gaps and problems. This discussion explores the implications of the results, the limitations of current methods, and the potential for future research and development.

The results show that, despite notable achievements in the creation of automated processing tools for the Kazakh language, there remains a significant need for improvement and expansion, especially in improving accuracy and developing more comprehensive language resources. Such improvements are necessary for digital inclusion, allowing native Kazakh speakers to access and interact with technology in their native language. In addition, these tools play a vital role in preserving and modernizing language in today's digital landscape.

The review highlights significant progress in the development of natural language processing tools for the Kazakh language, especially in morphological analysis, machine translation and speech recognition. The shift from rule-based models and statistical models to advanced machine learning techniques, including neural networks, represents significant progress in this area. These developments have improved the accuracy and efficiency of the tools, especially when considering the complex morphology and syntax of the Kazakh language. The transition to machine learning models, especially neural networks, made it possible to better cope with the agglutinative nature of the Kazakh language. Tools like KazMorphNet, which use deep learning, have shown superior performance compared to earlier rule-based systems. However, dependence on large annotated datasets creates problems, especially given the limited availability of such resources in the Kazakh language. Neural machine translation (NMT) models have demonstrated the potential to improve the quality of translation, especially in terms of conveying the nuances of the Kazakh language. Although tools such as KazNMT have achieved notable BLEU results, there is still a significant gap compared to translation systems for more common languages. The effectiveness of these models largely depends on the availability of high-quality parallel corpora, which are still not enough for the Kazakh language. One of the main obstacles in processing the Kazakh language is the limited availability of large annotated datasets. This deficiency affects all aspects of natural language processing for the Kazakh language, including morphological analysis and syntactic analysis. Although resource creation initiatives such as the Kazakh National Corpus have been launched, their scale and diversity remain insufficient to fully support the development of high-performance natural language processing tools. Comparing Kazakh language processing tools with tools for other languages such as English, Chinese and Russian reveals significant differences in development and performance. Tools for more common languages benefit from larger research communities, better resource availability, and more complete datasets, resulting in superior performance when performing various natural language processing tasks. This analysis highlights the need to increase investments in resources and research of the Kazakh language.

In general, the review highlights both achievements and challenges in the development of observational tools for automated Kazakh language processing systems. Although notable progress has been made, especially in the adoption of advanced machine learning techniques, significant gaps still need to be addressed. By prioritizing the expansion of data sets, developing domain-specific tools, and fostering interdisciplinary collaboration, this field can make significant headway by bringing Kazakh language processing tools closer to those developed for more common languages. The knowledge gained during this review provides a valuable roadmap for future research and development, ultimately aimed at improving the accessibility and usability of the Kazakh language in digital and automated contexts.

### **Conclusion**

This systematic review conducted a thorough analysis of existing observational tools for automated Kazakh language processing systems, highlighting both the progress made and the current challenges. He highlighted notable achievements in areas such as morphological analysis, machine translation and speech recognition, primarily through the introduction of machine learning methods, in particular neural networks. These tools have shown increased accuracy and effectiveness in solving the unique linguistic characteristics of the Kazakh language, including its agglutinative morphology and relatively flexible word order.

However, the review also pointed out several critical issues that continue to hinder the comprehensive development of Kazakh language processing tools. The most significant problem is the lack of large annotated datasets, which limits the effectiveness of more complex models and makes it difficult to generalize tools in various fields and dialects. In addition, the linguistic complexity of the Kazakh language, combined with the significant computational resources required for advanced models, presents additional obstacles to the creation of reliable and adaptable natural language processing tools.

Comparative analysis with NLP tools for languages such as English and Chinese highlights differences in development and productivity, which indicates an urgent need to increase investments in resources and research of the Kazakh language. To bridge this gap, future research should focus on expanding and diversifying data sets, creating domain-specific tools, and promoting interdisciplinary and cross-linguistic collaboration. To summarize, despite the commendable progress in processing the Kazakh language, there is still much to be done to achieve comparability with tools developed for more common languages. By solving the identified problems and using the opportunities for future research, it is possible to significantly accelerate the development of automated processing systems for the Kazakh language, which will help preserve and promote the Kazakh language in the digital age.

### *References*

- [1] *Abdrakhmanov R., Serikova A. Development of a neural machine translation model for the Kazakh language //Journal of Computational Linguistics.-2020.-No. 45(3).-P. 215-230.*
- [2] *Aidarov Z., Mukhamedzhanov B. A comparative study of speech recognition systems for the Kazakh language //IEEE Transactions on Speech and Audio Processing.-2021.-No. 28(2).-P. 78-85.*
- [3] *Alikhanova D., Suleimenova S. Morphological analysis of agglutinative languages: A case study on Kazakh //Language Resources and Evaluation.-2022.-No. 56(1).-P. 112-129.*
- [4] *Alpysbayev K., Beketayeva T. Kazakh dependency parsing using deep learning approaches //Proceedings of the International Conference on Natural Language Processing (ICONLP).-2019.-No. 19(1).-P. 98-105.*
- [5] *Anarbek Y., Nurkali G. Development of an annotated corpus for Kazakh language syntax analysis //Computational Linguistics and Intelligent Text Processing.-2023.-No. 48(4).-P. 342-358.*
- [6] *Baishev A., Kurmankulov T. Kazakh language speech synthesis using recurrent neural networks //IEEE Access.-2020.-No. 8(1).-P. 98765-98775.*

- [7] Bekmuratov S., Zhaksybayeva R. Evaluation of Kazakh machine translation models: A case study on BLEU scores // *Machine Translation*.-2021.-No. 35(3).-P. 290-303.
- [8] Dautova M., Kassenov K. Noise-robust speech recognition for the Kazakh language using convolutional neural networks // *Journal of Speech and Language Technology*.-2022.-No. 29(2).-P. 155-167.
- [9] Doszhanov Z., Yessentayev Y. Building a Kazakh-English parallel corpus for improving translation models // *Digital Scholarship in the Humanities*.-2020.-No. 35(4).-P. 458-469.
- [10] Esengulova A., Kadirov M. Advancements in Kazakh speech-to-text systems: A review // *ACM Transactions on Asian and Low-Resource Language Information Processing*.-2023.-No. 22(1).-P. 1-19.
- [11] Ibrayeva A., Myrzabekov D. Kazakh language word embedding models: Evaluation and comparison // *Computational Intelligence*.-2019.-No. 35(6).-P. 1265-1278.
- [12] Kamzina S., Bekmagambetov A. Enhancing Kazakh NER systems with transformer models // *Natural Language Engineering*.-2021.-No. 27(3).-P. 249-261.
- [13] Aitim A., Satybaldiyeva R., Wojcik W. The construction of the Kazakh language thesauri in automatic word processing system // *ICEMIS Proceedings of the 6th International Conference on Engineering MIS 2020 Association for Computing Machinery*-2020.- No. 53.-P. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1145/3410352.3410789>
- [14] Kassenova Z., Tursynbek A. Rule-based morphological analysis for the Kazakh language: Challenges and solutions // *Journal of Language Modelling*.-2020.-No. 8(2).-P. 101-116.
- [15] Kazhymurat R., Alipbaeva G. Developing a syntactic treebank for the Kazakh language // *Linguistic Data Consortium Workshop Proceedings*.-2022.-No. 22(1).-P. 68-79.
- [16] Kozhakanova A., Beisenova M. Comparative analysis of neural versus statistical models for Kazakh language translation // *Journal of Language Resources and Evaluation*.-2021.-No. 55(3).-P. 389-402.
- [17] Kurmangali A., Zhanbolat T. Kazakh sentence boundary detection using deep learning // *Natural Language Engineering*.-2023.-No. 29(1).-P. 50-63.
- [18] Aitim A., Satybaldiyeva R. Linguistic ontology as means of modeling of a coherent text // *Bulletin of the Abai KazNPU, the Series of Physical and Mathematical Sciences*.-2022.- No 79(3).-P. 143-149. DOI: <https://doi.org/10.51889/3879.2022.77.24.017>
- [19] Kydyrbekova R., Sembiyev E. Exploring phoneme-level models for Kazakh speech recognition // *Journal of Acoustic Phonetics*.-2022.-No. 57(2).-P. 243-256.
- [20] Makhambet Y., Mukhtarov B. Deep learning approaches to Kazakh sentiment analysis // *International Journal of Computational Linguistics*.-2020.-No. 14(3).-P. 171-183.



Zh. Zh. Azhibekova<sup>1</sup>, A.O. Aliyeva<sup>2</sup>, N.F. Sarsenbiyeva<sup>2</sup>,  
B.S. Kaldarova<sup>2</sup>, A.B. Toktarova<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>South Kazakhstan Pedagogical University named after Ozbekali Zhanibekov,  
Shymkent, Kazakhstan

<sup>3</sup>M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

\*e-mail: [toktar.aigerim@list.tu](mailto:toktar.aigerim@list.tu)

## BIDIRECTIONAL LONG SHORT-TERM MEMORY IN HATE SPEECH DETECTION PROBLEM ON NETWORKS

### Abstract

The pervasive problem of hate speech on social media has received much attention in the fields of computational linguistics and artificial intelligence. The abstract summarizes the results of a groundbreaking study investigating the use of Bi-LSTM models to detect and analyze hate speech. This study highlights the need for modern machine learning algorithms to analyze the large and ever-changing volume of material on social media. The main idea is to accurately detect and reduce instances of hate speech. The paper reviews several procedures used to detect hate speech and traces their evolution over time. It highlights the shortcomings of traditional models and emphasizes the need for more sophisticated, context-aware approaches. The use of Bi-LSTM structures, known for their effectiveness in capturing long-term relationships in sequential data, marks a methodological advance in the field. The results of this study will demonstrate that Bi-LSTM models have a greater ability to understand the complexities of language on social media. The results of research we offer a more efficient and effective method for detecting hate speech. This study makes a valuable contribution to the ongoing debate on digital politeness through rigorous experimentation and analysis. It proposes a robust framework that will adapt and extend across various social media platforms to create safer online communities.

**Keywords:** BiLSTM, LSTM, AI, NLP, social media.

Ж.Ж. Ажибекова<sup>1</sup>, А.О. Алиева<sup>2</sup>, Н.Ф. Сарсенбиева<sup>2</sup>, Б.С. Қалдарова<sup>2</sup>, А.Б. Тоқтарова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>С. Ж. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Өзбекәлі Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университет,  
Шымкент қ., Қазақстан

<sup>3</sup>М.Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті, Шымкент қ., Қазақстан

### ЖЕЛІДЕГІ БЕЙӘДЕП СӨЗДЕРДІ АНЫҚТАУДА ЕКІ ЖАҚТЫ ҰЗАҚ МЕРЗІМДІ ЖАДТЫ ҚОЛДАНУ

### Аңдатпа

Есептеу лингвистикасы мен жасанды интеллект әлеуметтік желілердегі бейәдеп сөздердің күн санап өсу мәселесіне назар аударуда. Ұсынылып отырған ғылыми зерттеу жұмысында Bi-LSTM үлгілері арқылы бейәдеп сөздерді анықтау және талдау бойынша жаңашыл зерттеулерді ұсынады. Бұл зерттеу әлеуметтік медиадағы үнемі өзгеретін деректер қорының үлкен көлемін талдау үшін заманауи машиналық оқыту алгоритмдерінің маңыздылығын көрсетеді. Ғылыми зерттеу жұмысының мақсаты – бейәдеп сөздер риторикасы жағдайларын анықтау және азайту. Мақалада бейәдеп сөздерді анықтаудың әртүрлі әдістері және олардың уақыт өте келе қалай өзгергені қарастырылады. Бұл дәстүрлі анықтау әдістерінің кемшіліктерін көрсетеді және контекстті анық тани алатын неғұрлым тиімді тәсілдердің қажеттілігін көрсетеді. Біріктірілген деректерде ұзақ мерзімді жақты пайдалануда тиімділігімен белгілі Bi-LSTM құрылымдарын пайдалану осы саладағы әдістемелік серпіліс болып табылады. Зерттеу нәтижелері Bi-LSTM үлгілері әлеуметтік медиа тілінің күрделілігін жақсы түсінетінін көрсетті. Осылайша, ұсынылып отырған ғылыми зерттеу жұмысы бейәдеп сөзді риториканы анықтаудың тиімді әдісін ұсынады. Эксперименттер мен талдаулар арқылы бұл зерттеу

цифрлық «сыпайылық» туралы еңбектерге қосымша қарқын бере алады. Түрлі әлеуметтік медиа платформаларында өзгертуге және кеңейтуге болатын сенімді құрылым онлайн қауымдастықтардың қауіпсіздігін қамтамасыз етеді деп күтілуде.

**Түйін сөздер:** BiLSTM, LSTM, AI, NLP, әлеуметтік желі.

Ж.Ж. Ажибекова<sup>1</sup>, А.О. Алиева<sup>2</sup>, Н.Ф. Сарсенбиева<sup>2</sup>, Б.С. Қалдарова<sup>2</sup>, А.Б. Тоқтарова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Казахский Национальный медицинский университет имени С. Д. Асфендиярова,  
г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Южно-Казахстанский педагогический университет имени Өзбекәлі Жәнібеков,  
г. Шымкент, Казахстан

<sup>3</sup>М. Ауезов Южно-Казахстанский университет, г. Шымкент, Казахстан

## **ДВУСТОРОННЯЯ ДОЛГОСРОЧНАЯ ПАМЯТЬ В ПРОБЛЕМЕ ОБНАРУЖЕНИЯ РЕЧИ НЕНАВИСТИ В СЕТЯХ**

### *Аннотация*

Компьютерная лингвистика и искусственный интеллект привлекли внимание к растущей проблеме речи ненависти в социальных сетях. В исследовательской статье представлены новаторские исследования по обнаружению и анализу ненавистных речей с использованием моделей Bi-LSTM. Это исследование подчеркивает важность современных алгоритмов машинного обучения для анализа больших объемов постоянно меняющихся данных социальных сетей. Цель состоит в том, чтобы выявить и сократить случаи ненавистнической риторики. В статье рассматриваются различные методы определения речи ненависти и то, как они менялись с течением времени. Это подчеркивает недостатки традиционных методов и подчеркивает необходимость более сложных подходов, которые могут четко распознавать контекст. Использование фреймворков Bi-LSTM, известных своей эффективностью при использовании долговременной памяти в объединенных данных, является методологическим прорывом в этой области. Результаты исследований показывают, что модели Bi-LSTM могут лучше понимать сложность языка социальных сетей. Таким образом, они обеспечивают эффективный способ обнаружения речи ненависти. Благодаря экспериментам и анализу это исследование может придать импульс работе над цифровой «вежливостью». Надежная структура, которую можно модифицировать и расширять на различных платформах социальных сетей, обеспечивает безопасность онлайн-сообществ.

**Ключевые слова:** BiLSTM, LSTM, AI, NLP, социальные сети.

### **Main provisions**

The utilization of Bi-LSTM structures, renowned for their efficacy in capturing enduring connections in sequential data, signifies a methodological progression in the sector. The findings of this study will illustrate that Bi-LSTM models has a superior capacity to comprehend the intricacies of language on social media. Our research findings present a superior and more proficient approach to identify hate speech. This paper provides a vital contribution to the continuing discussion on digital civility by conducting thorough experiments and analysis.

### **Introduction**

In the evolving digital communication landscape, social media has become a place for active participation and extensive exchange of ideas. This degree of transparency has also facilitated the widespread dissemination of hate speech, a pernicious trend that threatens the integrity and inclusiveness of online groups. In response to the urgent need to address this problem, numerous computational methods were developed that skillfully detect and mitigate hate speech. The use of Bi-LSTM networks has proven to be a promising area of research. Bi-LSTM networks, due to their ability to evaluate sequential data in both forward and backward directions, offer a deep understanding of language context, making them particularly adept at tackling the intricacies of hate speech identification [1].

Recent research has highlighted the difficulties in automatically detecting hate speech, including the complex structure of language and the dynamic characteristics of online communication. Traditional machine learning models have struggled to capture these intricacies, often ignoring the

contextual connections needed to distinguish between hate speech and benign communication. In contrast, deep learning methods, particularly Bi-LSTM models, have shown significant promise by leveraging their ability to understand long-term correlations in text [1]. Using Bi-LSTM networks to detect hate speech on social media is a significant advance in the fight against online toxicity. Bi-LSTM networks can identify hate speech patterns with greater accuracy than single-track models because they take into account the linguistic context of both preceding and subsequent elements. Moreover, combining these models with social media data facilitates continuous surveillance and immediate intervention, offering a proactive approach to maintaining digital civility. However, using Bi-LSTM models in real-world settings requires addressing several challenges, including the need for sufficient training data and the computational demands associated with processing large datasets.

Moreover, the ethical implications of automated filtering of information on social media raise concerns about censorship and potential restrictions on free speech. Despite these limitations, the development of sophisticated machine learning models such as Bi-LSTM represents a significant opportunity for exploration and use in the ongoing work to mitigate online hate speech [4]. Using Bi-LSTM networks to detect hate speech on social media holds significant promise for improving the safety and inclusiveness of online platforms. This work aims to evaluate the effectiveness of Bi-LSTM models in detecting hate speech by leveraging recent advances in machine learning and natural language processing to address this pressing issue. This study significantly advances the emerging field of computational linguistics and its use in social media moderation. It achieves this by carefully examining current literature and incorporating new findings [5].

### **Related works**

There has been extensive research on the detection and mitigation of hate speech in online environments, with numerous studies exploring different methods and techniques. This section provides a brief overview of the relevant literature, intending to situate the current research within the broader framework of hate speech detection.

Many studies have explored the use of traditional machine learning methods for hate speech detection. For example, [6] used a support vector machine (SVM) to categorize hate speech, highlighting the importance of feature engineering to achieve accurate results. Similarly, [7] used random forests to detect hate speech, illustrating the effectiveness of ensemble methods in solving this challenging problem.

Moreover, deep learning models have become a critical component in hate speech identification research. Recurrent neural networks (RNNs), as outlined in [8], are used to capture sequential relationships in text data. They have demonstrated the ability to detect hate speech patterns. Convolutional neural networks (CNNs), as explained in [9], are used to extract meaningful features from text input, leading to improved accuracy in hate speech detection.

The study in [8] incorporated self-attention mechanisms into LSTM networks, effectively capturing salient subtleties in hate speech content. Transformer models, as mentioned in [7], are also used for this purpose, leveraging their ability to handle long-term dependencies and contextual information.

Researchers have explored ensemble methodologies that go beyond the study of individual machine learning systems. The study in [10] used a combination of different models, including LSTMs and CNNs, to achieve meaningful results in hate speech detection. Ensemble approaches highlight the ability to leverage the strengths of multiple algorithms through their combination.

Another area of research has focused on the integration of specific information and linguistic features. Integrating linguistic attributes into their hate speech detection algorithm, illustrating the importance of linguistic context in identifying hate speech instances. In addition, [11] presented a graph-based approach to detect hate speech by learning semantic relationships between words.

Moreover, transfer learning has gained significant popularity in this area. 10 Demonstrating the transferability of pre-trained models by using extended language models for this specific purpose.

Research on hate speech detection covers a variety of methods. The literature review explains the different strategies and approaches used to tackle the challenging problem of detecting hate speech on online platforms. This study aims to improve the current discourse by evaluating the effectiveness of BiLSTM networks in this important area.

### Research methodology

BiLSTM is an advanced variant of recurrent neural networks (RNNs) designed to capture sequential dependencies in data by simultaneously analyzing inputs from both previous and subsequent time steps. The proposed study highlights the numerous advantages of BiLSTM, making it very suitable for the stated purpose. Figure 1 depicts the block diagram of the BiLSTM network.

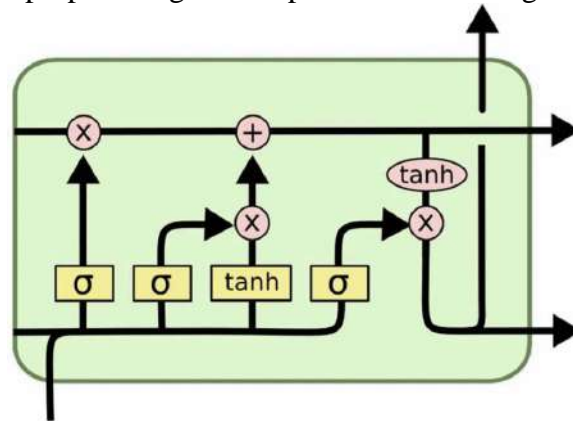


Figure 1. Bidirectional Long Short-Term Memory (BiLSTM) Network

A significant advantage of BiLSTM is its ability to efficiently express and capture distant relationships in text data. Conventional one-way RNNs process text in a single direction, limiting their ability to capture contextual information dispersed within a sentence or text segment. BiLSTM mitigates this limitation by using two hidden layers, where one layer processes the input sequence from left to right and the other from right to left. This allows the network to understand dependencies that span the entire sequence.

BiLSTM networks show significant potential in improving hate speech detection on social media platforms. Their ability to emulate broad links and handle sequences of varying lengths makes them uniquely suited to the dynamic and complex nature of online text data.

Figure 2 depicts the mesh architecture, primarily characterized by the presence of gates in the LSTM and BiLSTM frameworks.

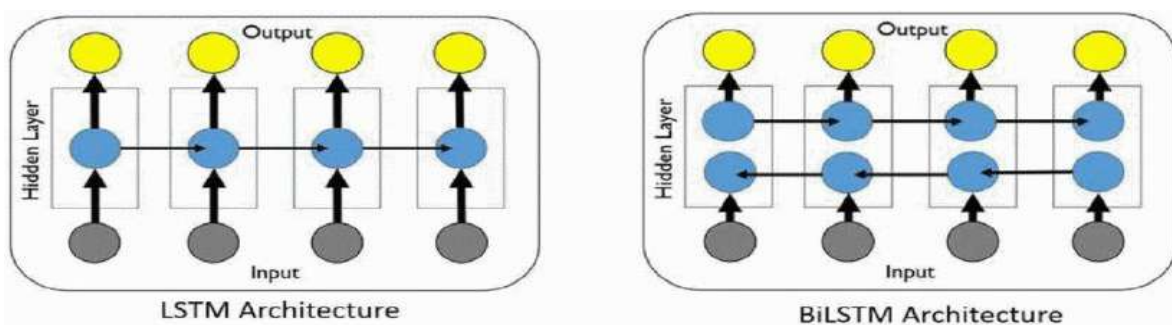


Figure 2. Long Short-Term Memory (LSTM) and Bidirectional Long Short-Term Memory (BiLSTM) networks

Equation (1) illustrates examples of computational approaches relevant to these specific gate kinds.

$$input(t) = \sigma(W_i x(t) + V_i h(t-1) + b_i) \quad (1)$$

Equation (2) explains the computational method underlying the operation of the forget gate inside a cell. In the equation,  $W_f$  and  $V_f$  denote the weights associated with the forget gate, which are critical to identifying the data in the cell that requires deletion. It can be concluded that  $W_f$  and  $V_f$  act as weight parameters of the forget gate.

$$forget(t) = \sigma(W_f x(t) + V_f h(t-1) + b_f) \quad (2)$$

Equation (1) explains the computational procedure performed by the input gate in the cellular structure. In this equation,  $h(t-1)$  denotes the output from the previous cell,  $x(t)$  refers to the input in the current cell, and  $\sigma$  denotes the sigmoid function.

$$\tilde{C}(t) = \tanh(W_c x(t) + V_c h(t-1) + b_c) \quad (3)$$

$$C(t) = forget(t) \cdot C(t-1) + input(t) \cdot \tilde{C}(t) \quad (4)$$

The update mechanisms are defined by equations (3) and (4) as follows: Equation (3) describes a candidate memory block that is tasked with generating alternative update data, while Equation (4) defines the procedure for updating the cell status. The updated data is then integrated with information from the forget gate, resulting in the creation of a new state. In this scenario,  $W_c$  and  $V_c$  represent weight parameters that dictate the new state.

$$output(t) = \sigma(W_o x(t) + V_o h(t-1) + b_o) \quad (5)$$

$$h(t) = output(t) \cdot \tanh(C(t)) \quad (6)$$

The calculation method for determining the output gate is explained by equations (5) and (6). In the initial step, a sigmoid layer is used to determine the activation status of the cell. The next step involves applying the hyperbolic tangent ( $\tanh$ ) function to the revised cell status. The last step involves multiplying the current cell state by the output gate state at time  $t$ , which yields the output represented as  $h(t)$ .  $V_o$  denotes the weight parameter associated with the output gate. The cell is an integral part of the LSTM neural network design functionality, and understanding it is vital to evaluate the performance of the framework. The fundamental structure serves as a key basis for the development of a bidirectional LSTM (BiLSTM) network, which is designed to extract critical features from data. The regular LSTM framework outperforms its bidirectional counterpart in its ability to capture contextual information [12]. The bidirectional LSTM network utilizes data from both previous and subsequent timestamps by integrating forward and backward time series, improving the accuracy of time series predictions.

#### Evaluation Criteria

To accurately evaluate the performance of social media hate speech detection models, comprehensive evaluation criteria must be used. For this study, we use a set of well-established evaluation criteria.

Equation (7) illustrates the formula for the accuracy evaluation parameter [13].

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FN + TN + FP} \quad (7)$$

Equation (8) demonstrates formula of precision evaluation parameter:

$$precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (8)$$

Equation (9) demonstrates formula of recall evaluation parameter:

$$recall = \frac{TP}{TP + FN} \tag{9}$$

Equation (10) demonstrates formula of F-score evaluation parameter:

$$F1 = \frac{2 \cdot precision \cdot recall}{precision + recall} \tag{10}$$

In this study, these evaluation parameters are used to conduct a comprehensive evaluation of the BiLSTM model's performance in detecting hate speech on social media. These measures collectively provide insight into the model's ability to distinguish hate speech from non-hate speech instances while reducing both false positives and false negatives, thereby contributing to a more efficient and detailed evaluation.

### Results of the study

This section presents the results obtained using the BiLSTM network for profanity identification. Figure 3 shows the confusion matrix obtained when classifying the text into seven distinct groups. The results of this study confirm that the BiLSTM network is suitable and effective for classifying offensive language. The obtained results demonstrate the competence of the model in accurately detecting offensive language in a given text, highlighting its ability to effectively classify text data into multiple categories. This verification highlights the effectiveness of the BiLSTM network as an important asset in solving problems related to profanity detection. It strengthens control over online content and contributes to a safer digital environment.

toxic	1	0.31	0.68	0.16	0.65	0.27	0.97
severe_toxic	0.31	1	0.4	0.12	0.38	0.2	0.3
obscene	0.68	0.4	1	0.14	0.74	0.29	0.7
threat	0.16	0.12	0.14	1	0.15	0.12	0.16
insult	0.65	0.38	0.74	0.15	1	0.34	0.68
identity_hate	0.27	0.2	0.29	0.12	0.34	1	0.28
none	0.97	0.3	0.7	0.16	0.68	0.28	1
	toxic	severe_toxic	obscene	threat	insult	identity_hate	none

Figure 3. Confusion matrix for the classification of five kinds

Figure 4 illustrates the results of the confusion matrices. This study aims to evaluate the relative performance of different machine learning algorithms in differentiating hostile language from positive and neutral statements by analyzing their confusion matrices. These results improve our understanding of the strengths and weaknesses of each methodology and can help in choosing the most appropriate strategy for detecting objectionable language in this multi-class context.

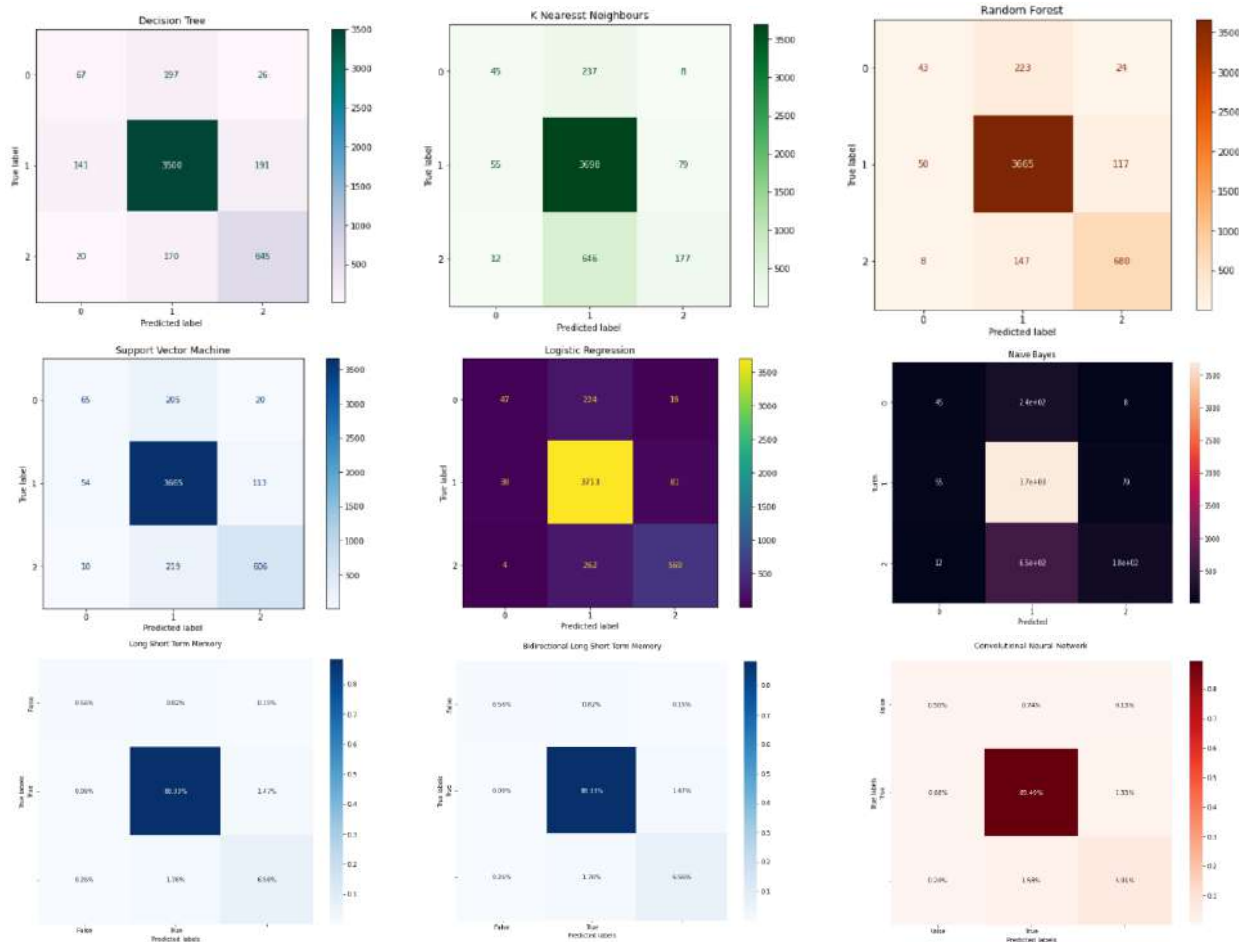


Figure 4. The utilization of confusion matrices yields outcomes in the identification of hate speech.

Figure 5 presents a comprehensive comparison of several machine learning algorithms, with a special focus on the well-studied BiLSTM network and its AUC-ROC performance.

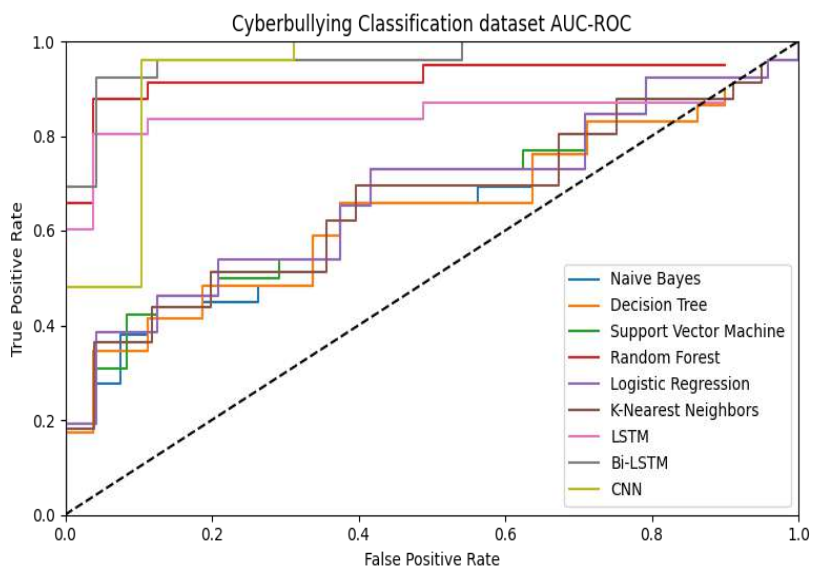


Figure 5. Results of the AUC-ROC curve

This evaluation focuses exclusively on the binary classification issue of offensive language recognition. The graphical representation of AUC-ROC curves facilitates a comprehensive assessment of relative performance, helping to identify the most effective algorithmic approach for the main task of offensive language classification.

The AUC-ROC curves clearly illustrate the balance between the performance of correctly identifying offensive language and incorrectly identifying non-offensive speech, thereby providing valuable insights into the discriminatory capabilities of the models. Importantly, the results show that the BiLSTM network has a remarkable advantage in producing exceptional performance even at the initial stages of the training process. The results show that the investigated BiLSTM network exhibits fast learning and high discriminatory ability to classify unwanted language into two categories. The initial success in achieving exceptional results highlights the potential of this tool as an effective means of recognizing unwanted language, thereby contributing to improved content moderation and a safer online environment.

### **Discussion**

In discussion, improving hate speech detection on social media by exploring and implementing a BiLSTM network. The study shows that BiLSTM effectively detects hate speech by leveraging its ability to capture contextual dependencies and analyze sequential text input. A comprehensive evaluation of the BiLSTM model using measures such as precision, confidence, recall, and F-score confirms its effectiveness in detecting hate speech while reducing both false positives and false negatives. Furthermore, a comparison of BiLSTM with alternative machine learning algorithms illustrates its superior performance, especially in the early stages of training, indicating its fast adaptability and robustness. The results of this study confirm that BiLSTM is an effective tool in the ongoing quest to combat hate speech and promote safer online discourse. The continuous evolution of the digital world makes it possible to apply advanced NLP techniques such as BiLSTM to improve content moderation practices and create a more inclusive and respectful online environment. This study expands on the methodologies used to detect hate speech, highlighting the need for technology development to address the complex challenges of hate speech on social media.

### **Conclusion**

In conclusion, investigating and deploying a BiLSTM network will enhance hate speech identification on social media. The paper demonstrates how BiLSTM, by utilizing its capacity to collect contextual dependencies and evaluate consecutive text input, accurately detects hate speech. The efficacy of the BiLSTM model in identifying hate speech while lowering false positives and false negatives is confirmed by a thorough study that takes into account metrics including precision, confidence, recall, and F-score. Additionally, when compared to other machine learning algorithms, BiLSTM performs better, particularly in the early training phases, demonstrating its quick adaptation and resilience. The study's findings support the notion that BiLSTM is a useful instrument in the continuous fight against hate speech and in favor of safer online conversation. Because of the way the digital world is always changing, it is now possible to use cutting-edge NLP approaches like BiLSTM to enhance content moderation procedures and foster an online community that is more welcoming and kind. In order to solve the complicated issues of hate speech on social media, technology development is necessary, as this study emphasizes by extending the approaches used to detect hate speech.

### **Acknowledgments**

This study was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (grant No. AP23488900- Automatic detection of cyberbullying among young people in social networks using artificial intelligence)



References

- [1] Govers J. et al. Down the rabbit hole: Detecting online extremism, radicalisation, and politicised hate speech //ACM Computing Surveys. – 2023. – T. 55. – №. 14s. – C. 1-35. URL: <https://doi.org/10.1145/3583067>
- [2] Sultan, D., Omarov, B., Kozhamkulova, Z., Kazbekova, G., Alimzhanova, L., Dautbayeva, Sultan D. et al. A Review of Machine Learning Techniques in Cyberbullying Detection //Computers, Materials & Continua. – 2023. – T. 74. – №. 3. URL: [DOI: 10.32604/cmc.2023.033682](https://doi.org/10.32604/cmc.2023.033682)
- [3] Ali M. et al. Social media content classification and community detection using deep learning and graph analytics //Technological Forecasting and Social Change. – 2023. – T. 188. – C. 122252. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122252>
- [4] Husain F., Uzuner O. A survey of offensive language detection for the Arabic language //ACM Transactions on Asian and Low-Resource Language Information Processing (TALLIP). – 2021. – T. 20. – №. 1. – C. 1-44. URL: <https://doi.org/10.1145/3421504>
- [5] Babu N. V., Kanaga E. G. M. Sentiment analysis in social media data for depression detection using artificial intelligence: a review //SN computer science. – 2022. – T. 3. – №. 1. – C. 74.
- [6] Asghar M. Z. et al. Exploring deep neural networks for rumor detection //Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing. – 2021. – T. 12. – C. 4315-4333.
- [7] Ullah F. et al. IDS-INT: Intrusion detection system using transformer-based transfer learning for imbalanced network traffic //Digital Communications and Networks. – 2024. – T. 10. – №. 1. – C. 190-204. URL: <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2023.03.008>
- [8] Azzi S. A., Zribi C. B. O. From machine learning to deep learning for detecting abusive messages in arabic social media: survey and challenges //International Conference on Intelligent Systems Design and Applications. – Cham : Springer International Publishing, 2020. – C. 411-424.
- [9] Ghosal S., Jain A. Hatecircle and unsupervised hate speech detection incorporating emotion and contextual semantics //ACM Transactions on Asian and Low-Resource Language Information Processing. – 2023. – T. 22. – №. 4. – C. 1-28. URL: <https://doi.org/10.1145/3576913>
- [10] Machová K., Mach M., Porezaný M. Deep learning in the detection of disinformation about COVID-19 in online space //Sensors. – 2022. – T. 22. – №. 23. – C. 9319. URL: <https://doi.org/10.3390/s22239319>
- [11] Singh J. P. et al. Attention-based LSTM network for rumor veracity estimation of tweets //Information Systems Frontiers. – 2022. – C. 1-16.
- [12] Al-Ibrahim R. M., Ali M. Z., Najadat H. M. Detection of hateful social media content for arabic language //ACM Transactions on Asian and Low-Resource Language Information Processing. – 2023. – T. 22. – №. 9. – C. 1-26. URL: <https://doi.org/10.1145/3592792>
- [13] Chung J. Empirical evaluation of gated recurrent neural networks on sequence modeling //arXiv preprint arXiv:1412.3555. – 2014.

Н.Ж. Айтенов<sup>1\*</sup>, Б.О. Куламбаев<sup>2</sup>, Д.К. Жекенов<sup>3</sup>, Д.И. Губина<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Университет Нархоз, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Университет Туран, г. Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

<sup>4</sup>Уральский Федеральный Университет имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\* e-mail: nurakhmet.aitenov@narhoz.kz

## ОТКРЫТЫЕ ДАННЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ США И КИТАЯ

### Аннотация

Цель исследования – изучение открытости практик больших данных среди крупных IT-компаний США и Китая, с упором на их последствия для развития искусственного интеллекта и международного сотрудничества. В исследовании применяется структура качественного анализа, использующая тематические исследования для оценки доступности данных, прозрачности и совместных инициатив. Результаты исследования показывают, что американские компании, такие как Microsoft и Google, демонстрируют более высокий уровень открытости данных, поддерживаемый нормативной средой, которая уравнивает инновации с защитой конфиденциальности. Напротив, китайские компании, такие как Tencent и Alibaba, отдают приоритет внутреннему использованию данных в рамках строгого нормативного контроля, подчеркивая безопасность данных и суверенитет. Эти различия создают проблемы для международного сотрудничества в области искусственного интеллекта, усугубляемые геополитической напряженностью и расходящимся нормативным ландшафтом. Несмотря на барьеры, существуют возможности для гармонизации посредством общих фреймворков и совместных инициатив, направленных на использование объединенного опыта для продвижения технологий искусственного интеллекта во всем мире.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, большие данные, международное сотрудничество, IT-компании, открытые данные, цифровизация.

Н.Ж. Айтенов<sup>1</sup>, Б.О. Куламбаев<sup>2</sup>, Д.К. Жекенов<sup>3</sup>, Д.И. Губина<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Нархоз Университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Тұран Университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>3</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>4</sup>Ресейдің Тұңғыш Президенті Б.Н. Ельцин атындағы Орал Федералды Университеті, Екатеринбург қ., Ресей

## АШЫҚ ДЕРЕКТЕР ЖӘНЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ: АҚШ ЖӘНЕ ҚЫТАЙДЫ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

### Аңдатпа

Зерттеу мақсаты – жасанды интеллект пен халықаралық ынтымақтастықты дамытуға ықпалы негізінде АҚШ және Қытай IT-компаниялары арасындағы үлкен деректер тәжірибелерінің ашықтығын зерттеу. Зерттеуде деректердің қолжетімділігін, ашықтығын және бірлескен бастамаларды бағалау үшін тақырыптық зерттеулерді пайдалана отырып, сапалы талдау құрылымы қолданылады. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, Microsoft және Google сияқты американдық компаниялар инновация мен құпиялылықты қорғауды теңестіретін нормативті орта қолдауымен деректер ашықтығының жоғары деңгейін көрсетіп отыр. Керісінше, Tencent және Alibaba сияқты қытайлық компаниялар қауіпсіздік мен деректер егемендігіне баса назар аудара отырып, қатаң нормативті бақылау шеңберінде деректерді ішкі пайдалануды басшылыққа алады. Бұл өзгешеліктер геосаяси шиеленіс пен нормативті ландшафт әртүрлілігі салдарынан күшейіп отырған жасанды интеллект саласындағы халықаралық ынтымақтастық үшін қиындықтар туғызады. Кедергілерге қарамастан, әлем бойынша жасанды

интеллект технологияларын ілгерілету барысында біріктірілген тәжірибені пайдалану үшін ортақ фреймворк пен бірлескен бастамалар арқылы үйлестіру мүмкіндіктері бар.

**Түйін сөздер:** жасанды интеллект, үлкен деректер, халықаралық ынтымақтастық, IT-компаниялар, ашық деректер, цифрландыру.

N.Zh. Aitenov<sup>1</sup>, B.O. Kulambayev<sup>2</sup>, D.K. Zhekenov<sup>3</sup>, D.I. Gubina<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Narxoz University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Turan University, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<sup>4</sup>Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,  
Yekaterinburg, Russia

## **OPEN DATA AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE USA AND CHINA**

### *Abstract*

The purpose of this study is to examine the openness of big data practices among major IT companies in the United States and China, with an emphasis on their implications for the development of artificial intelligence and international cooperation. The study employed a qualitative analysis framework incorporating case studies to evaluate data availability, transparency, and collaborative initiatives. The findings indicate that American companies such as Microsoft and Google exhibit higher levels of data openness, supported by a regulatory environment that balances innovation with privacy protection. In contrast, Chinese companies like Tencent and Alibaba prioritize internal data use under stringent regulatory control, emphasizing data security and sovereignty. These differences pose challenges for international cooperation in the field of artificial intelligence, exacerbated by geopolitical tensions and divergent regulatory landscapes. Despite these barriers, there are opportunities for harmonization through common frameworks and collaborative initiatives aimed at leveraging collective expertise to advance AI technologies globally.

**Keywords:** artificial intelligence, big data, international cooperation, IT companies, open data, digitalization.

### **Основные положения**

В статье подчеркивается ключевая роль искусственного интеллекта в ускорении технологических и экономических достижений современного мира. Центральным элементом эффективности искусственного интеллекта является использование больших данных для принятия решений, персонализации и предиктивной аналитики. В исследовании изучаются практики открытых данных среди ведущих IT-компаний США и Китая, где выявляется, что американские компании в целом выступают за большую открытость данных по сравнению со своими китайскими коллегами, которые ограничены строгими национальными регуляторами. В заключении подчеркивается необходимость решения вопросов конфиденциальности, коммерческих интересов и геополитических соображений для улучшения международного сотрудничества в области искусственного интеллекта.

### **Введение**

2023 год ознаменовался появлением у широкого круга общественности возможностей ознакомиться с принципами работы искусственного интеллекта (далее – ИИ) во многом благодаря ChatGPT. Это позволило обществу осознать, что ИИ становится движущей силой современных технологий и экономического роста стран. ИИ с его возможностями обучения, рассуждения и самокоррекции произвел революцию в различных отраслях: от здравоохранения и финансов до производства и розничной торговли [1]. При этом для работы ИИ требуются большие данные, характеризующиеся своим объемом, скоростью и разнообразием. Большие данные – пища, на которой работают алгоритмы ИИ, обеспечивая принятие решений на основе данных, персонализацию и предиктивную аналитику. Вместе ИИ и большие данные способствуют инновациям, повышают производительность и создают

новые бизнес-модели, тем самым внося значительный вклад в экономическую конкурентоспособность.

В ускорении разработки и развития ИИ решающее значение приобретают открытые данные, в том числе на международном уровне. Открытые данные – это данные, которые находятся в свободном доступе для любого человека, могут использоваться, повторно использоваться и распространяться, способствуя прозрачности, инновациям и совместному прогрессу. Предоставляя доступ к обширным наборам данных, открытые данные могут улучшить обучение и уточнение моделей ИИ, гарантируя более надежные и достоверные результаты. Кроме того, открытые данные способствуют международному сотрудничеству, позволяя исследователям и компаниям из разных стран сотрудничать, обмениваться идеями и разрабатывать решения для глобальных проблем.

Целью данной статьи является изучение открытости практик больших данных среди крупных IT-компаний США и Китая, с упором на их последствия для развития искусственного интеллекта и международного сотрудничества. Работа направлена на выявление проблем и возможностей, связанных с доступностью данных и практиками обмена в этих ведущих странах мира. Анализируя политику, практику и последствия открытости данных, это исследование формирует представление о том, как открытые данные могут быть использованы для продвижения развития ИИ и содействия международному сотрудничеству, в конечном итоге стимулируя технологический и экономический прогресс в глобальном масштабе.

*Обзор литературы.* ИИ добился значительных успехов во всем мире, оказав влияние на различные секторы с помощью новаторских достижений. В здравоохранении ИИ повысил точность диагностики, персонализировал планы лечения и улучшил результаты лечения пациентов с помощью сложной аналитики данных и моделей машинного обучения [2]. В финансах алгоритмы ИИ революционизируют торговые стратегии, помогают обнаружить мошенничество и персонализируют финансовые услуги. Производственный сектор получает выгоду от ИИ за счет автоматизации, предиктивного обслуживания и оптимизации производственных процессов, что приводит к повышению эффективности и сокращению простоев. Розничная торговля увидела улучшения в персонализированном опыте покупок, управлении запасами и обслуживании клиентов с помощью чат-ботов и рекомендательных систем на основе ИИ [3]. Эти достижения подчеркивают преобразующий потенциал ИИ в повышении производительности и инноваций в различных отраслях.

Во всех вышеназванных прорывах ИИ в жизнедеятельности человечества основополагающим компонентом выступали большие данные в соответствующей области. Объем информации, их разнообразность, скорость их обработки позволяют проводить всесторонний анализ и получать информацию, которая подпитывает возможности обучения ИИ. Интеграция больших данных и ИИ позволяет принимать расширенные решения на основе данных, проводить аналитику в реальном времени и выполнять предиктивное моделирование, что имеет решающее значение для конкурентного преимущества в современном мире, ориентированном на данные [4]. Огромные объемы данных, собранных из различных источников, помогают системам ИИ выявлять закономерности, делать прогнозы и со временем совершенствоваться, стимулируя инновации и эффективность в различных секторах [5].

Тем самым можем определить, что вопросы развития и совершенствования ИИ будут сводиться к доступности данных. При открытости данных, предоставленных общественности в свободном доступе для первичного и повторного использования, их распространения, формируются широкие возможности разработки и развития ИИ на основе принципов прозрачности, доступности и совместного использования.

Открытые данные способствуют инновациям, предоставляя исследователям и разработчикам наборы данных, необходимые для обучения и улучшения алгоритмов ИИ, обеспечивая более точные и надежные результаты [4]. Важность открытых данных

заключается в их потенциале демократизировать доступ к информации, повысить прозрачность и стимулировать экономический рост посредством инноваций и сотрудничества.

В этом контексте возрастает роль нормативного регулирования данных на международном и национальном уровнях. Так, регулирование данных в рассматриваемых странах существенно различается, отражая разные подходы к конфиденциальности данных, безопасности и доступности. В Соединенных Штатах регулирование данных осуществляется сочетанием федеральных и государственных законов, среди которых следует отметить Закон о переносимости и подотчетности медицинского страхования (HIPAA) для данных здравоохранения и Закон Калифорнии о защите прав потребителей (CCPA) для конфиденциальности данных потребителей. Эти нормативные документы направлены на защиту личной информации, одновременно балансируя между необходимостью инноваций и экономического роста [6].

Напротив, регулирование данных в Китае характеризуется более централизованным и строгим контролем с такими законами, как Закон о кибербезопасности и Закон о защите личной информации (PIPL). Эти правила подчеркивают суверенитет данных, безопасность и защиту личной информации, отражая сосредоточенность правительства на сохранении контроля над данными в пределах своих границ [7]. Несмотря на эти различия в регулировании, обе страны признают важность регулирования данных для защиты конфиденциальности и обеспечения их этичного использования.

Различия в нормативном регулировании, проблемы конфиденциальности данных и геополитическая напряженность осложняют международное сотрудничество в области ИИ. Существующие модели сотрудничества включают международные исследовательские партнерства, трансграничные соглашения об обмене данными и многонациональные проекты по разработке ИИ. Эти модели направлены на использование разнообразного опыта и ресурсов разных стран для стимулирования инноваций в области ИИ и решения глобальных проблем [8].

Однако такие проблемы, как различные правила конфиденциальности данных, опасения по поводу безопасности данных и различные национальные интересы, могут препятствовать эффективному сотрудничеству. Например, Общий регламент по защите данных Европейского союза (GDPR) налагает строгие требования к конфиденциальности данных, которые могут усложнить обмен данными со странами, не входящими в ЕС [9]. Кроме того, геополитическая напряженность между основными державами в области ИИ, такими как США и Китай, может препятствовать сотрудничеству и привести к фрагментарному подходу к разработке ИИ [10].

Решение этих проблем требует гармонизации правил конфиденциальности данных, создания рамок доверия для обмена данными и содействия диалогу и сотрудничеству между странами. Преодолевая эти препятствия, мировое сообщество может использовать весь потенциал ИИ для стимулирования инноваций и решения насущных глобальных проблем.

### **Методология исследования**

В этом исследовании используется качественный подход к анализу с использованием тематических исследований крупных технологических гигантов США и Китая для оценки открытости их практик работы с большими данными. Качественный дизайн позволяет проводить углубленное исследование сложных явлений, предоставляя богатые знания о практиках, проблемах и возможностях, связанных с открытостью данных в контексте ИИ.

Первичные данные включают корпоративные отчеты, официальные документы и пресс-релиз отдельных технологических компаний США и Китая. Вторичные данные включают академическую литературу, нормативные документы и отраслевые отчеты.

Сравнительная структура анализа основана на нескольких критериях оценки открытости практик данных:

- Доступность: степень, в которой данные предоставляются общественности или конкретным заинтересованным лицам.

- Прозрачность: ясность и открытость политик и практик, связанных с данными.
- Инициативы по сотрудничеству: усилия по вовлечению в сотрудничество по обмену данными как на национальном, так и на международном уровне.

Аналитические инструменты: в исследовании используется контент-анализ и тематическое кодирование для выявления закономерностей и выводов из собранных данных. Контент-анализ включает в себя систематическую категоризацию текстовых данных для выявления тенденций и тем, в то время как тематическое кодирование помогает организовывать и интерпретировать качественные данные на основе повторяющихся тем и концепций.

### Результаты исследования

На сегодняшний день ключевые направления развития искусственного интеллекта задаются такими странами, как США и Китай. Ведущие технологические компании этих государств, среди которых Microsoft, Apple, Amazon, Google, Facebook, Tencent и Alibaba, оказывают существенное влияние на распространение практик открытых данных. Это, в свою очередь, способствует увеличению уровня прозрачности, стимулирует инновации и содействует международному сотрудничеству в сфере ИИ. Таблица 1 иллюстрирует примеры применения открытых данных компаниями из США и Китая.

Таблица 1. Практика открытых данных технологических компаний США и Китая

Компании	Обмен данными и инициативы	Конфиденциальность и безопасность
Microsoft	активно продвигает обмен данными через свои инициативы как Open Data, направленная на решение проблемы разрыва в данных и содействия обмену данными для общественного блага. Запустил платформу Azure Open Datasets, которая предоставляет широкий спектр набора данных для поддержки машинного обучения и исследований в области ИИ	подчеркивает строгие практики конфиденциальности данных и соответствие таким нормам, как GDPR и CCPA
Apple	консервативна в вопросах обмена данными, уделяет первостепенное внимание конфиденциальности и безопасности пользователей. Компания предоставляет ограниченные ресурсы открытых данных по сравнению с конкурентами. Время от времени публикует исследовательские данные, особенно в области здравоохранения и ИИ, в рамках сотрудничества с академическими учреждениями	сильный акцент на конфиденциальности, подчеркиваемый такими функциями, как дифференциальная конфиденциальность и меры защиты данных пользователей
Amazon	через AWS Public Datasets Amazon предоставляет доступ к огромному массиву наборов данных для поддержки инноваций и исследований. Упрощает обмен данными через такие сервисы как AWS Marketplace и AWS Data Exchange	реализует надежные политики защиты данных и соблюдает различные глобальные правила конфиденциальности
Google	Осуществляет обмен наборами данных через платформу Google Cloud Public Datasets, и участвует в инициативах по открытым данным. Активно публикует наборы данных и результаты исследований через такие платформы, как Google AI	уделяет первостепенное внимание конфиденциальности пользователей с помощью комплексных мер защиты данных и отчетов о прозрачности
Facebook	инициатива Facebook Data for Good делится данными для проектов социального воздействия, а платформа Facebook Research предоставляет наборы данных для академических исследований. Участвует в обмене данными через	балансирует между открытостью данных и проблемами конфиденциальности,

	<i>исследовательские партнерства и выпуски публичных наборов данных</i>	<i>повышая прозрачность усилий</i>
<i>Tencent</i>	<i>относительно консервативна в отношении открытого обмена данными, уделяя больше внимания внутреннему использованию и стратегическим партнерствам. WeChat Open Platform предоставляет разработчикам ограниченный доступ к данным.</i>	<i>придерживается строгих законов Китая о защите данных, уделяя особое внимание безопасности пользовательских данных и соблюдению таких правил, как PIPL и CSL</i>
<i>Alibaba</i>	<i>Alibaba Cloud предоставляет доступ к некоторым публичным наборам данных и поддерживает инициативы открытых данных через свою платформу Big Data. Предлагает службы данных и платформы, такие как DataV, для визуализации и анализа, но с ограниченными открытыми данными по сравнению с аналогами из США.</i>	<i>реализует комплексные меры безопасности данных в соответствии с нормативными правилами Китая, обеспечивая защиту данных и конфиденциальность</i>
<i>Примечание – составлено авторами на основе данных из сайта указанных компаний</i>		

Сравнение технологических гигантов из США и Китая выявляет различия в уровне открытости данных и подходах к поддержке сотрудничества. Американские корпорации, включая Microsoft, Google и Amazon, демонстрируют более высокий уровень прозрачности, активно содействуя свободному доступу к данным и поддерживая инициативы, направленные на открытость. Эти меры подкреплены законодательной базой, способствующей инновациям при соблюдении мер по защите конфиденциальности. В то время как китайские компании, такие как Tencent и Alibaba, действуют в условиях более строгого регулирования, что сказывается на их более сдержанных практиках обмена данными, делая акцент на стратегических партнерствах и внутреннем использовании ресурсов.

Как американские, так и китайские компании ставят на первое место вопросы конфиденциальности и безопасности данных, однако действуют в разных правовых рамках. Американские корпорации следуют международным стандартам, таким как GDPR и CCPA, обеспечивая защиту данных при обмене. В то время как китайские компании ориентируются на национальные нормы, такие как PIPL и CSL, которые акцентируют внимание на безопасности данных и строгом контроле. Это различие в нормативной среде приводит к тому, что в США поддерживается обмен данными с соблюдением мер конфиденциальности, а в Китае акцент делается на безопасности, что влияет на уровень открытости данных.

Нормативное регулирование открытости данных в США и Китае оказывает значительное влияние на уровень доступности данных, а также на обеспечение их конфиденциальности и безопасности. В США правовая система, регулирующая открытые данные, характеризуется многоуровневой структурой, включающей федеральные и региональные законы, а также отраслевые рекомендации (Таблица 2).

Как показано в таблице 2, федеральные законы, такие как Закон о переносимости и подотчетности медицинского страхования (HIPAA), Закон о защите конфиденциальности детей в Интернете (COPPA), Закон Грэмма-Лича-Блайли (GLBA), Закон о добросовестной кредитной отчетности (FCRA) и Закон о Федеральной торговой комиссии (FTC Act), формируют правовые рамки для защиты конфиденциальных данных и предотвращения мошеннических действий.

Таблица 2. Нормативные документы, регулирующие открытые данные в США

№	Название документа	Описание
<b>Федеральные законы</b>		
1	Закон о переносимости и подотчетности медицинского страхования (HIPAA)	устанавливает стандарт защиты конфиденциальных данных пациентов. Приложения III в здравоохранении должны соответствовать правилам HIPAA для обеспечения конфиденциальности и безопасности данных пациентов
2	Закон о защите конфиденциальности детей в Интернете (COPPA)	COPPA налагает требования на веб-сайты и онлайн-сервисы, ориентированные на детей младше 13 лет, обеспечивая защиту их личной информации
3	Закон Грэмма-Лича-Блайли (GLBA)	Закон GLBA требует от финансовых учреждений защищать данные потребителей и объяснять свою практику обмена информацией, которая применяется к системам III, используемым в финансовых услугах
4	Закон о добросовестной кредитной отчетности (FCRA)	FCRA обеспечивает точность, справедливость и конфиденциальность информации о потребителях в кредитной отчетности, влияя на системы искусственного интеллекта, используемые при оценке кредитоспособности и кредитовании
5	Закон о Федеральной торговой комиссии (FTC Act)	FTC Act запрещает недобросовестную или обманную практику, в том числе на системы III, которые могут вводить потребителей в заблуждение или неправомерно использовать их данные
<b>Законы штатов</b>		
6	Закон Калифорнии о защите прав потребителей (CCPA)	CCPA предоставляет жителям Калифорнии права на их персональные данные и налагает обязанности по защите данных на предприятия, что существенно влияет на практику использования данных III
7	Закон Калифорнии о правах на конфиденциальность (CPRA)	CPRA усиливает CCPA, добавляя новые меры защиты и создавая Агентство по защите конфиденциальности Калифорнии для обеспечения соблюдения этих правил
8	Закон Нью-Йорка SHIELD	Этот закон усиливает требования к защите данных и уведомлению об утечках, затрагивая системы III, которые обрабатывают персональные данные жителей Нью-Йорка
<b>Руководства и рамочные соглашения</b>		
9	Закон об алгоритмической ответственности	Предлагаемое законодательство, которое потребует от компаний оценивать воздействие автоматизированных систем принятия решений и устранять потенциальный вред
10	Структура управления рисками III НИСТ	Национальный институт стандартов и технологий (НИСТ) предоставляет рекомендации по повышению надежности систем III, уделяя особое внимание таким принципам, как точность, объяснимость и безопасность
11	Проект Белого дома по Биллю о правах III	В этом документе изложены принципы защиты людей от вреда, связанного с III, с упором на прозрачность, справедливость и подотчетность при использовании III
<b>Отраслевые рекомендации</b>		
12	Глобальная инициатива IEEE по этике автономных и интеллектуальных систем	IEEE предоставляет стандарты и рекомендации по этичному проектированию и внедрению систем III, продвигая такие ценности, как прозрачность и подотчетность
13	Партнерство по III	Отраслевой консорциум, который разрабатывает лучшие практики для технологий III, включая руководящие принципы справедливости, прозрачности и подотчетности
Примечание – составлено авторами на основе данных из источников [11-23]		



Эти законы играют ключевую роль в регулировании применения ИИ в сферах здравоохранения, финансов и потребительской отчетности, обеспечивая безопасность и прозрачность данных. Законы отдельных штатов, включая Закон Калифорнии о защите конфиденциальности потребителей (CCPA), Закон Калифорнии о правах на конфиденциальность (CIPA) и Закон Нью-Йорка SHIELD, существенно усиливают меры по защите данных, обеспечивая дополнительные гарантии для пользователей. Эти нормативные акты оказывают значительное влияние на использование данных и внедрение ИИ в пределах их юрисдикций, формируя более строгие стандарты безопасности и конфиденциальности.

Помимо этого, специальные руководства и рамки для ИИ, такие как Закон об алгоритмической ответственности, Структура управления рисками ИИ, разработанная НИСТ, и Проект Белого дома по Биллю о правах ИИ, направлены на этическое развитие технологий. Эти документы акцентируют внимание на таких принципах, как справедливость, прозрачность и подотчетность.

Отраслевые инициативы, такие как Глобальная инициатива IEEE по этике автономных и интеллектуальных систем и Партнерство по ИИ, играют важную роль в формировании передовых стандартов для разработки и внедрения ИИ. Эти инициативы способствуют ответственному развертыванию и использованию технологий, обеспечивая соблюдение этических норм. В совокупности нормативные акты и руководства направлены на поддержание баланса между технологическими инновациями, защитой конфиденциальности и этическими принципами, что особенно актуально в условиях стремительного развития ИИ в Соединенных Штатах.

Централизованное регулирование в Китае на национальном уровне охватывает такие ключевые аспекты, как защита конфиденциальности данных, кибербезопасность и этические стандарты в области ИИ. Это подчеркивает стремление страны не только развивать технологии искусственного интеллекта, но и гарантировать, что их развитие соответствует интересам национальной безопасности и социальной стабильности.

Основные нормативно-правовые акты Китая в области управления открытыми данными, применимыми к ИИ, представлены в таблице 3.

Таблица 3. Нормативные документы, регулирующие открытые данные в Китае

№	Название документа	Содержание
<i>Национальные законы</i>		
1	<i>Закон о защите личной информации (PIPL)</i>	<i>PIPL регулирует сбор, использование и хранение личной информации, налагая строгие требования на обработчиков данных, в том числе тех, кто использует системы ИИ</i>
2	<i>Закон о кибербезопасности (CSL)</i>	<i>CSL регулирует операторов сетей и критически важную информационную инфраструктуру (СИ), налагая строгие требования на локализацию данных и меры безопасности. Этот закон имеет решающее значение для систем ИИ, которые обрабатывают значительные объемы персональных и конфиденциальных данных</i>
3	<i>Закон о безопасности данных (DSL)</i>	<i>DSL устанавливает структуру для категоризации данных на основе их важности для национальной безопасности и экономики. Он требует от организаций, обрабатывающих критически важные данные, внедрять меры безопасности и проводить оценку рисков</i>
<i>Руководства и рамочные документы</i>		
4	<i>План развития искусственного интеллекта нового поколения (AIDP)</i>	<i>AIDP описывает стратегический подход Китая к тому, чтобы стать мировым лидером в области ИИ к 2030 году. Он подчеркивает разработку стандартов ИИ и этических принципов, особенно касающихся конфиденциальности и безопасности данных</i>
5	<i>Этические нормы для искусственного</i>	<i>выпущенные в 2021 году, эти нормы содержат этические принципы разработки и использования ИИ, уделяя особое внимание таким вопросам, как защита конфиденциальности, справедливость и</i>

	<i>интеллекта нового поколения</i>	<i>прозрачность. Они направлены на обеспечение ответственной и этической разработки технологий ИИ</i>
6	<i>Руководящие принципы управления искусственным интеллектом</i>	<i>В данных руководящих принципах подчеркивается важность этической разработки ИИ, включая уважение конфиденциальности, обеспечение справедливости и повышение прозрачности в системах ИИ</i>
7	<i>Принципы управления ИИ в Китае</i>	<i>Разработанные Пекинской академией искусственного интеллекта (ВААИ), эти принципы излагают основные положения этического ИИ, включая защиту конфиденциальности, безопасность данных и социальное воздействие технологий ИИ</i>
<i>Примечание – составлено авторами на основе данных из источников [24-25]</i>		

Как показано в таблице 3, национальные законы Китая, такие как Закон о защите персональных данных (PIPL), Закон о кибербезопасности (CSL) и Закон о безопасности данных (DSL), регулируют сбор, использование и хранение данных, устанавливая строгие требования для обработчиков данных, включая те, кто использует системы ИИ. В дополнение к этому, такие документы, как План развития искусственного интеллекта нового поколения (AIDP) и Этические нормы для ИИ нового поколения, подчеркивают важность соблюдения стандартов и этических принципов при разработке ИИ, уделяя особое внимание защите конфиденциальности, справедливости и прозрачности. Также рекомендации Пекинской академии искусственного интеллекта способствуют внедрению этических практик, обеспечивая ответственное развертывание ИИ и его позитивное влияние на общество.

Соблюдение законодательства и нормативных актов в Китае контролируется такими государственными органами, как Администрация киберпространства Китая (САС), Министерство промышленности и информационных технологий (МИТ) и Министерство общественной безопасности (МПС). Эти учреждения проводят инспекции, накладывают штрафы и требуют корректирующих мер для обеспечения соблюдения норм. Таким образом, компании, использующие технологии ИИ, обязаны регулярно проводить аудиты, внедрять эффективные меры защиты данных и обеспечивать прозрачность в своих практиках обработки информации. Невыполнение требований может повлечь за собой серьезные последствия, включая значительные штрафы, приостановление деятельности и даже уголовную ответственность.

Анализ практики открытости у американских и китайских технологических гигантов, а также нормативных актов, регулирующих эти вопросы в обеих странах, выявил ряд препятствий, которые можно классифицировать на три категории:

- проблемы конфиденциальности;
- коммерческие интересы;
- геополитические факторы.

Проблемы конфиденциальности имеют первостепенное значение, поскольку как американским, так и китайским компаниям необходимо ориентироваться в сложной нормативной среде для обеспечения защиты данных. Например, такие компании, как Google и Facebook, собирают огромные объемы пользовательских данных для своих приложений ИИ, что вызывает беспокойство в отношении согласия пользователей, безопасности данных и возможности их неправомерного использования. В свою очередь, китайские компании, такие как Alibaba и Tencent, также занимаются сбором значительных объемов пользовательской информации, однако контроль за вопросами конфиденциальности и доступом к личным данным осуществляется правительственными органами.

Коммерческие интересы также могут служить препятствием для открытости данных, так как они предоставляют компаниям конкурентные преимущества. Например, американские гиганты, такие как Google и Amazon, используют открытые данные и свои собственные базы данных для оптимизации алгоритмов ИИ, особенно в таких областях, как поиск, реклама и

облачные вычисления. Аналогично, китайские компании, такие как Alibaba и Tencent, применяют открытые данные для инноваций в электронной коммерции и ИИ-услугах. Однако в отличие от своих американских коллег, китайское правительство активно способствует обмену данными между национальными технологическими компаниями, что помогает ускорить технологический прогресс.

Геополитические факторы значительно затрудняют открытость данных в сфере разработки ИИ, особенно между компаниями США и Китая. В обеих странах действуют строгие законы о локализации данных, требующие хранения и обработки собранной информации внутри страны. Это ограничивает свободный трансграничный поток данных. Кроме того, США вводят экспортные ограничения на технологии ИИ, чтобы предотвратить их передачу в Китай, ссылаясь на угрозы национальной безопасности. В то же время, Китай также разрабатывает правила, регулирующие экспорт технологий, связанных с ИИ, с целью защиты своих технологических достижений. Правительство США рассматривает китайские технологические компании как потенциальную угрозу для своей национальной безопасности.

Продолжающиеся торговые войны и экономическая политика США в отношении Китая создают атмосферу неопределенности и недоверия. Введение тарифов, санкций и других торговых барьеров нарушает цепочки поставок технологий и поток данных, критически важных для исследований и разработок в области ИИ. Эта геополитическая напряженность препятствует участию IT-компаний обеих стран в инициативах и сотрудничестве, касающемся открытых данных.

Несмотря на существующие препятствия, имеются значительные возможности для расширения сотрудничества в области открытых данных и развития ИИ. Эти возможности охватывают совместные исследовательские инициативы, создание общих репозиториев данных, стандартизацию и академические партнерства.

Например, компании Google и Tencent работают вместе над развитием ИИ, стремясь объединить свои сильные стороны в технологиях и инновациях. Объединив свои ресурсы и экспертизу, они могут более эффективно решать сложные задачи и стимулировать инновации в сфере ИИ. Кроме того, сотрудничество между Microsoft Research и Пекинским университетом в рамках проекта открытых данных позволило создать общий репозиторий на основе анонимизированных и агрегированных данных. Это сотрудничество значительно упрощает доступ к разнообразным наборам данных, необходимым для обучения моделей ИИ.

США и Китай имеют перспективы для развития сотрудничества в рамках Международной организации по стандартизации (ISO) в области разработки общих фреймворков для взаимодействия и обеспечения безопасности данных, что может положительно сказаться на глобальной технологической экосистеме. Кроме того, академическое сотрудничество (академические программы, конференции, семинары) может способствовать обмену знаниями и формированию следующего поколения исследователей в области ИИ. Например, партнерство между Stanford University и Tsinghua University привело к значительным достижениям в исследованиях ИИ, продемонстрировав огромный потенциал академического сотрудничества.

Также стоит отметить участие Alibaba и IBM в консорциуме, который нацелен на разработку решений для решения глобальных проблем, что является примером совместной отраслевой инициативы. Эти усилия направлены на конкретные области, такие как создание ИИ-приложений, здравоохранение или строительство умных городов.

Эти совместные возможности подчеркивают потенциал американских и китайских IT-компаний для стимулирования инноваций и прогресса в области ИИ через инициативы открытых данных.

### **Дискуссия**

Данное исследование подчеркивает значительные различия в практиках открытости данных среди крупных технологических компаний США и Китая, выявляя различные

подходы к содействию развитию ИИ через использование открытых данных. Сравнительный анализ таких компаний, как Microsoft, Apple, Amazon, Google, Facebook, Tencent и Alibaba, демонстрирует различные уровни прозрачности, доступности и сотрудничества в их практиках обмена данными.

Американские технологические гиганты, такие как Microsoft, Google и Amazon, характеризуются более высоким уровнем открытости данных. Они активно продвигают публичный доступ и поддерживают инициативы, связанные с открытыми данными. Например, компания Microsoft Open Data Campaign и платформа Google Cloud Public Datasets предоставляют обширные наборы данных для широкой аудитории, способствуя инновациям и исследовательской деятельности. Публичные наборы данных AWS и AWS Marketplace от компании Amazon облегчают обмен данными и доступ к ним, поддерживая разнообразные приложения в области ИИ.

Эти усилия поддерживаются нормативной средой, которая поощряет инновации, одновременно защищая конфиденциальность. Федеральные законы, такие как Закон о переносимости и подотчетности медицинского страхования (HIPAA) и Закон Калифорнии о защите прав потребителей (CCPA), обеспечивают защиту конфиденциальности и безопасности данных, создавая сбалансированную структуру для обмена информацией. Отраслевые руководства и структуры, такие как Структура управления рисками ИИ Национального института стандартов и технологий (НИСТ), дополнительно способствуют развитию этических аспектов использования ИИ.

В отличие от этого, китайские технологические компании, такие как Tencent и Alibaba, проявляют более консервативный подход к обмену данными. Эти компании акцентируют внимание на внутреннем использовании данных и стратегических партнерствах, а не на открытости для широкой аудитории. Например, WeChat Open Platform и Alibaba Cloud предоставляют ограниченный доступ к наборам данных по сравнению с американскими аналогами, что свидетельствует о более осторожном подходе, обусловленном строгим нормативным контролем.

Централизованная нормативная база Китая акцентирует внимание на безопасности данных и суверенитете, при этом законы, такие как Закон о защите личной информации (PIPL) и Закон о кибербезопасности (CSL), устанавливают строгие меры по защите данных. Эти правила подчеркивают стремление правительства сохранять контроль над данными в пределах своих границ, что сказывается на степени открытости в практике обмена данными.

Различия в нормативной среде и практике открытости данных в США и Китае имеют значительные последствия для международного сотрудничества в сфере развития ИИ. Активное участие американских компаний в инициативах по открытым данным способствует трансграничному исследовательскому сотрудничеству и инновациям, способствуя глобальному развитию ИИ. Прозрачность и доступность данных, предлагаемые этими компаниями, позволяют исследователям и разработчикам со всего мира создавать и улучшать модели ИИ, что в свою очередь способствует прогрессу в различных секторах.

Однако ограничительная практика обмена данными и строгий нормативный контроль в Китае создают препятствия для международного сотрудничества. Акцент на безопасности данных и суверенитете сдерживает доступность китайских наборов данных для глобальных исследований, что мешает совместным усилиям. Геополитическая напряженность дополнительно усложняет соглашения об обмене данными, так как опасения по поводу конфиденциальности и безопасности могут подрывать доверие и сотрудничество.

Несмотря на эти проблемы, существуют возможности для гармонизации правил обработки данных и содействия международному сотрудничеству. Разработка рамок для надежного обмена данными, которые сбалансируют проблемы конфиденциальности и безопасности с необходимостью открытых данных, может способствовать улучшению взаимодействия. Такие инициативы, как предлагаемый Закон об алгоритмической ответственности в США и международные партнерства, такие как Глобальная инициатива IEEE по этике автономных и

интеллектуальных систем, могут служить руководством для этичной и прозрачной разработки ИИ.

Создание платформ для диалога и сотрудничества между американскими и китайскими компаниями и регулирующими органами может помочь устранить пробелы в практике обмена данными. Устанавливая общие стандарты и протоколы для конфиденциальности и безопасности данных, обе страны могут работать над более совместным подходом к разработке ИИ, используя свои объединенные опыт и ресурсы.

### **Заключение**

В разработке ИИ международное сотрудничество играет ключевую роль, в частности в области открытых данных. Сравнительный анализ технологических компаний США и Китая выявляет различные подходы к обмену данными, на которые влияют разность в нормативной среде и политические-экономические приоритеты каждой страны.

Американские компании демонстрируют более высокую степень открытости данных, поддерживаемую нормативной базой, которая балансирует инновации и защиту конфиденциальности. Это способствует глобальному исследовательскому сотрудничеству и развитию ИИ в различных секторах. В то время как китайские компании придерживаются более консервативных практик обмена данными, что отражает строгий нормативный контроль и акцент на безопасности данных и суверенитете.

Эти различия создают препятствия для международного сотрудничества, подчеркивая необходимость гармонизированных правил и надежных рамок обмена данными. Содействуя диалогу и сотрудничеству между компаниями и регулирующими органами обеих стран, можно преодолеть эти проблемы и максимально использовать потенциал ИИ для решения глобальных вызовов.

Будущие исследования должны сосредоточиться на стратегиях повышения открытости данных при обеспечении конфиденциальности и безопасности, подчеркивая влияние меняющихся правил на развитие ИИ. Кроме того, изучение успешных моделей международного сотрудничества в области ИИ может предоставить полезные рекомендации по передовым практикам для содействия глобальному сотрудничеству в этой быстро развивающейся сфере.

### **Благодарность**

Данное исследование проведено в рамках реализации научного проекта ИРН AP19678623, финансируемого Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

#### *Список использованных источников*

- [1] Haenlein M., Kaplan A. *A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence* // *California Management Review*. – 2019. – Vol. 61(4). – P. 5-14.
- [2] Davenport T., Kalakota R. *The potential for artificial intelligence in healthcare* // *Future Healthcare Journal*. – 2019. – Vol. 6(2). – P. 94-98.
- [3] Li D., Xi, Y. *Research on the development strategy of artificial intelligence industry in China* // *Management Review*. – 2018. – Vol. 30(5). – P. 123-131.
- [4] McAfee A., Brynjolfsson E. *Big data: The management revolution* // *Harvard Business Review*. – 2012. – Vol. 90(10). – P. 61-67.
- [5] Chen M., Mao S., Liu Y. *Big data: A survey* // *Mobile Networks and Applications*. – 2014. – Vol. 19(2). – P. 171-209.
- [6] McQuinn A., Castro D. *A Grand Bargain on Data Privacy Legislation for America*. – *Information Technology and Innovation Foundation*, 2019. – 75 p.
- [7] Yang Y. *The evolution of data protection law in China: Privacy and security regulation from a comparative perspective* // *Information & Communications Technology Law*. – 2021. – Vol. 30(2). P. 183-199.

[8] Floridi L., Cowls J., Beltrametti M., Chatila R., Chazerand P., Dignum V., Vayena E. *AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations* // *Minds and Machines*. – 2018. – Vol. 28(4). – P. 689-707.

[9] Voigt P., von dem Bussche A. *The EU General Data Protection Regulation (GDPR). A Practical Guide, 1st Edn.* Cham. – Springer International Publishing, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57959-7>

[10] Zeng J. *China's Artificial Intelligence Revolution: Progress and Challenges* // *International Journal of Chinese Studies*. – 2020. – Vol. 11(1). – P. 45-60.

[11] *Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA)* [Электронный ресурс] // *Department of Health and Human Services*. – 2020. – URL: <https://www.hhs.gov/hipaa/index.html> (дата обращения: 25.05.2024).

[12] *Children's Online Privacy Protection Act (COPPA)* [Электронный ресурс] // *Federal Trade Commission*. – 2020. – URL: <https://www.ftc.gov/legal-library/browse/rules/childrens-online-privacy-protection-rule-coppa> (дата обращения: 25.05.2024).

[13] *Gramm-Leach-Bliley Act (GLBA)* [Электронный ресурс] // *Federal Trade Commission*. – 2020. – URL: <https://www.ftc.gov/enforcement/statutes/gramm-leach-bliley-act> (дата обращения: 25.05.2024).

[14] *Fair Credit Reporting Act* [Электронный ресурс] // *Consumer Financial Protection Bureau*. – 2020. – URL: <https://www.consumerfinance.gov/rules-policy/regulations/1039/> (дата обращения: 25.05.2024).

[15] *Federal Trade Commission Act* [Электронный ресурс] // *Federal Trade Commission*. – 2020. – URL: <https://www.ftc.gov/enforcement/statutes/federal-trade-commission-act> (дата обращения: 15.05.2024).

[16] *California Consumer Privacy Act (CCPA)* [Электронный ресурс] // *California State Legislature*. – 2018. – URL: [https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill\\_id=201720180AB375](https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill_id=201720180AB375) (дата обращения: 15.05.2024).

[17] *California Privacy Rights Act (CPRA)* [Электронный ресурс] // *California State Legislature*. – 2020. – URL: [https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill\\_id=201920200AB1281](https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill_id=201920200AB1281) (дата обращения: 15.05.2024).

[18] *New York SHIELD Act* [Электронный ресурс] // *New York State Legislature*. – 2019. – URL: <https://www.nysenate.gov/legislation/bills/2019/s5575> (дата обращения: 10.05.2024).

[19] *Algorithmic Accountability Act* [Электронный ресурс] // *U.S. Congress*. – 2019. – URL: <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/2231/text> (дата обращения: 10.05.2024).

[20] *NIST AI Risk Management Framework* [Электронный ресурс] // *National Institute of Standards and Technology*. – 2021. – URL: <https://www.nist.gov/artificial-intelligence/ai-risk-management-framework> (дата обращения: 23.04.2024).

[21] *Blueprint for an AI Bill of Rights* [Электронный ресурс] // *White House Office of Science and Technology Policy*. – 2022. – URL: <https://www.whitehouse.gov/ostp/ai-bill-of-rights/> (дата обращения: 15.04.2024).

[22] *IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems* [Электронный ресурс] // *IEEE*. – 2020. – URL: <https://ethicsinaction.ieee.org/> (дата обращения: 16.04.2024).

[23] *About a partnership* [Электронный ресурс] // *Partnership on AI*. – 2020. – URL: <https://www.partnershiponai.org/about/> (дата обращения: 25.05.2024).

[24] *Personal Information Protection Law (PIPL)* [Электронный ресурс] // *Standing Committee of the National People's Congress*. – 2021. – URL: <http://www.npc.gov.cn/> (дата обращения: 20.05.2024).

[25] *New Generation Artificial Intelligence Development Plan (AIDP)* [Электронный ресурс] // *State Council of the People's Republic of China*. – 2017. – URL: [http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content\\_5211996.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm) (дата обращения: 23.05.2024).

#### References

[1] Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). *A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence*. *California Management Review*, 61(4), 5-14

[2] Davenport, T., & Kalakota, R. (2019). *The potential for artificial intelligence in healthcare*. *Future Healthcare Journal*, 6(2), 94-98

[3] Li, D., & Xi, Y. (2018). *Research on the development strategy of artificial intelligence industry in China*. *Management Review*, 30(5), 123-131.

[4] McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2012). *Big data: The management revolution*. *Harvard Business Review*, 90(10), 61-67.

- [5] Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big data: A survey. *Mobile Networks and Applications*, 19(2), 171-209.
- [6] McQuinn, A., & Castro, D. (2019). *A Grand Bargain on Data Privacy Legislation for America*. Information Technology and Innovation Foundation, 75 p.
- [7] Yang, Y. (2021). The evolution of data protection law in China: Privacy and security regulation from a comparative perspective. *Information & Communications Technology Law*, 30(2), 183-199.
- [8] Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., ... & Vayena, E. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. *Minds and Machines*, 28(4), 689-707.
- [9] Voigt, P., & von dem Bussche, A. (2017). *The EU General Data Protection Regulation (GDPR). A Practical Guide*, 1st Edn. Cham: Springer International Publishing, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57959-7>.
- [10] Zeng, J. (2020). China's Artificial Intelligence Revolution: Progress and Challenges. *International Journal of Chinese Studies*, 11(1), 45-60.
- [11] Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA) (2020) [Electronic source]. Department of Health and Human Services. Retrieved from: <https://www.hhs.gov/hipaa/index.html> (accessed: 25.05.2024).
- [12] Children's Online Privacy Protection Act (COPPA) (2020) [Electronic source]. Federal Trade Commission. Retrieved from: <https://www.ftc.gov/legal-library/browse/rules/childrens-online-privacy-protection-rule-coppa> (accessed: 25.05.2024).
- [13] Gramm-Leach-Bliley Act (GLBA) (2020) [Electronic source]. Federal Trade Commission. Retrieved from: <https://www.ftc.gov/enforcement/statutes/gramm-leach-bliley-act> (accessed: 25.05.2024).
- [14] Fair Credit Reporting Act (2020) [Electronic source]. Consumer Financial Protection Bureau. Retrieved from: <https://www.consumerfinance.gov/rules-policy/regulations/1039/> (accessed: 25.05.2024).
- [15] Federal Trade Commission Act (2020) [Electronic source]. Federal Trade Commission. Retrieved from: <https://www.ftc.gov/enforcement/statutes/federal-trade-commission-act> (accessed: 15.05.2024).
- [16] California Consumer Privacy Act (CCPA) (2018) [Electronic source]. California State Legislature. Retrieved from: [https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill\\_id=201720180AB375](https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill_id=201720180AB375) (accessed: 15.05.2024).
- [17] California Privacy Rights Act (CPRA) (2020) [Electronic source]. California State Legislature. Retrieved from: [https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill\\_id=201920200AB1281](https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill_id=201920200AB1281) (accessed: 15.05.2024).
- [18] New York SHIELD Act (2019) [Electronic source]. New York State Legislature. Retrieved from: <https://www.nysenate.gov/legislation/bills/2019/s5575> (accessed: 10.05.2024).
- [19] Algorithmic Accountability Act (2019) [Electronic source]. U.S. Congress. Retrieved from: <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/2231/text> (accessed: 10.05.2024).
- [20] NIST AI Risk Management Framework (2021) [Electronic source]. National Institute of Standards and Technology. Retrieved from: <https://www.nist.gov/artificial-intelligence/ai-risk-management-framework> (accessed: 23.04.2024).
- [21] Blueprint for an AI Bill of Rights (2022) [Electronic source]. White House Office of Science and Technology Policy. Retrieved from: <https://www.whitehouse.gov/ostp/ai-bill-of-rights/> (accessed: 15.04.2024).
- [22] IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems (2020) [Electronic source]. IEEE. Retrieved from: <https://ethicsinaction.ieee.org/> (accessed: 16.04.2024).
- [23] About a partnership (2020) [Electronic source]. Partnership on AI. Retrieved from: <https://www.partnershiponai.org/about/> (accessed: 25.05.2024).
- [24] Personal Information Protection Law (PIPL) (2021) [Electronic source]. Standing Committee of the National People's Congress. Retrieved from: <http://www.npc.gov.cn/> (accessed: 20.05.2024).
- [25] New Generation Artificial Intelligence Development Plan (AIDP) (2017) [Electronic source]. State Council of the People's Republic of China. Retrieved from: [http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content\\_5211996.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm) (accessed: 23.05.2024).

M. Zhanuzakov<sup>1\*</sup>, G. Balakayeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: [zhanmuha01@gmail.com](mailto:zhanmuha01@gmail.com)

## A COMPARATIVE STUDY OF LOAD-BALANCING ALGORITHMS FOR RELIABILITY OF ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS

### Abstract

Enterprise information systems are always prone to high loads during active sessions. This issue is becoming more and more actual with the increase of digital enterprise systems. The key to the solution is the use of load-balancing algorithms, which ensure system stability at high workloads. This work analyzes common load balancing algorithms and provides a comparison analysis. The paper also performs a complexity analysis of load balancing algorithms, differentiating between the static and dynamic algorithms. The results show that static algorithms are easy to implement, yet they are unable to adapt to different changes. Dynamic load balancing algorithms require deeper knowledge of the system, but at the same time providing higher efficiency in changing environments. This research paper also provides a recommendation for selecting a load-balancer for enterprise information system.

**Keywords:** load-balancing, algorithms, enterprise, information system, reliability, fault-tolerance

М. Жанузаков<sup>1</sup>, Г. Балакаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

## КӘСІПОРЫН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ СЕНІМДІЛІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУГЕ АРНАЛҒАН ЖҮКТЕМЕНІ ТЕҢДЕСТІРУ АЛГОРИТМДЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУ

### Аңдатпа

Кәсіпорынның ақпараттық жүйелері белсенді сессиялар кезінде әрқашан жоғары жүктемелерге ұшырайды. Бұл мәселе цифрлық кәсіпорын жүйелерінің масштабталуымен өзекті бола түсуде. Бұл мәселеге шешім - жоғары жүктеме кезінде жүйенің тұрақтылығын қамтамасыз ететін жүктемені теңестіру алгоритмдерін қолдану. Бұл мақала жүктемелерді теңестірудің жалпы алгоритмдерін талдайды және салыстырмалы талдауды ұсынады. Сондай-ақ, жұмыста статикалық және динамикалық алгоритмдерді ажырата отырып, жүктемені теңестіру алгоритмдерінің күрделілігіне талдау жасалады. Нәтижелер статикалық алгоритмдерді жүзеге асыру оңай екенін көрсетеді, бірақ олар әртүрлі өзгерістерге бейімделе алмайды. Динамикалық жүктемені теңестіру алгоритмдері өзгеретін ортада тиімділікті қамтамасыз ете алады, алайда жүйені тереңірек білуді талап етеді. Бұл зерттеу жұмысында сонымен қатар кәсіпорынның ақпараттық жүйесі үшін жүктеме теңгерімін таңдау бойынша ұсыныстар берілген.

**Түйін сөздер:** жүктемені теңестіру, алгоритмдер, кәсіпорын, ақпараттық жүйе, сенімділік, ақауларға төзімділік

М. Жанузаков<sup>1</sup>, Г. Балакаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

### Аннотация

Корпоративные информационные системы всегда подвержены высоким нагрузкам во время активных сессий. Эта проблема становится все более актуальной с ростом количества цифровых корпоративных систем. Ключом к решению является использование алгоритмов балансировки нагрузки, которые обеспечивают стабильность системы при высоких рабочих нагрузках. В данной работе анализируются распространенные алгоритмы балансировки нагрузки и проводится



сравнительный анализ. В статье также проводится анализ сложности алгоритмов балансировки нагрузки, в котором проводится различие между статическими и динамическими алгоритмами. Результаты показывают, что статические алгоритмы просты в реализации, но они не способны адаптироваться к различным изменениям. Алгоритмы динамической балансировки нагрузки требуют более глубокого знания системы, но при этом обеспечивая более высокую эффективность в изменяющихся средах. В этой исследовательской работе также даются рекомендации по выбору метода балансировки нагрузки для корпоративной информационной системы.

**Ключевые слова:** балансировка нагрузки, алгоритмы, предприятие, информационная система, надежность, отказоустойчивость

### **Main provisions**

The idea of the article is to analyze and compare different load-balancing algorithms for enterprise information systems. The research uses complexity analysis to evaluate load-balancing algorithms' performance. It assesses their fault-tolerance capabilities and discusses difference between static and dynamic types of algorithms. Results of the study show that among dynamic algorithms, The Least Connection is considered most reliable, while among static algorithms, Round-Robin outstand other methods in terms of reliability.

### **Introduction**

The current enterprise information systems are designed to feed many users and execute complicated data calculations that cannot be performed by a single machine. Nowadays, enterprise systems are distributed systems comprising several nodes, each node is considered as an independent computer. When the primary server is busy handling resourceful calculations, requests from other clients keep coming to that server and all these requests are put into the queue. The idea of the load balancing algorithm is to distribute these requests to other servers, so that the load on each server is near equal [1].

Load balancing algorithms can be divided into two main types: the operated media [2]. The goal of a static load balancing algorithm is uniformly spreading incoming requests to a pool of existing servers which is achieved by defining particular parameters or using fixed set of rules. In contrast, the dynamic load balancer is continuous and real-time, which monitors inbound traffic and adjusts the servers dynamically by determining their load value, for instance, CPU, memory or number of active connections.

In the article by Beniwal P. et al., authors compare load-balancing algorithms by different parameters such as overhead, response time etc. Another review done by Sidra Aslam et al., reviews different methods for load-balancing between 2004-2015 and its relevance in cloud computing. Similar research was carried out by M. Randles et al., where the authors investigate Honeybee Foraging Behaviour, Biased Random Sampling and Active Clustering methods in cloud computing.

In this article, we make a comparative review of the most popular load-balancing algorithms and make a complexity analysis of each. In the methods section, we outline the methods used to compare and analyze the algorithms. The results of the analysis are described in the results sections. The discussion part underlines the interpretations of the findings and suggests further scientific directions of the research.

### **Research methodology**

The compared features are the time complexity of the algorithm for handling requests, support of fault-tolerance and type of the algorithm (static or dynamic). This section provides a list of common algorithms and methods that are chosen for analysis with a brief description for each one.

#### *Round Robin*

Round Robin is a simple load balancing method that distributes requests evenly among a set of servers. Each server takes turns handling the next request [3]. The distribution pattern in this case is static, meaning it does not change because of the status of the system or various conditions affecting

workload. After task assignment is decided, the process repeats indefinitely without any change that may come because of workload or resource availability.

#### *Random*

Load balancer will randomly generate numbers to pick servers from a pool for each incoming request.

#### *Threshold Algorithm*

Threshold Algorithm runs by having threshold values for each processor, monitoring their workload continuously, but dynamically registers thresholds for redistributing tasks when necessary [4]. The goal of this algorithm is averting from overload modes of the processors through enforcing limited load levels for each one, resulting in the highest possible usage of resources. If there is a condition when processors are above their predetermined threshold of load, then the tasks will be migrated to other processors which have a lower load to maintain balance. Periodic revisions of thresholds allow for adaptability towards new system or workload patterns that are constantly under evolving [5]. This dynamic nature lets Threshold Algorithm to adapt to the variations in workload, alterations in system capacities and processor's capacity differences among processors.

#### *IP hash*

The IP Hash Load Balancing algorithm is a method applied to route inbound requests or traffic from various sources onto numerous servers or resources having worked out the hash value of the source IP address of each one of them. The concept is to repeat the mapping process uniformly for each individual IP address to the distinct server to create a unique route for request from the same IP address either by configuring local area network (LAN) enable server or by primary Domain Name Service (DNS) server. This feature assists in preservation of session affinity which is also referred to as "sticky sessions", and such applications are mostly used in stateful applications or session that need to be maintained through more than one request.

#### *Least Connections*

The load balancing technique, the Least Connections algorithm, tries to convey the accessing requests during the incoming connection to a pool of servers as evenly as possible. It is achieved by directing any request to resources that are in idle mode connected to the server with the least number of connections among available ones. This step helps to prevent any individual server to be eclipsed and offers the better use of the resources which are available. In case a new connection is made, the load balancer orders server checking of the connection counts. On receiving the request, the load balancer analyzes it and subsequently forwards it to the server having the lowest number of active connections.

#### *Least Response Time*

Least Response Time (LRT) algorithm is a static load balancing techniques but with a dynamic side that summarizes sending requests to experimental servers depending on the average time of their response [9]. This is done to make sure that requests get sent to the servers which are the best in speed of processing and thus takes less amount of time to be processed faster thus culminating in users' wait time decreasing and application performance as well.

Next section describes the results of the complexity analysis of these algorithms.

### **Results of the study**

#### *Round Robin*

The overall performance of the Round Robin algorithm depends specifically on the quantity of requests and the quantity of servers [10, 11]. The following is the pseudo code of the algorithm:

```
servers = [1, 2, ..., Nth server]
```

```
pointer = 0
```

```
function handleRequest(request):
```

```
    server = servers[pointer]
```

```
    pointer = (pointer + 1) % len(servers)
```

```
    sendRequestToServer(request, server)
```

```
while True:  
    request = receiveRequest()  
    handleRequest(request)
```

The Initialization step consists of an array of servers and a pointer. It always proceeds by constant time, regardless of the number of servers. Therefore, it has constant  $O(1)$  complexity. The time complexity of handling a single request depends on two factors: being on an address that gets accessed for a constant amount of time  $O(1)$ ; moving the pointer through adding 1 to and performing a modulo operation with the length of the servers list. Both of them are regarded as having constant time form  $O(1)$ . Thus, the performance characteristic of processing one request is  $O(1)$ . Because the complexity of `handleRequest` is  $O(1)$  so the time complexity of loop primarily depends on the count of request each time. If there is a loop including the  $N$  requests, the time complexity is  $O(N)$  for the main loop. Considering all factors, one can see that the Round Robin algorithm has an overall time complexity of  $O(N)$  where  $N$  is the total number of requests.

#### *Random*

The time complexity of the Random load balancing algorithm is constant ( $O(1)$ ). This means the time it takes to select a server for a request doesn't depend on the number of servers in the pool. Pseudo code of the algorithm:

```
function choose_server(servers):  
    random_index = generate_random_number(0, len(servers) - 1)  
    return servers[random_index]
```

#### *Threshold Algorithm*

Threshold algorithm for load balancing in a programming language has a constant time complexity of ( $O(1)$ ) while monitoring the load and comparing it to the thresholds. But, the complexity of actions (e.g., locating a useable resource for migrating) depends on its implementation. In the best case, where one would have a centralized resource list, the complexity could be  $O(1)$ . While in practice there is a search-communication overhead introduced by more complex systems and distributed networks, this can still translate to a complexity of  $O(N)$  in the worst case. In other words, it relates to the time that is required to find the most effective resources. Pseudo code of the algorithm:

```
resources = list of available resources  
overloadThreshold = predefined threshold value  
underloadThreshold = predefined threshold value
```

```
while True:  
    for each resource in resources:  
        currentLoad = measureLoad(resource)  
  
        if currentLoad > overloadThreshold:  
            underloadedResource = findUnderloadedResource()  
            if underloadedResource is not None:  
                migrateTasks(resource, underloadedResource)  
  
        if currentLoad < underloadThreshold:  
            attractTasks(resource)
```

#### *IP hash*

```
function hash(ipAddress)  
    result = 0  
    for each byte in ipAddress:  
        result = result XOR byte  
    return result
```

```
function distributeRequest(clientIpAddress, servers)
  hashValue = hash(clientIpAddress)
  serverIndex = hashValue % number_of_servers
  return servers[serverIndex]
clientIp = "10.0.0.1"
servers = [server1, server2, server3]
chosenServer = distributeRequest(clientIp, servers)
```

The Hash function selection is a key part of which influences the effectiveness of this algorithm. While XOR function working on byte-level leads to time complexity of  $O(n)$ , when a more robust substitute like SHA-256 is used, it gets translated into average  $O(1)$  time complexity though the inner operations are involved. The others, such as computing the hash value and the server selection, usually take constant time  $O(1)$ , as they are relatively simple requirements. The algorithm by definition uses constant space  $O(1)$  for variables like the hash value and server location. However, the space complexity of the server list is what determines space consumption since the list structure will also require space to operate with. For instance, the array which stores server records require space complexity of  $O(n)$  ( $n$  - the number of server entities).

#### *Least Connections*

```
function get_connection_count(server):
  // retrieve the actual number of connections on the server
  return connection_count
function choose_server(servers):
  min_connections = 0
  chosen_server = null
  for server in servers:
    connection_count = get_connection_count(server)
    if connection_count < min_connections:
      min_connections = connection_count
      chosen_server = server
  return chosen_server
servers = [server1, server2, server3]
incoming_request = "Request data"
chosen_server = choose_server(servers)
```

The function `get_connection_count` could be implemented in a variety of ways, changing its complexity. Usually, iterating though servers and comparing connections counts is  $O(n)$  in the worst case ( $n$  is defined here as the number of servers). The algorithm uses a constant space  $O(1)$ , as it is operating only with its temporary variables. The server list may carry its own space complexities based on the data structure applied (e.g. with an array the space complexity will be  $O(n)$ ).

#### *Least Response Time*

```
function get_average_response_time(server):
  return average_response_time
function choose_server(servers):
  min_response_time = 0
  chosen_server = null
  for server in servers:
    response_time = get_average_response_time(server)
    if response_time < min_response_time:
      min_response_time = response_time
      chosen_server = server
  return chosen_server
```

The complexity of the process of iterating through servers and checking a response time is considered to be identical to the Least Connections algorithm, whose complexity is of the order of  $O(n)$  in worst-case scenarios. Space complexity of the algorithm is also similar to Least Connections.

*Ensuring fault-tolerance*

Several load balancing algorithms have fault-tolerance mechanisms designed to enable service availability even when failover occurrences happen among the individual servers. Health Checks based Round Robin has the capacity to not only remove faulty servers from the pool but also able to re-install them in the pool when their “health” becomes better. Least Connection with Failover will prefer machines having less connections but can be further improved to switch the load to a back-up server in case the primary server fails.

Table 1. Complexity analysis results

Algorithm	Time complexity for single request	Time complexity for N requests	Space complexity	Fault - tolerant	Type
Round robin	$O(1)$	$O(N)$	$O(n)$	yes (with Health Checks implementation)	static
Random	$O(1)$	$O(1)$	$O(n)$	no	static
Threshold Algorithm	$O(n)$	$O(N^2)$	$O(n)$	no	dynamic
IP hash	$O(n)$	$O(N^2)$	$O(n)$	no	static
Least Connections	$O(n)$	$O(N^2)$	$O(n)$	yes	dynamic
Least Response Time	$O(n)$	$O(N^2)$	$O(n)$	no	dynamic

Table 1 summarizes the results obtained during this study. Each algorithm is assessed by the following characteristics: time and space complexities, fault tolerance of the algorithm and type (static or dynamic).

**Discussion**

In this section, we discuss and try to choose a load-balancing algorithm(s) for enterprise systems that ensures both reliability and fault-tolerance of the system.

Static load-balancing algorithms are simple to implement and effective if the system has a predictable number of users [12]. In terms of speed static algorithms such as Random and Round-Robin are both effective, but only the Round-Robin is considered a fault-tolerant approach. Static algorithm utilizes randomness as its simplicity’s basis. Even though the main objective is balanced distribution to every server in the long run, the existence of individual incapacities of the servers, periodic creation of temporary hotspots on specific servers, and absence of dynamic adaption to specific server health and workload are restrictions of these type of algorithms.

Dynamic load-balancing algorithms on the other hand are adaptive to changes in the number of active users [13]. The disadvantage of these algorithms is the difficulty of their implementation and complexity. The complexity of all algorithms is quadratic, thus, we have to choose the one with reliability and fault-tolerance. The Least Connection algorithm has an implemented fault-tolerance,

which ensures the system will continue to operate even with the occurrence of failure. This fully satisfies the requirement we have set for choosing a load-balancing algorithm.

Using this paper, readers might be interested in developing new load-balancing algorithms and comparing it with the existing ones to further improve effectiveness and reliability of information systems.

### **Conclusion**

In conclusion, we have made a comparative study of load-balancing algorithms in the context of high loaded enterprise information systems. The importance of these algorithms is the reliability of servers during active sessions and fault-tolerance. We provide a comprehensive analysis of these algorithms in terms of efficiency and usage.

One criterion when comparing these kinds of algorithms is the type of algorithm. Load-balancing algorithms have two primary types: static and dynamic. Static load-balancing algorithms are effective when the system has a predictable number of requests during sessions. The advantage of these algorithms is its simplicity and efficiency. The disadvantage is the inefficiency during changes in the systems hardware or software. This issue can be handled using dynamic load-balancing algorithms. However, they are more difficult to utilize.

Each algorithm was assessed using time and space complexity analysis using the pseudocode. Time complexity of the algorithm is linear of most static load-balancing algorithms when handling N number of requests, and quadratic for dynamic ones.

Another attribute is the fault-tolerance capabilities of the algorithm. Only Round Robin and Least Connections algorithms provide mechanisms for fault handlings.

In summary, when choosing suitable algorithm for enterprise level systems, we recommend using either Round Robin or Least Connections depending on the system requirements. Round Robin is proven to be simple yet effective in a fixed environment, while Least Connections provide adaptability to changes.

### *References*

[1] Beniwal P., Garg A. *A comparative study of static and dynamic load balancing algorithms //International journal of advance research in computer science and management studies.* – 2014. – T. 2. – №. 12. – C. 1-7.

[2] S. Aslam and M. A. Shah, "Load balancing algorithms in cloud computing: A survey of modern techniques," *2015 National Software Engineering Conference (NSEC), Rawalpindi, Pakistan, 2015*, pp. 30-35, doi: 10.1109/NSEC.2015.7396341.

[3] Pradhan, Pandaba, Behera, Prafulla Ku., Ray, B.N.B. "Modified Round Robin Algorithm for Resource Allocation in Cloud Computing." *\*Procedia Computer Science\**, vol. 85, 2016, pp. 878-890. ISSN: 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.05.278>.

[4] S. Chowdhury and A. Katangur, "Threshold Based Load Balancing Algorithm in Cloud Computing," *2022 IEEE International Conference on Joint Cloud Computing (JCC), Fremont, CA, USA, 2022*, pp. 23-28, doi: 10.1109/JCC56315.2022.00011.

[5] Bura, Deepa, Meeta Singh, and Poonam Nandal. "Analysis and Development of Load Balancing Algorithms in Cloud Computing." *In Research Anthology on Architectures, Frameworks, and Integration Strategies for Distributed and Cloud Computing*, edited by Information Resources Management Association, 1177-1197. Hershey, PA: IGI Global, 2021. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-5339-8.ch056>

[6] Ghomi E. J., Rahmani A. M., Qader N. N. *Load-balancing algorithms in cloud computing: A survey //Journal of Network and Computer Applications.* – 2017. – T. 88. – C. 50-71.

[7] Vashistha J., Jayswal A. K. *Comparative study of load balancing algorithms //IOSR Journal of Engineering.* – 2013. – T. 3. – №. 3. – C. 45-50.

[8] Radojević B., Žagar M. *Analysis of issues with load balancing algorithms in hosted (cloud) environments //2011 Proceedings of the 34th international convention MIPRO. – IEEE, 2011. – C. 416-420.*

[9] Xu M., Tian W., Buyya R. A survey on load balancing algorithms for virtual machines placement in cloud computing // *Concurrency and Computation: Practice and Experience*. – 2017. – Т. 29. – №. 12. – С. e4123.

[10] Saumendu Roy, Dr. Md. Alam Hossain, Sujit Kumar Sen, Nazmul Hossain, and Md. Rashid Al Asif. 2019. "Measuring the Performance on Load Balancing Algorithms". *Global Journal of Computer Science and Technology* 19 (B1):41-49.

[11] E. Gures, I. Shayea, M. Ergen, M. H. Azmi and A. A. El-Saleh, "Machine Learning-Based Load Balancing Algorithms in Future Heterogeneous Networks: A Survey," in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 37689-37717, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3161511.

[12] Mbarek, Fatma, Volodymyr Mosorov. "Load Balancing Based on Optimization Algorithms: An Overview." *Institute of Applied Computer Science at the Faculty of Electrical, Electronic, Computer and Control Engineering, Lodz University of Technology, Lodz, Poland*. 2019. <https://doi.org/10.26636/jtit.2019.131819>.

[13] M. H. Kashani and E. Mahdipour, "Load Balancing Algorithms in Fog Computing," in *IEEE Transactions on Services Computing*, vol. 16, no. 2, pp. 1505-1521, 1 March-April 2023, doi: 10.1109/TSC.2022.3174475.

A. Khompysh<sup>1</sup>, N.A. Kapalova<sup>1\*</sup>, D.S. Dyusenbayev<sup>1</sup>, V.A. Varennikov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Information and Computational Technologies, Almaty., Kazakhstan

\*e-mail: nkapalova@mail.ru

## STUDY OF THE STATISTICAL SECURITY OF THE AL04 ENCRYPTION ALGORITHM

### Abstract

Considering that cryptographic algorithms are among the most reliable methods for protecting information in information systems, assessing their cryptographic strength plays a significant role. For this purpose, comprehensive studies are conducted, and one of the primary characteristics of such an assessment is the statistical security of the obtained ciphertexts. This article investigates the statistical security of the block cipher algorithm AL04, developed in the Information Security Laboratory. The algorithm was implemented in software, and the resulting ciphertexts were analyzed using the test sets of D. Knuth and NIST, as well as checked against the avalanche effect criterion (average number of output bits, degree of completeness, degree of avalanche effect, degree of strict avalanche criterion). The statistical tests used are the main tests in the works of many researchers and determine the properties of sequence randomness with high accuracy. The study found that AL04 does not have deviations in the sequences obtained using the algorithm. Thus, it was established that the algorithm possesses high statistical security.

**Keywords:** information security, cryptography, algorithm, NIST tests, D. Knuth tests, encryption, key, decryption, S-box.

А. Хомпыш<sup>1\*</sup>, Н.А. Капалова<sup>1</sup>, Д.С. Дюсенбаев<sup>1</sup>, В.А. Варенников<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан

### «AL04» ШИФРЛАУ АЛГОРИТМІНІҢ СТАТИСТИКАЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН ЗЕРТТЕУ

### Аңдатпа

Криптографиялық алгоритмдер ақпараттық жүйелердегі ақпаратты қорғаудың ең сенімді әдістерінің бірі екенін ескере отырып, олардың криптографиялық күшін бағалау маңызды рөл атқарады. Осы мақсатта әр түрлі зерттеулер жүргізіледі, ең бірінші бағаланатын сипаттамалардың бірі алынған шифр мәтіндердің статистикалық қауіпсіздігі. Бұл мақалада ақпараттық қауіпсіздік зертханасында жасалынған AL04 блокты шифрлау алгоритмінің статистикалық қауіпсіздігі зерттелінді. Алгоритмді зерттеу үшін бағдарламалық жүзеге асырылды. Алынған шифрмәтіндер Д.Кнуттың сынақтар жиынтығы, NIST тесттері арқылы зерттеліп, лавиндік әсерінің критерийі тексерілді (шығыс биттерінің орташа саны, тығыздық дәрежесі, лавиндік әсерінің дәрежесі, қатаң лавиндік критерийінің дәрежесі). Қолданылатын бұл статистикалық сынақтар тізбектердің кездейсоқтық қасиеттерін нақты анықтайтын зерттеушілердің жұмысында кеңінен қолданылатын негізгілері болып табылады. Зерттеу нәтижелері бойынша AL04 алгоритмді қолдану арқылы алынған тізбектерде ауытқулар жоқ екені анықталды. Осылайша, алгоритм жоғары статистикалық қауіпсіздікке ие екендігі анықталды.

**Түйін сөздер:** ақпараттық қауіпсіздік, криптография, алгоритм, NIST сынақтары, Д.Кнут сынақтары, шифрлау, кілт, керішифрлау, S блок.

А. Хомпыш<sup>1\*</sup>, Н.А. Капалова<sup>1</sup>, Д.С. Дюсенбаев<sup>1</sup>, В.А. Варенников<sup>1</sup>

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

### ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АЛГОРИТМ ШИФРОВАНИЯ «AL04»

### Аннотация

Учитывая, что криптографические алгоритмы являются одним из наиболее надежных методов защиты информации в информационных системах, оценка их криптостойкости играет немаловажную роль. Для этого проводятся разносторонние исследования, один из первых характеристик который



оценивается это статистическая безопасность полученных шифртекстов. В данной статье исследован статистическая безопасность алгоритма блочного шифрования AL04, разработанного в лаборатории информационной безопасности. Для проведения исследования алгоритм был программно реализован. Полученные шифртексты были изучены с помощью наборов тестов Д. Кнута, тестов NIST, а также проверены критерий лавинного эффекта (среднее число выходных битов, степень полноты, степень лавинного эффекта, степень строгого лавинного критерия). Эти используемые статистические тесты являются основными, широко используемыми в работах исследователей, которые четко определяют свойства случайности последовательностей. По результатам исследования установлено, что AL04 не имеет отклонений в последовательностях, полученных с помощью алгоритма. Таким образом, было установлено, что алгоритм обладает высокой статистической безопасностью.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, криптография, алгоритм, тесты NIST, тесты, Д.Кнут, шифрование, ключ, расшифрование, S блок.

### Main provisions

The proposed «AL04» encryption algorithm is used in the military field for protecting information in HF radio communication systems. The proposed algorithm utilizes cryptographic transformations such as S-box, multiplication by an  $8 \times 8$  matrix, and modular addition. NIST tests are regarded as highly effective for evaluating the characteristics of pseudorandom sequences and their applicability across various platforms. The conducted NIST tests yielded positive results, and D. Knuth's evaluative tests confirmed that the pseudorandom sequences meet all required criteria. The research on the «AL04» encryption algorithm has shown that it is statistically secure.

### Introduction

In a world where information security is becoming increasingly important, protecting data confidentiality plays a crucial role. One of the most effective optimal methods for ensuring data security is encryption. Among the most common and reliable methods of data encryption are block cipher algorithms, which work with fixed-size data blocks. These algorithms divide the input data into blocks, each of which is then encrypted. This approach qualitatively ensures a high level of security, as even minor alterations to the original data result in substantial changes in the ciphertext.

This method qualitatively ensures a high level of security, because even small changes in the original data cause significant and unexpected changes in the ciphertext.

Understanding the principles of block cipher algorithms is a key element in ensuring data security and protecting confidentiality in modern conditions [1,2].

Block encryption algorithms are one of the key methods for ensuring reliable information protection in modern information technology. These algorithms provide a high level of data security by processing fixed-size data blocks and applying complex cryptographic operations for their encryption and decryption [3,4].

Research in the field of block cipher algorithms is conducted by scientists worldwide to enhance security and efficiency and develop new encryption methods. One way to determine the cryptographic strength of block cipher algorithms is through their statistical security [5].

The statistical security (or strength) of block cipher algorithms is related to their ability to withstand various types of cryptanalysis based on the statistical security of the ciphertext. This is a critical aspect of security because certain statistical characteristics of the ciphertext can provide an attacker with information about the key or the original message [6,7]. Here are some statistical characteristics that are typically considered when analyzing the statistical security of block cipher algorithms [8,9]:

*Uniform bit distribution:* The cipher should ensure a uniform bit distribution in the encrypted text. If the ciphertext exhibits any irregularities or frequent repetitions of specific bit sequences, this could indicate vulnerabilities.

*Lack of autocorrelation:* A robust block cipher algorithm should guarantee that the ciphertext lacks autocorrelation, meaning there should be no statistical dependencies between bits or blocks of the encrypted text.

*Resistance to partial knowledge of the key:* Even if an adversary has partial knowledge of the key or the original message, the cipher should prevent the disclosure of additional information about the key or the message.

*Resistance to statistical attacks:* A good block cipher should withstand various statistical attacks, such as differential and linear cryptanalysis, among others.

*Complexity of cryptanalysis:* The cipher should make cryptanalysis impractical by requiring high computational resources or a large volume of known plaintext.

A statistical hypothesis is used to determine the statistical security of block cipher algorithms. A statistical hypothesis is a predetermined prediction about the type of distribution of a random variable or the parameters of the distribution. The mechanism for testing statistical hypotheses is based on proposing two alternative hypotheses,  $H_0$  and  $H_1$ . From the perspective of a specific test, the null hypothesis being tested is whether the pseudo-random sequence (PRS) is truly random, or the alternative decision is that the PRS is not random [10].

A statistical test is used to determine the randomness of any sequence. To evaluate whether a sequence passes the test, the assumption of the null hypothesis's correctness is determined using the normal distribution and Pearson's  $\chi^2$  distribution [11].

To determine whether a test has been passed, various statistical criteria must be applied to help accept or reject the null hypothesis. These criteria are used to check whether the test results match theoretical expectations and can vary in terms of reliability. Below are different types of statistical criteria, listed in order of increasing reliability [12,13]:

- Threshold value: In this approach, the computed test statistic is compared to a predefined threshold value. If the statistic exceeds this threshold, the test is considered passed.
- Confidence interval: Using this criterion, the test is considered passed if the test statistic falls within a specified confidence interval, which is determined based on the significance level.
- Probabilistic approach: This method assumes that the set of test statistic values is considered a set of random variable values, distributed according to a given probability distribution.

The last method, the probabilistic approach, has proven to be the most effective and reliable. The significance level  $\alpha$  is a measure that reflects the probability that the test will indicate non-randomness in a sequence even if it is actually random. The probability of making the correct decision, meaning the probability that the test correctly does not reject the null hypothesis, is  $1 - \alpha$ . This means that, at a significance level of  $\alpha$ , the probability that the test correctly identifies a random sequence as random is  $1 - \alpha$ .

In most practical applications, the significance level  $\alpha$  is usually set at 0.05. For cryptographic tasks, where security is critically important, stricter significance levels are used, typically within the range of [0.001, 0.01] [9].

Let's list several well-known tools for statistical testing of pseudorandom sequences [14-16]:

- Knuth's tests;
- DIEHARD tests (G. Marsaglia);
- NIST test suite (A. Rukhin et al.);
- TestU01 suite (P. L'Ecuyer);

### **Research methodology**

The developed encryption algorithm 'AL04' is architecturally new and meets modern requirements (Figure 1).

*Algorithm parameters:* block length – 128 bits, number of rounds – 8, size of the S-box, which acts as a nonlinear function in the algorithm – 8 bits. Key length – 128 bits. Transformations used – bitwise XOR, substitution S-box, and multiplication by a square matrix. A detailed description of the algorithm is provided in reference [17].

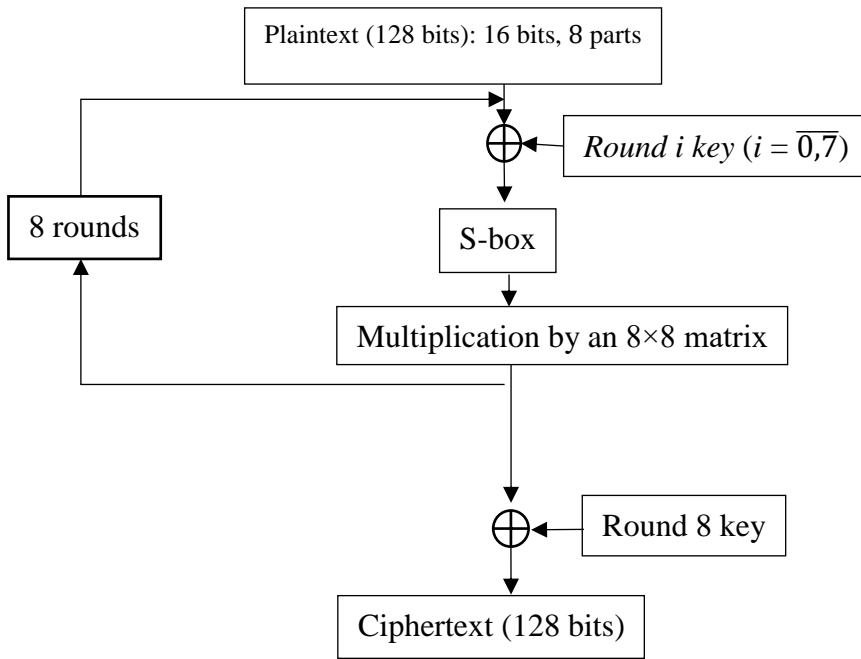


Figure 1. Block diagram of algorithm AL04

Encryption function:

$$\bar{C} = M \otimes \bar{S} (\dots \bar{S} (M \otimes \bar{S} (\bar{A} \oplus \bar{K}_0) \oplus \bar{K}_1) \dots \oplus \bar{K}_7) \oplus \bar{K}_8 \quad (1)$$

Decryption function:

$$\bar{A} = \bar{M}^{-1} \otimes \bar{S}^{-1} (\dots \bar{S}^{-1} (\bar{M}^{-1} \otimes \bar{S}^{-1} (\bar{C} \oplus \bar{K}_8) \oplus \bar{K}_7) \dots \oplus \bar{K}_1) \oplus \bar{K}_0, \quad (2)$$

where the square matrix is selected relative to the size of the matrix during encryption or decryption. The size of the vectors  $\bar{A}, \bar{C}, \bar{K}_i$  is equal to  $\frac{128}{2^k}$ ,  $\bar{S}$  and  $\bar{S}^{-1}$  are operations respectively transforming vector elements through S-boxes.  $\bar{A}$  represents plaintext,  $\bar{C}$  – ciphertext, and  $\bar{K}_i$  – round keys.

### Results of the study

#### Results of the statistical analysis of the AL04 algorithm

In Donald Knuth's book "The Art of Computer Programming," systematic approaches to testing random sequences were first introduced. These early tests laid the foundation for further developments and remain relevant in contemporary research in cryptography and randomness statistics [18].

Seven of Knuth's statistical tests are used to evaluate the randomness of sequences. These tests are described in more detail in [17]. They are assessed using the  $\chi^2$  statistical criterion. By comparing the value obtained from the  $\chi^2$  statistic with specifically tabulated results and depending on the probability of the statistical value, conclusions are drawn about its significance or quality.

For the study of statistical security of encryption algorithms using Knuth's tests, 120 original files were used. These files were encrypted using the AL04 algorithm, resulting in 120 encrypted texts. The number of successful Donald Knuth tests for each encrypted text is shown in Figure 2.

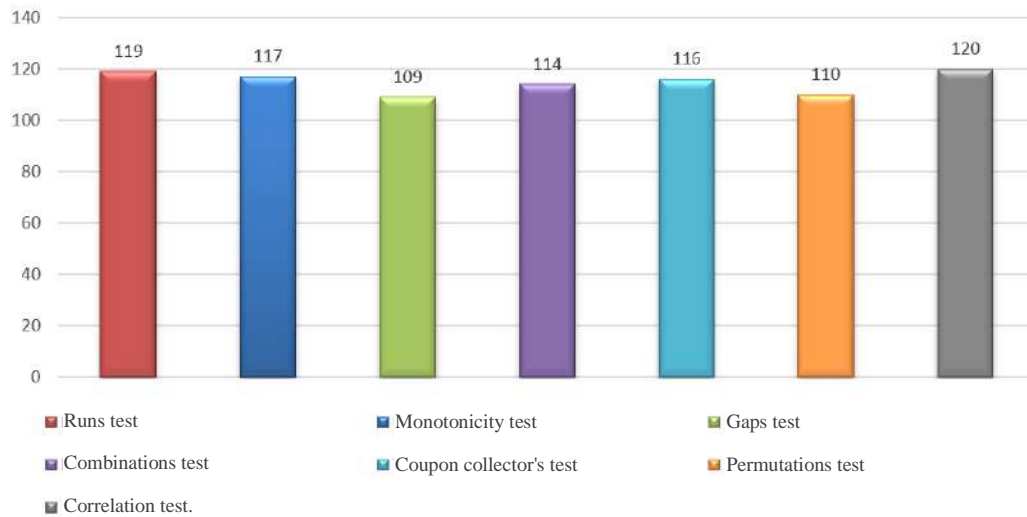


Figure 2. Number of successful Donald Knuth tests passed

### NIST statistical tests

NIST (the National Institute of Standards and Technology) was one of the first organizations to develop a set of statistical tests for assessing the randomness and quality of random sequence generators. These tests are part of the NIST Statistical Test Suite and are designed to evaluate the randomness in random sequence generators and data streams [19].

Each test in the NIST Statistical Test Suite compares the statistic computed for the tested sequence with the corresponding theoretical value, which is calculated for the chosen reference distribution of the random variable. The following reference distributions are used in each test [20]:

- Chi-square ( $\chi^2$ ) distribution: This distribution is used to assess how well the observed data match the expected data when they are categorized.
- Normal distribution: This distribution describes a situation where the values of a random variable are symmetrically distributed around the mean. In tests, it is used to check whether statistics, such as the sum or difference of bits, conform to a normal distribution.

To find the statistics of the considered pseudo-random sequence (PRS), the processes of centering and normalization are often used to bring the data into a standard form. Centering and normalizing a pseudo-random sequence is done using the formula  $z = \frac{x-\mu}{\sigma}$ . The calculation of the  $p$ -value is performed using an additional error function:

$$\operatorname{erfc}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_z^{\infty} e^{-u^2} du$$

The  $\chi^2$  distribution involves comparing the observed frequencies  $F_i$  with the expected frequencies  $f_i$  of a presumed distribution. The statistic used in this case is:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(F_i - f_i)^2}{f_i}$$

In this case, the calculation of the  $p$ -value is conducted using the incomplete gamma function, defined by the formula below:

$$Q(a, x) \equiv \frac{\Gamma(a, x)}{\Gamma(a)} \equiv \frac{1}{\Gamma(a)} \int_x^{\infty} e^{-t} t^{a-1} dt, \Gamma(z) = \int_0^{\infty} e^{-t} t^{z-1} dt$$

All tests belonging to the NIST STS suite are parametric, so it is crucial to make correct choices for the necessary parameter values when using them.

Next, we will conduct a statistical evaluation of the AL04 encryption algorithm and test the encrypted text using a program implemented in Visual C# with the NIST tests. In each test, the P-value is calculated, and conclusions are drawn based on this value. If  $\alpha = 0,01$  is chosen for the tests, the following decision is made [9,18]:

- If  $P \geq 0,01$ , we consider that the obtained encrypted text is random with a probability of 99%;
- If  $P < 0,01$ , we consider that the obtained encrypted text is non-random with a probability of 99%.

Based on the results presented in Figures 3, 4, and 5, it was established that the AL04 encryption algorithm fully passes the NIST tests, meaning that the obtained encrypted text is classified as random.

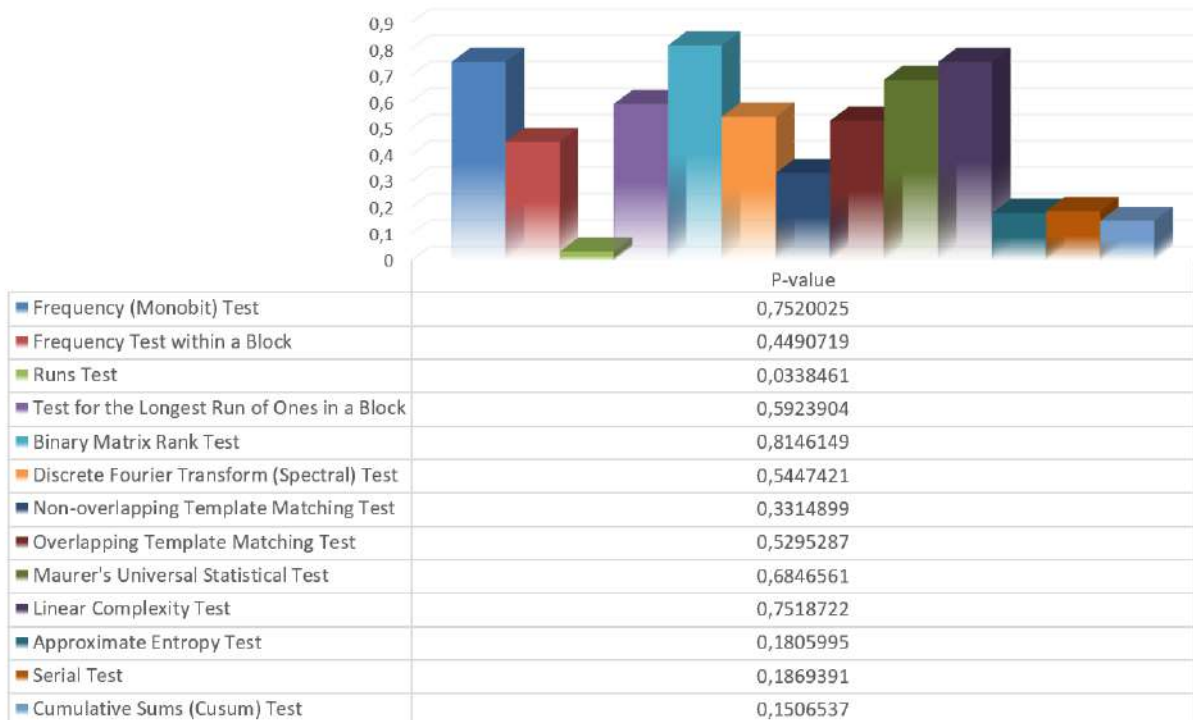


Figure 3. AL04 algorithm values according to NIST tests

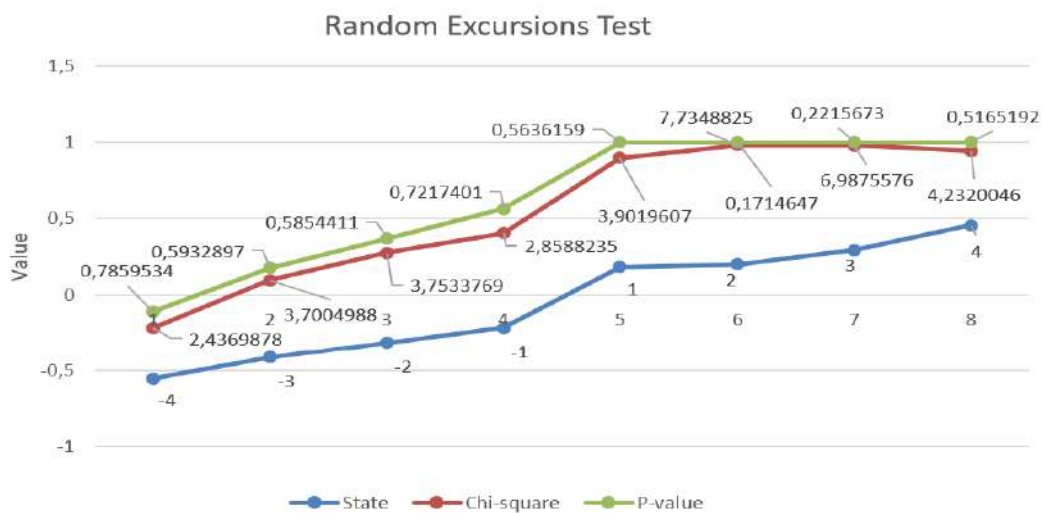


Figure 4. AL04 algorithm values according to the Random Excursions Test

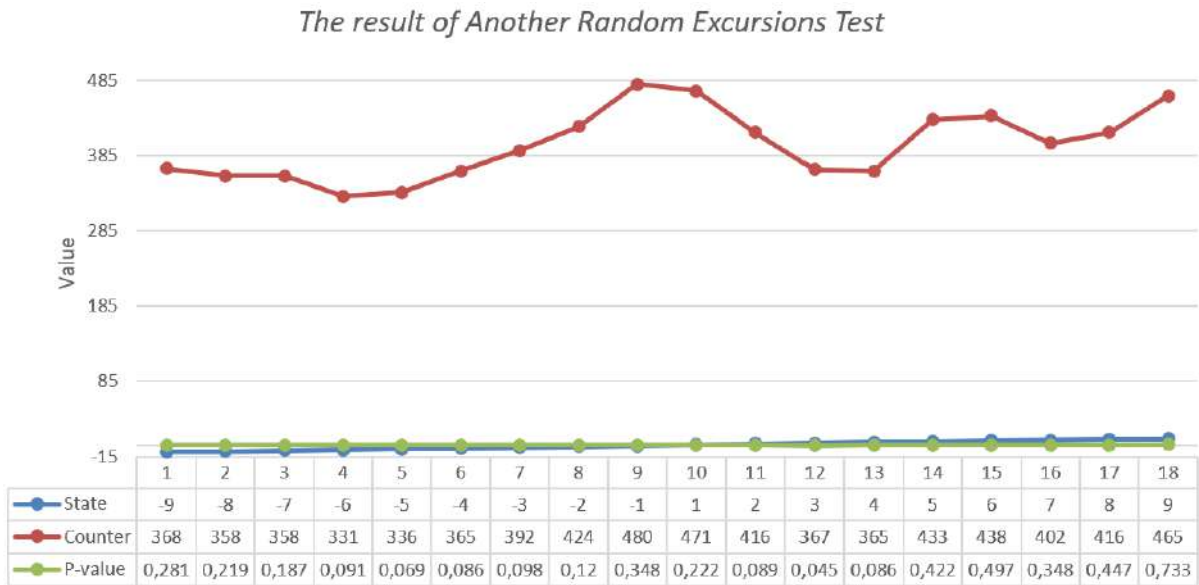


Figure 5. AL04 algorithm values according to the Another Random Excursions Test

*Results of the analysis of statistical security metrics of the algorithm*

In statistical security studies, we use the following metrics [26]:

- Avalanche effect: This measures how strongly a change in a single bit of the plaintext affects the ciphertext.
- Degree of avalanche effect ( $d_a$ ): This key metric describes how a change in one bit of the plaintext affects the ciphertext generated by the cryptographic algorithm. Ideally, changing a single bit in the plaintext sequence should result in a change in half of the bits in the ciphertext sequence, which ensures a high level of algorithm security.
- Degree of completeness ( $d_c$ ): This characteristic of a cryptographic function describes the extent to which the algorithm meets specific security and functionality requirements. Completeness includes both the algorithm’s ability to perform its claimed functions and its satisfaction with critical security requirements.
- Degree of strict avalanche criterion ( $d_{sa}$ ): This is a more detailed and stringent metric that measures how precisely the cryptographic algorithm adheres to the avalanche effect principle.

The objective of this research is to calculate the values for each round of the AL04 encryption algorithm based on the aforementioned metrics and to evaluate the results. The analysis was conducted on ciphertexts of lengths 100, 1000, and 10,000 blocks, generated by the AL04 algorithm. Table 1 presents the results of the statistical assessment of the AL04 encryption algorithm.

Table 1. Results of the statistical assessment of the AL04 encryption algorithm

Round No.	$D_{min}$	$D_{max}$	$d_w$	$M_{min}$	$M_{max}$	$m_w$	$d_c$	$d_a$	$d_{sa}$
<b>AL04(100 blocks)</b>									
1.	9.00202	10.86369	9.932860	3.07485	5.70765	4.39125	0.125	0.137226	0.086708
2.	50.69342	52.555096	51.624261	11.3026625	13.9354625	12.6190625	0.468261	0.394345	0.331406
3.	64.68940	66.551071	65.620235	20.81735	23.45015	22.13375	1	0.691679	0.634501
4.	43.96099	45.822668	44.891833	27.319537	29.952337	28.635937	1	0.893993	0.835097
5.	20.96599	22.827668	21.896833	30.147662	32.780462	31.464062	1	0.977666	0.911474
6.	15.54508	17.406757	16.475922	30.579693	33.212493	31.896093	1	0.989868	0.919458
7.	14.86085	16.722529	15.791693	30.7411	33.3739	32.0575	1	0.98875	0.921914

Round No.	$D_{min}$	$D_{max}$	$d_w$	$M_{min}$	$M_{max}$	$m_w$	$d_c$	$d_a$	$d_{sa}$
3.	14.40422	16.265894	15.335058	30.625475	33.258275	31.941875	1	0.989462	0.920371
<b>AL04(1000 blocks)</b>									
1.	9.002025	10.863696	9.932860	3.07485	5.70765	4.39125	0.125	0.137226	0.086708
2.	50.693426	52.555096	51.624261	11.3026625	13.9354625	12.6190625	0.468261	0.394345	0.331406
3.	64.689400	66.551071	65.620235	20.81735	23.45015	22.13375	1	0.691679	0.634501
4.	43.960998	45.822668	44.891833	27.319537	29.952337	28.635937	1	0.893993	0.835097
5.	20.965998	22.827668	21.896833	30.147662	32.780462	31.464062	1	0.977666	0.911474
6.	15.545086	17.406757	16.475922	30.579693	33.212493	31.896093	1	0.989868	0.919458
7.	14.860858	16.722529	15.791693	30.7411	33.3739	32.0575	1	0.98875	0.921914
8.	14.404223	16.265894	15.335058	30.625475	33.258275	31.941875	1	0.989462	0.920371
<b>AL04(10000 blocks)</b>									
1.	9.002025	10.863696	9.932860	3.07485	5.70765	4.39125	0.125	0.137226	0.086708
2.	50.693426	52.555096	51.624261	11.3026625	13.9354625	12.6190625	0.468261	0.394345	0.331406
3.	64.689400	66.551071	65.620235	20.81735	23.45015	22.13375	1	0.893993	0.834501
4.	43.960998	45.822668	44.891833	27.319537	29.952337	28.635937	1	0.893993	0.835097
5.	20.965998	22.827668	21.896833	30.147662	32.780462	31.464062	1	0.977666	0.911474
6.	15.545086	17.406757	16.475922	30.579693	33.212493	31.896093	1	0.989868	0.919458
7.	14.860858	16.722529	15.791693	30.7411	33.3739	32.0575	1	0.98875	0.921914
8.	14.404223	16.265894	15.335058	30.625475	33.258275	31.941875	1	0.989462	0.920371

As the results of the study show, it was established that complete mixing of the input sequence occurs at the 2nd round of encryption using the AL04 algorithm.

### Discussion

The main method of statistical testing for block ciphers involves creating various pseudo-random sequence generators based on the tested block cipher. These sequences are then subjected to statistical testing. It is important how these generators are constructed and which tests are used for testing the sequences. Currently, there are many test suites for checking sequence statistics. Among them, we use the test suites by Donald Knuth and NIST. These sets of tests were chosen for several key reasons. Each statistical test proposed by D. Knuth is designed to test the hypothesis of randomness of the input sequence, which helps identify potential weaknesses in random number generators and cryptographic algorithms.

In turn, the NIST test suite was developed by the National Institute of Standards and Technology (NIST), a prominent government organization supported by a team of highly qualified experts in mathematical statistics.

This test suite is used for assessing the randomness of sequences and has been employed for testing cryptographic algorithms at the national level, including block ciphers that participated in the AES standardization competition. During the investigation of the AL04 encryption algorithm, it was established that the AL04 encryption algorithm fully meets the criteria of statistical security based on the numerical indicators of the NIST and Donald Knuth tests.

### Conclusion

Evaluating the statistical security of block cipher algorithms is one of the primary criteria for determining the reliability of these algorithms. Therefore, this article examines and presents the results of the statistical security assessment of the algorithm. This aspect of security is crucial in evaluating the reliability of block cipher algorithms under real operational conditions. The proposed

algorithm AL04 was implemented programmatically to investigate the statistical security of files encrypted with this algorithm. According to the research findings, all P-values from the NIST tests fall within the interval [0, 1], indicating that 99% of the encrypted text characteristics correspond to a random sequence. It was also found that according to the tests by Donald Knuth, the output sequence is pseudo-random. Furthermore, it has been demonstrated that the statistical indicators meet security requirements starting from the second round, i.e., with  $d_c = 1$ .

Thus, based on these results, the AL04 algorithm can be considered statistically secure. Further research into other properties of the algorithm is planned for future work.

### Acknowledgment

Research works were carried out on the basis of the grant project AP14870419 "Development of a cryptographic information protection facility for securing communications in HF radio communication.

### References

- [1] Biyashev R.G., Smolarz A., Algazy K. T., Khompysh A. Encryption algorithm "Qamal NPNS" based on a nonpositional polynomial notation // *KazNU Bulletin. Mathematics, Mechanics, Computer Science Series*, 2020, 105(1), pp.198–207.
- [2] Biyashev R.G., Kalimoldayev M.N., Nyssanbayeva S.E., Kapalova N.A., Dyusenbayev D.S., Algazy K.T. Development and analysis of the encryption algorithm in nonpositional polynomial notations // *Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications*, 2018, 6(2), pp. 19-33.
- [3] Kapalova N., Khompysh A., Arici M., Algazy K., A block encryption algorithm based on exponentiation transform // *Cogent Engineering*, 2020. 7(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1788292>
- [4] Leander G., Moos T., Moradi A., & Rasoolzadeh S. The SPEEDY Family of Block Ciphers: Engineering an Ultra Low-Latency Cipher from Gate Level for Secure Processor Architectures // *IACR Transactions on Cryptographic Hardware and Embedded Systems*, 2021(4), pp. 510–545. <https://doi.org/10.46586/tches.v2021.i4.510-54>
- [5] Lu Y., Zhang W., and Cao L. Data Security Encryption Method Based on Improved AES Algorithm // "2022 Global Reliability and Prognostics and Health Management (PHM-Yantai), Yantai, China, 2022, pp. 1-6, <https://doi:10.1109/PHM-Yantai55411.2022.9942058>.
- [6] Hlobaž A. Statistical Analysis of Enhanced SDEx Encryption Method Based on SHA-256 Hash Function // 2019 IEEE 44th Conference on Local Computer Networks (LCN), Osnabrueck, Germany, 2019, pp. 238-241, <https://doi:10.1109/LCN44214.2019.8990714>.
- [7] Cardona-López M.A., Chimal-Eguía J.C., Silva-García V.M., Flores-Carapia R. Statistical Analysis of the Negative-Positive Transformation in Image Encryption // *Mathematics*, 2024, 12(908), <https://doi.org/10.3390/math12060908>
- [8] Puchala D., Stokfiszewski K., Yatsymirskyy M. Image Statistics Preserving Encrypt-then-Compress Scheme Dedicated for JPEG Compression Standard // *Entropy*, 2021, 23(421), <https://doi.org/10.3390/e23040421>
- [9] Khompysh A., Kapalova N., Lizunov O., Dilmukhanbe, D., Kairat S. Development of a new lightweight encryption algorithm // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2023, 14(5), 452-459, <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140548>
- [10] Pikuza M. O., & Mikhnevich S. Yu. Testing of hardware random number generator using a set of NIST statistical tests // *Reports of BSUIR*, 2012, 19(4), pp. 37-42, <https://doi.org/10.35596/1729-7648-2021-19-4-37-42>
- [11] Recommendation for Block Cipher Modes of Operation. NIST Special Publication 800-38A. Technology Administration U.S. Department of Commerce. 2001, 10 p.
- [12] Al-Hazaimeh O. M., Al-Shannaq M. A., Bawaneh M.J., & Naha K. M. Analytical Approach for Data Encryption Standard Algorithm // *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 2023, 17(14), pp. 126–143. <https://doi.org/10.3991/ijim.v17i14.38641>
- [13] Alvarez R., Martinez F., Zamora A. Improving the Statistical Qualities of Pseudo Random Number Generators // *Symmetry*, 2022, 14(269). <https://doi.org/10.3390/sym14020269>



[14] Knuth D. E. *The art of computer programming. Transl. from English, 3rd ed., V. 2., 2004, Seminumerical Algorithms. Publishing house Williams.*

[15] Pierre L'Ecuyer., Richard Simard. *TestU01: A C library for empirical testing of random number generators // ACM Transactions on Mathematical Software, 2007, 33(4):22-39. <https://doi:10.1145/1268776.1268777>*

[16] Perov A. A. *Using NIST statistical tests for the analysis of the output sequences of block ciphers // Sci. Bull. of NSTU, 2019, 3(76), pp. 87-96, 2019. <https://doi:10.17212/1814-1196-2019-3-87-96>.*

[17] Khompysh A., Nysanbayeva S.E., Ostapenko V.V. *Statistical Security Assessment of the AL04 Encryption Algorithm // Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference 'Informatics and Applied Mathematics'. Almaty, 2023. pp. 327–333.*

[18] Ivanov, M. A., & Chugunkov, I. V. *The theory, application, and evaluation of the quality of pseudorandom sequence generators // CUDYC-OBRAZ, 2003, pp. 240. Moscow.*

[19] Sulak F., Uğuz M., Koçak O., and Doğanaksoy A. *On the independence of statistical randomness tests included in the NIST test suite // Turk. Jour. of Elec. Engin. & Comp. Scien., 2017, vol. 25, no.5, pp. 3673-3683, <https://doi:10.3906/elk-1605-212>.*

[20] Pikuza M. O., Yu S. *Testing a hardware random number generator using NIST statistical test suite // BSUIR Reports, 2021, vol. 19, no. 4, pp. 37-42, <https://doi.org/10.35596/1729-7648-2021-194-37-42>.*

Қ.Е. Тұрғанбай<sup>1\*</sup>, С.Н. Исабаева<sup>2</sup>, Е.Ж. Тенизбаев<sup>3</sup>,  
Т.А. Жукова<sup>3</sup>, Л.В. Игнашова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Л.Б. Гончаров атындағы қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Нұр-Мұбарак Египет ислам мәдениеті университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>3</sup>Орталық Азия Инновациялық университеті, Шымкент қ., Қазақстан

\*e-mail: kuralai\_12@mail.ru

## НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕРДІ ТЕРЕҢ ОҚЫТУ АРҚЫЛЫ СӨЙЛЕУШІНІ ТАҢУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

### Аңдатпа

Мақалада жасанды интеллект арқылы терең нейрондық желіні оқыту арқылы сөйлеушіні тану жүйесі сипатталған. Акустикалық сөйлеушінің деректерін жинау сөйлеуші сигналын өңдеуді, акустикалық және тілдік модельдерді оқытуға арналған үлгіні сәйкестендіру алгоритмдерін, нейрондық желілерді, матрицаны көрсету, векторлық кванттау жолдарын қамтиды. Сөйлеушіні тану жүйелерінде қолданылатын терең нейрондық желілер (DNN – Deep Neural Network) сөйлеушіні тану жүйесінің әдістеріне негізделген. Сөйлеушіні тану үшін дәстүрлі әдістерден жаңа терең оқыту архитектурасына көшу және терең оқыту үлгілерін пайдалана отырып, Марков модельдері, акустикалық бірліктерді модельдеу, статистикалық модельдерде жаңа тәсілдерді салыстыру туралы айтылған. Қазіргі автоматты тану жүйелері негізінен Гаусс қоспасының моделіне (GMM – Gaussian Mixture Model) немесе терең нейрондық желіге (DNN – Deep Neural Network) негізделген және осы жұмыс негізінде акустикалық модельдеуді зерттеу үшін ықтималдық сызықтық дискриминанттық талдау (PLDA – Probability Linear Discriminant Analysis) жүргізілген. Эксперимент нәтижелері терең оқытуды қолдана отырып, осы нейрондық желіні модельдеу сөйлеушіні автоматты түрде танудың әртүрлі тапсырмаларында тиімді екенін көрсеткен. Қарастырылып отырған дерекқордағы нәтижелерден сөйлеушінің тануға қосқан үлесі мен байланысты шектеулерді қамтитын мүмкіндіктері сипатталған.

**Түйін сөздер:** сөйлеуші, тану, конволюция, сәйкестендіру, нейрондық желі, биометрия, аутентификация.

Қ.Е. Тұрғанбай<sup>1</sup>, С.Н. Исабаева<sup>2</sup>, Е.Ж. Тенизбаев<sup>3</sup>, Т.А. Жукова<sup>3</sup>, Л.В. Игнашова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л. Б. Гончарова, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Египетский университет исламской культуры «Нур - Мубарак», г. Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Центрально-Азиатский Инновационный университет, г.Шымкент, Казахстан

## ОСОБЕННОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ГОВОРЯЩЕГО ПОСРЕДСТВОМ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

### Аннотация

В статье описывается система распознавания говорящего посредством обучения глубокой нейронной сети с помощью искусственного интеллекта. Сбор данных акустического говорящего включает обработку сигнала говорящего, алгоритмы сопоставления моделей для обучения акустическим и языковым моделям, нейронные сети, отображение матриц, пути векторного квантования. Глубокие нейронные сети (DNN – Deep Neural Network), используемые в системах распознавания говорящего, основаны на методах системы распознавания говорящего. Речь идет о переходе от традиционных методов к новой архитектуре глубокого обучения для распознавания говорящего и сравнении новых подходов в Марковских моделях, моделировании акустических единиц, статистических моделях с использованием моделей глубокого обучения. Современные системы автоматического распознавания в основном основаны на модели смеси Гаусса (GMM – Gaussian Mixture Model) или глубокой нейронной сети (DNN – Deep Neural Network), и на основе этой работы

был проведен вероятностный линейный дискриминантный анализ (PLDA – Probability Linear Discriminant Analysis) для изучения акустического моделирования.

Результаты эксперимента показали, что моделирование этой нейронной сети с использованием глубокого обучения эффективно в различных задачах автоматического распознавания говорящего. Из результатов в рассматриваемой базе данных описаны возможности говорящего, которые включают вклад в распознавание и связанные с этим ограничения.

**Ключевые слова:** говорящий, распознавание, свертка, идентификация, нейронная сеть, биометрия, аутентификация.

K. Turghanbay<sup>1</sup>, S. Issabayeva<sup>2</sup>, Y. Tenizbayev<sup>3</sup>, T. Zhukova<sup>3</sup>, L. Ignashova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kazakh automobile road institute named after L. B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Egyptian University of Islamic Culture «Nur-Mubarak», Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>Central Asian Innovation University, Shymkent, Kazakhstan

## **FEATURES OF SPEAKER RECOGNITION THROUGH DEEP LEARNING OF NEURAL NETWORKS**

### *Abstract*

The article describes a speaker recognition system through deep neural network training using artificial intelligence. Acoustic speaker data collection includes speaker signal processing, model matching algorithms for teaching acoustic and language models, neural networks, matrix mapping, vector quantization paths. Deep Neural Networks (DNN – Deep Neural Network), used in speaker recognition systems, are based on the methods of the speaker recognition system. We are talking about the transition from traditional methods to a new deep learning architecture for speaker recognition and comparing new approaches in Markov models, modeling acoustic units, statistical models using deep learning models. Modern automatic recognition systems are mainly based on the Gauss Mixture Model (GMM – Gaussian Mixture Model) or deep neural network (DNN – Deep Neural Network), and based on this work, a probabilistic Linear discriminant analysis (PLDA – Probability Linear Discriminant Analysis) was conducted to study acoustic modeling. The results of the experiment showed that modeling this neural network using deep learning is effective in various tasks of automatic speaker recognition. From the results in the database under consideration, the speaker's capabilities are described, which include a contribution to recognition and related limitations.

**Keywords:** speaker, recognition, convolution, identification, neural network, biometrics, authentication.

### **Негізгі ережелер**

Сөйлеушіні тану жүйесін құрудың бірыңғай тәсілі қалыптасты, оған төрт негізгі компонент кіреді: сигналды алдын-ала өңдеу, акустикалық модель, тілдік модель және гипотезалар - ізделініп, әр компонентке қатысты тұрақты зерттеулер жүргізілді. Сөйлеушіні тануды машиналық оқытуды қолдана отырып, сөйлеу белгілері мен сөйлеушіні анықтаудың моделі мен алгоритмі жасалынып зерттеу жұмыстары жүргізілді. Сөйлеу сигналдарының белгілерін анықтау процесінде дамыған нейрондық желінің моделі қолданылды; құрастырылған акустикалық корпус сөйлеушіні тану саласында зерттеулер жүргізуге мүмкіндік береді.

Сондықтан сөйлеушінің қазақ тіліндегі оқытылған акустикалық және тілдік модельдерін пайдаланылу қазіргі таңда өзекті мәселе болып отыр.

### **Кіріспе**

Сөйлеу технологиялары операторлардың кейбір функцияларын компьютерге ауыстыруға мүмкіндік береді. Дауысты тану арқылы бүгінде сіз кітаптарды, смс-хабарламаларды оқи аласыз, құжаттар мен бүкіл веб-сайттарды дауыстай аласыз, тілдерді үйренуге көмектесетін интеллектуалды оқыту жүйелерін жасай аласыз. Осындай автоматты сөйлеу сигналын қабылдау жүйелерін жасаушылардың сөзсіз жетістіктеріне қарамастан, дауысты тану жүйелерін құруда әзірлеушілер қолданатын эмпирикалық тәсілді атап өткен жөн. Мәселе мынада, адамның сөйлеуді қабылдау механизмінде әлі де түсініксіз көп нәрсе бар, сондықтан сөйлеуді автоматты түрде тану саласындағы көптеген зерттеушілердің назары осы механизмдерге аударылады. Қысқа мәлімдемелерге арналған заманауи верификация

жүйелерін әзірлеу зерттеудің белсенді бағыты болып табылады, өйткені жүйенің әлеуетті пайдаланушылары қысқа мәлімдемелерді қалайды.

Дауысты тану әдісі дауыстың ерекше сипаттамаларының үйлесімі арқылы адамның жеке басын анықтайды. Алгоритмдерде сөйлеушінің жеке басы туралы шешім қабылданатын негізгі белгілер талданады: дауыс көзі, дауыс жолдарының резонанстық жиіліктері және олардың әлсіреуі, сондай-ақ артикуляцияны бақылау динамикасы. Биометриялық дауыстық аутентификация әдісі қолданудың қарапайымдылығымен сипатталады. Бұл әдіс қымбат жабдықты қажет етпейді, микрофон мен дыбыстық карта жеткілікті. Бірақ дауысты аутентификациялаудың биометриялық әдісін қолданған кезде бірқатар мәселелер туындайды. Ең маңызды мәселелердің бірі – дауысты анықтау сапасы. Қазіргі уақытта адамды дауыспен тану қателігінің ықтималдығы өте жоғары. Дауыстық сигналдан биометриялық параметрлерді дәлірек анықтау үшін жаңа алгоритмдерді әзірлеу қажет. Екінші маңызды мәселе – белгілі құрылғылардың шулы жағдайда тұрақсыз жұмыс істеуі. Маңызды мәселе – бір адамның дауысының әртүрлі көріністерімен дауысты анықтау: дауыс денсаулық жағдайына, жасына, көңіл-күйіне және т. б. байланысты.

Сөйлеушіні тану – үлгіні тану мәселесі. Дауыстық басып шығаруды өңдеу және сақтау үшін қолданылатын әртүрлі технологияларға жиілікті бағалау, жасырын Марков модельдері, Гаусс қоспасы модельдері, үлгіні сәйкестендіру алгоритмдері, нейрондық желілер, матрицалық бейнелеу, векторлық кванттау және шешім ағаштары жатады. Дауыстық іздері бар мәлімдемелерді салыстыру үшін олардың қарапайымдылығы мен өнімділігіне байланысты косинус ұқсастығы сияқты қарапайым әдістер дәстүрлі түрде қолданылады. Кейбір жүйелер сонымен қатар когорттық және әлемдік модельдер сияқты анти-спикер әдістерін қолданады. Спектрлік сипаттамалар негізінен сөйлеушінің сипаттамаларын көрсету үшін қолданылады. Сызықтық болжамды кодтау LPC (Linear Predictive Coding) – сөйлеушіні тану және сөйлеуді тексеру үшін қолданылатын сөйлеуді кодтау әдісі [1].

Стационарлық дауыстық биометриялық аутентификация жүйелерін құрудың негізгі мақсаты пайдаланушының жеке ерекшеліктерін ескеретін және анықталған сөйлеу сегменттерін синхрондайтын, тиімді кодтық фразалардың құрылысын біріктіретін дыбыстық сигналды мерзімінен бұрын өңдеу болып табылады деген қорытынды жасауға болады. бағдарламаны оқыту кезеңі, яғни сөйлеудің осы салаларында фазалық сәйкессіздік болмауы керек.

Пайдаланушы аутентификациядан өткен кезде бағдарлама статистикалық сипаттамалардың барлық түрлерін қорытындылап, таңдалған сөйлеу бөлімдерін нақты жіктеуі керек. Биометриялық сәйкестендіру жағдайында дыбыстарды жіктеуге қабілетті автоматты фрагментатор алдын-ала жасалған сөздіктің және жасалған дыбыстардың дерекқорына қол жеткізудің арқасында әр пайдаланушы үшін бөлек жасалуы керек.

### **Зерттеу әдіснамасы**

Зерттеу жұмысында пайдаланушының негізгі тонусының кезеңін бақылау алгоритмі жасалды. Әр адамның дыбыстық файлды жазу кезінде есептелетін өзіндік дыбыстық кезең параметрлері бар. Қадамдық кезеңнің ұзақтығын математикалық күту көптеген адамдар үшін қолайлы болуы мүмкін болса да, ол жеке сипаттама болып саналады. Негізгі тональды кезеңнің минималды мәні негізгі әйел жынысына және 16 жасқа дейінгі адамдарға тән. Ер дауысында бұл мән айтарлықтай ерекшеленеді. Кейбір еркектерде дауыс негізгі сипатқа ие және олардың кезеңінің орташа мәні орташа адамнан асып түседі.

Сәйкестендіру және тұлғаны тексеру технологияларын қамтитын дауыс биометриясын сөйлеушіні тану технологияларымен шатастыруға болмайды. Сөйлеуді тану технологиясын қолдана отырып, ол сөйлеушіні дауысынан тани алады. Сондықтан қауіпсіздік саласында сөздерді тану технологияларын қолдану шектеулі. Керісінше, адамды дауыспен анықтау және тексеру технологиялары адамның сол күйінде көрінетінін растау қажет болған кезде қолданылады:

- деректерді енгізу;
- математикалық алгоритмдер;
- есептеу қуаты.

Кіріс дерекқорда сақталған биометриялық үлгі немесе дауыстық басып шығару. Биометриялық үлгінің сапасы көбінесе енгізу құрылғысының түріне (мысалы, кәсіби микрофон немесе ұялы телефон) және қоршаған ортаға (шулы көше немесе тыныш бөлме) байланысты. Дауыстық басып шығару сапасын автоматты түрде анықтайтын, содан кейін жақсы үлгіні алу үшін оны шудан тазартатын технологиялар бар.

Биометриялық жүйелердегі алгоритмдер алынған дауыстық басып шығаруды мәліметтер базасындағы үлгімен салыстыру үшін қолданылады. Алгоритм неғұрлым жетілген болса, салыстыру нәтижесі соғұрлым дәл болады. 1-суретте байланыс орталықтарының бірінде дауысты тану жүйесін қолдану мысалы көрсетілген.



Сурет 1. Тұлғаны тану жүйесін қолдану

Бүгінгі күні бірнеше биометриялық технологияларды біріктіретін жүйелер әзірленді, мысалы, дауыс пен саусақ ізі арқылы тұлғаны тексеру технологиясы. Екі биометриялық технологияның үйлесімі бір технологияның екіншісінің кемшіліктерін өтеуге мүмкіндік береді және керісінше, сонымен қатар операторға қауіпсіздік деңгейін бақылауға мүмкіндік береді.

Бұрын дауыс биометриясы саусақ іздері, бет пішіні және көз қарашығы арқылы анықтау және тексеру сияқты биометриялық әдістерге мүмкіндік берді. Дегенмен, жаңа алгоритмдер мен компьютердің деректерді өңдеудегі жоғары өнімділігі дауысты тану дәлдігін айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік берді, бұл оны дәстүрлі емес, ыңғайлы дауыс биометриясын анықтау және тексеру әдістерінің күшті бәсекелесі етеді.

Қазіргі уақытта қол жетімді биометриялық технологиялардың ішінде дауыстық биометрия ең үнемді және пайдаланушыға ыңғайлы, сондықтан дауыстық биометриялық шешімдер жақын арада барлық жерде болады. Магниттік карталарды жоғалту немесе ұрлату, PIN кодтарын ұмыту кезінде қолданылатын арнайы сканерлеу құрылғылары көп ақша талап етеді. Керісінше, дауыстық биометрия кез-келген уақытта кез-келген жерде сәйкестендіруге мүмкіндік береді. Сізге тек ұялы немесе қалалық телефонды немесе микрофонды пайдалану керек.

Ерінмен сөйлеуді тану адамдар үшін өте қиын міндет. Қолда бар зерттеулерге сәйкес, нашар еститіндер 30 бір буынды сөздердің шектеулі жиынтығынан тек 17-12% және 30 көп буынды сөздердің 21-11% ғана. Сондықтан автоматты танудың шулы ортада, жеке сәйкестендіруде, сондай-ақ медициналық мақсаттарда пайдалану үшін үлкен практикалық әлеуеті бар.

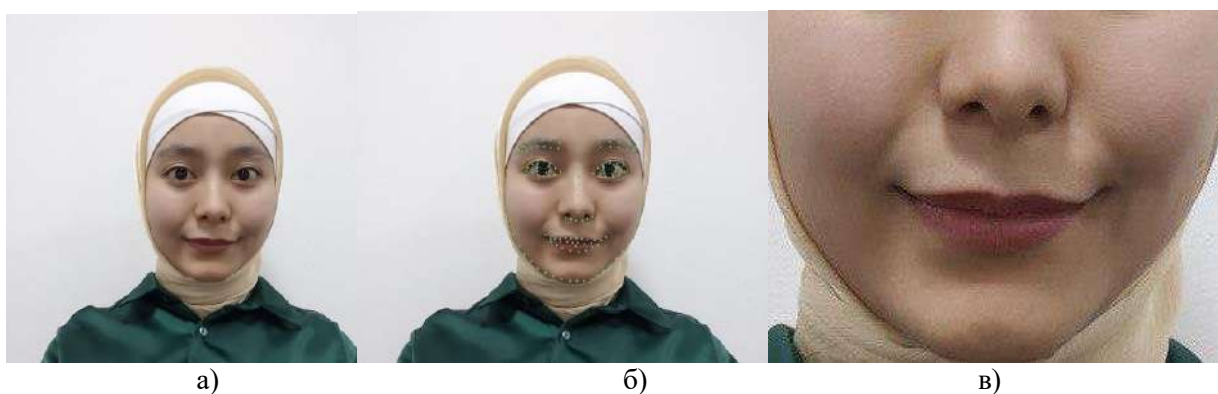
### Зерттеу нәтижелері

Зерттеу барысында 34 сөйлеуші ағылшын тілінде сөйлейтін 1000 сөйлемнен тұратын бейне жазбадан тұратын деректер жинағы пайдаланылды.

Бұл ретте кейбір бейнежазбалар бүлінген, сүзілгеннен кейін әрқайсысы 3 секундқа созылатын 32904 бейнежазба қалады. Әрбір бейне 75 кадрға бөлінген. Деректер жаттығу (26304 жазба) және кейінге қалдырылған (6600 бейне жазба) үлгілеріне бөлінеді.

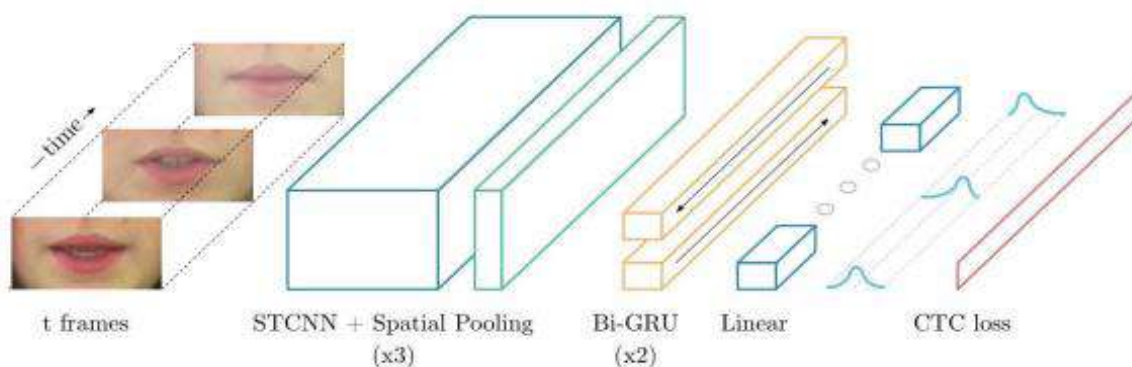
LipNet нейрондық желісі бейне тізбегін өңдеу арқылы бүкіл сөйлем деңгейінде ерін арқылы сөйлеуді сәтті таныған әлемде бірінші жүйе болды.

Беттің қажетті бөлігін бөлектеу үшін dlib кітапханасынан негізгі нүкте детекторы қолданылады [2] және алынған нүктелер беттің белгілі бір аймақтарына сәйкес келеді. Осы зерттеу жұмысында 2 суретте еріннің артикуляциялық қозғалысы ғана қолданылатындықтан, бұл тек ерінге сәйкес келетін бет аймағын, атап айтқанда 48-67 нүктелерін пайдалануға мүмкіндік береді.



Сурет 2. Ерін аймағын таңдау:  
(а) - бастапқы сурет, (б) - негізгі нүктелерді алу, (в) – түрлендіру нәтижесі

Кадрлар ағынын мәтінге аудару үшін LipNet – LSTM типті қайталанатын нейрондық желі (long short-term memory) архитектурасының нейрондық желісі қолданылады.



Сурет 3. Lipnet нейрондық желісінің архитектурасы

Біз зерттеуден алынған мәліметтер жиынтығын қолданамыз [3]. Lipnet нейрондық желісі кеңістіктік-уақыттық конволюциялық қабаттарды (STCNN – спатиотемпоральды конволюциялық нейрондық желі), басқарылатын қайталанатын блоктарды (GRU), сондай-ақ толық байланысқан қабатты пайдаланады.

Нейрондық желіні оқыту қадам өлшемі бар Adam оңтайландыру әдісі арқылы жүзеге асырылды, жоғалту функциясы ретінде CTC (Connectionist Temporal Classification) loss және нейрондық желінің мәтінге шығуын декодтау үшін - CTC beam decoder қолданылады.

Болжау сапасын бағалау үшін (кесте) формула бойынша есептелген WER (Word Error Rate) көрсеткіші 1-ші формулада пайдаланылды:

$$WER = \frac{S + D + I}{N} \quad (1)$$

мұндағы S-ауыстыру саны, D-жою саны, I-кірістіру саны, N – сөйлемдегі сөздер саны. I-вектор негізіндегі құрылым мәтіннен тәуелсіз динамикті танудың соңғы деңгейін анықтады. I – вектор Гаусс қоспасының үлгісінен (GMM – Gaussian Mixture Model) немесе терең нейрондық желіден (DNN – Deep Neural Network) [4] алынады, ал бәкенд үшін ықтималдық сызықтық дискриминанттық талдау (PLDA – Probability Linear Discriminant Analysis) кеңінен қолданылады. Айтылымның қысқа I – векторларының вариациясын модельдеудің бірқатар әдістері болды. Пайдаланушылардың үлкен саны ажыратуға үйретілген нейрондық желіні пайдаланады, бекітілген өлшемдегі кірістірілген дауыстарды жасайды және PLDA бағалау үшін енгізілген дауыстар пайдаланылады. DNN1 -екі сатылы әдіс: алдын-ала дайындық және дәл баптау. Бақыланатын DN моделінің жақсы инициализациясын табу үшін алдымен автоэнкодерді қолдана отырып, қысқа және ұзын векторлардың бірлескен көрінісін үйретеміз. Бұл әдісті DNN1 деп белгілейік. DNN2 -бір сатылы әдіс: жартылай бақыланатын оқыту. Екі сатылы әдіс, алдымен автоэнкодерді қолдана отырып, бірлескен көріністі үйрету керек, содан кейін бақыланатын дисплейді үйрету үшін дәл баптау керек. Қалпына келтіру қатесін азайту үшін автоматты кодер арқылы басқарылатын дисплейді бірлесіп үйрете алатын [5] бірыңғай жартылай басқару ортасын енгізу қажет. Бұл әдіс DNN2 ретінде белгіленеді. Біз алдыңғы бөлімде айтылғандай бірдей автоэнкодер платформасын қабылдаймыз, онда кодер мен декодер бар, бірақ мұнда кодер үшін WS айту арқылы кіріс қысқа I – вектор болып табылады.

Алынған модельді болжау үшін wer орташа бағасы – 22,7 %, бұл адамдардың сөйлеуді болжауын бағалаудан әлдеқайда аз – 47,7 % [6]. Осылайша, берілген жүйе адамдарға қарағанда бейне ағыны арқылы сөйлеуді тануға мүмкіндік береді.

Кесте 1. Тану нәтижелерінің мысалы

Түпнұсқа мәтін	Болжамды мәтін	WER
<i>place red by m seven please</i>	<i>place red by m seven please</i>	0,0
<i>place green at t seven now</i>	<i>place green at d seven now</i>	0,1667
<i>place green in t six again</i>	<i>place green at d six again</i>	0,3333
<i>set blue by q seven now</i>	<i>set blue by u seven now</i>	0,1667
<i>place red in z six soon</i>	<i>place red i c six soon</i>	0,3333
<i>place white by n two soon</i>	<i>place red by h two soon</i>	0,1333

Іске асырылған жүйені, мысалы, трахеостомия (тыныс алу жолдарының бітелуі кезінде түтікті трахеяға енгізу) немесе қатерлі ісікпен күресу үшін көмейді алып тастау сияқты алдыңғы ауруларға, жарақаттарға және медициналық манипуляцияларға байланысты сөйлеу дыбыстарын шығару қабілетін жоғалтқан адамдар қолдана алады. Сондай-ақ, мұндай жүйені адамның дауысын жазу мүмкін емес жағдайларда сөйлеуді тану үшін қолдануға болады, мысалы, шу деңгейінің жоғарылауы, адамның орнатылған құрылғыдан қашықтығы [7].

Спектрлік сәйкессіздікке байланысты шу болған кезде сөзді тану өнімділігі күрт төмендейді. Спектрлік қысу - мүмкіндік доменіндегі оқу және сынақ деректері арасындағы сәйкессіздікті азайтуға арналған тиімді мүмкіндіктерді шығару әдісі. Кәдімгі MFCC мүмкіндіктерін алуда динамикалық диапазонды азайту үшін Mel сүзгі банкінің энергияларына логарифм функциясы қолданылады. Түбірлік цестральды талдау логарифмдік функцияны тұрақты түбір функциясымен алмастырады және RCC коэффициенттерін береді. RCC коэффициенттері шуға жақсырақ төзімділікті көрсетті. RCC әдісінде қысылған сөйлеу спектрі (2) формулада көрсетілгендей есептеледі:

$$P_c(m) = P(m)^\gamma, \quad 0 \leq \gamma \leq 1 \quad (2)$$

мұндағы қысу коэффициенті жиілік жолағына тәуелді және біркелкі емес спектрлік қысу деп аталады.

Шу тұрақты болса да, бұл параметрді басында калибрлеу керек. Дәстүрлі әдістерде тану нәтижелерінің орнына SNR сәйкес әрбір жолақ үшін қысу коэффициенті реттеледі, бұл сенімдірек болып көрінеді. SNR негізіндегі тәсілдерде тану кезеңінен өтемақы кезеңіне кері байланыс жоқ және оларға SNR бағалаушысы қажет екені анық.

Осылайша, оның өнімділігі SNR бағалаушының дәлдігіне байланысты. Дегенмен, сөйлеуді тану классификациялық мәселе болып табылады және өтемақы әдістерінің параметрлеріндегі кез келген түзету тану көрсеткіштерінің жақсаруына әкелетіні орынды болып көрінеді [8].

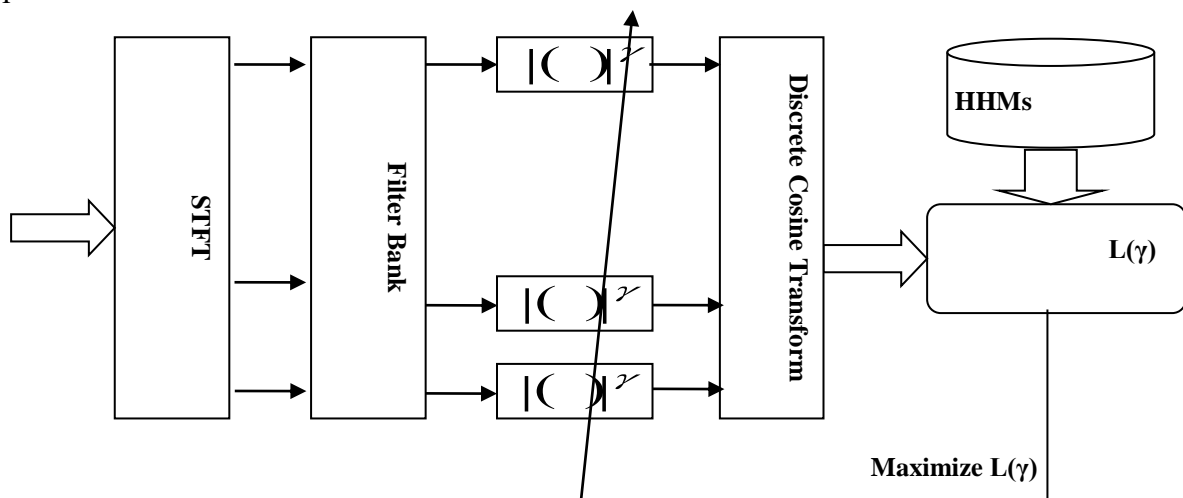
Бұл зерттеу алдыңғы қатардағы сөйлеушіні тану жүйелерінде біркелкі емес спектрлік қысуды қолданудың жаңа құрылымын ұсынады.

Сығымдау коэффициентін реттеу процесіне сөйлеуді тану жүйесін қосу арқылы тану жылдамдығы одан әрі жақсаратынын көрсетеміз.

Бұл сұлбаны жүзеге асыру үшін транскрипциясы берілген оператор пайдаланылады және қысу коэффициенті мен дұрыс модельдің ықтималдығы арасындағы байланыс тұжырымдалады, ұсынылған бұл әдіс екі фазадан тұрады: бейімдеу және декодтау.

Бейімдеу кезеңінде қысу коэффициенті дұрыс транскрипцияның акустикалық ықтималдығын барынша арттыру негізінде реттеледі, ал декодтау кезеңінде бұл оңтайландырылған қысу коэффициенті барлық кіріс сөзге қолданылады.

Сөйлеушіні тану құрылысындағы MFCC [9] – сөйлеушіні анықтау мәселесін шешудің дәстүрлі тәсілі - мүмкіндіктерден шу әсерлерін жоюдың ұсынылған әдісі 4- суретте көрсетілген.



Сурет 4. Ұсынылған құрылымның схемасы

Бұл формулалар мүмкіндікті алу алгоритміне және акустикалық бірлік үлгісіне байланысты. Бұл жұмыста MFCC алгоритмі және сәйкесінше әр күйдегі Гаусс қоспасы бар жасырын Марков моделі мүмкіндіктерді алу және акустикалық бірлік модельдеу үшін пайдаланылады [9]. Статистикалық модельге негізделген сөйлеуді тану жүйелері күшейтілген сөйлеу сигналынан алынған байқалатын мүмкіндік векторларын тудыруы мүмкін акустикалық бірліктердің тізбегін табады. Бұл бақыланатын мүмкіндіктер кіріс сөйлеу сигналының да, спектрлік қысу векторының да функциясы болып табылады. Сөйлеушінің танушысы Байестің оңтайлы жіктеу (3) формуласына негізделген ең ықтимал гипотезаны алды:

$$\hat{w} = \arg \max_w P(Z(\gamma)|w)P(w) \quad (3)$$



мұнда байқалатын мүмкіндік векторлары  $\gamma$  -спектрлік қысу векторының функциясы болып табылады.  $P(Z(\gamma) | w)$  және  $P(w)$  осы формулада және сәйкес акустикалық және тілдік көрсеткіштер.

Акустикалық немесе экологиялық бейімделу әдістері сияқты,  $\gamma$  түзету үшін бізге белгілі транскрипциясы бар кейбір бейімделу деректері қажет. Айтылымның дұрыс  $w_C$  транскрипциясы белгілі деп есептейміз. Осылайша, мәнді елемеу мүмкін, себебі бұл  $P(w_C)$  мәніне қарамастан тұрақты. Сонда (4) теңдеуді мыналарды ескере отырып  $\gamma$  көбейтуге болады:

$$\hat{\gamma} = \arg \max_{\gamma} (P(Z(\gamma) | w_C)) \quad (4)$$

НММ негізіндегі сөйлеуді тануда акустикалық ықтималдық күйлердің жалғыз ықтимал тізбегі арқылы бағаланады. Егер  $S_C$  комбинациялық НММ ішіндегі барлық күй ретін көрсетсе және жалғыз ең ықтимал күй тізбегін көрсетсе, онда ең үлкен  $\gamma$  ықтималдық бағалауы келесідей жазылады:

$$\hat{\gamma} = \arg \max_{\gamma, s \in S_C} \left\{ \sum_i \log(P(z_i(\gamma) | s_i)) + \sum_i \log(P(s_i | s_{i-1}, w_C)) \right\} \quad (5)$$

(5) тармағына келетін болсақ, дұрыс транскрипцияның акустикалық ықтималдығын алу үшін бірізділік пен күй параметрлеріне қатысты максималды көбейту керек. Бұл бірлескен оңтайландыру итеративті түрде жасалуы керек. Шулы сөйлеу спектрлік алу сүзгісіне  $Z(\gamma)$  беріледі және белгілі берілген мүмкіндік векторы  $\gamma$  шығарылады. Оңтайлы күй тізбегі  $s = \{s_1, \dots, s_i\}$  дұрыс транскрипцияны  $w_C$  ескере отырып (6) көмегімен есептеледі.

$\hat{S}$  күйлер тізбегін Витерби алгоритмі арқылы оңай есептеуге болады. Күйлердің белгілі  $\hat{S}$  тізбегін ескере отырып, біз мыналарды  $\hat{\gamma}$  тапқымыз келеді:

$$\hat{\gamma} = \arg \max_{\gamma} \left\{ \sum_i \log(P(z_i(\gamma) | \hat{s}_i)) \right\} \quad (6)$$

Күйлердің берілген тізбегі үшін оптималды есептеудің жабық түрі бар шешім жоқ, сондықтан біз сызықты емес оңтайландыруды қолданамыз.

Алдымен пайдаланушы априорлы белгілі транскрипциясы бар айтылымды айтады, содан кейін айтылым бастапқы параметрлермен бекітілген спектрлік қысу блогы арқылы беріледі. Осыдан кейін Витерби алгоритмі арқылы күйлердің ең ықтимал тізбегі құрылады. Содан кейін күйлердің реттілігін ескере отырып, оптималды спектрлік қысу векторы жасалады. Тану арқылы берілген оңтайландырылған сүзгіні пайдаланып валидация жиынында орындалады, егер қажетті қателік деңгейі орындалса, алгоритм тоқтатылады, әйтпесе күйлердің жаңа тізбегі бағаланады.

Біз зерттеуден алынған мәліметтер жиынтығын қолданамыз [10].

## Дискуссия

Нейрондық желілер негізінде сөйлеушіні автоматты түрде моделі мен алгоритмі жасалды. Бұл мақалада сөйлеушіні автоматты түрде тануда акустикалық және тілдік модельдерді оқытуға арналған үлгіні сәйкестендіру алгоритмдеріне салыстырмалы талдау жасалды. Онда осы модель төрт нейрондық желіден тұрады: біріншісі мәтінді фонемаларға (g2p) түрлендіреді, екіншісі - біз клондағымыз келетін сөйлеушіні таңбалар векторына (сандарға)

түрлендіру. Үшіншісі - алғашқы екеуінің шығуы негізінде Mel спектрограммасын синтездейді. Соңында, төртінші спектрограммалардан дыбыс алады. Бұл модель үшін сөйлеушіні нейрондық желілеріндегі жасанды нейрондық желілерді қолдана отырып, жіктеу алгоритмдері дауысты тану және белгілерді анықтау мәселелерінде жақсы нәтиже көрсетті. Эксперимент екі нейрондық модельді қамтиды: сөйлеушіні тану мәселесі/міндеті үшін қарастырылған алгоритмдерді қолдандық, салыстырмалы талдау жүргізілді. Салыстырмалы талдау мен тәжірибелердегі ең жақсы көрсеткіштер тірек векторлары мен көп қабатты персптрондарды қолдану арқылы алынды. Нәтижесінде 5904 парадифайл алынды. Сөйлеушінің әр дауысы жазбада тіркелген сөйлеуші атымен белгіленеді. Алынған жиынтықтың мөлшері-1480x5904. Көрсетілгенді визуализациялау үшін 5904 белгісі бар векторлық кеңістіктің және екі-үш өлшемді кеңістіктің мөлшерін азайту үшін негізгі компоненттер әдісі қолданылады.

Берілген өлшем 1479 белгісіне дейін азайған кезде дисперсия 100% сақталады. Алайда, ұсынылған жіктеу модельдерімен және стандарттаушылармен жүргізілген тәжірибе көрсеткендей, бұл мөлшердің азаюы жіктеудің дәлдігіне сындарлы әсер етеді. Енді Robust scaler – 0,93 көп қабатты перцептрон әдісімен масштабтауда ең үлкен дәлдік көрсетіле бастады, ал Standard scaler және MaxAb Scaler әдістерімен масштабтауда олар өз нәтижелерін 0,90-дан 0,9-ға дейін жақсарғанымен, тірек векторлары әдісі екінші қатарға ауыстырылды.

Егер жіктеудегі негізгі компонент әдісін қолдана отырып, сөйлеу белгілерінің өлшемін 1479-ға дейін төмендетсе жіктеу дәлдігі өзгереді. SVC және MLP Classifier алгоритмдерін салыстырмалы талдаудың мақсаты спикерді тану тапсырмасын орындау үшін жіктеу алгоритмдерінің әсер ету дәрежесін анықтау болды.

Сөйлеушінің жинағында жүргізілген эксперименттер осы міндеттердің болашағы туралы мәселе қоюға болатындығын көрсетті.

### Қорытынды

Бұл зерттеу жұмысында сөйлеушіні автоматты түрде тану тапсырмалары бойынша терең нейрондық желілерге негізделген акустикалық моделдеу қарастырылған. Эксперимент кезінде сөйлеушіні автоматты түрде тану тапсырмаларына сай корпус әзірленді және фонетикалық репрезентативті мәтінді, ауызекі сөйлеудегі айтылымды, яғни сөйлеушіні тану әдістері қарастырылды, нәтижесінде сөйлеушінің сөз транскрипциясының оңтайлы нұсқаларын тани алатын таңдау әдісі ұсынылды.

Зерттеу барысында, сөйлеушінің алдын-ала өңделген тапсырмалары қарастырылды, сөйлеу сигналынан шуды жою әдістері мен алгоритмдері, сөйлеушіні тану үшін спектрлік уақытты қысу жолдарының мүмкіндіктері анықталды.

Зерттеу нәтижесінде автоматты түрде сөйлеушіні тану жүйесінде құрастырылған корпуста дауысты орысша-қазақша аудармасында компьютерлік стенографиялық жазуда, компьютердің дауысын басқаруда, роботтандырылған және автоматтандырылған жүйелерде адамдарға пайдалануға тиімді болатыны анықталды.

### Пайдаланылған дереккөздер тізімі

[1] Dehak, N., Kенни, P.J., Dehak, R., Dumouchel, P., Ouellet, P., 2011. Фронтальный факторный анализ для проверки докладчика. *IEEE Trans. Аудио Речь Ланг. Процесс.* – № 19 (4), с. 788–798.

[2] Li, L., Wang, D., Zhang, C., Zheng, T.Z., 2016. Улучшение распознавания коротких высказываний за счет моделирования классов речевых единиц. *IEEE Trans. Аудио Речь Ланг. Процесс.* – № 24 (6), с. 1129–1139.

[3] Mekebayev N., Tuyebaev Ch., Sabrayev K., Yerkebay A. Research of acoustic and linguistic modeling based on repetitive neural networks for speech recognition of children // *Bulletin of physics & mathematical sciences. No1(77), 2022, <https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.16>, No1(77), 2022, 119-126*

[4] О.Ж. Мамырбаев, М. Отман, А.Т. Ахмедиярова, А.С.Кыдырбекова, Н.О.Мекебаев «Голосовая верификация с использованием i-векторов и нейронных сетей с ограниченными данными обучения» *Бюллетень Национальной академии наук РК Выпуск: 3, 2019, с.36-43*

[5] Behbahani, Yasser Mohseni, Babaali, Bagher, Turdalyuly Mussa *Persian sentences to phoneme sequences conversion based on recurrent neural networks // Open Computer Science.* – 2016. - Issue-6. - P. 219–225.

[6] Bagher BabaAli, Waldemar Wojcik, Oken Mamyrbayev, Mussa Turdalyuly, Nurbapa Mekebayev. *Speech Recognizer-Based Non-Uniform Spectral Compression for Robust MFCC Feature Extraction // Przegląd Elektrotechniczny.* – 2018. - № 6 (94). – P. 90-93.

[7] Мамырбаев О.Ж., Мекебаев Н.О., Тұрдалыұлы М. Генетикалық алгоритм көмегімен сөйлеуді автоматты танудағы гендерлік сәйкестендіру // Алматы энергетика және байланыс университетінің хабаршысы. – 2018. – спец. вып. – Б. 120-129.

[8] Мамырбаев О.Ж., Тұрдалыұлы М., Мекебаев Н.О. Система распознавания слитной казахской речи на основе глубоких нейронных сетей // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. – 2018. – спец. вып. – С. 130-135.

[9] A. Toleu, G. Tolegen, A. Makazhanov, (2021). «Character-aware neural morphological disambiguation. In: Proceedings of the 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics 2», Association for Computational Linguistics, Vancouver, Canada. 666–671.

[10] Orken Mamyrbayev, Mussa Turdalyuly, Nurbapa Mekebayev, Kuralay Mukhsina, Alimukhan Keylan, Bagher BabaAli, Gulnaz Nabieva, Aigerim Duisenbayeva and Bekturgan Akhmetov. (2018) «Continuous Speech Recognition of Kazakh Language AMCSE». *International Conference on Applied Mathematics, Computational Science and Systems Engineering.* - Rome, Italy. v24 - 2019

#### References

[1] Dehak, N., Kenny, P.J., Dean, R., Dumouchel, P., Ouellet, P., (2011) *Frontal factor analysis to verify the speaker. IEEE Trans. Lang's Audio Speech. Process. No. 19 (4), 788-798.*

[2] Li, L., Wang, D., Zhang, C., Zheng, T.Z., (2016) *Improving the recognition of short utterances by modeling classes of speech units. IEEE Trans. Lang's Audio Speech. Process. No. 24 (6), 1129-1139.*

[3] Mekebayev N., Tuyebaev Ch., Sabrayev K., Yerkebay A. (2022) *Research of acoustic and linguistic modeling based on repetitive neural networks for speech recognition of children // Bulletin of physics & mathematical sciences. No1(77), 2022, <https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.16>, No1(77), 119-126*

[4] O.Zh. Mamyrbayev, M.Otman, A.T.Ahmedijarova, A.S.Kydyrbekova, N.O.Mekebaev (2019) «Golosovaja verifikacija s ispol'zovaniem i-vektorov i nejronnyh setej s ogranichennymi dannymi obuchenija» [Voice verification using i-vectors and neural networks with limited training data]. *Bjulleten' Nacional'noj akademii nauk RK Vypusk: 3, 36-43. (In Russian)*

[5] Behbahani, Yasser Mohseni, Babaali, Bagher, Turdalyuly Mussa (2016) *Persian sentences to phoneme sequences conversion based on recurrent neural networks // Open Computer Science. Issue-6. 219–225.*

[6] Bagher BabaAli, Waldemar Wojcik, Oken Mamyrbayev, Mussa Turdalyuly, Nurbapa Mekebayev. (2018) *Speech Recognizer-Based Non-Uniform Spectral Compression for Robust MFCC Feature Extraction // Przegląd Elektrotechniczny. № 6 (94), 90-93.*

[7] O.Zh. Mamyrbayev, M., N.O.Mekebaev., M. Turdalyuly. (2018) «Genetikalık algoritım komegimen soyleudi avtomatty tanudagi genderlik saykestendiru» [Gender identification in automatic speech recognition using a genetic algorithm]. *Almaty energetika zhane baylanys universitetinin khabarshysy] special issue, 120-129. (In Kazakh)*

[8] O.Zh. Mamyrbayev, M. Turdalyuly, N.O. Mekebaev. (2018) «The recognition system of the unified Kazakh speech based on deep neural networks» [Kazakh speech recognition system based on deep neural networks]. *Bulletin of the Almaty University of Energy and Communications], special issue,130-135. (In Russian)*

[9] A. Toleu, G. Tolegen, A. Makazhanov, (2021). «Character-aware neural morphological disambiguation. In: Proceedings of the 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics 2», Association for Computational Linguistics, Vancouver, Canada. 666–671.

[10] Orken Mamyrbayev, Mussa Turdalyuly, Nurbapa Mekebayev, Kuralay Mukhsina, Alimukhan Keylan, Bagher BabaAli, Gulnaz Nabieva, Aigerim Duisenbayeva and Bekturgan Akhmetov. (2018) «Continuous Speech Recognition of Kazakh Language AMCSE». *International Conference on Applied Mathematics, Computational Science and Systems Engineering.* Rome, Italy. v24, 2019

Г.А. Тюлепбердинова<sup>1</sup> , М.М. Кунелбаев<sup>2</sup> , Г.А. Амирханова<sup>1</sup> ,  
Ж.О. Оралбекова<sup>3</sup> , М.Г. Жартыбаева<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы қазақ Ұлттық Университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Ақпараттық және Есептеу Технологиялары институты, Алматы қ., Қазақстан

<sup>3</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана қ., Қазақстан

\*e-mail: [tyulepberdinova@gmail.com](mailto:tyulepberdinova@gmail.com)

## СТУДЕНТТЕРДІҢ СТРЕСС ЖАҒДАЙЛАРЫН БАҚЫЛАУҒА АРНАЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР МЕН ПАТЕНТТІК ЗЕРТТЕУЛЕРГЕ ШОЛУ

### *Аңдатпа*

Заттар интернеті (IoT) интернет эволюциясының жаңа парадигмасы мен келесі сатысын білдіретін өзара байланысты құрылғылардың өзара әрекеттесуінің негізгі платформасына айналды. Оның маңыздылығы әсіресе денсаулық сақтауда байқалады, мұнда IoT медициналық қызметтерді бақылау сияқты тапсырмаларда қолданылады. Бірнеше құрылғыларда жиналатын мәліметтердің көмегімен талдау жүргізу арқылы кейбір аурулардың дамуын бақылауға болады. Заманауи тиімді бағыттардың бірі, ол киілетін сенсорлар және IoT технологиялары арқылы стрессті бақылау. Бұл адамның әлауқатын айтарлықтай жақсартып, денсаулықты алдын ала басқаруды жетілдіреді. Медициналық мамандар ауруларды үнемді бақылау үшін аккумуляторлық киілетін құрылғылар мен сымсыз байланыс жүйелерін пайдалана отырып, сенімді жүйелерді қолдануда. Үйде және адам денесінде орналасқан желіге қосылған сенсорлар көмегімен емделушінің денсаулық жағдайын бағалау үшін қажетті маңызды мәліметтерді жинайды. Машиналық оқыту әдістерінің және озық технологиялардың интеграциясы негізінде стресс деңгейіне байланысты мәселелерді зерттеуге және шешуге үлкен қызығушылық туғызуда. Адамның физиологиялық көрсеткіштеріне психологиялық стресс елеулі әсер етіп, жағымсыз салдарға нәтижеге жақындауы мүмкін, кей кезде қымбат емдеу қажет болады. Стресстің өткір деңгейі, әсіресе шекаралық тұлғалық бұзылуы немесе шизофрения диагнозы қойылған адамдар үшін, өмірге қауіп төндіруі мүмкін. Бұл мақалада денсаулық сақтаудағы киілетін IoT құрылғыларына қатысты әдебиеттерге жүйелі шолу жасалған. Шолу жарияланымдарды тиісті кілт сөздер бойынша іздеуден және оларды өзектілігі мен жарияланған күніне қарай реттеуден басталады. Мақалада ауруларды анықтау, бақылау және емдеуге арналған киілетін құрылғыларды қолдану және олардың архитектурасы талқыланған. Сонымен қатар, болашақ зерттеулердің келешегі айқындалған.

**Түйін сөздер:** денсаулық сақтау, ИОТ - қа негізделген, заттар интернеті, сенсор, стресс (күйзеліс).

Г.А. Тюлепбердинова<sup>1</sup>, М.М. Кунелбаев<sup>2</sup>, Г.А. Амирханова<sup>1</sup>,  
Ж.О. Оралбекова<sup>3</sup>, М.Г. Жартыбаева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>Институт информационных и вычислительных технологий, г. Алматы, Казахстан,

<sup>3</sup>Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО КОНТРОЛЮ СТРЕССА У СТУДЕНТОВ

### *Аннотация*

Интернет вещей (IoT) превратился в ключевую платформу для взаимодействия подключённых устройств, открывая новую парадигму и представляя следующий шаг в развитии IoT. Его значимость особенно очевидна в сфере здравоохранения, где IoT активно применяется для таких задач, как контроль медицинских услуг. Анализируя данные, собранные с разных устройств, можно предсказать прогрессирование определенных заболеваний. Одна из многообещающих областей-контроль стресса с помощью носимых датчиков и IoT, которые значительно повышают уровень благополучия и улучшают профилактическое Управление здоровьем. Медицинские работники используют надежные системы, которые включают носимые устройства и беспроводные каналы связи в батареях, для экономичного мониторинга состояния здоровья при различных заболеваниях. Подключенные к сети датчики,

размещенные как дома, так и на теле человека, собирают важные данные, необходимые для оценки здоровья пациентов. Интеграция машинного обучения и передовых технологий вызвала большой интерес к изучению и решению проблем, связанных с уровнем стресса. Психологический стресс значительно влияет на физиологические показатели человека и может вызвать негативные последствия, которые порой требуют дорогостоящего лечения. Острая форма стресса может представлять угрозу для жизни, особенно у людей с диагнозами пограничного расстройства личности или шизофрении. В этой статье представлен систематический обзор литературы по носимым устройствам IoT в здравоохранении. Обзор начинается с поиска публикаций по заданным ключевым словам и упорядочивания их по актуальности и дате публикации. В статье обсуждается использование носимых устройств для решения проблем со здоровьем, таких как выявление, контроль и лечение заболеваний, и описывается их архитектура. Кроме того, показаны перспективные направления будущих исследований.

Ключевые слова: здравоохранение, основанный на IOT, интернет вещей, сенсор, стресс.

G.A. Tyulepberdinova<sup>1</sup>, M.M. Kunelbayev<sup>2</sup>, G.A. Amirkhanova<sup>1</sup>,  
Zh.O. Oralbekova<sup>3</sup>, M.G. Zhartybayeva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan,

<sup>3</sup>L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

## REVIEW OF LITERATURE AND PATENT RESEARCH ON STUDENT STRESS CONTROL

### *Abstract*

The Internet of Things (IoT) has become the main platform for the interaction of interconnected devices, representing a new paradigm and the next step in the course of becoming internet. Its importance is especially noticeable in health care, where the IoT monitors medical services. By analyzing the data collected from different devices, it is possible to predict the development of certain diseases. One of the leading promising sectors is stress control through wearable sensors and IoT, which significantly increases well-being and improves preventive health management. Medical professionals are already using reliable systems that include wearable devices on batteries and wireless communication channels to economically monitor the state of health in various diseases. Sensors connected to the network, deployed both at home and in the human body, collect important data necessary to assess the health of patients. The integration of machine learning and advanced technologies has aroused great interest in the study and solution of problems related to stress levels. Psychological stress significantly affects the physiological parameters of a person and can lead to negative consequences, sometimes requiring expensive treatment. Acute levels of stress can be life-threatening, especially for people diagnosed with borderline personality disorder or schizophrenia. This article provides a systematic review of the literature on Wearable IoT devices in healthcare. The review begins with a search for publications by given keywords and ordering them by relevance and publication date. The article discusses the use of wearable devices to address health problems such as disease detection, control, and treatment, and describes their architecture. In addition, promising areas of future research are outlined.

**Keywords:** health care, IOT-based, Internet of Things, sensor, stress.

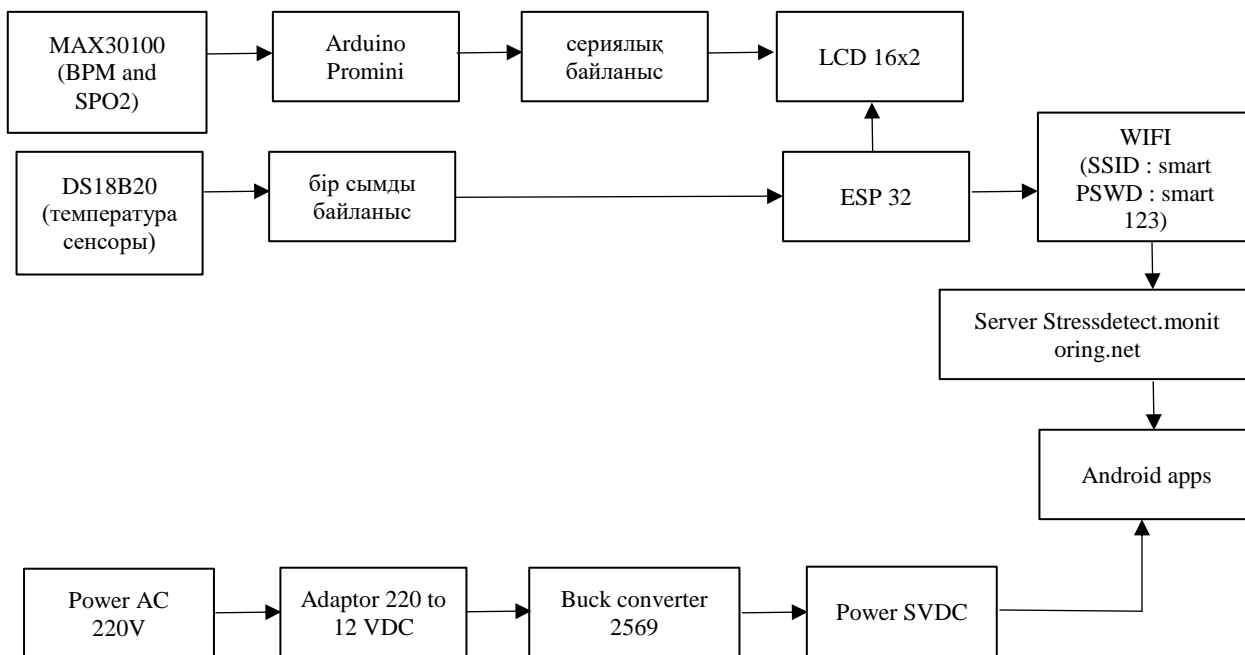
### **Негізгі ережелер**

Бұл зерттеу жұмысында интернет заттары (IoT) және киілетін құрылғылар стресс пен денсаулықты нақты уақыт режимінде бақылау үшін белсенді қолдану қарастырылады. Қызық көрсеткіштері әдісі т.б. сияқты машиналық оқыту әдістерін қолдану физиологиялық деректерге негізделген стрессті анықтауда жоғары дәлдікті көрсетеді. Стрессті бақылау үшін қолданылатын деректер жиынтығында деректер тапшылығы және проблемалық таңбалау әдістері нәтижелерді жалпылауды шектейді. IoT негізіндегі стрессті бақылау жүйелерін әзірлеу және бұлттық дерекқорлармен біріктіру күнделікті жағдайларда физиологиялық көрсеткіштерді тиімді талдауға және бақылауға мүмкіндік беретініне көз жеткізуге болады.

### Кіріспе

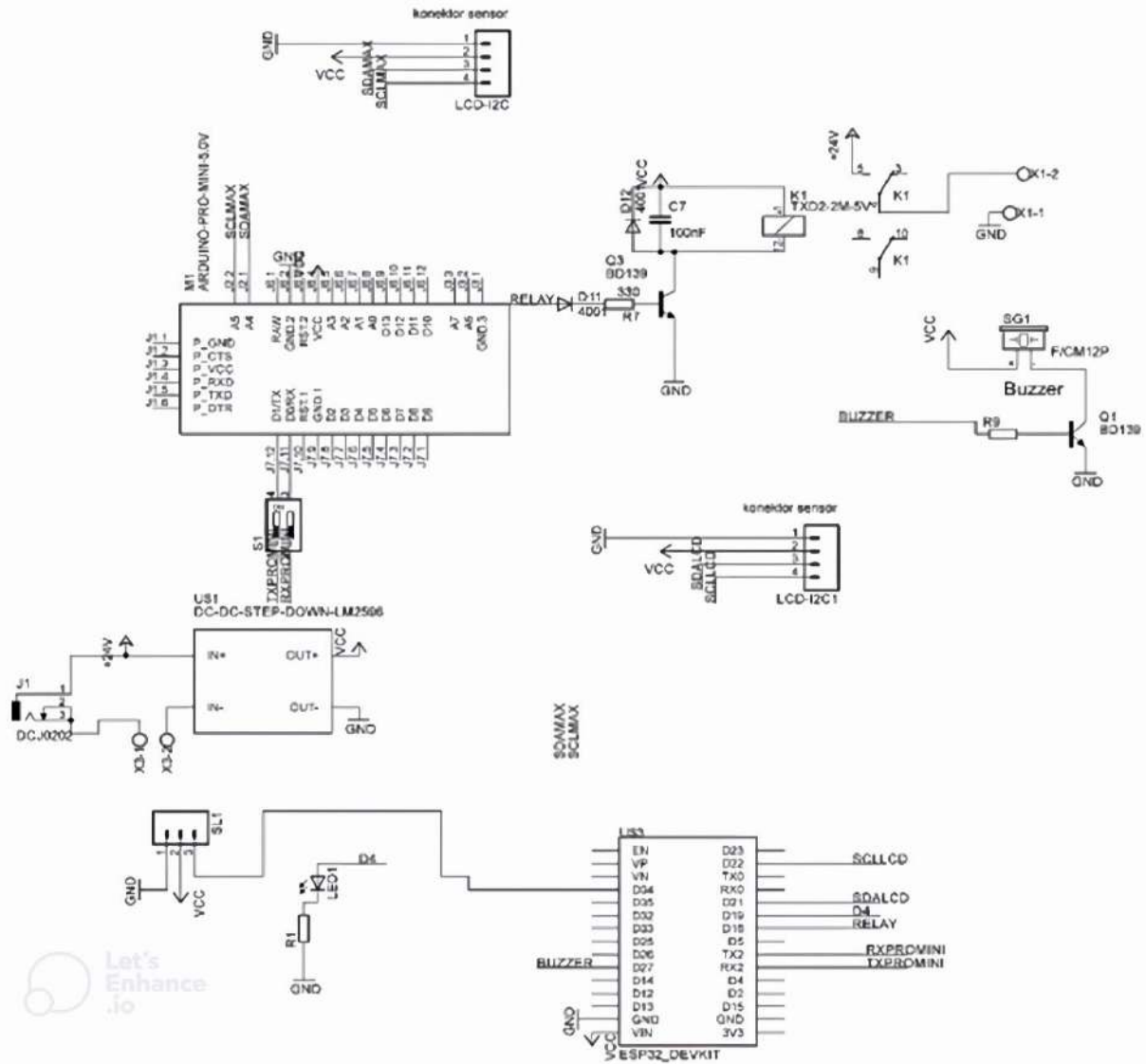
Зерттеуде [1] киілетін сенсорлар мен машиналық оқытуды қолдана отырып, өзекті зерттеулер мен стрессті анықтау әдістерін қарастырды. Қазіргі қоғамда стресстік бұзылулардың көбеюін ескере отырып, стрессті анықтау және бақылау денсаулық сақтау саласының басты міндеттерінің бірі болды. Заманауи зерттеулер мен технологиялар стрессті нақты уақытта және күнделікті өмірде анықтау үшін киілетін құрылғылар мен машиналық оқыту әдістерін қолдануға мүмкіндік береді. Бұл мақалада киілетін сенсорлар мен машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, стрессті бақылауға арналған негізгі зерттеулер, әдістер және технологиялар жүйеленген. Зерттеу [2] нақты әлем жағдайларында стрессті анықтау үшін киілетін сенсорлар негізінде машиналық оқыту әдісін ұсынады. Зерттеуде электрокардиография (ЭКГ), тері температурасы (ST) және тері өткізгіштігі (SC) деректері қолданылған. Төрт машиналық оқыту моделін (K-жақын көршілер (KNN), тірек векторларының классификациясы (SVC), шешім ағашы (DT) және кездейсоқ орман (RF)) тексеру барысында, ең жоғары дәлдік көрсеткішін KNN моделі беріп, 98% құрады. Авторлар сонымен қатар тамақтану әсері мен дене қалпын өлшеу нәтижелерін де зерттеген. Деректер стресстің екілік жіктелуі мен SMOTE (синтетикалық азшылықты шамадан тыс іріктеу әдісі) интеграциясы стрессті анықтау әдістерін жетілдіруге жаңа мүмкіндіктер ашатынын көрсетеді. Шолу [3] Empatica E4 құрылғыларымен алынған стрессті бақылауға арналған қолданыстағы мәліметтер жиынтығына бағытталған. Шолу деректер жиынтығының көпшілігінде уақыттық шектеулер мен таңбалау әдістері бар екенін көрсетеді, бұл олардың көрінбейтін деректерге жалпылау қабілетін шектеуі мүмкін. Сондай-ақ модельдердің таңбалау хаттамалары мен статистикалық тиімділігінің кемшіліктері де талқыланады.

Мақалада [3] физиологиялық сигналдар мен IoT-қа негізделген нақты уақыттағы стрессті бақылау жүйесі ұсынылды. Жүйе жүрек соғу жиілігі мен температура сенсорларын қамтиды және деректер Firebase бұлттық дерекқоры арқылы мобильді қолданбаға жіберіледі. Нәтижелер жүйенің стресс жайлы деректерін тиімді көрсете отырып талдай алатынын дәлелдеді. Бұл төмендегі 1-суретте физиологиялық сигналдар мен IoT-қа негізделген нақты уақыттағы стрессті бақылау жүйесі көрсетілген.



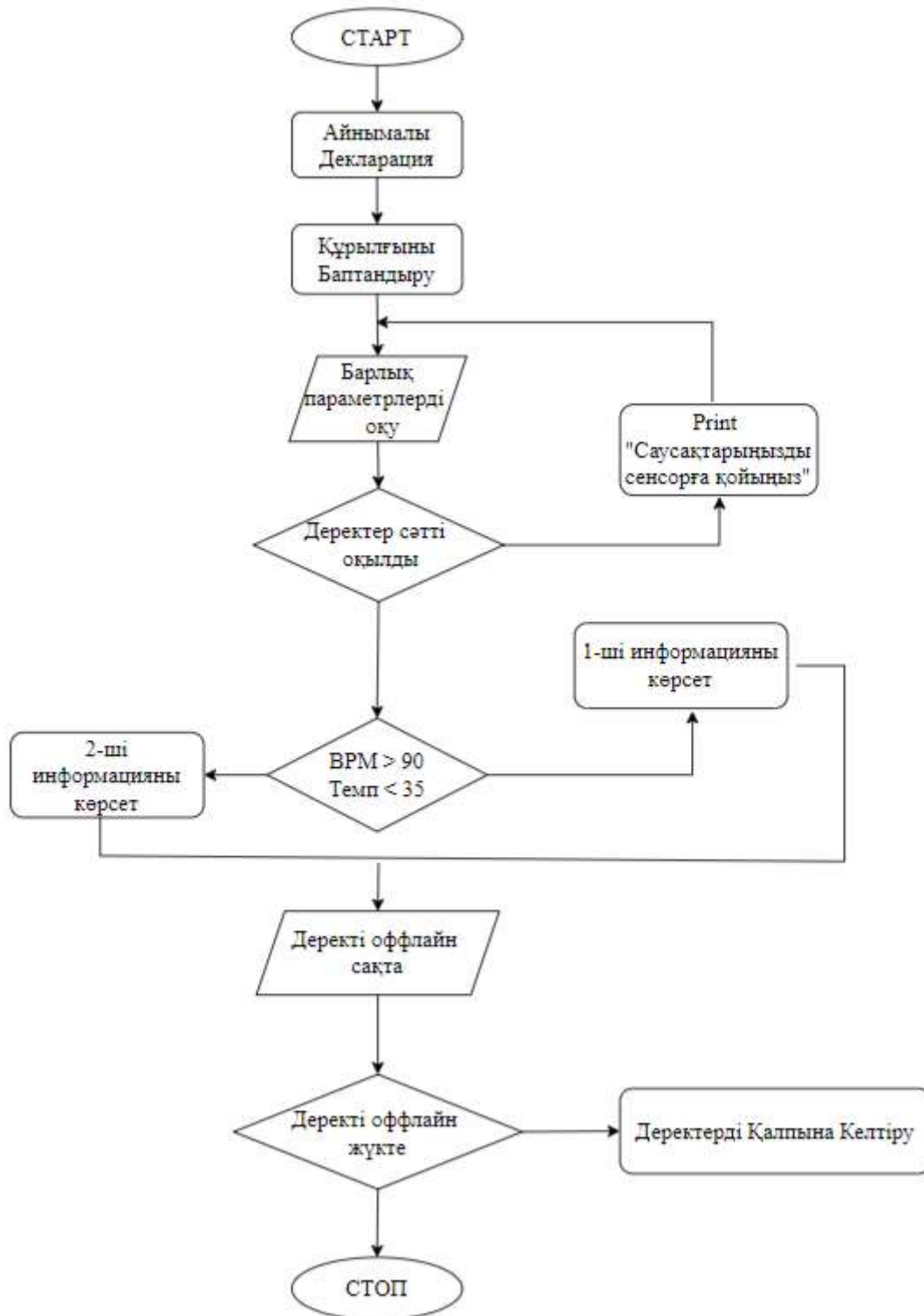
Сурет 1. Физиологиялық сигналдар мен IoT технологиясына негізделген нақты уақыттағы стресс мониторингі жүйесі

Бұл 1-суретте көрсетілген жүйеде 220 В айнымалы ток көзі жүйені қуаттандырады және оны төмендететін трансформатор адаптері арқылы 5 В тұрақты токқа айналдырады. DS18B20 және MAX30100 Arduino Pro mini-дегі А4 және А5 түйреуіштеріне қосылған. Ақпарат бұлтты дерекқорға ESP32 арқылы жіберіледі. Төмендегі 2-суретте физиологиялық сигналдар мен IoT-қа негізделген нақты уақыттағы стрессті бақылауға арналған схема көрсетілген.



Сурет 2. Физиологиялық сигналдар мен IoT негізіндегі нақты уақыттағы стрессті бақылаудың схемасы

Жүйе Google әзірлеген NoSQL дерекқоры SPARK типті Firebase көмегімен жасалған және оны тегін пайдалануға болады. Бұл бағдарлама барлық өлшенген параметрлердің мәндерін бақылайды. Ол осы параметрлерге негізделген есептеу нәтижелері мен стресс туралы ақпаратты көрсетеді. Қолданба Android Studio көмегімен жасалған. Деректер температураны Цельсий бойынша, жүрек соғу жиілігін минутына, SPO2 деңгейін, стресс және қалыпты ақпараттық жағдайларды көрсетті. Бұл жүйеде микробағдарлама Arduino IDE арқылы жасалған және Arduino Pro mini-ге жүктелген бағдарлама ретінде әрекет етеді. Микробағдарлама кернеу жүйесінің анықтау мүмкіндігін қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады. Төмендегі 3-суретте физиологиялық сигналдар мен IoT технологиясын пайдалана отырып, нақты уақыттағы стресс мониторинг жүйесінің блок-схемасы берілген.



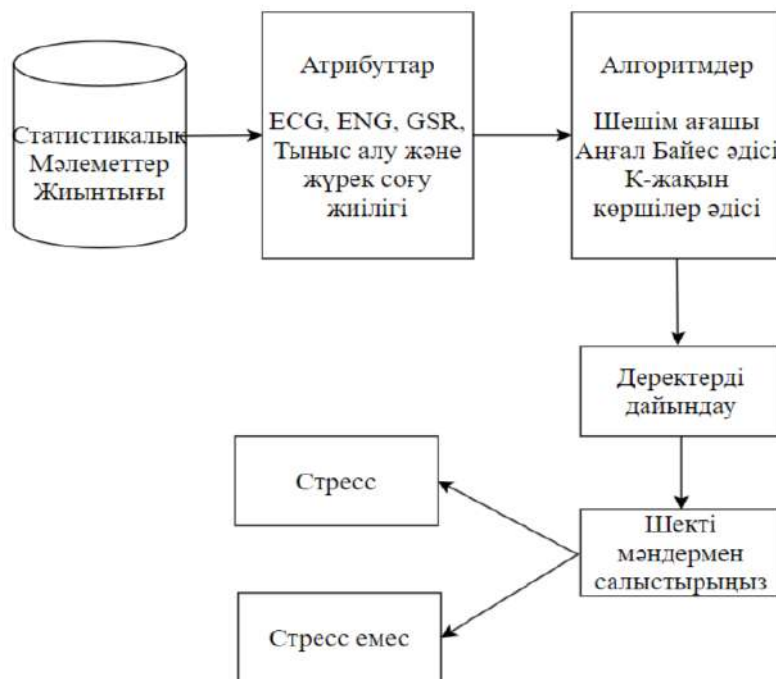
Сурет 3. Физиологиялық сигналдар мен IoT негізіндегі нақты уақыт режимінде стресс мониторингін жүргізуге арналған блок-схем

Бұл 3-суреттегі схема сенсорларды, бағдарламалық жасақтама және құрылғылар арасындағы байланысты, экспериментке қатысушының орнатылған сенсорлармен фотосуретін, нәтижелері бар кестені және физиологиялық көрсеткіштерді көрсететін мобильді құрылғыдан скриншоттарды қамтиды. Мақалада [4] машиналық оқытудың әртүрлі әдістері, соның ішінде шешім ағашы, аңғал Байес әдісі және К-жақын көршілер әдісі талқыланады.



Зерттеу статистика мен алгоритмдерді қолдану стресс деңгейін болжау дәлдігін арттыруға көмектесетінін көрсетті.

4-суретте шешім ағашы, аңғал Байес алгоритмі және К-жақын көршілер әдісі бар машиналық оқыту алгоритмі көрсетілген. Авторлар осы модельді пайдалана отырып, жүйенің жұмысын, оның ішінде белгісіздік матрицасы мен блок-схема құрылысын егжей-тегжейлі сипаттайды.



Сурет 4. Машиналық оқыту алгоритмі, соның ішінде шешім ағашы, аңғал Байес әдісі және К-жақын көршілер әдісі

Бұдан кейін шешім ағашының жалпы схемалары мен К-жақын көршілер әдісін қолдану туралы толық ақпарат беріледі. Зерттеуде сезімталдық пен дәлдік сияқты параметрлер, сондай-ақ нәтижелерді болжауға арналған диффузиялық диаграмма мен есептеу үшін пайдаланылатын бағдарламаның интерфейсінің скриншоттары ұсынылған. Ұсынылған жүйе адамдардағы стресс жағдайларын болжауға бағытталған, бұл алдын алу шараларын қолдану арқылы қоғамға стрессті тиімді басқаруға көмектеседі. Статистика, электрокардиограмма, электромиография, терінің гальваникалық реакциясы, жүрек соғу жиілігі және тыныс алу сияқты әртүрлі биологиялық параметрлер қолданылды. Таңдалған алгоритмдердің көмегімен стресстің бар-жоғын анықтау үшін деректер оқу және тестілік үлгілерге бөлініп, белгіленген шектермен салыстырылды. Зерттеу аясында [5] күнделікті жағдайда стрессті бақылау үшін киілетін сенсорлар пайдаланылды. Жүйе смарт сағат арқылы жүрек соғу жиілігі мен оның өзгергіштігі туралы мәліметтер жинайды. Нәтижелер екілік стресс детекторын практикалық қолдану үшін жеткілікті дәл деп көрсетеді.

Бұл көрсетілген 5-суретте күнделікті өмірдегі стрессті бақылау жүйесін көрсетеді. Зерттеу 1-ден 3 айға дейінгі кезеңдерде өзін-өзі бағалау сауалнамаларын қолдана отырып, 14 қатысушының стресс деңгейлерін құжаттады, сонымен қатар машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, жүрек соғу жиілігі мен жүрек соғу жиілігінің өзгергіштігі негізінде стрессті екілік анықтау жүргізілді.



Сурет 5. Күнделікті жағдайда стрессті бақылауға арналған жүйесі

Зерттеуге арналған деректер күнделікті өмірдің қиын жағдайларында жиналды. Өзірленген екілік стресс детекторы 76% макро-F1 ұпайымен стресстік яғни күйзеліс жағдайларын анықтайтын өте жоғары дәлдікті көрсетті. Деректерді жинау үшін Ecological Momentary Assessment (EMA) арнайы сауалнамасы пайдаланылды. Күнделікті жағдайда тек фотоплетизмографиялық сигналдарды қолдану арқылы стрессті анықтау қиын міндет болып табылады. Біздің модельдердің дәлдігін бағалау үшін K-Fold кросс-тексеру жүргізілді (K = 5). Жиналған деректер жиынындағы әрбір әдістің тиімділігі Macro-F1 K-фолдының орташа мәні мен стандартты ауытқуы арқылы бағаланды, деректер II Кестеде көрсетілген. Эксперимент нәтижелері бойынша, кездейсоқ орман әдісі (RF) бір әдісті қоспағанда, көп жағдайда басқа әдістермен салыстырғанда жоғары көрсеткіштерге ие болды. Төмендегі 6-суретте стрессті анықтау үшін орташа мәндері көрсетілген. PPG мүмкіндіктері негізіндегі стрессті анықтау үшін 5 Кросс-Валидация үшін F1 балдың орташа мәні ( $\pm$  стандарттық алу) келесідей болмақ.

Екілік Сыныптар	Үлгілер саны	5 Кросс-Валидация үшін F1 балдың орташа мәні				
		MLP	SVM	kNN	RF	XGBoost
аздап	(1) VS негізгі сызық (0): (605, 143)	0.73 ± 0.06	0.66 ± 0.03	0.72 ± 0.03	0.67 ± 0.04	0.72 ± 0.04
аз	(1) VS негізгі сызық (0): (299, 143)	0.70 ± 0.03	0.69 ± 0.04	0.66 ± 0.66	0.71 ± 0.05	0.7 ± 0.04
көп немесе өте көп	(1) VS негізгі сызық (0): (72, 143)	0.68 ± 0.06	0.69 ± 0.13	0.69 ± 0.04	0.76 ± 0.05	0.73 ± 0.09
аз, көп немесе өте көп	(1) VS негізгі сызық (0): (748, 371)	0.62 ± 0.04	0.6 ± 0.04	0.59 ± 0.03	0.63 ± 0.02	0.63 ± 0.04

Сурет 6. Стрессті анықтау үшін орташа мәндер

### Зерттеу әдіснамасы

Мақала [6] киілетін сенсорларды қолдана отырып, стрессті анықтау әдістеріне шолу жасалған. Ол автономды жүйке жүйесін де, гипоталамус-гипофиз-бүйрек үсті осін де қамтитын әртүрлі технологиялар мен стратегияларды қарастырады. Сонымен қатар, шолуда қолданылатын киілетін құрылғылар мен деректерді талдау әдістерінің сипаттамасы 1-ші кестеде берілген.

Кесте 1. Автономды жүйке жүйесі және гипоталамус-гипофиз-бүйрек үсті осі көмегімен стрессті өлшеу әдістері

Құрылғы	Сипаттамасы	Денеді орналасуы	Өлшемдері	Қолданыс түрі
AutoSense [354]	AutoSense – бұл қауіпсіз тәуелді заттарға және психоәлеуметтік стреске жеке әсер етуді үздіксіз бағалауға арналған сымсыз сенсор жүйесі	Кеуде белдігі	ЭКГ, ГСР, тыныс алу индуктивті плетисмографиясы, тері температурасы	Зерттеулерде, академиялық тұрғыда
Biobeat (сағат және патч) [355]	Үздіксіз өмірлік маңызды белгілерді бақылау	Білек және кеуде	HR, HRV, ЭКГ, тері температурасы	Медицина
Caretaker Medical + ETCO2 [356]	Сымсыз емделушілерді бақылау платформасы қосылады	Саусаққа арналған	Карбон диоксиді, қан қысымы, жүрек соғысы	Медицина
Dexcom G6 & G7 [357]	Үздіксіз глюкоза мониторингі	Білектің артқы жағына немесе бөкседеден жоғары	Глюкоза	Медицина
E4 Empatica EmbracePlus [358]	Үздіксіз мониторинг жасауға арналған смартсағат	Білек (сағат)	EDA, HR – HRV – HRV – IBI, тері температурасы, гироскоп	Медицина
EMOTIV EPOC X6, insight, MN8 гарнитуралары [359]	Адам миын контекстік зерттеу	Құлаққап - гарнитура	14-канал, ЭКГ, 5-канал және 2-канал, барлық ми сезгіштері	Зерттеулерде, жеке

Адам стресін анықтауға бағытталған мультимодальдық зерттеудің қорытындысы (киілетін құрылғыармен және оларсыз).

Бұл 2-кестеде, алдындағы 1-кестеде көрсетілгендей Автономды жүйке жүйесі (АЖЖ) және гипоталамус-гипофиз-бүйрек үсті осі (ГГБ) арқылы стрессті өлшеу әдістері көрсетілген. Бұл тәсілдер теориялық және ықтимал стресс пен жалған стрессті анықтау дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді. Деректерді талдау үшін ЖИ пайдалану талдау нәтижелерін белгілі бір шегіне дейін жақсартатын үлкен көлемдегі ақпаратты енгізуді қамтиды. Бірнеше датчиктерден жиналған ақпараттардың молдығына қарамастан, киілетін техниканы пайдалану арқылы ГГБ және басқа физиологиялық параметрлермен байланысты зерттеулердің жетіспеушілігі байқалады. Мақалада аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз ету деңгейінде әртүрлі сценарийлер мен әдістердің комбинациясы қарастырылады, бұл тәсіл практикалық тұрғыдан тиімді әрі үнемді болса, осы тақырыпты зерттеуге кеңірек әрі әртүрлі көзқарастарды тартуға шақырады. Зерттеуде [7] кеуде және білек датчиктерінен жиналған физиологиялық деректерді талдау үшін терең оқыту әдістері ұсынылған. Бір өлшемді конволюциялық нейрондық желілер мен көп қабатты перцептрондарды қолдану стреске қатысты күйлердің екілік және көп класты жіктелуінде жоғары дәлдікке қол жеткізді.

Кесте 2. Автономды жүйке жүйесі және гипоталамус-гипофиз-бүйрек үсті осі көмегімен стрессті өлшеу әдістері және стресс типтері мен шарттары

Әдістер	Стресс типі	Шарттары	Классификациясы	Дәлдігі
(Al-Shargie et al., 2016)	Acute	EEG, fNIRS	SVM	95.10%
(Kyriakou et al., 2019)	Acute	GSR, ST	-	84.00%
(Can et al., 2019b)	Acute	HR, GSR, Acc	MLP	92.15%
(Lee et al., 2016)	Acute	Acc, Gyro, Mag	SVM	95.00%
(Chen et al., 2017)	Acute	ECG, GSR, RR	SVM	99.00%
(Ghaderi et al., 2015)	Acute	RR, GSR, HR, EMG	SVM, kNN	98.00%
(Gjoreski et al., 2016)	Acute	BVP, HR, ST, GSR and RR	RF	92.00%
(Sano and Picard, 2013)	Acute	SC, Acc	SVM, kNN	75.00%
(Hovsepian et al., 2015)	Chronic	RR, ECG, Acc	SVM	95.30%
(Zubair et al., 2015)	Acute	EDA, Acc, Bluetooth	LR	91.00%
(de Santos Sierra et al., 2010)	Acute	HR, EDA	kNN	95.00%
(Sandulescu et al., 2015)	Acute	PPG, EDA	SVM	80.00%
(Mozos et al., 2017)	Acute	EDA, PGG Acc, microphone	kNN, SWM, AdaBoost	94.00%
(Kurniawan et al., 2013)	Acute	GSR, Speech	k-mean, SVM, GMM	92.00%
(Aigrain et al., 2016)	Acute	EMG, GSR RR, Kinect	SVM	85.00%
(Baltaei and Gokcay, 2016)	Acute	pupil dilation, prefrontal temper.	ABRF	65%-84%
(Huang et al., 2016)	Acute	Eye gaze, mouse click behaviour	RF	60.00%
(Akhonda et al., 2014)	Acute	EEG, ECG, EMG, EOG	NN	80.00%
(Ahn et al., 2019)	Acute	EEG, ECG	SVM	87.50%
(Muaremi et al., 2014)	Acute	EEG, GSR, ST, RR	SVM, kNN, NN, RF, LR	73.00%
(Xu et al., 2014)	Chronic	EEG, ECG, GSR, EMG	k-Mean	85.20%
(Sriramprakash et al., 2017)	Chronic	ECG, GSR	SVM, kNN	72.82%
(Hosseini and Khalilzadeh, 2010)	Acute	GSR, EEG, BVP	SVM	84.10%
(Wijsman et al., 2013)	Acute	HR, HRV, GSR, EMG, RR	GEE	74.50%
(Rigas et al., 2011)	Acute	ECG, GSR, RR	BN	96.00%
(Wijsman et al., 2011)	Acute	ECG, RR, GSR, EMG	LBN	80.00%
(Gjoreski et al., 2016)	Acute	GSR, EMG, HR, RR	RF	92.00%
(Cho et al., 2019b)	Acute	PPG, Thermal imag.	NN	78.33%
(Betti et al., 2017)	Acute	ECG, EDA, EEG	SVM	86.00%
(Liew et al., 2015)	Acute	HRV, Cortisol	FAM	80.00%
(Giakoumis et al., 2012)	Acute	ECG, GSR, Acc, Video	LDA	100%

7-суретте кеуде және білек датчиктерінен жиналған физиологиялық деректерді талдауға арналған терең нейрондық желі әдістері.



Сурет 7. Кеуде және білек датчиктерінен жиналған физиологиялық деректерді талдауға арналған терең нейрондық желі әдістері

Басылымда [8] температура мен сенсорлық деректерді пайдаланып стресс деңгейін анықтайтын "StressTrack" жүйесін талдайды. Бұл жүйе жоғары тиімділік көрсетеді және нақты уақыттағы стрессті бақылау үшін Wi-Fi интеграциясын қолдайды. Зерттеу [9] ЭЭГ деректері мен сөйлеу параметрлеріне негізделген психикалық стрессті анықтау жүйесін ұсынады. Психикалық жағдайды анықтау үшін машиналық оқыту әдістері қолданылады.

### Зерттеу нәтижелері

[10] зерттелген жұмыста, фотоплетизмограмма сенсоры (PPG) бар қол сағатын киген 35 ерікті стресстік сынақтарға қатысып, мәліметтер базасын құру үшін сауалнамаларды толтырды. Нәтижелер стресске жауап ретінде жүрек соғу жиілігінде және тыныс алуда айтарлықтай өзгерістерді көрсетеді. [11] мақалада мәліметтерді жинау және өңдеу, болжау және бағалау кезеңдерін қамтитын стрессті бақылау әдісі ұсынылған. Деректерді талдау үшін кездейсоқ орман, шешім ағашы және XGBoost сияқты әдістер қолданылады. 1 кестеде стрессті бақылау алгоритмдерін таңдау критерийлері 8-суретте көрсетілген.

Қосу критерийлері	Шығару критерийлері
Дені сау (қатар жүретін аурулардың болмауы) 18 жастан 75 жасқа дейін	Денсаулық мәселелері бар Бала емізетін аналар, жүкті әйелдер Дальтониктер

Сурет 8. Критерийлер

Сондай-ақ, 1-кестеде субъектілердің сынақтарға дайындалу шарттары сипатталған. Зерттеулерде, мысалы, [12] жұмысында Empatica E4 сағаты 9-суретте көрсетілгендей бейнеленген.



Сурет 9. Empatica E4 сағаты

[13] мақала стресстік сұхбат кезінде қатысушылардың реакцияларын талдайтын зерттеу нәтижелерін ұсынады. 35 қатысушының 27-сінде (77%) және 28-де (80%) тыныс алу жиілігінде елеулі өзгерістер байқалды. Сонымен қатар, жұмыста мультимодальды физиологиялық деректер негізінде стрессті анықтау үшін машиналық және терең оқытудың әртүрлі әдістері қарастырылған. 3 кестеде стрессті анықтау үшін машиналық оқыту әдістерін қолдану нәтижелері келтірілген.

ЭКГ сенсоры, глюкозаны бақылау үшін инфрақызыл спектрлі датчиктер, қан қысымын өлшеу және темекі шегуді анықтау үшін датчиктер қолданылды.

Кесте 3. Салада кең таралған үлгілердің салыстырмалы талдауы

Үлгі	Алгоритмнің сипаттамасы	Артықшылықтары	Кемшіліктері
<i>Random forest</i>	<i>Random forest</i> – бұл шешім ағашына негізделген оқыту алгоритмі, ол бірнеше шешім ағаштарын құрастырады және дәлдікті жақсарту үшін олардың болжамдарын біріктіреді. Кездейсоқ орман қарды, маркетинг және денсаулық сақтау сияқты әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Мүмкіндіктердің үлкен саны бар жоғары өлшемді деректер жиынын өңдей алады</li> <li>- Жетіспейтін мәндерді және категориялық айнымалыларды алдын ала өңдеуді қажет етпей өңдей алады</li> <li>- Функцияларды таңдау үшін пайдалы болуы мүмкін мүмкіндік маңыздылығының рейтингтерін бере алады</li> <li>- Төмен ауытқу және жоғары дисперсия бар күрделі мәселелер үшін пайдалы болуы мүмкін</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Шектеулі үлгілері бар шағын деректер жиындарында жақсы жұмыс істемеуі мүмкін</li> <li>- Баяу және басқа алгоритмдермен салыстырғанда есептеу қымбатырақ.</li> <li>- Шулы деректер жиынына шамадан тыс қосылуы мүмкін</li> </ul>
<i>XGBoost</i>	<i>XGBoost (Extreme Gradient Boosting)</i> – бірнеше әлсіз білім алушыларды дәйекті түрде оқытатын күшейту алгоритмі. Мұнда әрбір келесі оқушы алдыңғысының қателерін түзетуге тырысады. <i>XGBoost</i> өзінің ауқымдылығымен, тиімділігімен және жоғары өнімділігімен танымал және қаржылық болжауда кеңінен таралған.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Жетіспейтін мәндерді және категориялық айнымалыларды алдын ала өңдеуді қажет етпей өңдей алады</li> <li>- Басқа күшейту алгоритмдеріне қарағанда жаттығу уақыты жылдамдырақ</li> <li>- Теңгерімсіз деректер жиынын өңдей алады және үлгілердің аз санымен дәл нәтижелердә шығара алады</li> <li>- Функция таңдау үшін пайдалы болуы мүмкін мүмкіндік маңыздылығының рейтингін береді</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Гиперпараметрлерді таңдауға сезімтал болуы мүмкін</li> <li>- Шектеулі үлгілері бар шағын деректер жиынына шамадан тыс сәйкес келуі мүмкін</li> <li>- Басқа алгоритмдерге қарағанда көбірек жад қажет етуі мүмкін</li> </ul>
<i>Decision tree</i>	<i>Decision tree</i> алгоритмі шешімдердің ағаш тәрізді моделін және олардың ықтимал салдарын жасайды. Бұл категориялық және үздіксіз деректерді өңдей алатын қарапайым, әрі түсінікті алгоритм. Ағаштағы әрбір түйін мүмкіндікті білдіреді және әрбір тармақ мүмкіндік мәніне негізделген шешім ережесін көрсетеді. Ол алаяқтарды анықтау, несиелік тәуекелдікті бағалау, диагностика сияқты мақсаттарда қолданылады.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Түсіну және түсіндіру оңай</li> <li>- Категориялық және үздіксіз деректерді өңдей алады</li> <li>- Функцияларды таңдау үшін пайдалы болуы мүмкін мүмкіндік маңыздылығының рейтингін береді</li> <li>- Жетіспейтін мәндерді және категориялық айнымалыларды алдын ала өңдеуді қажет етпей өңдей алады</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Түсіну және түсіндіру оңай</li> <li>- Категориялық және үздіксіз деректерді өңдей алады</li> <li>- Функцияларды таңдау үшін пайдалы болуы мүмкін мүмкіндік маңыздылығының рейтингін береді</li> <li>- Жетіспейтін мәндерді және категориялық айнымалыларды алдын ала өңдеуді қажет етпей өңдей алады</li> </ul>

1-кестеде әдістердің дәлдігі мен тиімділігінде айтарлықтай жақсартуларды көрсететін киілетін құрылғылар мен машиналық оқыту арқылы стрессті анықтауға арналған заманауи зерттеулерге шолу жасалған. ЭКГ, импульс, дене температурасы және фотоплетизмография сияқты әртүрлі деректер түрлерін машиналық оқытудың жетілдірілген алгоритмдерімен біріктіру нақты уақыт режимінде стрессті бақылаудың тиімді жүйелерін құруға ықпал етеді. Болашақ зерттеулер деректерді өңдеу әдістерін жетілдіруге және осы технологияларды әртүрлі жағдайларда қолдану аясын кеңейтуге бағытталуы мүмкін. Төмендегі 4-кестеде әдістемелердің мазмұны мен қысқаша сипаттамасы берілген.

Кесте 4. Әдістемелердің мазмұны жазылған кесте

№	Тақырыбы	Автор	Әдістеме және жүзеге асыру
1	Киілетін физиологиялық сенсорды пайдаланып психикалық стрессті анықтау жолдарына қатысты	Ж. Вийсман, Б. Грундлехер, Хао Лю, Г. Герменс.	ЭКГ, тыныс алу, тері өткізгіштігі және трапеция бұлшықеттерінің ЭМГ деректері жазылды. kNN (2 класс) бойынша 80% дәлдікке қол жеткізілді.
2	Стресс пен қолданушы модификациясын зерттеуге арналан SWELL Knowledge Work деректер жиынтығы	С. Колдайк, Марк А. Неерхинкс және В. Крайж	SWELL-KIW деректер жинағы енгізілді. Деректер компьютерге тіркелу кезінде жиналды. Бет-әлпет мимикалары видеоматериалдан, дене қалыптары Kinect 3D сенсорынан және жүрек соғу жиілігі мен тері өткізгіштігі дене сенсорларынан.
3	Киілетін физиологиялық сенсорларды қолдану арқылы стрессті анықтау	В. Сандулеску, Салли Ан Дрюс, Д. Эллис және т.б.	Деректерді жинау үшін BN-PPGED деп аталатын білекке тағылатын құрылғы пайдаланылды. SVM арқылы 82% дәлдікке қол жеткізілді.
4	Киілетін және тікелей әсер ететін мультимодельді WESAD дерекқоры	Ф. Шмидт, А. Рейс, Р. Дюрихен және т.б.	WESAD дерекқоры енгізілді. Машиналық оқыту әдістерін пайдалана отырып, эталон жасалды. Дәлдік – 90%.
5	Көзге түспейтін сенсорларды біріктіру арқылы жұмыс кезселеіндегі стресс деңгейін анықтау	С. Колдайк, Марк А. Неерхинкс және В. Крайж.	Фэйс Аиди, қызметкерлердің бет-әлпеттеріне қарай SVM көмегімен 90% дәлдік.
6	Машиналық оқыту технологиясының көмегімен биосигнал негізіндегі стресс деңгейін анықтау	Медициналық Доктор Фахим Ризван, Райед Фархад және т.б.	ЭКГ RR интервалы, QT аралығы және т.б. стрессті анықтау напарметрлері ретінде алынды, SVM текшесін қолдана отырып, 98% дәлдік.
7	Видеоматериалдарда көрсетілген бет-әлпет тегі мимикалар арқылы стрессті анықтау	Г. Джаннакикиса, М. Педиадитиса	Бет-әлпет бейнелерін талдау арқылы 91,68% дәлдікке қол жеткізілді.
8	Смартфондарда орнатылған жасанды интеллект арқылы пайда болған стрессті автоматты түрде анықтау	Э. Гарсиа-Сеха, В. Османи және О. Майора	Смартфонның кірістілген аксерометр сенсорынан деректер стресс деңгейін анықтау үшін пайдаланылды, 71% дәлдік.
9	Білекке тағылатын үздіксіз жұмыс істейтін құрылғы арқылы стрессті анықтау – күнделікті өмірде және лаборатория	М. Гжорески, Х. Гжорески және М. Гамс	Білезік құрылғысынан алынған деректерді пайдалана отырып, екілік класс мәселесінде 83% дәлдікке қол жеткізілді.
10	Музыка таңдаудағы эмоциялардың өзгеруіне байланысты стрессті анықтау	Элизабет Андре, Джонгва Ким	Қолданушылардың эмоцияларының өзгерісін байқау үшін 4 ән тыңдатылды және 70% дәлдікке қол жеткізілді.
11	Физикалық белсенділікке байланысты машиналық оқыту технологиясымен жасалған сымсыз құрылғы арқылы стрессті анықтау	Б. Падмаджа, В.В. Рама және К.В.Н. Сунита	FITBIT – тен жиналған деректер пайдаланылды және 62,14% дәлдікке қол жеткізілді.

### Дискуссия

Патент [14] кортизол деңгейін және оның адамның психологиялық жағдайына әсерін бағалау әдісін сипаттайды. Өнертабыстың негізгі мақсаты-терінің -өткізгіштігін өлшеу арқылы сілекейдегі кортизол деңгейін талдауға арналған жүйені және осы жүйеге арналған портативті құрылғыны жасау. Тағы бір өнертабыс [15] физиологиялық қозғалыстарды өлшейтін байланыссыз радиолокациялық сенсор болып табылады. Ол тыныс алу және жүрек соғысы туралы мәліметтерді алу үшін доплерлік сигналдарды талдайды және бұл деректерді құрылғы экранынан көруге болады. Үшінші өнертабыс [16] терінің электрохимиялық көрсеткіштерін өлшеу арқылы аномальды аймақтардың адамға әсерін анықтау әдісін сипаттайды. Бұл әдіс жоғары сезімталдық пен орындаудың қарапайымдылығын ұсына отырып, адамға асимметрия мен теріс әсер ету дәрежесін бағалау үшін тотығу-тотықсыздану потенциалдары мен потенциалдарын өлшейді. Патент [17] медициналық технологияларға қатысты адамның физиологиялық параметрлерін бақылау және түзету үшін арналған құрылғыны сипаттайды. Өнертабыс R-тісті іздеу жүйесін және S-тісті таңдау мен деректерді салыстыру үшін қосымша компоненттерді енгізу арқылы диагностиканың дәлдігін арттыруға бағытталған. Бұл құрылғы медициналық персонал мен пациентке физиологиялық жай-күйі туралы мәліметтер беріп, экспресс-бақылау және өзін-өзі бақылау мүмкіндіктерін қамтамасыз ететін блокпен және екі монитормен жабдықталған. Сонымен қатар, ол жүрек соғу жиілігі арқылы функционалдық жағдайды түзету үшін альтернативті био-басқару әдістерін ұсынады. Патент [18] операторлардың тиімділігін арттыруға бағытталған сыртқы және ішкі стресс факторларына жауап ретінде адамның функционалдық жағдайына әсер ететін әдісті енгізеді. Бұл әдіс жыл мезгіліне байланысты өзгертін және бір минуттан үш минутқа дейін созылатын теріге термиялық әсер етеді, бұл тез сергектікке немесе релаксацияға ықпал етеді. Бұл әдіс процестің едәуір жеделдеуімен және терапевтік әсерлерді таңдауда икемділігімен ерекшеленеді. Патент [19] дене салмағын, жүрек соғу жиілігін және қан қысымын өлшеуге негізделген стресс деңгейін анықтау әдісін ұсынады. Нормалау коэффициенті бар қарапайым формуланы қолданатын бұл әдіс стрессті жоғары сезімталдықпен және қолжетімділікпен бағалауға мүмкіндік береді, өйткені ол арнайы жабдықты қажет етпейді және өзін-өзі бағалауға жарамды. [20] жұмыста графен мен аптамерлерді сенсорлық элементтер ретінде пайдалана отырып, кортизол деңгейін өлшеу үшін кеңейтілген қақпалы өріс транзисторы (EG-FET) ұсынылады. Жоғары сезімталдық пен селективтілікпен сипатталатын бұл сенсор чиптегі миниатюраланған зертханалық жүйелерге немесе дене сұйықтықтарындағы кортизолды бақылауға арналған киілетін құрылғыларға біріктіру үшін өте қолайлы.

Жаппай бақылау контекстінде желіні басқару және деректерді талдау маңызды құрамдас бөліктер болып табылады. Жүйелер нақты уақыт режимінде көптеген пайдаланушылардың сұраныстарын өңдеп, алғашқы медициналық көмек көрсету үшін жедел ақпаратпен қамтамасыз етуі қажет. Бұл сенімді желілік инфрақұрылымның болуы мен төтенше жағдайларда жедел әрекет ету үшін деректерді өңдеудің тиімді әдістерін талап етеді. Сонымен қатар, жүйенің масштабталуы маңызды, осылайша ол пайдаланушылар санының артуына сәйкес бейімделіп, денсаулықты үздіксіз бақылауды қамтамасыз ете алады. Бұл сенімді және уақтылы медициналық көмекке кепілдік беру үшін алғашқы медициналық көмек көрсетудің жоғары тиімділігін және деректерді жылдам өңдеуді қамтамасыз етеді.

### Қорытынды

Бүгінгі күні денсаулық сақтау саласындағы заттар интернеті (IoT) зерттеулері белсенді түрде жүргізілуде және инфаркт кезінде қан қысымын қадағалау және демікпе жағдайында тыныстауды қадағалау үшін маңызды екені және олардың тиімділігі айқындалып отыр. Бірақ та, кейбір жағдайлар, көбінесе ауылдық жерлердегі ауруларды тиісті емдеу мен күтімді қамтамасыз ету қажеттілігі тереңірек зерттеуді талап етеді. Денсаулықты сақтау бойынша IT зерттеулеріне көп көңіл бөлініп келе жатқанымен, медициналық көмектердің, дәрі-дәрмектердің және жаңа технологияларға қолжетімділік сияқты сан түрлі факторларға қатысты



емделушілерді тиімді көмек көрсету үнемі қиындықтарға кездесе береді. Бұл саланың жақсы дамып келе жатқанына қарамастан, симптомдарды тура анықтау, емделушілердің тұрғылықты жерін анықтау және жылдам алғашқы медициналық жәрдем көрсету үшін жаңа технологияны одан әрі шұғыл түрде дамытуды қажет етеді. Келтірілген шолудан тұтынушылардың қажеттіліктерін табу үшін ауқаттануын бақылау, демікпені қадағалау және ингаляторларды қолжетімді ету және инсультті анықтау, туғандарын хабардар ету сияқты әр салада қосымша зерттеулер жүргізу қажеттілігі туындады. Қорыта келгенде, денсаулыққа қатысты саласында IoT көмегімен емделушілерді олардың айтарлықтай дамуына бақылау жүргізу және оның алдын алу сияқты әртүрлі адамдардың өмір жасының ұзақтығына байланысты көптеген шешілмеген міндеттер алдымызда қалып отыр.

## АЛҒЫС

Бұл мақала Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің гранттық қаржыландыруы есебінен № AP23488439 орындалды.

### Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

[1] Mohamed Abd Al-Alim, Roaa Mubarak, Nancy M. Salem, Ibrahim Sadek. *A machine-learning Approach for Stress Detection Using Wearable Sensors in Free-living Environments*. // *Computers in Biology and Medicine*. - 2024. - Vol. 179, pp. 108918. doi: <https://doi.org/10.1101/2024.04.27.24305829>

[1] Gideon Vos, Kelly Trinh, Zoltan Sarnyai, Mostafa Rahimi Azghadi. *Generalizable Machine Learning for Stress Monitoring from Wearable Devices: A Systematic Literature Review*. // *International Journal of Medical Informatics*. - 2023. - Vol. 173, pp. 105026. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2023.105026>

[2] Atika Hendryani, Dadang Gunawan, Mia Rizkinia, Rinda Nur Hidayati, Frisa Yugi Hermawan. *Real-time stress detection and monitoring system using IoT-based physiological signals* // *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. - 2023. - Vol. 5, pp. 2807-2815. DOI: [10.11591/eei.v12i5.5132](https://doi.org/10.11591/eei.v12i5.5132)

[3] V. R. Archana, B. M. Devaraju. *Stress Detection Using Machine Learning Algorithms* // *International Journal of research in engineering, science and manadement*. - 2020. - Vol. 3, pp. 2581-5792.

[4] Ali Tazarvk, Sina Labbaf, Stephanie M. Reich, Nikil Dutt, Amir M. Rahmani, Marco Levorato. *Personalized Stress Monitoring using Wearable Sensors in Everyday Settings* // *43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)*, - 2021.- pp. 7332-7335. Oct 31 - Nov 4, Virtual Conference. DOI: [10.1109/EMBC46164.2021.9630224](https://doi.org/10.1109/EMBC46164.2021.9630224)

[5] Georgios Taskasaplidis, Dimitris A. Fotiadis and Panagiotis Bamidis. *Review of Stress Detection Methods Using Wearable Sensors* // *IEEE Access* PP(99):1-1. 2023. DOI: [10.1109/ACCESS.2024.3373010](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3373010)

[6] Russell Li and Zhandong Liu. *Stress detection using deep neural networks* // *BMC Medical Informatics and Decision Making*. - 2020. - Vol. 285, [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). DOI: [10.1186/s12911-020-01299-4](https://doi.org/10.1186/s12911-020-01299-4)

[7] Al-Atawi, A.A., Alyahyan, S., Alatawi, M.N., Sadad, T., Manzoor, T., Farooq-i-Azam, M.; Khan, Z.H. *Stress Monitoring Using Machine Learning, IoT and Wearable Sensors* // *Sensors*. – 2023. - Vol. 23, pp. 8875. <https://doi.org/10.3390/s23218875>

[8] Megha Gupta, Shubhangi Vaikole *Recognition of Human Mental Stress Using Machine Learning Paradigms* // *Proceedings of the 3rd International Conference on Advances in Science & Technology (ICAST)*, - 2020. - <https://doi.org/10.2139/ssrn.3571754>

[9] Talha Iqbal, Andrew Simpkin, Davood Roshan, Atif Shahzad *Stress Monitoring Using Wearable // Sensors: A Pilot Study and Stress-Predict Dataset*. - 2022. - Vol. 22(21). pp 8135. DOI: [10.3390/s22218135](https://doi.org/10.3390/s22218135)

[10] Fatma M. Talaat, Rana Mohamed Elbalka *Stress monitoring using wearable sensors: IoT techniques in medical field* // *Neural Computing and Applications*. - 2023. - Vol. 35(25), pp. [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). <https://doi.org/10.1007/s00521-023-08681-z>

[11] Pramod Bobade, Vani M. *Stress Detection with Machine Learning and Deep Learning using Multimodal Physiological Data* // *Conference: 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*. – 2020. - <https://doi.org/10.1109/ICIRCA48905.2020.9183244>

[12] 13. Мартин Ауверкерк, Йоанне Хенриэтта Дезире Моник Вестеринк, Татьяна Александровна Лашина, Лешек Холендерский Патент. Россия. Оценка уровня кортизола и психологического

равновесия или нарушения психологического равновесия. – 2012. – <https://patents.google.com/patent/RU2634680C2/ru>

[13] [Amy Droitcour](#), [Byung Kwon Park](#), [Charles El Hourani](#), [Tommy Shing](#), [Alex Vergara](#), [Shuhei Yamada](#) Патент. США. Non-contact physiologic motion sensors and methods for use. – 2010. – <https://patents.google.com/patent/US20100152600A1/en>

[14] [Инюшин В.М.](#), [Дзюба Н.В.](#), [Алиев Т.Ж.](#) Способ определения степени негативного действия аномальной зоны на человека // Патент. Казахстан. – 2006. – <https://kzpatents.com/0-pp17413-sposob-opredeleniya-stepeni-negativnogo-dejstvija-anomalnoj-zony-na-cheloveka.html#text>

[15] [Гондарева Л.Н.](#), [Койчубеков Б.К.](#), [Лазуткин А.Г.](#), [Горшенин С.Ю.](#), [Разумов Н.В.](#), [Тунгатаров Р.Б.](#) Устройство для контроля и коррекции функционального состояния человека // Патент. Казахстан. – 1997. – <https://kzpatents.com/0-4805-ustrojstvo-dlya-kontrolya-i-korrekcii-funkcionalnogo-sostoyaniya-cheloveka.html#text>

[16] [Габдуллина Ельзада Жумагалиевна](#), [Клейнбок И.Я.](#) Способ изменения функционального состояния организма человека // Патент. Казахстан. – 1994. – № 1341, <https://kzpatents.com/0-pp1341-sposob-izmeneniya-funkcionalnogo-sostoyaniya-organizma-cheloveka.html>

[17] [Ю.Р. Шейх-Заде](#), [К.Ю. Шейх-Заде](#). Способ определения уровня стресса // Патент. Россия. – 1997. – <https://patents.google.com/patent/RU2147831C1/ru>

[18] [Shokoofeh Sheibani](#), [Luca Capua](#), [Sadegh Kamaei Bahmaei](#), [Adrian Mihai Ionescu](#). Extended gate field-effect-transistor for sensing cortisol stress hormone // [Communications Materials](#). CC BY 4.0. – 2021. – <https://doi.org/10.1038/s43246-020-00114-x>

#### References

[1] Mohamed Abd Al-Alim, Roaa Mubarak, Nancy M. Salem, Ibrahim Sadek. A machine-learning Approach for Stress Detection Using Wearable Sensors in Free-living Environments. // *Computers in Biology and Medicine*. - 2024. - Vol. 179, pp. 108918. doi: <https://doi.org/10.1101/2024.04.27.24305829>

[1] Gideon Vos, Kelly Trinh, Zoltan Sarnyai, Mostafa Rahimi Azghadi. Generalizable Machine Learning for Stress Monitoring from Wearable Devices: A Systematic Literature Review. // *International Journal of Medical Informatics*. - 2023. - Vol. 173, pp. 105026. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2023.105026>

[2] Atika Hendryani, Dadang Gunawan, Mia Rizkinia, Rinda Nur Hidayati, Frisa Yugi Hermawan. Real-time stress detection and monitoring system using IoT-based physiological signals // *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. - 2023. - Vol. 5, pp. 2807-2815. DOI: [10.11591/eei.v12i5.5132](https://doi.org/10.11591/eei.v12i5.5132)

[3] V. R. Archana, B. M. Devaraju. Stress Detection Using Machine Learning Algorithms // *International Journal of research in engineering, science and manadement*. - 2020. - Vol. 3, pp. 2581-5792.

[4] Ali Tazarvk, Sina Labbaf, Stephanie M. Reich, Nikil Dutt, Amir M. Rahmani, Marco Levorato. Personalized Stress Monitoring using Wearable Sensors in Everyday Settings // *43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)*, - 2021.- pp. 7332-7335. Oct 31 - Nov 4, Virtual Conference. DOI: [10.1109/EMBC46164.2021.9630224](https://doi.org/10.1109/EMBC46164.2021.9630224)

[5] Georgios Taskasaplidis, Dimitris A. Fotiadis and Panagiotis Bamidis. Review of Stress Detection Methods Using Wearable Sensors // *IEEE Access* PP(99):1-1. 2023. DOI: [10.1109/ACCESS.2024.3373010](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3373010)

[6] Russell Li and Zhandong Liu. Stress detection using deep neural networks // *BMC Medical Informatics and Decision Making*. - 2020. - Vol. 285, CC BY 4.0. DOI: [10.1186/s12911-020-01299-4](https://doi.org/10.1186/s12911-020-01299-4)

[7] Al-Atawi, A.A., Alyahyan, S., Alatawi, M.N., Sadad, T., Manzoor, T., Farooq-i-Azam, M.; Khan, Z.H. Stress Monitoring Using Machine Learning, IoT and Wearable Sensors // *Sensors*. – 2023. - Vol. 23, pp. 8875. <https://doi.org/10.3390/s23218875>

[8] [Megha Gupta](#), [Shubhangi Vaikole](#) Recognition of Human Mental Stress Using Machine Learning Paradigms // [Proceedings of the 3rd International Conference on Advances in Science & Technology \(ICAST\)](#), - 2020. - <https://doi.org/10.2139/ssrn.3571754>

[9] [Talha Iqbal](#), [Andrew Simpkin](#), [Davood Roshan](#), [Atif Shahzad](#) Stress Monitoring Using Wearable // *Sensors: A Pilot Study and Stress-Predict Dataset*. - 2022. - Vol. 22(21). pp 8135. DOI: [10.3390/s22218135](https://doi.org/10.3390/s22218135)

[10] [Fatma M. Talaat](#), [Rana Mohamed Elbalka](#) Stress monitoring using wearable sensors: IoT techniques in medical field // [Neural Computing and Applications](#). - 2023. - Vol. 35(25), pp. CC BY 4.0. <https://doi.org/10.1007/s00521-023-08681-z>

[11] [Pramod Bobade](#), [Vani M.](#) *Stress Detection with Machine Learning and Deep Learning using Multimodal Physiological Data* // Conference: 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA). – 2020. - <https://doi.org/10.1109/ICIRCA48905.2020.9183244>

[12] [Martin Auverkerk](#), [Joanne Henrijetta Dezire Monik Vesterink](#), [Tat'jana Aleksandrovna Lashina](#), [Leshek Holenderskij](#) (2012) Patent. Rossiya. Ocenka urovnja kortizola i psihologicheskogo ravnovesija ili narusheniya psihologicheskogo ravnovesija [Assessment of cortisol levels and psychological balance or psychological imbalance]. <https://patents.google.com/patent/RU2634680C2/ru> (In Russian)

[13] [Amy Droitcour](#), [Byung Kwon Park](#), [Charles El Hourani](#), [Tommy Shing](#), [Alex Vergara](#), [Shuhei Yamada](#) Патент. США. Non-contact physiologic motion sensors and methods for use. - 2010. - <https://patents.google.com/patent/US20100152600A1/en>

[14] [Injushin V.M.](#), [Dzjuba N.V.](#), [Aliev T.Zh.](#) (2006) Sposob opredelenija stepeni negativnogo dejstvija anomal'noj zony na cheloveka [Method for determining the degree of negative impact of an anomalous zone on a person]. Patent. Kazahstan. <https://kzpatents.com/0-pp17413-sposob-opredeleniya-stepeni-negativnogo-dejstvija-anomalnoj-zony-na-cheloveka.html#text> (In Russian)

[15] [Gondareva L.N.](#), [Kojchubekov B.K.](#), [Lazutkin A.G.](#), [Gorshenin S.Ju.](#), [Razumov N.V.](#), [Tungatarov R.B.](#) (1997) Ustrojstvo dlja kontrolja i korrekcii funkcional'nogo sostojaniya cheloveka [Device for monitoring and correcting the functional state of a person]. Patent. Kazahstan. (In Russian) <https://kzpatents.com/0-4805-ustrojstvo-dlya-kontrolya-i-korrekcii-funkcionalnogo-sostoyaniya-cheloveka.html#text>

[16] [Gabdullina El'zada Zhumagalievna](#), [Klejn bok I.Ja.](#) (1994) Sposob izmeneniya funkcional'nogo sostojaniya organizma cheloveka [A method of changing the functional state of the human body]. Patent. Kazahstan. № 1341, <https://kzpatents.com/0-pp1341-sposob-izmeneniya-funkcionalnogo-sostoyaniya-organizma-cheloveka.html> (In Russian)

[17] [Ju.R. Shejh-Zade](#), [K.Ju. Shejh-Zade.](#) (1997) Sposob opredelenija urovnja stressa [Method for determining stress levels]. Patent. Rossiya. <https://patents.google.com/patent/RU2147831C1/ru> (In Russian)

[18] [Shokoofeh Sheibani](#), [Luca Capua](#), [Sadegh Kamaei Bahmaei](#), [Adrian Mihai Ionescu](#). Extended gate field-effect-transistor for sensing cortisol stress hormone // *Communications Materials*. CC BY 4.0. – 2021. - <https://doi.org/10.1038/s43246-020-00114-x>

**ИНФОРМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ. БІЛІМ БЕРУДІ АҚПАРАТТАНДЫРУ  
МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ  
METHODS OF TEACHING COMPUTER SCIENCE. INFORMATIZATION OF EDUCATION**

МРНТИ 14.35.01

10.51889/2959-5894.2024.87.3.017

**К.С. Абдиев<sup>1\*</sup> , М. Жасандыкызы<sup>1</sup> , Д.М. Майнцер<sup>1</sup> ,  
В.В. Науменко<sup>1</sup> , Г.С. Примбетова<sup>2</sup> **

<sup>1</sup> Университет «Туран», г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup> Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

\* e-mail: k.abdiyev@turana-edu.kz

**АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ  
КОМПЕТЕНЦИЙ ВЫПУСКНИКОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ ИКТ**

*Аннотация*

Целью проведенного в нашем исследовании анализа является изучение формата и содержания используемых в настоящее время инструментов внешнего и внутреннего форм оценивания профессиональных компетенций выпускников вузов. Изучение инструментов необходимо для определения подхода к разработке системы подготовки выпускников вузов для подтверждения профессиональных квалификаций в соответствии с требованиями профессиональных стандартов. Проведен контент-анализ содержания документов, регулирующих проведение Федерального интернет-экзамена в сфере профессионального образования, Федерального интернет-экзамена для выпускников бакалавриата (РФ), итоговой аттестации выпускников программы «Вычислительная техника и программное обеспечение» на примере Университета «Туран». Рассмотрена также Независимая оценка квалификаций, проводимая в РФ с 2017 года. Для изучения мнения заинтересованных сторон проведен опрос экспертов отрасли ИТ и преподавателей ИТ-дисциплин. В интернет-экзаменах, проводимых в России, содержание оценочных средств определяется утвержденными стандартами специальностей, в которых описываются примерное содержание дисциплин и виды профессиональной деятельности. В этом случае основной методической задачей является установление сопряжения этого содержания с требованиями профстандартов. В Казахстане стандартов специальностей не существует, содержание образовательных программ определяется вузами. Поэтому, установление соответствия содержания требованиям профстандартов проводится также вузами, исходя из выбора профессий, на которые они ориентируются. Общим подходом рассмотренных нами экзаменов является их четкое разделение на теоретическую и практические части. В первой части используются типы заданий, широко распространенные в практике вузов. В практической части используются ситуационные и кейс-задания. На наш взгляд, основной научно-методической проблемой является разработка и обоснование качества именно таких заданий. Результаты нашего исследования можно использовать при разработке инструмента для внутренней оценки готовности выпускников к выполнению трудовых функций выбранных профессий.

**Ключевые слова:** профессиональные квалификации, профессиональные компетенции, образовательные программы, инструменты оценки компетенций, ситуационные задания, кейс-задания.

К.С. Абдиев<sup>1</sup>, М. Жасандықызы<sup>1</sup>, Д.А. Майнцер<sup>1</sup>, В.В. Науменко<sup>1</sup>, Г.С. Примбетова<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>«Тұран» университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Астрахань мемлекеттік техникалық университеті, Астрахань қ., Россия

## АКТ ДАЙЫНДАУ БАҒЫТЫН БІТІРУШІЛЕРДІҢ КӘСІБИ ҚҰЗЫРЕТТІЛІГІН БАҒАЛАУ ҚҰРАЛДАРЫН ТАЛДАУ

### *Аңдатпа*

Біздің зерттеуімізде жүргізілген талдаудың мақсаты – ЖОО түлектерінің кәсіби құзіреттілігін бағалаудың сыртқы және ішкі түрлерінде қазіргі таңда қолданылатын құралдардың форматы мен мазмұнын зерделеу. Құралдарды зерделеу кәсіптік стандарттар талаптарына сәйкес кәсіби біліктілікті растау барысында ЖОО түлектерін дайындау жүйесін әзірлеуге көзқарасты анықтау үшін қажет. Кәсіптік білім беру саласындағы федералдық интернет-емтиханын, Бакалавриат түлектеріне арналған федералдық интернет-емтиханын (РФ), «Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету» бағдарламасы түлектерінің қорытынды аттестациясын өткізуді реттейтін құжаттарына «Тұран» университетінің мысалында мазмұнды талдау жүргізілді. Сондай-ақ, Ресей Федерациясында 2017 жылдан бері жүргізіліп келе жатқан біліктілікті тәуелсіз бағалау шарасы да қарастырылды. Мүдделі тараптардың пікірлерін зерделеу үшін АТ саласының сарапшылары мен АТ пәндерінің оқытушылары арасында сауалнама жүргізілді. Ресейде өткізілетін онлайн емтихандарда бағалау құралдарының мазмұны пәндердің мазмұнын және кәсіби қызмет түрлерін сипаттайтын мамандықтардың бекітілген стандарттары негізінде анықталады. Бұл жағдайда негізгі ғылыми-әдістемелік міндет осы мазмұнның кәсіби стандарттар талаптарымен байланысын орнату болып табылады. Қазақстанда мамандықтар бойынша стандарттар жоқ, білім беру бағдарламаларының мазмұнын ЖОО анықтайды. Сондықтан, мазмұнның кәсіби стандарт талаптарына сәйкестігін белгілеуді де университеттер өздері бағдарланған кәсіптерді таңдау негізінде жүзеге асырады. Біз қарастырған емтихандардың жалпы тәртібі олардың теориялық және практикалық бөлімдерге нақты бөлінуі болып табылады. Бірінші бөлімде университеттер тәжірибесінде кеңінен қолданылатын тапсырмалар түрлері қолданылады. Практикалық бөлімде жағдаяттық және кейс-тапсырмалар қолданылады. Біздің ойымызша, негізгі ғылыми-әдістемелік мәселе - дәл осындай тапсырмаларды әзірлеу және олардың сапасын негіздеу. Зерттеуіміздің нәтижелерін түлектердің таңдаған кәсіптерінің еңбек функцияларын орындауға дайындығын ішкі бағалау құралын әзірлеу үшін пайдалануға болады.

**Түйін сөздер:** кәсіби біліктілік, кәсіби құзіреттіліктер, білім беру бағдарламалары, құзіреттілікті бағалау құралдары, жағдаяттық тапсырмалар, кейс-тапсырмалар.

K.S. Abdiyev<sup>1</sup>, M. Zhassandykyzy<sup>1</sup>, D.A. Maintcer<sup>1</sup>, V.V. Naumenko<sup>1</sup>, G.S. Primbetova<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Turan University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

## ANALYSIS OF TOOLS FOR MEASURING PROFESSIONAL COMPETENCES OF GRADUATES IN THE DIRECTION OF ICT TRAINING

### *Abstract*

The purpose of the analysis carried out in our study is to study the format and content of currently used tools for external and internal assessment of professional competences of university graduates. The study of tools is necessary to determine the approach to the development of a system for training university graduates to confirm professional qualifications in accordance with the requirements of professional standards. A content analysis of the content of documents regulating the conduct of the Federal Internet Examination in the field of professional education, the Federal Internet Examination for Bachelor's Degree Graduates (RF), and the final attestation of graduates of the "Computing Technology and Software" program was conducted on the example of "Turan" University. The independent evaluation of qualifications, conducted in the Russian Federation since 2017, is also considered. To study the opinions of interested parties, a survey of experts in the IT industry and teachers of the IT discipline was conducted. In online exams conducted in Russia, the content of evaluation tools is determined by the approved standards of specialties, which describe the sample content of disciplines and types of professional activity. The main methodical task in this case is establishing the connection of this content with the requirements of professional standards. In Kazakhstan, there are no such thing as specialties standard, the content of educational programs is determined by

universities. Therefore, establishing compliance of the content with the requirements of professional standards is also carried out by universities, based on the choice of professions to which they are oriented. The general approach of the exams considered by us is their clear division into theoretical and practical parts. In the first part, the types of tasks widely used in the practice of universities are used. In the practical part, situational and case-tasks are used. In our opinion, the main scientific-methodological problem is the development and substantiation of the quality of such tasks. The results of our research can be used when developing a tool for internal assessment of the readiness of graduates to perform labor functions of the chosen professions.

**Keywords:** professional qualifications, professional competencies, educational programs, competence assessment tools, situational tasks, case-tasks.

### **Основные положения**

Разработка внутренней системы подготовки выпускников бакалавриата к подтверждению квалификации стала актуальной задачей в связи реформами, проводимыми в Казахстане в последние годы. Выпускники вузов получают дипломы только с указанием академической степени, их профессиональные квалификации должны подтверждаться работодателями и/или независимыми центрами.

Для обеспечения готовности выпускников к профессиональной деятельности содержание образовательных программ (ОП) должны быть определены с учетом требований к знаниям и навыкам, необходимым к выполнению трудовых функций конкретных профессий, описанным в профессиональных стандартах (ПС). Компетентностный подход в высшем образовании должен быть скорректирован с учетом этих требований.

В результате наших исследований установлено, что при определении подходов к разработке системы оценки уровня профессиональных компетенций выпускников вузов возникают научно-методические проблемы, связанные с сопряжением содержания образовательных программ и профессиональных стандартов, разработкой заданий для системы оценки. Опыт рассмотренных нами систем оценивания показывает, что наиболее подходящим решением является разработка ситуационных и кейс-заданий. Реализация этого решения является не простой задачей, т.к. требуется более тесный уровень связи между вузами и работодателями, что подтверждается результатами проведенного нами опроса.

### **Введение**

Несмотря на то, что внедрение компетентностного подхода в высшее образование продолжается уже много лет, в настоящее время ученые проводят большое количество исследований, посвященных этой теме. Особенно актуальны такие направления исследований как формирование и оценка профессиональных компетенций в вузах. Актуальность таких работ усиливается нормами регулирующих документов о внедрении в содержание ОП вузов требований к знаниям и профессиональным навыкам, компетенциям, описанных в ПС.

Изучением вопросов формирования и развития компетенций в процессе обучения в учебных заведениях занимались ученые разных стран. В тех странах, где ориентиром для оценки профессиональных компетенций будущих специалистов являются национальные, отраслевые рамки квалификации и ПС, результаты обучения в вузах прописываются в соответствии с этими документами. Точнее, образовательные программы изначально должны разрабатываться согласно положениям указанных документов. Однако, в этом направлении есть множество проблем.

В Казахстане при описании результатов обучения в вузе можно опираться на определение, данное в Национальной рамке квалификации (НРК, раздел «Общие положения», п.5) как «способность работника применять в профессиональной деятельности знания и умения» [1]. Документ утвержден совместным приказом Министерства труда и социальной защиты и Министерства образования и науки. В нем описаны структура НРК и варианты путей достижения уровня квалификации. В частности, для 5-го уровня квалификации указано, что его можно достигнуть при наличии технического и профессионального образования, наличии

практического опыта или высшее образование, дополнительные профессиональные образовательные программы без практического опыта. Это означает, что выпускник программы бакалавриата должен соответствовать пятому уровню квалификации, а ОП вузов должны содержать материалы, позволяющие достичь именно этого уровня.

Проблемы методологии компетентного подхода рассмотрены в работе Е.К.Хеннера [2]. Он отмечает, что существует критика компетентного подхода в том виде, в каком он реализуется в российской высшей школе. Основная суть критики, по его мнению, в том, что доминируют искаженные представления о соотношении между профессиональными компетенциями и профессиональными знаниями и умениями. В связи с этим главным выводом своей статьи он считает утверждение о том, что преимущественная ориентация на знания и навыки соответствует не только традициям университетского образования, но и интересам выпускников вузов, у которых должна быть прочная база для «образования на протяжении всей жизни», а также запросам работодателей, отраженным в ПС. Автор убежден, что подход, основанный на триаде «знания – навыки – компетенции», причем именно в указанном иерархическом порядке, позволит более эффективно планировать ОП и достигнуть стратегической цели высшего образования – подготовки участников создания общества знаний и экономики знаний.

В статье М.А. Касымбековой и др. отмечается, что для внедрения компетентного подхода требуются корректировки образовательного процесса, связанные с изменением методов обучения и оценки [3]. Модель компетенций должен выявлять планируемые уровни их сформированности и критерии оценки. Поскольку профессиональные компетенции невозможно наблюдать непосредственно, используются учебные виды деятельности, которые позволят сделать достоверные выводы об уровне сформированности профессиональных компетенций студентов. По мнению авторов, для оценки студентов предпочтительно использовать ситуационные и практико-ориентированные комплексные задачи. В работе описана система оценки уровней сформированности компетенций, состоящая из принципов, средств оценки и форм оценки. Процесс оценки компетенций представлен в виде последовательности взаимосвязанных этапов: разработка модели компетенций, требований к уровням компетенций, средств и технологий оценки. Практический опыт работы авторов связан с обучением студентов иностранным языкам.

М.Ю. Чандра, Е.А. Байкина в своей работе анализировали подходы к пониманию структуры компетенции как предмета оценивания у студентов в процессе освоения образовательной программы вуза [4]. В результате они обосновали целесообразность применения и корректного сочетания в вузе стратегий модульного, формативного, накопительного, аутентичного, автоматизированного и суммативного оценивания компетенций в период обучения студента в вузе. В частности, при описании Стратегии суммативного (итогового) оценивания они делают вывод о том, что при проведении итоговой аттестации (ИА) целесообразно обращаться к таким оценочным процедурам, которые позволяют выпускнику проявить себя в деятельности (решить кейс-задачу, реализовать мини-проект, представить портфолио своих документально подтвержденных достижений, публично защитить выпускную квалификационную работу). Они отметили, что ИА, в силу ограниченных временных рамок не позволяет провести оценку уровня сформированности всего состава компетенций у выпускника. Для решения этой проблемы им предложено использовать такое оценочное средство, как индивидуальные диагностические карты.

Имеется большое количество статей, посвященных методам формирования и оценки конкретных компетенций ИТ-специалистов. Например, Л.Ф.Насейкина представила методический подход к оценке уровня подготовки будущих ИТ-специалистов к профессиональной деятельности в области вычислительных сетей и телекоммуникаций [5]. В качестве характеристики их профессиональной готовности предложено использовать интегральный показатель «компетентность в области сетевых ИТ», основой формирования которого являются профессиональнозначимые и личностные качества выпускников. В

результате проведенного исследования была разработана шкала для оценки уровня сформированности компетентности в области сетевых ИТ (желаемый, необходимый, достаточный, недостаточный, недопустимый).

В статье чилийских ученых С.В.Урры и др. рассматриваются итоги адаптации, применения и анализа психометрических качеств инструмента оценки информационной компетентности, разработанного Р.Маршаллом [6]. В апробации принял участие 381 студент старших курсов университетов Чили. Инструмент для измерения информационных компетенций у студентов состоит из 27 вопросов, сгруппированных в пять разделов, описывающих разные этапы создания и использования информации. Адаптация первоначального инструмента заключалась в уточнении содержания этих разделов. По итогам апробации вопросов инструмент рекомендован для оценки информационных компетенций у студентов университетов.

Ученые исследовали также вопрос о типах заданий, используемых при оценке профессиональных компетенций. Одним из таких типов является ситуационная задача. Требования к качеству ситуационных заданий для аттестации специалистов здравоохранения описаны в статье Т.Н. Малаховой, обоснованы также подходы к их разработке в соответствии с основными положениями теории образовательных измерений [7]. В работе приведена классификация видов профессионально-ориентированных заданий, включающих и кейсы, и ситуационные задания, а также отмечены различия между ними. Автор считает, что правильно разработанные ситуационные задания предоставляют широкие возможности по оцениванию профессионально-ориентированных умений выпускников медицинских вузов. Т.Н. Малахова разработала рекомендации для разработчиков ситуационных заданий, указала состав основных компонентов ситуационного задания (аннотация, инструкция, ситуация, методические рекомендации, приложения).

Исходя из небольшого обзора, приведенного выше и нашего собственного опыта, полученного при внедрении компетентностного подхода в высшем образовании можно сделать вывод о том, что актуальными остаются как вопросы методологии, так и задачи практического характера. Практические задачи, связанные с определением типов заданий для оценки компетенций, разработкой оценочных средств и внедрением их в учебный процесс являются не простыми проблемами.

В связи с этим, главным вопросом нашего исследования является:

- какие оценочные средства, задания можно использовать при оценке уровня сформированности профессиональных навыков, компетенций на стадии обучения в вузе при условии внедрения требований ПС.

Проблемы внедрения требований ПС к знаниям и навыкам профессий отрасли ИТ рассмотрены нами в предыдущей работе [8]. Основными проблемами мы отмечали: не конкретное описание требований в ПС, отсутствие свойства измеримости в формулировке многих требований к знаниям и профессиональным навыкам, формальный подход при в разработке ОП вузами – ссылки на используемые стандарты приведены формально, без указания соответствия к требованиям ПС в результатах обучения. Подход к оценке готовности социальных педагогов к профессиональной деятельности, основанный на анализе и использовании требований ПС в содержании программ вузов предложен в работе К.У. Кунаковой и Г.С. Примбетовой [9].

### **Методология исследования**

Для поиска ответа на поставленную проблему нашего исследования нами проведен контент-анализ разных источников по следующим темам:

- статьи и документы, посвященные теоретическим положениям компетентностного подхода в высшем образовании, разработке syllabusов, в которых результаты обучения представлены как освоение компетентностей, а также статьи, описывающие опыт реализации ОП, в которых в той или иной форме оцениваются компетентности выпускников;



- статьи и книги, посвященные теории и практике разработки современных средств оценивания результатов обучения, вопросам обоснования валидности и надежности инструментов оценки результатов обучения;

- документы, описывающие содержание и методы внутреннего оценивания при промежуточной и итоговой аттестации обучающихся бакалавриата направления подготовки ИКТ. В настоящее время эти документы разрабатываются вузами Казахстана самостоятельно, и они относятся к внутренним нормативным документам. Мы рассмотрели документы, регулирующие проведение внутреннего оценивания по ОП «Вычислительная техника и программное обеспечение» (ВТиПО);

- документы с описанием содержания экзаменов «Федеральный интернет-экзамен для выпускников бакалавриата (ФИЭБ)», «Федеральный интернет-экзамен в сфере профессионального образования (ФЭПО)», РФ. ФИЭБ реализован как добровольная сертификация выпускников на соответствие требованиям Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС), ФЭПО – это внешняя независимая оценка результатов обучения, проводится на разных этапах обучения;

- содержание оценочных средств сертификационного экзамена ИТ-специалистов, проводимого в рамках Независимой оценки квалификаций, РФ.

Проведено исследование путем экспресс-опроса с целью определения точек зрения заинтересованных сторон в получении от системы высшего образования хорошо подготовленных ИТ-специалистов. Основная часть участников опроса были участниками экспертной сессии «Проблемы измерения профессиональных компетенций ИТ-специалистов», проведенного 25 апреля 2023 года в Университете «Туран», (<https://turau.edu.kz/ru/nauka-i-innovaczii/research-institute-of-informatization-of-education>, см. раздел «Итоги 2023 года»). На вопросы анкеты ответили десять преподавателей и 28 работодателей – представителей компаний, работающих в разных отраслях и имеющие в своем составе ИТ-подразделения. Вопросы анкет касались тем о внедрении требований профессиональных стандартов (ПС) отрасли ИТ в образовательные программы (ОП) университетов, методов оценивания уровня сформированности профессиональных компетенций выпускников в вузе и реальных методов, используемых в практике ИТ-подразделений. Экспертная сессия специально была организована для изучения мнений экспертов отрасли ИТ и преподавателей ИТ-дисциплин. Несмотря на небольшое количество респондентов, считаем, что ответы представляют мнение работодателей, желающих иметь связи с учебными заведениями, готовящих кадры для ИТ-отрасли. Это верно также для преподавателей, участвовавших в опросе – они являются представителями вузов, имеющих связи с работодателями и учитывающих их мнение при разработке ОП направления подготовки ИКТ. Опрос проводился с помощью Google форм, участие было добровольным и анонимным.

### **Результаты исследования**

«Независимая оценка квалификации (НОК) в России – это процедура подтверждения соответствия квалификации соискателя положениям профессионального стандарта или иным квалификационным требованиям», (<https://ok.nark.ru/nok/>). Независимая оценка проводится в два этапа: первый этап – теоретический, который проводится в онлайн режиме, второй – практический, проводится в специально подготовленном центре, где созданы условия, приближенные к производственным с использованием профессионального оборудования, инструменты, тренажеры, программное обеспечение и т.д. НОК может сдать любой человек самостоятельно либо по направлению от работодателя в Центре оценки квалификации в области ИТ.

Рассмотрим пример оценочного средства, предназначенного для оценки квалификации программиста, опубликованного на сайте Совета по профессиональным квалификациям в области ИТ ([https://spk-it.ru/nok/files/OS\\_example\\_Programmist\\_4\\_v\\_13112017.pdf](https://spk-it.ru/nok/files/OS_example_Programmist_4_v_13112017.pdf)). В примере

описываются задания для оценки соответствия 4-уровню квалификации. В спецификации заданий для теоретического этапа описаны знания, умения в соответствии с требованиями к квалификации, на соответствие которым проводится оценка квалификации; приведены критерии оценки квалификации и указаны типы заданий. В описании оцениваемых знаний указывается для выполнения каких именно трудовых функций из ПС они требуются. Например, «Знание языков программирования, средств разработки программного обеспечения, сред программирования, проверки работоспособности и отладки программного обеспечения для выполнения следующих трудовых функций: В/01.4 Разработка процедур проверки работоспособности и измерения характеристик программного обеспечения; В/03.4 Проверка работоспособности программного обеспечения; В/04.4 Рефакторинг и оптимизация программного кода». Всего количество заданий на теоретическом этапе – 40, предусмотрены следующие типы заданий – с выбором ответа, с открытым ответом, на установление соответствия, на установление последовательности. Время выполнения – 60 минут, максимальное количество баллов – 40. Для допуска к практическому этапу нужно набрать не менее 30 баллов.

Спецификацией заданий для практического уровня предусмотрено выполнение практических заданий по трудовым функциям из ПС «Программист». Задания могут быть двух типов: задание на выполнение трудовых функций, трудовых действий в реальных или модельных условиях и портфолио. Максимальное время выполнения заданий – 240 минут.

Приведем пример задания на выполнение трудовых функций, трудовых действий в реальных или модельных условиях. В постановке задачи описывается следующая ситуация: *Для медицинского учреждения спроектирована информационная система. В состав информационной системы входит: приложение; база данных; сопровождающая документация. Приложение состоит из шести программных модулей: авторизация; окно регистрации; окно пациента; окно доктора; окно калькулятора расчета.* Далее следуют формулировки заданий (приводится в сокращенном виде): *разработать процедуры измерения скорости работы программных модулей; разработать сценарии тестирования и тестовые наборы данных для каждого программного модуля; выполнить сценарии тестирования данных; выделить наиболее ресурсоемкий программный модуль по результатам измерения характеристик; исправить дефект, связанный с ошибкой в определении максимального размера одного из полей базы данных.* В этом примере задание оценивается в 60 баллов. Для положительного решения о присвоении квалификации необходимо набрать 70% от максимального количества баллов.

Основным документами, служащим для обоснования содержания квалификационного экзамена являются утвержденные ПС отрасли ИТ – «Программист», «Администратор баз данных», «Специалист по информационным системам» и др. Как мы указывали выше, все задания направлены на оценку знаний (в теоретической части) и профессиональных навыков (в практической части) необходимых для выполнения трудовых функций конкретной профессии, описанной в ПС. Типы заданий, используемых в теоретической части, являются наиболее распространенными среди современных методов оценки и широко используются также и в вузах. Задания второй части взяты из практики и выполняются в специально оборудованном месте, и это является главной особенностью квалификационных экзаменов от внутренних и внешних форм оценивания практикуемых на уровне вузов. Этот тип заданий назван «задание на выполнение трудовых функций, трудовых действий в реальных или модельных условиях» и в условиях учебных заведений трудно создать специально оборудованное место для выполнения таких заданий. Такие места существуют только в Центрах оценки квалификации, к тому в задачи вузов не входит проведение квалификационного экзамена. Главной задачей вузов, готовящих кадры для отрасли ИТ является включение в содержание ОП обучение основным трудовым функциям, описанных в ПС и обеспечить готовность выпускников к выполнению этих функций.

ФЭПО проводится в период промежуточной аттестации студентов с целью проверки соответствия их знаний ФГОС. Целью является внешняя независимая оценка результатов обучения, ([https://i-exam.ru/sites/default/files/fepo /Pologenie\\_FEPO.pdf](https://i-exam.ru/sites/default/files/fepo/Pologenie_FEPO.pdf)). Для проведения оценки по дисциплинам высшего образования разработана трехуровневая модель Педагогических измерительных материалов (ПИМ). Согласно модели, ПИМ состоит из трех блоков заданий: первый блок – задания на уровне «знать», второй блок – задания на уровне «знать» и «уметь», третий блок – задания на уровне «знать», «уметь», «владеть». В первом и втором блоках для оценки используются задания следующих типов: с выбором одного и нескольких правильных ответов, на установления соответствия и др. Третий блок представлен кейс-заданиями, состоящими из описаний реальной практической ситуации и совокупности сформулированных к ней вопросов.

Например, в задании третьего блока по дисциплине «Базы данных» описана следующая ситуация (приводится в сокращенном виде): *Межотраслевой баланс характеризует объемы взаимного потребления продукции, произведенной в различных отраслях экономики. Для формирования матрицы межотраслевого баланса необходимо выявить связи производственных цепочек на уровне отраслей. Первичная структура будет размещаться в графовой структуре, в которой вершины хранят информацию об отрасли, исходящие ребра хранят информацию о сбыте продукции другой отрасли, входящие ребра хранят информацию об объеме потребленной продукции другой отрасли. Графовая структура моделируется отношениями реляционной базы данных.* Далее приведены эти отношения, в вопросах к этой ситуации используются таблицы и рисунки графов, т.е. используется информация разного вида, реально встречающаяся в постановках задач при автоматизации процессов ([https://fepo.i-exam.ru/fgos\\_pim\\_struct](https://fepo.i-exam.ru/fgos_pim_struct), выбрать специальность Информационные системы и технологии, дисциплину Базы данных).

В модели оценки, используемой в рамках ФЭПО за основу взят подход В.П. Беспалько. В его работах классификация уровней усвоения знаний описаны с выделением четырех уровней: знания-знакомства, знания-копии, знания-умения, знания-трансформации. По мнению ученого, на первом уровне «человек способен лишь узнавать, опознавать, различать, распознавать объекты изучения в ряду других подобных объектов»; на втором уровне «усвоение на уровне репродукции предполагает овладение основными понятиями предмета настолько, что оно позволяет ученику осуществлять словесное описание действия с объектом изучения, анализировать различные действия и их возможные исходы»; на третьем – «деятельность можно характеризовать степенью овладения умениями применять усвоенную информацию в практической сфере для решения некоторого класса задач»; на четвертом уровне – «учащийся приобретает способность трансформировать исходные сведения настолько, что ему становятся посильными задачи различных классов, которые он решает путем переноса усвоенных умений» [10]. Согласно этому подходу в ФЭПО имеются четыре уровня обученности, самому высокому – четвертому уровню будет соответствовать студент, набравший не менее 70% баллов за выполнение заданий каждого из блоков 1, 2 и 3.

ФЭПО является одним из распространенных видов внешнего оценивания, что подтверждается статистикой, приведенной на сайте. Так, за период с октября 2023 года по февраль 2024 года в нем участвовали 122 вуза из 58 регионов РФ, зарегистрировано 237589 результатов тестирования, (<https://fepo.i-exam.ru/node/91>).

ФИЭБ – процедура проведения внешней независимой оценки качества подготовки выпускников. ФИЭБ реализуется как добровольная сертификация выпускников на соответствие требованиям ФГОС ([https://i-exam.ru/sites/default/files/fieb/pologenie\\_fieb.pdf](https://i-exam.ru/sites/default/files/fieb/pologenie_fieb.pdf)). Студенты-участники по итогам ФИЭБ получают именные сертификаты, которые дают преимущество: при государственной итоговой аттестации, при поступлении в магистратуру, при трудоустройстве как подтверждение качества подготовки выпускника.

Рассмотрим инструментарий измерения результатов обучения в вузах по специальности «Информационные системы и технологии» (09.03.02) (<https://bakalavr.i-exam.ru/node/345>, из

предложенного перечня выбрать специальность). Экзамен проводится в форме тестирования, состоящем из двух частей: комплексное тестирование по четырем дисциплинам (20 тестовых заданий) и междисциплинарные кейс-задания, содержание которых соответствует трудовой деятельности будущего специалиста (три задачи). При правильном выполнении заданий первой части тестируемый может получить 40 баллов, второй части – 60 баллов, максимальное количество баллов – 100. В первой части использованы задания следующих типов: выбор одного или нескольких правильных ответов, установление соответствия, установление правильной последовательности, ввод правильного ответа в виде одного слова.

В практической части экзамена испытуемому предлагается четыре типа задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский, производственно-технологический, организационно-управленческий и проектный. Например, для производственно-технологического типа деятельности предложены следующие задачи профессиональной деятельности: интеграция программных модулей и компонент; оценка качества, разрабатываемого ПО: *разработка тестовых случаев, проведение тестирования и исследование результатов; обеспечение функционирования баз данных, предотвращение потерь и повреждений данных, обеспечение информационной безопасности; выполнение работ по созданию (модификации) и сопровождению информационных систем.* Кейс-задания второй части соответствуют этим типам задач профессиональной деятельности. В примере, приведенном на сайте ФИЭБ описано кейс-задание для вида профессиональной деятельности – производственно-технологическая. В состав задания входит описание практико-ориентированной ситуации и задания в тестовой форме. Ситуация описана в следующем виде: *Разрабатывается база данных книжного магазина, схема которой представлена на рисунке. Представлен рисунок, приведена также таблица с описанием информации, требуемой для решения задания.* Далее следуют описание пяти подзадач, в которые включены задания разных типов: с выбором ответа, на установление соответствия и др.

Возможности использования ФЭПО и ФИЭБ для проведения внешнего оценивания и результаты некоторых работ с вузами широко представлены в статьях разных авторов, список которых имеется на сайте НИИ мониторинга качества образования, (<https://i-exam.ru/node/39>).

*Внутренние системы оценивания вузов* рассмотрим на примере Университета «Туран». Правила проведения итоговой аттестации (ИА) по программам бакалавриата регулируется Академической политикой университета (<https://turan.edu.kz/ru/politika-universiteta>). Предусмотрено две формы проведения ИА: написание и защита дипломной работы или дипломного проекта; сдача комплексного экзамена по ОП. Согласно политике, количество обучающихся, защищающих дипломную работу или дипломный проект, не должно превышать 50% от общего количества обучающихся. Для регулирования этого принципа предусмотрено, что приоритет имеют обучающиеся с наибольшим показателем GPA. Согласно политике «дипломная работа/проект должна быть направлена на выявление и оценку аналитических и исследовательских способностей выпускника». Про содержание программы комплексного экзамена сказано, что она «отражает интегрированные знания и ключевые компетенции, отвечающим требованиям рынка труда в соответствии с ОП высшего образования». Перечень профилирующих дисциплин, по которым сдается комплексный экзамен, утверждается решением Совета факультета.

В содержание действующей программы комплексного экзамена включены дисциплины Базы данных, Компьютерные сети, Системное программирование. Цель комплексного экзамена – оценить уровень теоретической и практической подготовки бакалавров в области программной инженерии. Требования к результатам обучения выпускников изложены с использованием глаголов «иметь представление», «знать», «уметь» и «иметь навыки» и перечислением конкретного содержания требований. «Программа комплексного экзамена для выпускников бакалавриата ОП ВТПО» опубликована во внутренней системе управления учебным процессом и доступна всем обучающимся. Там же опубликовано «Положение о

проведении текущего контроля успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся университета».

В описание ОП ВТПО включен раздел «Требования к ожидаемым результатам обучения в терминах компетенций», в котором приводится список результатов обучения, общих и профессиональных компетенций, (<https://turan.edu.kz/ru/obrprograms/vychislitel'naya-tehnika-i-programmnoe-obespechenie-2/#bakalavriat>). В матрицах в удобной форме приведено соответствие 14 результатов обучения, 10 общих и 15 профессиональных компетенций содержаниям дисциплинам ОП. Эти матрицы используются при разработке заданий для комплексного экзамена при ИА, а также для промежуточной аттестации. В содержании комплексного экзамена используются, в основном, типы заданий с выбором ответа. Задания с описанием псевдореальной ситуации и вопросами к ним, также, как и практические задания используются во время производственной практики.

Рассмотрим пример ситуационного задания. В тексте задания описана следующая ситуация: *Вы разрабатываете многозадачное приложение, которое использует общие ресурсы. Пользователи жалуются на ошибки в работе приложения, такие как неправильное отображение данных и некорректное взаимодействие. Как системный программист, вы понимаете, что проблемы могут быть связаны с состояниями гонки и неправильной синхронизацией потоков.* Далее предлагаются вопросы с выбором ответа, в которых надо указать правильный ответ на следующие вопросы: *Состояние, при котором потоки конкурируют за общие ресурсы и результат зависит от их взаимного порядка выполнения, Механизм, который можно использовать для предотвращения состояний гонки, Инструмент, который является примером механизма синхронизации, Механизм для обращения к ядру операционной системы из пользовательского пространства, Функция виртуальной памяти.*

Задание такого типа позволяет оценить достаточно большой объем знаний и практических навыков. В данном примере вопросы направлены на проверку знания обучающихся по темам: «Механизмы синхронизации потоков, концепции состояния гонки и способов предотвращения конкуренции за ресурсы», «Механизмы взаимодействия с ядром операционной системы, функции виртуальной памяти и другие средства управления ресурсами». Оцениваются следующие навыки: идентификация и решение проблем, связанных с состоянием гонки, некорректным взаимодействием потоков и управлением общими ресурсами, применение соответствующих механизмов для обеспечения эффективного использования ресурсов и повышения производительности ПО.

Примеры практических задач:

1. *Напишите простую многозадачную программу на любом языке программирования, которая создает два потока. Один поток должен выводить числа от 1 до 10, а другой - буквы A до J. Обеспечьте правильную синхронизацию потоков, чтобы числа и буквы выводились поочередно. Проведите оценку работоспособности программы.*

2. *Создайте программу, которая работает с файлами и системой: считывает содержимое текстового файла "input.txt", удаляет все символы пунктуации (запяты, точки, восклицательные и вопросительные знаки) и записывает очищенный текст в новый файл "output.txt". При этом, напишите функцию, которая подсчитывает количество вхождений каждого слова в тексте и выводит наиболее часто встречающиеся слова в порядке убывания их частоты.*

Эти задания направлены на оценку следующих знаний и практических навыков. Знания: понимание основ многозадачности, принципов работы с потоками, механизмов синхронизации; методы работы с файловой системой, обработки текстовых данных, регулярных выражений и алгоритмов подсчета частоты слов; понимание принципов тестирования ПО, документирования кода и создания тестовых процедур. Навыки: реализация многозадачных программ, обеспечивающих правильное взаимодействие между потоками; написание программ для работы с файлами (чтение, запись, обработка данных), применение

алгоритмов очистки текста от нежелательных символов и подсчета частот слов, а также оптимизация программного кода для обработки больших объемов данных; разработка автоматизированных тестов, проведение тестирования программных компонентов и анализ их производительности; документирование компонент ПО и баз данных. Система SmartEdu, разработанная преподавателями университета «Туран» позволяет внедрение таких заданий в учебный процесс.

Если рассматривать каждый из форм внутреннего оценивания отдельно – комплексный экзамен при ИА, дипломный проект, производственная практика – они не решают проблему оценки готовности выпускника к выполнению трудовых функций по профессии. В каждом из этих элементов учебного процесса рассматривается большой объем знаний, умений и практических навыков, входящих в содержание многих дисциплин, однако они не направлены на формирование достаточного уровня профессиональных компетенций. По завершению обучения по программе бакалавриата не удастся оценить уровень сформированности профессиональных компетенций по требованиям конкретного ПС. Описание требований ПС появилось только в варианте ОП ВТПО 2023 года, и пока не набран достаточный опыт по оценке компетенций, описываемых в результатах обучения.

Во всех экзаменах, описанных нами выше в большом количестве используются тестовые задания разных типов. Такие задания внедрялись во внешние и внутренние системы оценивания в нашей стране начиная с начала 90-х годов, у преподавателей вузов и исследователей накоплен большой опыт по обоснованию качества инструментов, в которых они используются. Обзор методов классической и современной теории тестов, применяемых при разработке и внедрении инструментов оценки содержится в книге Л. Крокера и Дж. Алгины [11]. Хорошая методика по разработке тестовых заданий и психометрическим методам обоснования их качества описаны в книге В.С. Аванесова [12]. Методы, описанные в этих книгах, и во множестве других учебных пособий активно используются разработчиками инструментов. Поэтому можно отметить, что разработка тестовых заданий распространенных типов и внедрение в учебный процесс не вызывает особых трудностей. Например, в работе Г.К. Кошмаганбетовой и др. приведены результаты оценки качества тестовых заданий с множественным выбором, используемых в учебном процессе медицинского университета [13].

Особое место при оценке профессиональных компетенций будущих ИТ-специалистов, как мы показали выше, имеют ситуационные и кейс-задания, где используются реальные и псевдореальные случаи из практики отрасли ИТ. В разработке таких заданий у казахстанских исследователей и преподавателей пока нет большого опыта. Трудности возникают на всех этапах внедрения таких заданий, начиная с разработки кейсов из практики существующих на рынке компаний.

*Результаты опроса экспертов – представителей ИТ-подразделений и преподавателей вузов.* Сначала рассмотрим ответы ИТ-специалистов, работающих на рынке труда г. Алматы. Им задавались четыре вопроса по интересующей нас теме.

1. Какие ИТ-профессии являются наиболее востребованными в вашем предприятии (департаменте ИТ). В этом вопросе можно было указать несколько ответов. Основные ответы распределились следующим образом:

- разработчик ПО – 23 (82,1%),
- сопровождение системного и прикладного ПО – 13 (46,4%),
- администрирование базы данных – 12 (42,9%),
- тестирование ПО – 10 (35,7%),
- разработчик приложений ИИ – 8 (28,9%).

Каждая из остальных профессий в ответах работодателей набрали менее 4%. В целом, ответы работодателей отражают потребности рынка труда Алматы. Необходимо отметить, что выбор вузами профессий, и соответствующих ПС, на которые они ориентируются при разработке ОП также, в основном совпадает с этим списком [8]. Именно, по итогам анализа

содержания ОП, включенных в Реестр ОП МНВО мы указывали, что наиболее часто в них упоминаются ПС «Разработка ПО», «Администрирование баз данных», «Системное и сетевое администрирование», «Тестирование ПО». К сожалению, упоминание названий ПС является в большинстве случаев формальным исполнением требований регулирующих документов. Требования к знаниям и навыкам к профессиям не отражены в содержаниях дисциплин ОП.

2. На вопрос «Знакомы ли вы с содержанием ПС отрасли ИТ?» большинство работодателей ответили «нет» (85,7%), что соответствует реальному положению в отрасли.

3. Распределение ответов на вопрос «Как вы определяете соответствие выпускника бакалавриата вашим квалификационным требованиям?» (можно было указать несколько ответов):

- собеседование – 20 (71,4%),
- выполнение конкретного практического задания – 19 (67,9%),
- оценка знаний и умений (тестирование, экзамен) – 16 (57,1%),
- знакомство с портфолио претендента – 11 (39,3%),
- испытательный срок – 1 (3,6%),
- никак не определяю – 1 (3,6%).

Ответы на этот вопрос отражают преобладающие решения на рынке труда по поиску и приему специалистов по ИТ. Требования к претендентам на профессию, отраженные в ПС не используются при определении соответствия к квалификационным требованиям.

4. На вопрос «Является ли преимуществом наличие сертификата от крупных ИТ-фирм при приеме на работу» большинство ответили «Да, для некоторых должностей» (57,1%), «Да, для всех должностей» ответили 28,6% респондентов, 14,3% ответили – «Нет». Ответы работодателей показывают, что наличие сертификата от ведущих ИТ-компаний является преимуществом при приеме на работу, в целом 85,7% представителей компаний подтверждают это.

В целом, из ответов работодателей можно сделать вывод о том, что ПС не являются основным документом, рассматриваемым при приеме на работу и подтверждении квалификаций, хотя в 26 ПС отражены требования к знаниям и навыкам по 65 профессиям отрасли ИТ. Утвержденные вторые версии стандартов отрасли остаются формальными документами для компаний, вузы также используют их формально, хотя и ссылаются на них при разработке разных ОП направления подготовки ИКТ.

Рассмотрим, теперь ответы преподавателей ИТ-дисциплин на наши вопросы. На шесть вопросов анкеты ответили десять преподавателей, имеющих стаж работы более пяти лет.

1. Как по вашему мнению надо вести подготовку по программам бакалавриата в условиях существования утвержденных 26 ПС отрасли ИТ:

- в содержании ОП есть все теоретические материалы и примеры из практики, этого достаточно чтобы выпускники были готовы к профессиональной деятельности по каждому из ПС - 7,
- содержание ОП должно соответствовать содержанию нескольких конкретных ПС -3.

Большинство преподавателей считают, что существующего содержания программ достаточно для подготовки к профессиональной деятельности. Это, однако может являться следствием того, они недостаточно знакомы с содержанием всех ПС. Очевидно, что если в 26 ПС описаны 65 профессий, то невозможно охватить такое содержание в одном или двух ОП, обучать же сразу по многим ОП просто не по силам одного университета.

2. Как вы оцениваете содержание ПС, с точки зрения включения в содержание ОП:

- я не знаком с содержанием ОП - 2,
- требования к уровню знаний и навыков написаны общими фразами, их нужно детализировать - 6,
- все требования к уровню знаний и навыков нужно включить в содержание ОП без изменений - 2.

Мнение шести преподавателей, на наш взгляд, отражает точное состояние дел в вопросе

внедрения требований ПС в содержание ОП.

3. Как вы считаете, нужно ли оценивать в университете готовность выпускника бакалавриата к профессиональной деятельности:

- нет, должны оценивать работодатели при приеме на работу - 3,
- да, мы должны знать уровень готовности наших выпускников - 7.

4. Какими методами, оценочными мероприятиями можно оценить уровень готовности выпускника к профессиональной деятельности:

- достаточно существующей формы итоговой аттестации - 2,
- нужно внедрить систему подготовки и оценки выпускников, учитывающей требования ПС к конкретным должностям, трудовым функциям - 3,
- нужно внедрить систему дуального образования с оценкой готовности - 4,
- не знаю – 1.

Мнение преподавателей в ответах на этот вопрос разделилось. Мы же хотим отметить, что внедрение дуального образования сдерживается недостаточным уровнем нормативной базы. Из-за этой проблемы оно внедрено в ограниченном количестве вузов, в основном в регионах, имеющих достаточное количество производственных предприятий. Система подготовки с учетом требований ПС и добровольной оценки выпускников, на наш взгляд является более универсальным и масштабируемым решением.

5. Ваше мнение о разработке заданий для оценки готовности выпускника к профессиональной деятельности в соответствии с требованиями ПС:

- достаточно учебных заданий, включенных в содержание основных дисциплин ОП - 1,
- должны быть разработаны и включены в содержание производственной практики - 5,
- можно оценить во время производственной практики на базе предприятий, используя производственные задания самого предприятия - 4.

Тот факт, что только один преподаватель считает, что достаточно заданий, включенных в содержание ОП, отражает суть проблемы. В основном, преподаватели считают, что нужна более тесная связь с работодателями для оценки уровня готовности выпускников к профессии.

6. Крупные ИТ-компании имеют свои сертификационные экзамены. Какова должна быть роль университета при подготовке студентов к таким экзаменам:

- университет может определить список таких экзаменов, подготовка должна осуществляться самостоятельно -3,
- содержание сертификационных экзаменов частично должно быть включено в содержание дисциплин ОП - 7.

Сертификационные экзамены крупных ИТ-компаний достаточно распространены на рынке, однако участие вузов при подготовке своих выпускников к таким экзаменам остается пассивным.

### **Дискуссия**

Рассмотренная нами Независимая оценка квалификации в РФ является единственным экзаменом в СНГ для подтверждения квалификации ИТ-специалистов. Содержание экзамена полностью соответствуют требованиям профессиональных стандартов. При подготовке к экзамену можно воспользоваться опубликованными примерами оценочных средств. В практической части экзамена используются практические задания, разработанные для решения на рабочем месте, в соответствии с трудовыми функциями. Мы не обнаружили фактов создания в вузах каких-либо систем подготовки к такому независимому и добровольному подтверждению квалификации выпускников.

В Казахстане такие экзамены пока не проводится, за исключением сферы образования и здравоохранения. В предыдущих публикациях мы показывали, что оценка выпускников ОП направления «Образование» не осуществляется на основе ПС, проводится лишь оценка знаний будущих педагогов по основным дисциплинам вузов. В связи с введением в действие Закона РК «О профессиональных квалификациях» создание систем подготовки выпускников



бакалавриата к подтверждению квалификаций становится актуальной задачей во всех направлениях подготовки кадров.

В интернет-экзаменах ФИЭБ и ФЭПО задания разрабатываются в соответствии с образовательными стандартами, в которых при описании специальности приведены виды профессиональной деятельности. Это обстоятельство сильно отличается от ситуации у нас, т.к. в Казахстане не существует стандартов специальности. В интернет-экзаменах не используется содержание ПС. В практической части этих экзаменов используются ситуационные и кейс-задания, что позволяет оценить уровень сформированности профессиональных навыков в соответствии ФГОС.

При проведении ИА в наших вузах также делаются попытки оценить профессиональные навыки, компетенции, однако при разработке заданий не используются требования ПС. В публикациях казахстанских авторов практически нет опыта использования ситуационных и кейс-заданий с содержанием описания реальной или псевдо-реальной ситуации из опыта ИТ-специалистов. В статье Касымбековой М.А. и др. [3] приведен опыт по решению проблемы измерения и оценки компетенций в высшем профессиональном образовании, авторы при этом также не ссылаются на требования ПС.

Опрос, проведенный в фокус-группах ИТ-специалистов и преподавателей ИТ-дисциплин подтвердил, что в их практике также не используются требования к знаниям и навыкам в соответствии с ПС. Многие специалисты и преподаватели не знакомы с содержанием стандартов отрасли. Формальное отношение к утвержденным документам остается одной из важных проблем в деле подготовки выпускников к профессиям отрасли ИТ.

Мы, авторы настоящей статьи, работаем над созданием системы подготовки выпускников ОП направления подготовки ИКТ к подтверждению профессиональной квалификации. В случае реализации, такая система позволила бы оценить уровень формирования квалификации в вузе. При разработке системы оценки основным требованием к содержанию заданий становится их соответствие требованиям ПС отрасли ИТ. Опыт использования ситуационных и кейс-заданий в экзаменах, рассмотренных в настоящей статье можно использовать при разработке базы заданий для оценки профессиональных компетенций выпускников.

### **Заключение**

Рассмотренные экзамены по оценке результатов обучения отличаются разными подходами к определению содержания и форм заданий. Отличие ситуации в РФ в том, что есть утвержденные государственные образовательные стандарты, которые определяют содержание дисциплин каждой специальности. В них включены виды трудовой деятельности и содержание дисциплин должно быть направлено на формирование готовности к выполнению указанных функций. В таких случаях начальным этапом при разработке заданий является установление сопряжения между требованиями ПС и содержанием дисциплин. Дальнейшая работа сводится к разработке заданий, позволяющих оценивать теоретические знания и практические умения по дисциплинам и в целом, по специальности. В таких экзаменах как ФЭПО и ФИЭБ главным этапом оценивания является проверка готовности выпускника к выполнению трудовых функций с помощью практических заданий. Эта часть реализована использованием ситуационных и кейс-заданий, в которых описывается псевдореальная или реальная ситуация, и предлагаются вопросы в контексте описания. Содержательная валидация инструментов не вызывает особой трудности, т.к. основана на утвержденных стандартах.

Действующим квалификационным экзаменом на рынке труда является Независимая оценка квалификации, проводимая Национальным агентством развития квалификации, РФ. Экзамен проходит в реальной обстановке соответствующей рабочему месту специалиста, в организации и приеме такой оценки вузы не участвуют. В практической части экзамена используются задачи из реальной практики предприятий, с предоставлением подробного описания постановки и необходимых вспомогательных материалов. Основной особенностью

оценки квалификации является ссылка на конкретные трудовые функции, описанные в ПС отрасли ИТ, и с которыми связаны предлагаемые задачи.

В Казахстане ситуация отличается тем, что не существует государственных стандартов специальностей, утверждается только общий стандарт высшего образования и основные рамки учебных планов. В этой ситуации установление сопряжения между требованиями ПС и содержанием дисциплин ОП становится не простой задачей. Можно определить общие подходы к проблеме, конкретное решение может отличаться в зависимости от содержания ОП, которое определяется вузами самостоятельно. В настоящее время соответствие уровня компетенций выпускников квалификационным требованиям частично решаются ИА и другими видами внутреннего оценивания. Это связано с тем, что по итогам завершения обучения по программам бакалавриата присваивается только академическая степень, уровень профессиональной квалификации не оценивается.

С 2023 года в Казахстане действует Закон «О профессиональных квалификациях», нормами которого вводится система подтверждения квалификациям. В настоящее время подтверждение квалификации требуется только от выпускников бакалавриата программ направления подготовки «Образование». Тем не менее, разработка и внедрение системы подготовки к подтверждению квалификации выпускников направления подготовки ИКТ становится актуальной задачей. Такая система может быть в форме добровольного участия выпускников во внутренней оценке уровня своей профессиональной компетентности. В этой ситуации основная научно-методическая проблема будет заключаться в разработке ситуационных и кейс-заданий для оценки готовности выпускников к выполнению трудовых функций.

Что касается типов заданий для оценки знаний и умений выпускников по требованиям ПС, то их можно выбирать из существующих разных типов, используемых во внутренних и внешних системах оценки. Например, может быть, что во многих случаях основным критерием выбора будет свойство технологичности, т.е. удобность для проведения онлайн-оценки.

### Благодарность

Данное исследование профинансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования РК, грант №АР14871781, проект «Разработка модели оценивания профессиональных компетентностей на стадиях формирования в вузе (На примере образовательных программ направления подготовки ИКТ)».

### Список использованных источников

- [1] *Национальная рамка квалификации* // URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008022>
- [2] Хеннер Е.К. *Профессиональные знания и профессиональные компетенции в высшем образовании* // *Образование и наука*, том 20, №2, 2018. – с. 9-31. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2018-2-9-31>
- [3] Kassymbekova M.A., Sadykova A.K., Akhmetova M.K., Zhyltyrova Zh.T. *Problem of measuring and evaluating competencies in higher professional education* // *Bulletin of Kazakh Ablai Khan University of International relations and World Languages. Series "Pedagogical Sciences"*. Vol. 69, #2, 2023. pp. 28-42. <https://doi.org/10.48371/PEDS.2023.69.2.002>
- [4] Чандра М.Ю., Байкина Е.А. *Стратегии оценивания компетенций студентов в процессе освоения образовательной программы вуза* // *Известия Волгоградского государственного педагогического университета*, №7(130), 2018. – с.10-15. URL: <https://sciup.org/148310741>
- [5] Насейкина Л.Ф. *Методика оценки компетентности будущих ИТ-специалистов* // *Вестник Оренбургского государственного университета*, №1 (176), 2015. – с.60-65. Адрес для скачивания: <http://vestnik.osu.ru/doc/1033/lang/0/num/205>
- [6] C.V.Urra, B.V.Egozcue, S.O.Castro, M.Alvarado. *Adaptation of the Information Competency Assessment Instrument and Its Application to Undergraduate Students of the Universities of Magallanes and*

Playa Ancha // *Journal of Higher Education Theory and Practice* Vol. 22(10) 2022. pp. 61-80.  
<https://doi.org/10.33423/jhetp.v22i10.5426>

[7] Малахова Т.Н. Требования к качеству ситуационных заданий для аттестации специалистов здравоохранения // *Педагогические измерения*, №1, 2020. – С.16-22. Адрес для скачивания: [https://doc.fipi.ru/zhurnal-fipi/pi-2020-01\\_web.pdf](https://doc.fipi.ru/zhurnal-fipi/pi-2020-01_web.pdf)

[8] Абдиев К.С., Жасандыкызы М., Примбетова Г.С. Проблемы использования требований профессиональных стандартов отрасли ИТ в образовательных программах университетов. *Вестник КазНПУ им. Абая, Серия «Физико-математические науки»*, 84(4), с. 192-206. DOI: 10.51889/2959-5894.2023.84.4.019 URL: <https://bulletin-phmath.kaznpu.kz/index.php/ped/article/view/1668>

[9] Кунакова К.У, Примбетова Г.С. Новые подходы к оценке готовности социальных педагогов к профессиональной деятельности // *Педагогические измерения*, №3, 2023. – С.92-103. Адрес для скачивания: <https://doc.fipi.ru/zhurnal-fipi/PI-2023-03.pdf>

[10] В.П.Беспалько. *Программированное обучение (дидактические основы)*, М., Издательство «Высшая школа», 1970, 298 с.

[11] Л.Крокер, Дж.Алгина. *Введение в классическую и современную теорию тестов: учебник*. – М.: Логос, 2010. – 668 с.

[12] В.С.Аванесов. *Форма тестовых заданий*. - М.: Центр тестирования, 2005. – 155 с.

[13] Кошмаганбетова Г.К., Жамалиева Л.М., Кашкинбаева А.Р., Дильмагамбетова Г.С. Оценка качества тестовых заданий MCQ по показателям сложности и дискриминативности: поперечное исследование // *West Kazakhstan Medical Journal/ Vol. 62, #3. pp. 146-151, 2020. Адрес для скачивания: https://zkmu.edu.kz/wp-content/uploads/2024/06/WKMJournal-3.62.pdf*

#### References:

[1] Nacional'naja ramka kvalifikacii [National qualification framework] // URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008022> (In Russian)

[2] Henner, E.K. (2018) Professional'nye znaniya i professional'nye kompetencii v vysshem obrazovanii [Professional knowledge and professional competencies in higher education] // *Education and Science*, Vol. 20, No. 2. - pp. 9-31. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2018-2-9-31>. (In Russian)

[3] Kassymbekova, M.A., Sadykova, A.K., Akhmetova, M.K., Zhylytyrova, Zh.T. (2023) Problem of measuring and evaluating competencies in higher professional education // *Bulletin of Kazakh Ablai Khan University of International relations and World Languages. Series "Pedagogical Sciences"*. Vol. 69, #2. pp. 28-42. <https://doi.org/10.48371/PEDS.2023.69.2.002>

[4] Chandra, M.Ju., Bajkina, E.A. (2018) Strategii ocenivaniya kompetencij studentov v processe osvoeniya obrazovatel'noj programmy vuza [Strategies for assessing students' competencies in the process of mastering the educational program of the university] // *Bulletin of the Volgograd State Pedagogical University*, No. 7 (130). - pp. 10-15. URL: <https://sciup.org/148310741> (In Russian)

[5] Nasejkina, L.F. (2015) Metodika ocenki kompetentnosti budushhih IT-specialistov [Methodology for assessing the competence of future IT specialists] // *Bulletin of the Orenburg State University*, No. 1 (176). - pp. 60-65. (In Russian). Download address: <http://vestnik.osu.ru/doc/1033/lang/0/num/205> (In Russian)

[6] Urra, C.V., Egozcue, B.V., Castro, S.O., Alvarado, M. (2022). Adaptation of the Information Competency Assessment Instrument and Its Application to Undergraduate Students of the Universities of Magallanes and Playa Ancha // *Journal of Higher Education Theory and Practice* Vol. 22(10). pp. 61-80. <https://doi.org/10.33423/jhetp.v22i10.5426>

[7] Malahova, T.N. (2020) Trebovaniya k kachestvu situacionnyh zadaniy dlja attestacii specialistov zdavoohraneniya [Requirements for the quality of situational tasks for certification of healthcare specialists] // *Pedagogical measurements*, No.1. – P.16-22. Download address: [https://doc.fipi.ru/zhurnal-fipi/pi-2020-01\\_web.pdf](https://doc.fipi.ru/zhurnal-fipi/pi-2020-01_web.pdf) (In Russian)

[8] Abdiyev, K.S., Zhassandykyzy, M., Primbetova, G.S. (2023) Problemy ispol'zovaniya trebovanij professional'nyh standartov otrasli IT v obrazovatel'nyh programmah universitetov [Problems of using the requirements of professional standards of the IT industry in university educational programs] // *Bulletin of KazNPU named after Abay, Series "Physical and Mathematical Sciences"*, 84(4), p.p. 192-206. DOI: 10.51889/2959-5894.2023.84.4.019 URL: <https://bulletin-phmath.kaznpu.kz/index.php/ped/article/view/1668> (In Russian)

[9] Kunakova, K.U, Primbetova, G.S. (2023) *Novye podhody k ocenke gotovnosti social'nyh pedagogov k professional'noj dejatel'nosti* [New approaches to assessing the readiness of social educators for professional activities] // *Pedagogical measurements*, No. 3. - pp. 92-103. Download address: <https://doc.fipi.ru/zhurnal-fipi/PI-2023-03.pdf> (In Russian)

[10] Bepalko, V.P (1970) *Programmirovannoe obuchenie (didakticheskie osnovy)* [Programmed learning (didactic foundations)], M., Izdatel'stvo «Vysshaja shkola», 1970, 298 p. (In Russian)

[11] Kroker, L., Algina, Dzh. (2010) *Vvedenie v klassicheskuyu i sovremennuju teoriju testov: uchebnik* [Introduction to classical and modern test theory: textbook]. - M.: Logos, 2010. - 668 p. (In Russian)

[12] Avanesov, V.S. (2005) *Forma testovyh zadaniy* [Form of test tasks] – M: Centr testirovaniya, 2005. – 155 p. (In Russian)

[13] Koshmaganbetova, G.K., Zhamaliev, L.M., Kashkinbaeva, A.R., Dil'magambetova, G.S. (2020) *Ocenka kachestva testovyh zadaniy MCQ po pokazateljam slozhnosti i diskriminativnosti: poperechnoe issledovanie* [Assessment of the quality of MCQ test items by complexity and discriminability indicators: a cross-sectional study] // *West Kazakhstan Medical Journal*/ Vol. 62, #3. pp. 146-151. Download address: <https://zkmu.edu.kz/wp-content/uploads/2024/06/WKMJournal-3.62.pdf> (In Russian)

Г.А. Абдулкаримова <sup>1\*</sup>, Д.Н. Исабаева , А.Б. Аканова

<sup>1</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Алматы Менеджмент Университет, г. Алматы, Казахстан

\*e-mail: [abdulka@mail.ru](mailto:abdulka@mail.ru)

## РАЗРАБОТКА КРИТЕРИАЛЬНО-ОЦЕНОЧНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА УЧЕБНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ШКОЛЬНИКОВ ПО ИНФОРМАТИКЕ

### Аннотация

Исследование посвящено разработке критериально-оценочного комплекса для мониторинга учебных достижений учащихся по информатике. Цель исследования – создание программной реализации эффективной системы мониторинга, которая позволит повысить качество образовательного процесса и удовлетворенность как учащихся, так и педагогов. В рамках исследования были поставлены задачи: анализ существующих методов оценки учебных достижений; разработка архитектуры критериально-оценочного комплекса, включающего автоматизированные механизмы оценки; проведение эмпирического исследования для валидации разработанного комплекса и его влияния на успеваемость учащихся. Методология исследования включает в себя как теоретический анализ, использовались методы опроса и анализа данных для оценки эффективности внедрения системы, а также для получения обратной связи от учителей и учащихся. Значимость данного исследования заключается в разработке инновационного подхода к оцениванию учебных достижений, который может быть адаптирован и применен в различных образовательных учреждениях. Результаты исследования могут послужить основой для дальнейших исследований в области образовательных технологий и оценки качества образования.

**Ключевые слова:** критериально-оценочный комплекс, оценивание учебных достижений школьников, мониторинг учебных достижений учащихся, мониторинг успеваемости.

Г.А. Абдулкаримова <sup>1</sup>, Д.Н. Исабаева <sup>2</sup>, А.Б. Аканова <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Алматы Менеджмент Университеті, Алматы қ., Қазақстан

## ИНФОРМАТИКА БОЙЫНША ОҚУШЫЛАРДЫҢ ОҚУ ЖЕТІСТІКТЕРІН МОНИТОРИНГІЛЕУ ҮШІН КРИТЕРИАЛДЫ-БАҒАЛАУ КЕШЕНІН ӘЗІРЛЕУ

### Аңдатпа

Бұл зерттеу білім алушылардың информатика саласындағы оқу жетістіктеріне мониторинг жүргізу үшін критериалды-бағалау кешенін әзірлеуге арналған. Зерттеудің мақсаты - білім беру процесінің сапасын және оқушылардың да, мұғалімдердің де қанағаттануын арттыруға мүмкіндік беретін тиімді мониторинг жүйесін енгізу бағдарламасын құру болып табылады. Зерттеу шеңберінде мынадай міндеттер қойылды: оқу жетістіктерін бағалаудың қолданыстағы әдістерін талдау; бағалаудың автоматтандырылған тетіктерін қамтитын критериалды-бағалау кешенінің архитектурасын әзірлеу; әзірленген кешенді және оның оқушылардың үлгеріміне әсерін тексеру үшін эмпирикалық зерттеу жүргізу. Зерттеу әдіснамасы теориялық талдауды да қамтиды, жүйені енгізу тиімділігін бағалау үшін, сондай-ақ мұғалімдер мен оқушылардан кері байланыс алу үшін деректерді зерттеу және талдау әдістері қолданылды. Бұл зерттеудің маңызы оқу жетістіктерін бағалаудың инновациялық тәсілін әзірлеуде жатыр, оны әртүрлі оқу орындарында бейімдеуге және қолдануға болады. Зерттеу нәтижелері білім беру технологиялары саласындағы одан арғы зерттеулерге және білім беру сапасын бағалауға негіз бола алады.

**Түйін сөздер:** критериалды-бағалау кешені, оқушылардың оқу жетістіктерін бағалау, оқушылардың оқу жетістіктерін мониторингілеу, үлгерім мониторингі.

G.A. Abdulkarimova<sup>1</sup>, D.N. Issabayeva<sup>2</sup>, A.B. Akanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Almaty Management University, г. Алматы, Казахстан

## DEVELOPMENT OF A CRITERION-ASSESSMENT COMPLEX FOR MONITORING THE EDUCATIONAL ACHIEVEMENTS OF SCHOOLCHILDREN IN COMPUTER SCIENCE

### *Abstract*

The research is devoted to the development of a criteria-based assessment complex for monitoring students' academic achievements in computer science. The purpose of the study is to create a program implementation of an effective monitoring system that will improve the quality of the educational process and satisfaction of both students and teachers. Within the framework of the study, the following tasks were set: analysis of existing methods for evaluating educational achievements; development of the architecture of a criteria-based assessment complex, including automated assessment mechanisms; conducting an empirical study to validate the developed complex and its impact on student academic performance. The research methodology includes both theoretical analysis, survey and data analysis methods used to assess the effectiveness of the system implementation, as well as to receive feedback from teachers and students. The significance of this research lies in the development of an innovative approach to the assessment of educational achievements, which can be adapted and applied in various educational institutions. The results of the study can serve as a basis for further research in the field of educational technologies and assessment of the quality of education.

**Keywords:** criteria-assessment complex, assessment of educational achievements of schoolchildren, monitoring of educational achievements of students, monitoring of academic performance.

### **Основные положения**

В статье описывается разработка автоматизированной системы для проведения мониторинга учебных достижений школьников учителями информатики. Система представляет собой веб-приложение, и имеет трехуровневую архитектуру. Результаты исследования показали, что внедрение данного критериально-оценочного комплекса, который обеспечивает объективность и прозрачность процесса оценивания положительно сказалось на успеваемости учащихся и повысило удовлетворенность педагогов.

### **Введение**

В условиях развития цифровых технологий возрастает потребность в объективной и всесторонней оценке знаний и умений учащихся в области информатики. Традиционные методы контроля и оценивания не в полной мере отражают реальные достижения школьников. Поэтому актуальной задачей становится разработка новых инструментов оценивания результатов обучения, позволяющих точнее определять уровень усвоения учащимися учебного материала, тем самым способствуя повышению качества образовательного процесса по информатике.

В рамках исследования был изучен опыт и методы оценивания учебных достижений по информатике, а также выявлены недостатки существующих подходов, которые не всегда учитывают индивидуальные особенности учащихся и их потребности. Целью исследования стало создание критериально-оценочного комплекса по информатике, который бы соответствовал современным требованиям и способствовал улучшению качества образования. Комплекс должен содержать изменяемую систему критериев и показателей, для оценивания как теоретических знаний, так и практических умений.

В ходе работы были проверены несколько гипотез, включая предположение о том, что внедрение комплекса, как автоматизированной системы повысит объективность и точность оценивания, а также улучшит успеваемость учащихся. Кроме того, исследование направлено на оценку влияния нового комплекса на удовлетворенность педагогов. Результаты исследования подтвердили выдвинутые гипотезы и продемонстрировали значимость разработанного подхода для образовательной практики.

### **Методология исследования**

Исследование было проведено в течение 2022-2023 годов в нескольких образовательных учреждениях, включая школы и колледжи. Основной акцент был сделан на анализе опыта существующих методов оценивания и внедрении нового критериально-оценочного комплекса. В исследовании участвовали учителя информатики трех разных образовательных учреждений, что позволило получить разносторонние данные о восприятии и эффективности нового подхода. Выборка включала 15 учителей с различным опытом работы, что обеспечило репрезентативность результатов. Для сбора данных использовались различные методы, включая анкетирование, интервью и анализ учебных достижений до и после внедрения нового комплекса. Анкеты содержали вопросы о восприятии объективности оценивания, удовлетворенности процессом обучения и уровне успеваемости. Также проводился анализ взаимодействия пользователей с веб-приложением, что позволило оценить его функциональность и удобство. Таким образом, методология исследования сочетала как качественные, так и количественные подходы, что обеспечило комплексный анализ и достоверность полученных результатов.

### **Результаты исследования**

#### *Обзор литературы*

Анализ литературы по использованию термина «учебные достижения учащихся»: показывает несколько ключевых аспектов:

– учебные достижения учащихся определяются часто как уровень знаний, умений и навыков, которые они приобретают в процессе обучения. Этот термин охватывает и академические успехи, и развитие качеств личности, таких как критическое мышление, способность к самообучению и пр. и указывает как «измеримые результаты их образовательных усилий» [1, с. 26];

– подчеркивается важность использования различных методов оценки для измерения учебных достижений, это относится как к традиционным тестам и экзаменам, так и альтернативным формам оценивания, таким как проекты, портфолио, самооценивание;

– указывается на влияние множества факторов на учебные достижения, в том числе качество преподавания, мотивацию учащихся, поддержку родителей и качественные образовательные ресурсы;

– использование современных технологий, таких как цифровые образовательные среды, онлайн-платформы, веб-приложения играет важную роль в мониторинге оценивания учебных достижений, позволяя собирать, анализировать данные в реальном времени, способствуя эффективному обучению и адаптации образовательных стратегий.

Обзор литературы также указывает на существующие проблемы в оценивании учебных достижений, таких как субъективность оценок, недостаток стандартизации и влияние внешних факторов. Это подчеркивает необходимость разработки более надежных объективных систем оценивания. В дискуссиях, связанных с образовательными достижениями в обучении широко распространены термины «подготовленность», «компетентность» и «качество знаний». Подготовленность отражает степень готовности ученика к активному и эффективному участию в учебном процессе, а также его способностью применять имеющиеся знания на практике, в новых для себя условиях. Компетентность представляет собой широкий спектр знаний и умений [2, с. 19]. Компетентность связана с конкретными предметными областями, такими как информатика, где учащиеся должны продемонстрировать также и практические навыки для решения реальных задач. Качество знаний используется для описания глубины и полноты усвоенных знаний. и определяется не только объемом усвоенной информации, но и глубиной понимания, умением применять знания при решении задач, а также способностью к анализу, синтезу и критическому мышлению.

Современная образовательная система требует перехода от количественной оценки знаний к качественной. Термин «результативность» более точно отражает этот подход, при котором

внимание акцентируется на достижении образовательных результатов, развитии компетенций и готовности к дальнейшему обучению [3, с. 296].

В методической литературе традиционные методы контроля и оценивание на основе критериев, интегрированные с таксономией Блума, представляют собой два подхода, которые могут эффективно использоваться для диагностики учебных достижений учащихся по информатике. Они обеспечивают как объективность и прозрачность оценивания, так и возможность глубокого анализа и понимания учебного процесса, что в конечном итоге способствует повышению качества образования. Педагоги, учитывая различные методы оценивания, могут разрабатывать эффективные методики преподавания информатики, которые способствуют более глубокому пониманию учебного материала, развитию критического мышления и практических навыков у учащихся. Педагоги указывают на важность понимания, что реальная цель оценивания заключается в получении качественных знаний, а не только в усвоении материала [4, с. 300]. В современном быстро развивающемся мире, где информация постоянно меняется и в сфере информационных технологий регулярно возникают новые вызовы, способность приобретать и применять высококачественные знания имеет важное значение. Поэтому оценивание при обучении информатике должно служить средством оценки не только способности учащихся запоминать информацию, но и их понимания, применения и обобщения знаний.

Одним из ключевых инструментов является мониторинг учебных достижений [5, с. 64]. Его основная цель заключается в выявлении тенденций, проблем и возможностей для улучшения качества обучения. Значимость мониторинга заключается в его аналитической функции. Объективные данные, полученные в результате мониторинга, служат основой для анализа эффективности образовательных программ и помогают принимать обоснованные решения о необходимости корректировок в учебных планах и методах преподавания. В работе Н. Ю. Корнеева, Д. Н. Корнеев «мониторинговое исследование в сфере образования – это не просто пассивное наблюдение или фиксация результатов; это сложная аналитическая процедура, предназначенная для глубокого изучения динамики образовательных процессов» [6, с. 8]. Мониторинг служит для принятия управленческих решений, позволяя диагностировать проблемы и разрабатывать меры для их устранения [7, с. 114].

Таким образом, мониторинг учебных достижений – это систематический процесс сбора, анализа и интерпретации данных об успеваемости учащихся.

Основные этапы мониторинга:

1. Сбор данных, использование различных методов (тесты, анкеты, наблюдения) для получения количественной и качественной информации об успеваемости.
2. Анализ данных, применение статистических методов для выявления закономерностей и трендов в данных.
3. Интерпретация результатов, оценка значимости результатов и формулирование выводов.
4. Разработка рекомендаций, создание плана действий для улучшения качества образования на основе полученных результатов.

*Критериально-оценочный комплекс, как автоматизированная система*

Комплекс для мониторинга учебных достижений был создан в виде веб-приложения. Архитектурная модель включает в себя три ключевых компонента: клиент, сервер приложений (к которому подключается клиентское программное обеспечение) и сервер базы данных (взаимодействующий с сервером приложений) [8, с. 47]. Модульная архитектура автоматизированной системы, включающая клиентский компонент, серверную часть обеспечивает хранение и обработку данных, а также удобный интерфейс для пользователя. Такое решение позволяет масштабировать систему и адаптировать ее к изменениям, тем самым обеспечивая точность оценки учебных достижений школьников.

Разбиение системы на специализированные сервисы упрощает процесс разработки, тестирования и развертывания, что ускоряет время выхода на рынок и снижает риски, связанные с изменениями. Пользовательский интерфейс, включающий элементы GUI, такие



как формы и кнопки, позволяют учителям создавать оценки и просматривать результаты. Прикладной уровень (API) содержит бизнес-логику, обрабатывает запросы пользователей и координирует взаимодействие между компонентами, включая операции выбора критериев и записи комментариев. Уровень доступа к данным управляет хранением и извлечением данных, взаимодействуя с СУБД для выполнения операций CRUD, храня информацию, связанную с оценками. Остановившись на архитектуре микросервисов, следует отметить, что так как система разделена на набор независимо развертываемых служб, каждая из которых отвечает за определенные функциональные возможности, эти службы взаимодействуют друг с другом с помощью упрощенных протоколов, таких как HTTP или очереди обмена сообщениями.

Благодаря возможности независимого развертывания каждого микросервиса, упрощается процесс обслуживания и обновления системы, что существенно сокращает время простоя и минимизирует риски. Гибкость микросервисной архитектуры позволяет использовать различные технологии и языки программирования для оптимизации производительности отдельных компонентов системы. На рисунке 1 представлена реализация такого подхода.

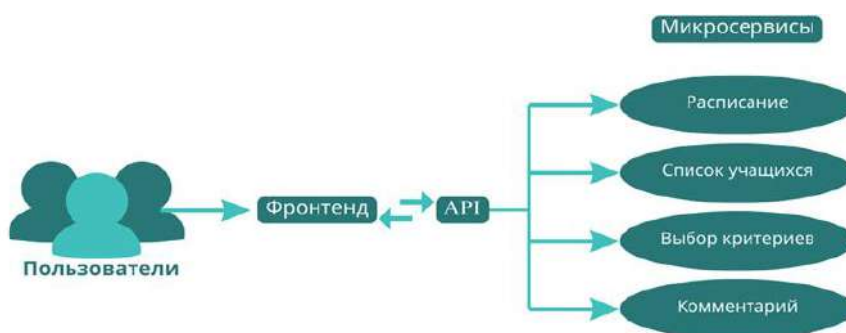


Рисунок 1. Микросервисная архитектура автоматизированной системы

Информационные системы в образовании могут использоваться для получения, обработки и распространения информации, поддержки повседневной оперативной деятельности и принятия стратегических решений для улучшения процесса обучения [9]. Для обеспечения эффективного образовательного процесса важно предоставить педагогам объективную информацию об успеваемости учащихся [10]. Разработанный веб-сайт позволяет автоматизировать процесс сбора и анализа данных, предоставляя педагогам удобный инструмент для принятия обоснованных решений. Гибкость веб-технологий позволяет адаптировать систему к различным образовательным стандартам и потребностям, а веб-интерфейс обеспечивает удобный доступ к системе с любого устройства.

Этапы разработки можно разделить на несколько ключевых фаз, каждая из которых играет важную роль в создании эффективной системы.

На первом этапе проводится исследование потребностей пользователей, включая учителей и учащихся, а также определяются цели и задачи, которые должен решать комплекс. Важно собрать информацию о существующих методах оценивания и мониторинга, а также выявить недостатки существующих систем.

Второй этап включает проектирование архитектуры комплекса, разрабатывается трехуровневая архитектура, которая включает клиентский интерфейс, сервер приложений и сервер базы данных. Это позволяет обеспечить надежное взаимодействие между компонентами системы и гарантирует масштабируемость и гибкость в дальнейшем развитии.

Третий этап – моделирование базы данных, создается структура базы данных, которая будет использоваться для хранения информации о критериях оценки, отметках и пользовательских данных. Важно, чтобы база данных была оптимизирована для быстрого доступа и обработки информации.

Четвертый этап – разработка пользовательского интерфейса, создается удобный и интуитивно понятный интерфейс, который позволит пользователям легко взаимодействовать

с системой. Уделяется внимание дизайну и функциональности, чтобы обеспечить комфортное использование комплекса.

Пятый этап – реализация функционала, происходит программирование всех необходимых функций, включая механизмы автоматического подсчета баллов, генерацию отчетов и предоставление обратной связи.

Шестой этап – тестирование, проводится проверка работоспособности комплекса, выявление и устранение ошибок. Тестирование включает как функциональные, так и нагрузочные испытания, чтобы убедиться, что система может справляться с ожидаемыми объемами данных и пользователей.

Седьмой этап – внедрение и обучение пользователей. Проводится обучение учителей и учащихся, чтобы они могли эффективно использовать систему и извлекать из нее максимальную пользу.

Восьмой этап – мониторинг и поддержка, адаптация системы к изменяющимся требованиям и обеспечение ее актуальности и эффективности в долгосрочной перспективе.

Таким образом, критериально-оценочный комплекс для мониторинга учебных достижений представляет собой интегрированную систему, разработанную для оценки и анализа успеваемости учащихся в образовательных учреждениях, в частности в области информатики. Этот комплекс включает в себя несколько ключевых компонентов и функций, которые обеспечивают его эффективность и полезность.

После авторизации на платформе (рисунок 2) учитель получает доступ к личному кабинету. Здесь он может просмотреть расписание, выбрать класс и оценить работу учащихся. Система позволяет отмечать присутствие, выполнять домашнее задание, выбирать критерии оценки и оставлять комментарии (рисунки 3-5).

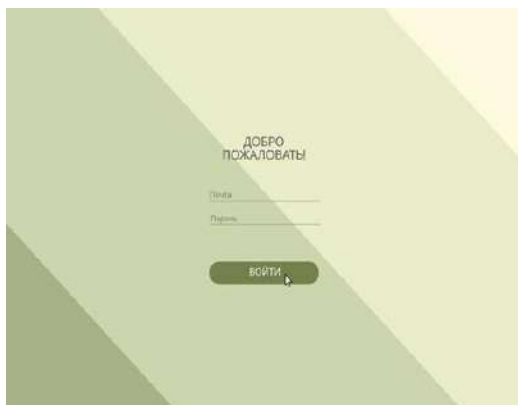


Рисунок 2. Первая страница веб-приложения



Рисунок-3. Расписание

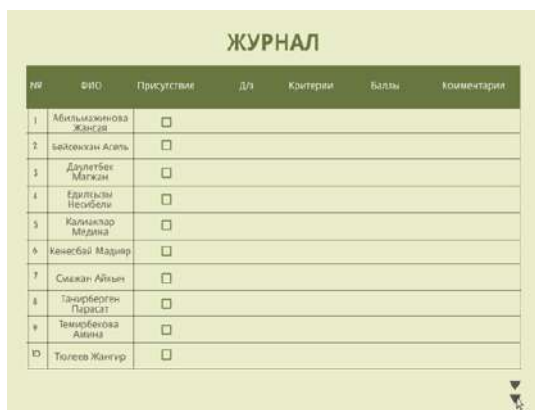


Рисунок 4. Отображение списка учащихся

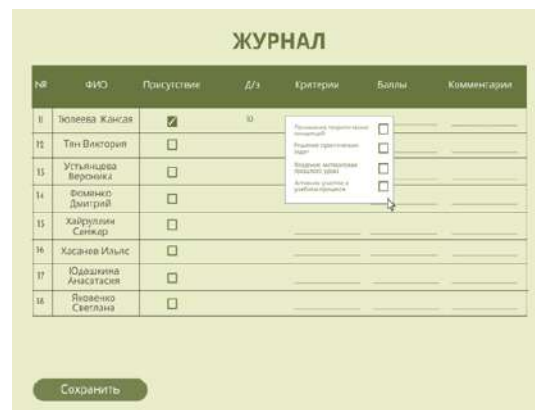


Рисунок 5. Отображение критериев оценивания за урок

Система автоматической оценки, основанная на определенных критериях, обеспечивает объективность и прозрачность процесса оценивания. Благодаря алгоритмическим вычислениям, результаты оценки становятся более точными, а процесс – более эффективным. Индивидуальная обратная связь, предоставляемая системой, позволяет учащимся отслеживать свой прогресс и повышает их мотивацию. Гибкость системы позволяет адаптировать процесс оценки к различным учебным программам и целям.

*Оценка качества или эффективности веб-приложения*

Экспериментальная проверка комплекса была проведена на уроках информатики в 10-х классах по учебнику «Информатика» авторов Исабаевой и др., издательство Атамұра. Учащиеся выполняли проект в конструкторе Wix используя мультимедийные элементы, и презентовали их [11, с. 116]. Проект включал как техническую реализацию, так и соблюдение принципов веб-дизайна с последующей защитой продукта. Были определены критерии и дескрипторы оценивания работ учащихся в соответствии с таблицей 8.

Таблица 1. Критерии и дескрипторы к занятию

Критерии	Дескрипторы
Понимание теоретических концепций	<p><i>Не достиг:</i> демонстрирует ограниченное понимание теоретических концепций, допуская ошибки при использовании принципов веб дизайна.</p> <p><i>Стремится:</i> показывает базовое понимание теоретических концепций, допуская редкие ошибки в применении принципов веб-дизайна и технологий.</p> <p><i>Достиг:</i> демонстрирует глубокое и точное понимание теоретических основ веб-дизайна, применяет их без ошибок.</p>
Решение практических задач	<p><i>Не достиг:</i> испытывает трудности применения знаний к практическим задачам, часто не может выбрать правильные стратегии или решения для реализации проекта.</p> <p><i>Стремится:</i> демонстрирует уверенные навыки в решении практических задач, применяя теоретические знания, но иногда допускает ошибки в анализе и реализации.</p> <p><i>Достиг:</i> успешно демонстрирует высокую квалификацию в решении практических задач, последовательно предлагая точные решения и следуя правильной методологии</p>
Активное участие в учебном процессе	<p><i>Не достиг:</i> минимально вовлечен в учебный процесс, редко участвует в обсуждении.</p> <p><i>Стремится:</i> демонстрирует средний уровень вовлеченности, периодически вносит вклад в занятие и дискуссии.</p> <p><i>Достиг:</i> проявляет активное участие, регулярно вносит свои идеи в рамках обсуждения и учебных мероприятий.</p>

Для каждого критерия разработаны дескрипторы, обеспечивающие ясность и точность, облегчающие объективную оценку учителем. Они позволяют определить конкретные области, в которых учащиеся могут столкнуться с трудностями, и обеспечить конструктивную обратную связь как с учащимися, так и с родителями.

В казахстанских школах для оценки прогресса учащихся в достижении образовательных целей широко используются дескрипторы «не достиг», «стремится» и «достиг». Эти дескрипторы служат четким руководством для учителей и учащихся, способствуя структурному подходу к обучению и развитию [12, с. 16].

Для оценки эффективности критериально-оценочного комплекса взаимодействие с веб-приложением осуществлялось учителями трех разных образовательных учреждений.

Использование учителями комплекса включало в себя авторизацию, выбор класса, учет присутствующих, выбор дескрипторов для установленных критериев и запись комментариев.

По завершению, проведено анкетирование учителей. Анкета включала не только стандартные вопросы с вариантами ответов, но также утверждения, касающиеся удобства работы с приложением и объективности результатов, рассчитываемых системой.

В исследовании применялась пятибалльная шкала Лайкерта для измерения отношения респондентов к исследуемым вопросам. Шкала Лайкерта позволяет перевести качественные данные в количественные, что облегчает статистический анализ и выявление закономерностей. Гибкость шкалы позволяет адаптировать опросник под различные исследовательские задачи.

Таблица 2. Утверждения, приведенные в анкетировании для учителей

Вопрос	Варианты ответов
Насколько эффективным вы считаете Комплекс для мониторинга учебных достижений?	a) совсем неэффективен; b) неэффективен; c) нейтрально; d) эффективен; e) высокоэффективен.
Комплекс объективно отражает результаты обучения?	a) категорически не согласен; b) не согласен; c) затрудняюсь ответить; d) согласен; e) полностью согласен.
Какие аспекты Комплекса вы считаете наиболее ценными? (несколько вариантов ответов).	a) критерии оценки; b) обратная связь в виде комментариев; c) автоматизированный подсчет баллов; d) балльно-рейтинговая система.
В какой степени критериально-оценочный комплекс способствует вовлечению и мотивации учащихся?	a) значительно снижает; b) снижает; c) оказывает нейтральное влияние; d) умеренно повышает; e) значительно повышает.
5. Были ли трудности в освоении работы с критериально-оценочным комплексом?	a) да. b) нет.
6. Напишите свои рекомендации и предложения для повышения качества Комплекса	

Вопросы анкеты позволяют выявить как положительные, так и отрицательные аспекты комплекса (рис. 6 - 9).

Насколько эффективным вы считаете Комплекс для мониторинга учебных достижений?  
Верных ответов: 0 из 15

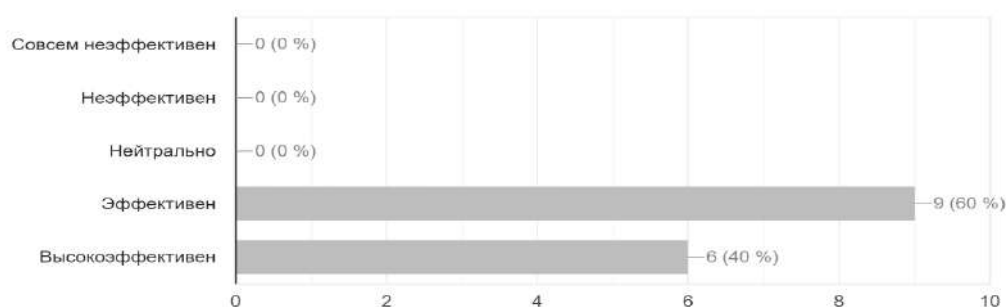


Рисунок 6. Диаграмма ответов на первый вопрос

Полученные результаты демонстрируют, что большинство учителей считают комплекс эффективным инструментом, однако также выявляются отдельные проблемы и предложения по улучшению.

Рисунок 7 иллюстрирует, что большинство учителей придерживаются положительного мнения о Комплексе.

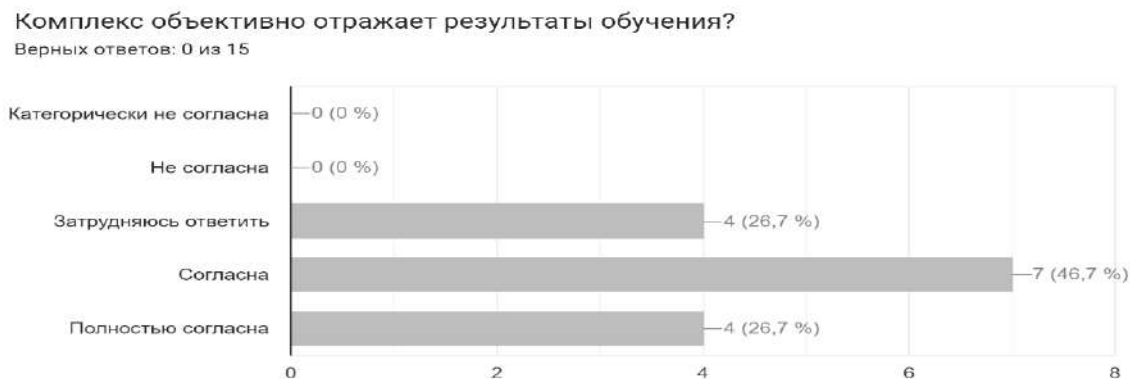


Рисунок 7. Диаграмма по вопросу об объективности оценки

Из 15 опрошенных учителей, 11 считают, что критерии оценки точно отражают результаты обучения. Еще 4 респондента полностью согласны с этим утверждением.

Таким образом, большинство педагогов положительно оценивают объективность критериев. Тем не менее, 4 учителя затруднились дать однозначный ответ. Анализ ответа на вопрос о важных аспектах критериев оценки (рис. 8) позволяет глубже понять, что именно ценят учителя в процессе оценивания.

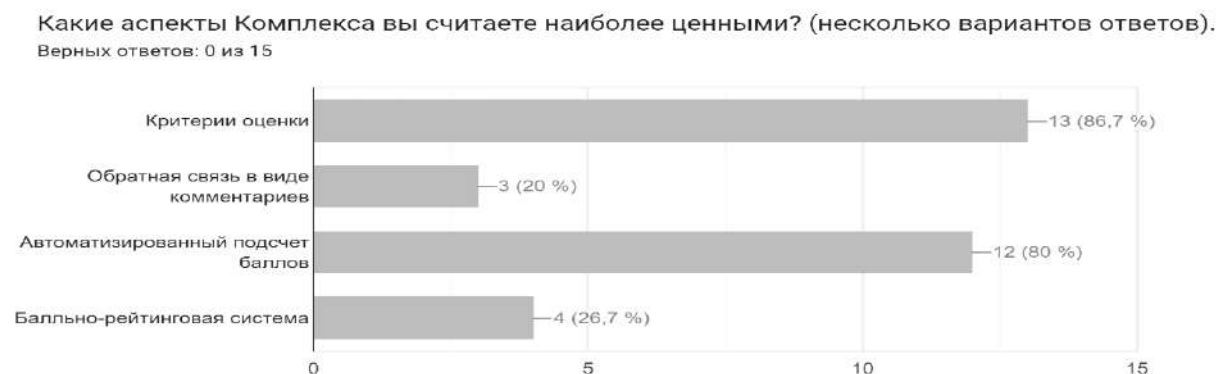


Рисунок 8. Диаграмма по вопросу о ценных аспектах комплекса

Наиболее ценными аспектами комплекса респонденты назвали четкие критерии оценки (13 из 15) и автоматизированный подсчет баллов (12 из 15). Это свидетельствует о важности прозрачности и эффективности в оценивании. Менее значимыми оказались обратная связь и балльно-рейтинговая система. Комплекс также показал положительное влияние на мотивацию учащихся (8 из 15).

Анализ результатов показал, что интерфейс системы оценки оказался интуитивно понятным для всех учителей. Предложения по улучшению сосредоточены на расширении функционала: увеличении числа критериев, возможности загрузки файлов и улучшении обратной связи. Это позволит сделать процесс оценивания более детализированным и прозрачным.

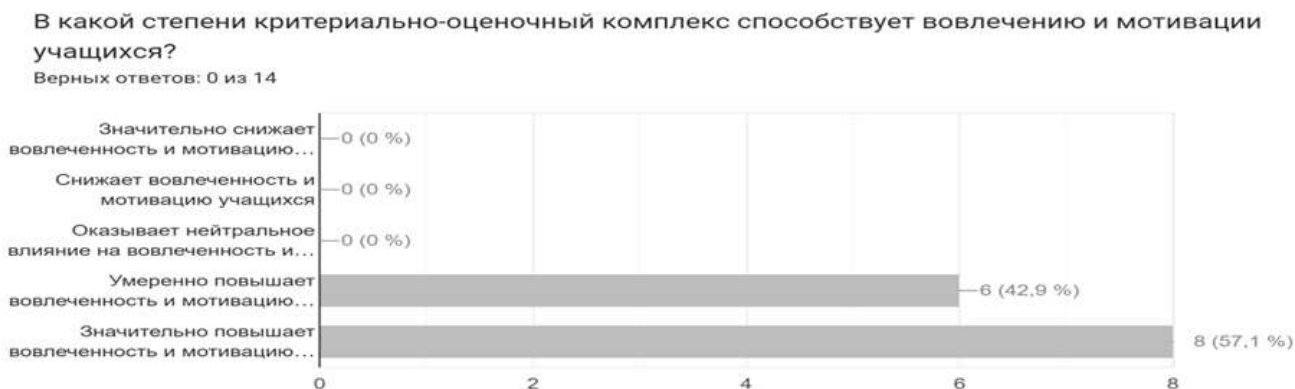


Рисунок 9. Диаграмма по вопросу о вкладе Комплекса в вовлечение и мотивацию учащихся

Положительная оценка автоматизированного подсчета баллов подчеркивает важность снижения административной нагрузки. Исследование подтвердило эффективность системы: повысилась объективность оценивания, улучшилась успеваемость учащихся, а учителя выразили удовлетворенность.

### Дискуссия

Результаты исследования подчеркивают важность внедрения критериально-оценочного комплекса в образовательный процесс. Положительное восприятие со стороны учителей и улучшение успеваемости учащихся свидетельствуют о том, что такой подход может стать эффективным инструментом для повышения качества образования.

Это имеет значение, поскольку объективное и прозрачное оценивание способствует не только более точному отражению знаний учащихся, но и формированию доверия к системе образования. Сравнение с другими исследованиями показывает, что многие ученые также подчеркивают важность критериального подхода в оценивании.

Например, исследования, проведенные в других странах, указывают на то, что использование четких критериев оценки способствует повышению мотивации учащихся и их вовлеченности в учебный процесс. Это согласуется с нашими результатами, где большинство учителей отметили, что новый комплекс значительно повысил вовлеченность и мотивацию учащихся.

Таким образом, результаты нашего исследования не только подтверждают эффективность критериально-оценочного подхода, но и открывают новые направления для дальнейших исследований в области образования.

### Заключение

В ходе исследования было установлено, что внедрение критериально-оценочного комплекса в образовательный процесс значительно улучшает качество оценивания и способствует повышению успеваемости учащихся. Учителя отметили, что использование четких и объективных критериев оценки создает атмосферу сотрудничества и поддержки, что, в свою очередь, положительно сказывается на мотивации и вовлеченности студентов.

В целом, критериально-оценочный комплекс представляет собой инструмент для повышения качества образования, который может значительно улучшить как учебный процесс, так и результаты учащихся.

Список использованных источников

- [1] Коришунова О. В., Ракипова М. Ш. Оценивание образовательных достижений студентов вузов в контексте прагматического подхода. // Перспективы науки и образования. – 2020. – № 1 (43). – С. 24-38. <https://doi.org/10.32744/pse.2020.1.2>
- [2] Дворовенко Н. Н. Модель ИКТ-компетентности педагога: методология, структура и содержательные составляющие, критерии оценивания. // Вестник Бурятского государственного университета. Образование. Личность. Общество. – 2021. – № 1. – С. 17-39. <https://doi.org/10.17513/spno.33611>
- [3] Картушина Н.В. Теоретические аспекты оценки эффективности деятельности педагога. Критерии и показатели оценивания. // Образование. Наука. Научные кадры. – 2020. – № 4. – С. 295-298. [doi:10.24411/2073-3305-2020-10261](https://doi.org/10.24411/2073-3305-2020-10261)
- [4] Ceyhun Ozan. Authentic assessment increased academic achievement and attitude towards the educational measurement of prospective teachers. // International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE). – 2019. – Vol. 8, No. 2. – P. 299-312. <http://doi.org/10.11591/ijere.v8i2.18564>
- [5] Черкашина О.В. Основные методы педагогического мониторинга: особенности применения. // Вестник Российского университета кооперации. – 2021. – № 3 (45). – С. 64-68. <https://doi.org/10.52623/2227-4383-3-45-11>
- [6] Корнеева Н.Ю., Корнеев Д.Н. Мониторинг практик онлайн-образования в трансформирующейся образовательной среде среднего профессионального образования. // Челябинск: Изд-во ЗАО «Библиотека А. Миллера», 2021. – 316 с.
- [7] Ахметова К. Общая характеристика мониторинга в образовании. // Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2023. – Vol. 3, No. 1-2. – P. 114-129. <https://www.oriens.uz/journal/oriens-volume-3-issue-1-2/> (дата обращения: 03.10.2024).
- [8] Бексолтанова А.Б., Оспанова Н.Н. Разработка веб-системы для многоуровневой информационной модели контроля учебных достижений обучающихся в ВУЗе. // Наука и техника Казахстана. – 2020. – № 3. – С. 46-53. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-veb-sistemy-dlya-mnogourovnevoy-informatsionnoy-modeli-kontrolya-uchebnyh-dostizheniy-obuchayuschih-sya-v-vuze> (дата обращения: 03.10.2024).
- [9] R. Ramadhani et al. Evaluation of student academic performance using e-learning with the association rules method and the importance of performance analysis. // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Conf. Ser. 1524 012107. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1524/1/012107>
- [10] Нуркаева И.М., Зайцев А.Н., Оглоблин А.А. Информационная система для мониторинга учебных достижений студентов МГППУ. // Моделирование и анализ данных. – 2019. – Т. 9. – № 1. – С. 30–41. [doi:10.17759/mda.2020100112](https://doi.org/10.17759/mda.2020100112)
- [11] Исабаева Д. Н., Абдулкаримова Г. А., Шекербекова Ш. Т., Рахимжанова Л. Б., Курмангалиева Н. А., Бекмолдаева А. М. Учебник для 10 класса общеобразовательной школы общественно-гуманитарного направления. // Алматы: Атамұра, 2019. – 144 с.
- [12] Автономная организация образования «Назарбаев Интеллектуальные школы». Департамент оценки качества образования. Методические рекомендации. Интегрированная модель критериального оценивания. // г. Астана, 2014. – 36 с.

References

- [1] Korshunova O. V., Rakipova M. Sh. (2020) Ocenivanie obrazovatel'nyh dostizhenij studentov vuzov v kontekste pragmaticheskogo podhoda. // Perspektivy nauki i obrazovaniya. № 1 (43), 24-38. (In Russian) <https://doi.org/10.32744/pse.2020.1.2>
- [2] Dvorovenko N. N. (2021) Model' IKT-kompetentnosti pedagoga: metodologija, struktura i sodержatel'nye sostavl'jajushhie, kriterii ocenivaniya. // Vestnik Burjatskogo gosudarstvennogo universiteta. Obrazovanie. Lichnost'. Obshchestvo. № 1, 17-39. (In Russian) <https://doi.org/10.17513/spno.33611>
- [3] Kartushina N.V. (2020) Teoreticheskie aspekty ocenki jeffektivnosti dejatel'nosti pedagoga. Kriterii i pokazateli ocenivaniya. // Obrazovanie. Nauka. Nauchnye kadry. № 4, 295-298. (In Russian) doi:10.24411/2073-3305-2020-10261
- [4] Ceyhun Ozan. Authentic assessment increased academic achievement and attitude towards the educational measurement of prospective teachers. // International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE). – 2019. – Vol. 8, No. 2. – P. 299-312. <http://doi.org/10.11591/ijere.v8i2.18564>

[5] Cherkashina O.V. (2021) *Osnovnye metody pedagogicheskogo monitoringa: osobennosti primeneniya*. // *Vestnik Rossijskogo universiteta kooperacii*. № 3 (45), 64-68. (In Russian) <https://doi.org/10.52623/2227-4383-3-45-11>

[6] Korneeva N.Ju., Korneev D.N. (2021) *Monitoring praktik onlajn-obrazovanija v transformirujushhejsja obrazovatel'noj srede srednego professional'nogo obrazovanija*. // Cheljabinsk: Izd-vo ZAO «Biblioteka A. Millera», 316. (In Russian)

[7] Ahmetova K. (2023) *Obshhaja harakteristika monitoringa v obrazovanii*. // *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*. Vol. 3, No. 1-2, 114-129. (In Russian) <https://www.oriens.uz/journal/oriens-volume-3-issue-1-2/> (data obrashhenija: 03.10.2024).

[8] Beksoltanova A.B., Ospanova N.N. (2020) *Razrabotka veb-sistemy dlja mnogourovnevoj informacionnoj modeli kontrolja uchebnyh dostizhenij obuchajushhihsja v VUZe*. // *Nauka i tehnika Kazahstana*. № 3, 46-53. (In Russian) URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-veb-sistemy-dlya-mnogourovnevoj-informatsionnoj-modeli-kontrolya-uchebnyh-dostizheniy-obuchayuschih-sya-v-vuze](https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-veb-sistemy-dlya-mnogourovnevoy-informatsionnoj-modeli-kontrolya-uchebnyh-dostizheniy-obuchayuschih-sya-v-vuze) (data obrashhenija: 03.10.2024).

[9] R. Ramadhani et al. *Evaluation of student academic performance using e-learning with the association rules method and the importance of performance analysis*. // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2020. – Conf. Ser. 1524 012107. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1524/1/012107>

[10] Nurkaeva I.M., Zajcev A.N., Ogloblin A.A. (2019) *Informacionnaja sistema dlja monitoringa uchebnyh dostizhenij studentov MGPPU*. // *Modelirovanie i analiz dannyh*. T. 9, № 1, 30–41. (In Russian) doi:10.17759/mda.2020100112

[11] Isabaeva D. N., Abdulkarimova G. A., Shekerbekova Sh. T., Rahimzhanova L. B., Kurmangalieva N. A., Bekmoldaeva A. M. (2019) *Uchebnik dlja 10 klassa obshheobrazovatel'noj shkoly obshhestvenno-gumanitarnogo napravlenija*. // Almaty: Atamyra, 144. (In Russian)

[12] Avtonomnaja organizacija obrazovanija «Nazarbaev Intellektual'nye shkoly». (2014) *Departament ocenki kachestva obrazovanija. Metodicheskie rekomendacii. Integrirovannaja model' kriterial'nogo ocenivanija*. // g. Astana, 36. (In Russian)



А.Б. Баймаханова<sup>1\*</sup>, Л.Б. Рахимжанова<sup>1</sup>, А.А. Белходжаев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан  
\*e-mail: aigul.b@internet.ru

## ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ БУДУЩИХ МЕДИКОВ КОМПЬЮТЕРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ

### *Аннотация*

Актуальность проблемы использования компьютерного моделирования в медицинском образовании обусловлена стремительными изменениями в современной медицине и требованиями к подготовке медицинских специалистов. Целью данного исследования является исследование эффективных методов внедрения компьютерного моделирования в образовательный процесс медицинских учебных заведений. Для достижения поставленной цели были использованы методы анализа, синтеза, обобщения и систематизации. Результаты исследования выявили ключевые этапы обучения компьютерному моделированию в медицинском образовании, охватывающие теоретические лекции, практические занятия, лабораторные работы, специализированные стажировки, проекты и исследования, а также междисциплинарное обучение. Теоретические лекции предоставляют фундаментальные знания о принципах компьютерного моделирования, включая анатомию, физиологию и математические принципы. Практические занятия и лабораторные работы позволяют студентам овладеть навыками работы с программными средствами и создания виртуальных моделей органов. Специализированные стажировки предоставляют возможность применения полученных навыков в реальных клинических условиях. Участие в проектах и исследованиях направлено на применение компьютерного моделирования в решении клинических задач, а междисциплинарное обучение формирует комплексное понимание методов в медицинской науке. Эти результаты подчеркивают необходимость системного и фундаментального подхода к обучению компьютерному моделированию в медицинском образовании. Интеграция обучения компьютерному моделированию в учебные программы медицинских учебных заведений требует системного подхода, включая как теоретические основы, так и практические занятия, а также стажировки в специализированных медицинских центрах. Практическое значение исследования заключается в обосновании эффективных методов обучения компьютерному моделированию в медицинском образовании, способствуя улучшению подготовки медицинского персонала через внедрение инновационных образовательных инструментов и акцент на практических навыках.

**Ключевые слова:** медицинское образование, виртуальная реальность, междисциплинарный подход, педагогические методы, компьютерное моделирование.

А.Б. Баймаханова<sup>1</sup>, Л.Б. Рахимжанова<sup>1</sup>, А.А. Белходжаев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

## БОЛАШАҚ ДӘРІГЕРЛЕРДІ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУГЕ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

### *Аңдатпа*

Медициналық білім беруде компьютерлік модельдеуді қолдану проблемасының өзектілігі қазіргі заманғы медицинадағы жедел өзгерістерге және медициналық мамандарды даярлауға қойылатын талаптарға байланысты. Бұл зерттеудің мақсаты медициналық оқу орындарының білім беру процесіне компьютерлік модельдеуді енгізудің тиімді әдістерін зерттеу болып табылады. Мақсатқа жету үшін талдау, синтездеу, жалпылау және жүйелеу әдістері қолданылды. Зерттеу нәтижелері теориялық дәрістерді, практикалық сабақтарды, зертханалық жұмыстарды, мамандандырылған тағылымдамаларды, жобалар мен зерттеулерді және көп салалы оқытуды қамтитын медициналық білім берудегі компьютерлік модельдеуді оқытудың негізгі кезеңдерін анықтады. Теориялық дәрістер анатомия, физиология және математикалық принциптерді қоса алғанда, компьютерлік модельдеу принциптері туралы іргелі білім береді. Практикалық сабақтар мен зертханалық жұмыстар

студенттерге бағдарламалық құралдармен жұмыс істеу және органдардың виртуалды модельдерін жасау дағдыларын игеруге мүмкіндік береді. Мамандандырылған тағылымдамалар алған дағдыларды нақты клиникалық жағдайларда қолдануға мүмкіндік береді. Жобалар мен зерттеулерге қатысу клиникалық мәселелерді шешуде компьютерлік модельдеуді қолдануға бағытталған, ал көпсалалы оқыту медицина ғылымындағы әдістерді жан-жақты түсінуді қалыптастырады. Бұл нәтижелер медициналық білім беруде компьютерлік модельдеуді оқытудың жүйелі және іргелі тәсілінің қажеттілігін көрсетеді. Компьютерлік модельдеу бойынша оқытуды медициналық оқу орындарының оқу бағдарламаларына интеграциялау теориялық негіздерді де, практикалық сабақтарды да, мамандандырылған медициналық орталықтарда тағылымдамадан өтуді де қоса алғанда, жүйелі тәсілді қажет етеді. Зерттеудің практикалық маңыздылығы инновациялық білім беру құралдарын енгізу және практикалық дағдыларға баса назар аудару арқылы медициналық персоналды даярлауды жақсартуға ықпал ете отырып, медициналық білім беруде компьютерлік модельдеуді оқытудың тиімді әдістерін негіздеу болып табылады.

**Түйін сөздер:** медициналық білім, виртуалды шындық, пәнаралық тәсіл, педагогикалық әдістер, компьютерлік модельдеу.

A. Baimakhanova<sup>1</sup>, L. Rakhimzhanova<sup>1</sup>, A. Belkhodzhayev<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

## **FEATURES OF THE METHODOLOGY FOR TRAINING FUTURE MEDICINES IN COMPUTER MODELING**

### *Abstract*

The relevance of the problem of using computer modelling in medical education is due to the rapid changes in modern medicine and the requirements for the training of medical specialists. The aim of this study is to investigate effective methods of introducing computer modelling in the educational process of medical schools. The methods of analysis, synthesis, generalisation and systematisation were used to achieve the goal. The results of the study revealed the key stages of computer simulation training in medical education, covering theoretical lectures, practical classes, laboratory work, specialised internships, projects and research, and multidisciplinary training. Theoretical lectures provide fundamental knowledge of computer modelling principles including anatomy, physiology and mathematical principles. Practical classes and laboratory work enable students to master the skills of working with software tools and creating virtual organ models. Specialised internships provide opportunities to apply the skills learnt in real clinical settings. Participation in projects and research focuses on the application of computational modelling to clinical problems, and multidisciplinary training develops a comprehensive understanding of methods in medical science. These results highlight the need for a systematic and fundamental approach to computer simulation training in medical education. The integration of computer simulation training into the curricula of medical schools requires a systematic approach, including both theoretical foundations and practical training, as well as internships in specialised medical centres. The practical significance of the study lies in the substantiation of effective methods of computer simulation training in medical education, contributing to the improvement of medical staff training through the introduction of innovative educational tools and emphasis on practical skills.

**Keywords:** medical education, virtual reality, interdisciplinary approach, pedagogical methods, computer modelling.

### **Основные положения**

Главная идея исследования заключается в совершенствовании применения информационных технологий в учебном процессе будущих медиков, путем развития межпредметной связи информатики и анатомии, в частности изучение компьютерного моделирования мочеполовой системы анатомии человека и создания 3D модели для использования дополненной реальности.

В ходе исследования получены следующие результаты: теоретическое обоснование необходимости совершенствования методической системы с развитием межпредметной связи курсов Информатики и Анатомии при обучении компьютерному моделированию будущих медиков; разработана методика обучения элективному курсу «Компьютерное моделирование анатомии тела», определена цель, содержание, формы, методы и средства обучения.

## Введение

В современном медицинском образовании и практике наблюдается стремительное внедрение современных технологий компьютерного моделирования, предоставляющих уникальные возможности для улучшения диагностики, лечения и обучения медицинских специалистов. Развитие вычислительных технологий, в том числе методов искусственного интеллекта и виртуальной реальности, привнесло новые подходы к созданию виртуальных моделей органов и систем, симуляции процессов заболеваний, а также персонализированному моделированию пациентов. Эти инновационные методы не только повышают точность диагностики и эффективность лечения, но также предоставляют уникальные возможности для обучения медицинского персонала. В свете данного контекста необходимо провести глубокое исследование в области обучения компьютерному моделированию в медицинском образовании, чтобы понять актуальные вызовы, достижения и потенциал данного подхода. Проблематика исследования заключается в необходимости разработки эффективных методов обучения, которые обеспечат устойчивое усвоение студентами теоретических аспектов, систематизацию практических навыков и глубокое понимание методов компьютерного моделирования в контексте медицинских приложений.

D. Li и соавторы [1] исследовали развитие технологий виртуальной реальности в медицинском образовании и лечении в Китае. Они создали интегрированные модели, включая строение желудка, патологии, фармакологические процессы и клинические сценарии. Исследование подчеркивает улучшение качества медицинского образования, обновление подходов и потенциал трехмерных моделей для будущей медицины.

T. Hewson с соавторами [2] провели симуляционное обучение для повышения уверенности и компетентности молодых врачей в психиатрии. Участники, выполняя сценарии, получили персонализированную обратную связь. После сессии уверенность в навыках значительно увеличилась. Участники выделили "интерактивность", актуальность и "реалистичность" сценариев как наиболее приятные аспекты обучения.

Исследование, проведенное М.И. Шведом и соавторами [3], оценивает эффективность методик обучения для формирования профессиональной компетентности будущих медиков в неотложной медицинской помощи. Результаты указывают на важность коммуникативной компетентности студентов-магистров, формирование которой достигается через взаимодействие с преподавателями и использование интерактивных методов обучения, таких как учебные дискуссии, игровые методы и групповые проекты.

D. Edwards и соавторы [4] в своей работе рассматривают технологию трехмерной печати (3D) для создания индивидуальных структур на основе цифровых моделей пациентов. Они подчеркивают ее широкое применение в инженерии, архитектуре и медицине, особенно в стоматологии и регенеративной медицине, где она используется для создания на заказ малых имплантатов и биопечати органов.

Исследование Vázquez-Serrano *et al.* [5] охватывает 231 статью о применении моделирования дискретно-событийных ситуаций (DES) в здравоохранении. Более 2/3 статей рассматривают модели, включающие DES в сочетании с другими методами. Применения DES в различных областях здравоохранения, преимущественно в отделениях неотложной помощи, составляют треть всех случаев. Основное направление — улучшение временных и эффективностных показателей. Однако менее 10% применений DES реализованы после моделирования, подчеркивая необходимость фокуса на внедрении и оценке воздействия моделей в будущих исследованиях.

Исследование L. Lyu *et al.* [6] анализирует развитие вычислительной медицины, выделяя ее в качестве области, использующей компьютерные модели для симуляции болезней и лечения. Авторы подчеркивают важность алгоритмов и графических процессоров, расширяющих применение вычислительных технологий в медицине, и обсуждают потенциал компьютерного видения в клинических исследованиях. Исследование включает анализ истории развития, представление глобального прогресса в вычислительной медицине, обсуждение клинических

применений, выявление проблем и ограничений, а также прогнозы, включая вычислительную китайскую медицину.

В вышеупомянутых исследованиях не были рассмотрены аспекты, связанные с интеграцией искусственного интеллекта в компьютерное моделирование в медицине, а также потенциал автоматизации процессов анализа медицинских данных с использованием современных технологий. Кроме того, остаются вопросы в области оценки воздействия моделей, разработки эффективных методов обучения для повышения компьютерной компетентности студентов и преподавателей в медицинском образовании, а также внедрения и оценки воздействия моделей в реальной клинической практике. Исходя из этого, целью исследования является выявление эффективных методов интеграции компьютерного моделирования в образовательный процесс медицинских учебных заведений с целью повышения качества подготовки будущих медицинских специалистов.

### **Методология исследования**

Данное исследование было направлено на изучение эффективных методов внедрения компьютерного моделирования в медицинское образование, анализируя актуальные научные труды и выделяя принципы, способствующие успешному интегрированию этой технологии в образовательный процесс медицинских учебных заведений. Для достижения цели были использованы следующие методы: анализ, синтез, обобщение и систематизация.

Метод анализа был использован для критической оценки предшествующих научных трудов в области применения компьютерного моделирования в медицинском образовании. Путем систематического рассмотрения и анализа результатов предыдущих исследований выявлялись ключевые тенденции, преимущества и ограничения использования компьютерных технологий в обучении медицинских кадров. Этот метод позволил провести детальное изучение имеющейся литературы и выделить релевантные аспекты для формирования основы исследования. Аналитический подход позволил не только выделить основные тенденции, преимущества и ограничения в использовании компьютерных технологий в обучении, но и обосновать выбор направлений для последующего исследования. Таким образом, использование метода анализа обусловлено его эффективностью в проведении глубокого и системного анализа предшествующих исследований, что является ключевым компонентом формирования теоретической базы данного исследования.

Метод синтеза применялся для объединения разнообразных данных и концепций, выявленных в ходе анализа, с целью формирования обобщенного представления о современных тенденциях в области обучения медицинских работников с использованием компьютерного моделирования. Анализ предшествующих исследований, проведенных в данной области, стал основой для синтеза данных, позволяя выявить ключевые аспекты и создать комплексное представление о роли и актуальности компьютерного моделирования в медицинском образовании. Путем интеграции результатов предыдущих исследований создавались синтетические модели и концепции, отражающие сущность и актуальность компьютерного моделирования в современном медицинском образовании. Этот метод позволил выделить ключевые аспекты и создать целостное представление о состоянии данной области. Синтезирование данных позволило увидеть взаимосвязи и важные закономерности, создавая более глубокое понимание современного состояния обучения медицинских кадров с использованием компьютерного моделирования.

Метод обобщения применялся для выделения основных закономерностей, характеризующих эффективные подходы к внедрению компьютерного моделирования в образовательный процесс медицинских учебных заведений. Путем выявления общих черт и основных тенденций в использовании компьютерных технологий в медицинском образовании формировались обобщенные выводы. Структурирование разнообразной информации способствовало формированию обобщенных выводов о эффективных подходах к внедрению компьютерного моделирования в образовательный процесс медицинских учебных заведений.

Данный метод также обеспечил лучшее понимание ключевых аспектов, способствующих успешному внедрению современных технологий в медицинское образование. Кроме того, метод обобщения дал возможность выявить практические рекомендации для эффективного интегрирования компьютерного моделирования в медицинское образование.

Метод систематизации использовался для упорядочения и классификации различных подходов к внедрению компьютерного моделирования в медицинское образование. Проанализированные данные о различных методиках, используемых в учебных программах, были структурированы по критериям и категориям. Этот метод позволил выделить основные принципы и этапы внедрения компьютерного моделирования, предоставив систематический обзор существующих подходов и их применения в медицинском образовании.

### **Результаты исследования**

*Анализ текущих методов обучения компьютерному моделированию в медицинских университетах*

На нынешние методы обучения компьютерному моделированию в медицинских университетах значительное влияние оказали достижения в области современных технологий компьютерного моделирования. Эти технологии привели к появлению различных инновационных методов обучения, направленных на продвижение медицинского образования в различных формах [7]. Технология медицинского моделирования становится все более сложной с точки зрения функциональности и моделирования, предлагая широкий спектр возможностей для улучшения опыта преподавания и обучения в медицинских университетах [8]. Пандемия COVID-19 еще больше подчеркнула необходимость адаптации медицинского образования к новым вызовам, что привело к быстрой оцифровке учебных предложений и внедрению подходов к виртуальному обучению [9]. Этот сдвиг побудил к исследованию виртуальной реальности (VR) и ее применению в медицинском образовании, особенно в таких областях, как клиническое преподавание офтальмологии, где VR продемонстрировала значительный потенциал для воздействия на медицинское образование и ускорения передачи медицинских знаний.

В дополнение к виртуальной реальности, игровое радиологическое образование и командные соревнования в виртуальных мирах были признаны захватывающими и инновационными методами обучения с многочисленными преимуществами, включая вовлечение студентов, социальное взаимодействие и персонализированную среду обучения [10]. Кроме того, использование виртуального клинического моделирования было признано привлекательной стратегией обучения для развития дисциплинарных и гибких навыков у студентов-медиков посредством структурированной образовательной деятельности с оценкой и обратной связью [11].

Интеграция современных технологий, таких как большие данные, подходы «перевернутого класса» и преподавание с использованием моделирования сценариев, также изучалась для улучшения опыта преподавания и обучения в медицинских университетах. Исследования показали, что применение перевернутого класса с большими данными в сочетании со сценарным симуляционным обучением в медицинской клинической практике может существенно повлиять на эффективность медицинского образования [12].

Более того, использование виртуального моделирования, включая высокоточное моделирование реальных клинических сценариев на основе взрослых манекенов в виртуальной реальности, было оценено на предмет его эффективности при обучении клинической фармакологии студентам-медикам. Виртуальное моделирование определяется как интерактивное компьютерное моделирование реальных клинических сценариев медицинского обучения, преподавания или оценки, отвечающее различным требованиям обучения в медицинском образовании [13].

Существующие методы обучения компьютерному моделированию в казахстанских медицинских вузах имеют решающее значение для обеспечения получения студентами-

медиками высококачественного образования и подготовки. Обучение с помощью моделирования пропагандируется как способ предоставления медицинского образования, которое очень похоже на реальную клиническую среду, соответствует медицинской этике и использует моделируемые сценарии для тренировки и оценки различных навыков. В контексте медицинского образования было показано, что симуляционное обучение эффективно при обучении базовым навыкам по различным специальностям, включая отоларингологию [14]. Кроме того, было оценено использование учебных программ повышения квалификации, основанных на моделировании, для обучения врачей новым медицинским процедурам, что продемонстрировало их потенциальную эффективность в медицинском образовании [15].

Медицинское образование, основанное на симуляции, является широко признанным подходом, который может осуществляться как в форме обучения с низкой, так и с высокой точностью, с использованием манекенов и специальных технологий для обучения на месте. Было изучено использование высокоточных симуляторов для обучения принципам сердечно-сосудистой физиологии студентов-медиков, что продемонстрировало потенциал моделирования как эффективного инструмента обучения [16].

Была продемонстрирована эффективность учебных программ по процессуальным навыкам, основанных на симуляции, в снижении тревожности и повышении уверенности среди студентов-медиков, при этом подчеркивалось положительное влияние симуляционного обучения на психологическое благополучие студентов и развитие навыков [17]. Кроме того, оценка учебной программы, основанной на моделировании, для обучения врачей новым медицинским процедурам, подчеркивает потенциал обучения на основе моделирования в удовлетворении растущих потребностей медицинского образования.

Внедрение компьютерного моделирования в медицинском образовании сопряжено с различными проблемами и трудностями, которые необходимо решить. Быстрое развитие современных технологий компьютерного моделирования привело к увеличению передовых учебных практик, направленных на продвижение медицинского образования в различных формах. Однако интеграция виртуального моделирования в высшее медицинское образование может столкнуться с сопротивлением со стороны студентов и преподавателей из-за дискомфорта в формате виртуального обучения. Это подчеркивает необходимость поддержки преподавателей и возможностей непрерывного образования для повышения компьютерной компетентности.

В контексте обучения компьютерному моделированию оценка эффективности обучения студентов-медиков подчеркивает важность наличия хорошего преподавательского состава, интенсивного обучения, своевременной обратной связи, разработки учебных программ, интеграции реальных случаев и использования реалистичных компьютерных моделей.

Потребности будущих врачей в компетенциях, связанных с компьютерным моделированием, необходимы для подготовки студентов-медиков к удовлетворению требований развивающейся среды здравоохранения. Поскольку сфера медицины продолжает развиваться, интеграция информации и цифровых технологий, особенно в контексте компьютерного моделирования, имеет решающее значение для подготовки высококвалифицированных и конкурентоспособных врачей. Использование моделей глубокого обучения для автоматизированной оценки обучающихся во время высокоточного моделирования дает возможность повысить точность и эффективность оценки в медицинском образовании, особенно в контексте компьютерного моделирования и симуляции. Кроме того, данные о роли симуляции в медицинском образовании подчеркивают использование симуляционных технологий для расширения знаний учащихся, предоставления возможностей безопасной практики и формирования клинических навыков врачей.

### Компьютерное моделирование в медицине

Современные технологии компьютерного моделирования в медицине произвели революцию в различных аспектах медицинской практики. Интеграция методов искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения в медицинскую визуализацию и диагностику показала многообещающую возможность повышения надежности и точности обнаружения очаговых поражений печени на изображениях компьютерной томографии [18].

Более того, использование искусственного интеллекта и машинного обучения распространилось на клинический анализ, где изучалось почечно-защитное действие GLP-1 на пациентов с диабетом на основе обнаружения границ, демонстрируя интеграцию искусственного интеллекта с медицинскими исследованиями и лечением [19]. Кроме того, разработка виртуальной интеллектуальной системы консультаций врачей на основе Unity3D демонстрирует непрерывную эволюцию компьютерных технологий в предоставлении практических и иммерсионных медицинских услуг, еще раз подчеркивая интеграцию передовых вычислительных технологий в оказание медицинских услуг. В современной медицине активно внедряются инновационные технологии компьютерного моделирования, предоставляющие уникальные возможности для улучшения диагностики, лечения и обучения медицинских специалистов. Эти методы выходят за рамки традиционных подходов, предоставляя врачам и исследователям инструменты для создания виртуальных моделей органов, проведения симуляций заболеваний и индивидуального моделирования пациентов. В таблице 1 представлен обзор ключевых методов компьютерного моделирования в медицине.

Таблица 1. Методы компьютерного моделирования

<i>Метод компьютерного моделирования</i>	<i>Описание</i>
<i>Моделирование органов и тканей</i>	<i>Создание высоко детализированных виртуальных моделей человеческих органов и тканей для исследования и тестирования новых методов диагностики и лечения.</i>
<i>Симуляция процессов заболеваний</i>	<i>Разработка динамических компьютерных моделей различных заболеваний, позволяющих исследовать характеристики болезней на молекулярном уровне и разрабатывать эффективные методы лечения.</i>
<i>Индивидуальное моделирование</i>	<i>Создание индивидуальных виртуальных моделей пациентов на основе их генетического кода, клинических данных и медицинских обследований для персонализированного подхода к диагностике и лечению.</i>
<i>Искусственный интеллект и машинное обучение</i>	<i>Интеграция методов искусственного интеллекта и машинного обучения для автоматизации анализа медицинских данных и улучшения точности прогнозирования.</i>
<i>Развитие виртуальной реальности</i>	<i>Применение виртуальной реальности для создания интерактивных тренировочных сред для медицинских специалистов и симуляции процедур и операций.</i>

*Источник: составлено автором.*

Применение технологий компьютерного моделирования в медицине предоставляет значительные преимущества. Во-первых, это способствует улучшению точности диагностики, обеспечивая более точные и быстрые методы выявления заболеваний. Во-вторых, позволяет оптимизировать стратегии лечения, предоставляя врачам инструменты для индивидуальной настройки подхода к каждому пациенту. В-третьих, использование компьютерного моделирования способствует более глубокому пониманию биологических процессов и молекулярных механизмов заболеваний. Среди вызовов, с которыми сталкивается

применение компьютерного моделирования в медицине, следует выделить сложность интеграции разнообразных данных для создания реалистичных виртуальных моделей.

### Обучение компьютерному моделированию медицинских работников

Преподавание компьютерного моделирования медицинским работникам может принести пользу благодаря инновационным образовательным инструментам, таким как дополненная реальность и 3D-печать, как показано в пилотном опыте AEducaAR [20].

В контексте современного медицинского образования обучение медицинского персонала в области компьютерного моделирования представляет собой значимую проблематику, требующую системного и фундаментального рассмотрения. Эффективный процесс обучения в данной области обеспечивает устойчивое усвоение теоретических аспектов, систематизацию практических навыков и глубокое понимание методов компьютерного моделирования в контексте медицинских приложений. Основные этапы обучения представлены в таблице 2.

Таблица 2. Этапы обучения компьютерному моделированию в медицине

Этапы	Описание
Теоретические лекции	Предоставление фундаментальных знаний о принципах компьютерного моделирования, включая базовые аспекты анатомии, физиологии и математических принципов, используемых в медицинском моделировании.
Практические занятия	Овладение студентами навыками работы с современными программными средствами, используемыми для создания виртуальных моделей. Формирование практических навыков, необходимых для успешного применения моделирования в медицинской практике.
Лабораторные работы	Работа студентов над реальными кейсами, создание виртуальных моделей органов и систем, анализ результатов и формулирование практических выводов. Формирование понимания процессов компьютерного моделирования.
Специализированные стажировки	Участие студентов в стажировках в специализированных медицинских центрах, где они могут применять свои навыки в реальных клинических условиях. Обучение под руководством опытных специалистов в области компьютерного моделирования.
Проекты и исследования	Активное участие студентов в проектах и исследованиях, направленных на применение компьютерного моделирования в медицине. Это включает создание виртуальных моделей для решения клинических задач и участие в научных публикациях.
Многодисциплинарное обучение	Обучение студентов в условиях многодисциплинарного взаимодействия с представителями других медицинских и инженерных дисциплин. Формирование комплексного понимания и современных методов в медицинской науке.

Источник: составлено автором

Интеграция обучения компьютерному моделированию в учебные программы медицинских учебных заведений требует системного подхода. Элективный курс должен включать в себя как теоретические основы, так и практические лабораторные занятия.

Содержание элективного курса.

## ВВЕДЕНИЕ

### I. ТЕОРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- 1.1. История моделирования как метода познания
- 1.2. Понятие моделирования
- 1.3. Виды моделирования
- 1.4. Классификация моделей



### 1.5. Этапы разработки компьютерной модели

#### II Компьютерное моделирование внутренних органов человека.

##### 2.1. Постановка задачи

##### 2.2. Построение информационной модели внутренних органов человека

##### 2.2. Построение 3D моделей на 3D MAX или (Blender)

##### 2.3. Проверка адекватности модели

#### III. СОЗДАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

##### 3.1. QR-код

##### 3.2. Создание QR-кода для каждого внутреннего органа человека

Компьютерное моделирование предоставляет возможность более точной визуализации анатомических структур. Виртуальные трехмерные модели позволяют медицинским профессионалам и студентам глубже изучать сложные детали анатомии, что способствует углубленному пониманию структур. Индивидуальное моделирование, основанное на данных конкретного пациента, становится возможным благодаря компьютерным технологиям. Это открывает двери для персонализированных подходов в диагностике и лечении, где врачи могут адаптировать свои стратегии, опираясь на уникальные особенности каждого пациента. Компьютерное моделирование также предоставляет возможность симуляции хирургических процедур в виртуальной среде. Это обучает медицинских специалистов до реальных операций, повышая уровень подготовки и снижая риск возможных осложнений.

Влияние компьютерного моделирования на понимание анатомии человеческого тела в контексте взаимосвязи информатики и медицинских наук проявляется в преобразовании методов обучения, более точной визуализации, персонализированных подходах, симуляции процедур, исследовании заболеваний и интеграции с инновационными технологиями, что содействует развитию современной медицинской науки и практики.

В элективном курсе рассматривается программа Unity для реализации дополненной реальности, которая позволяет улучшить освоение материала для обучения компьютерному моделированию студентов медиков. Для создания проекта открываем Unity Hub, далее выбираем образец проекта как показано на рисунке 1.

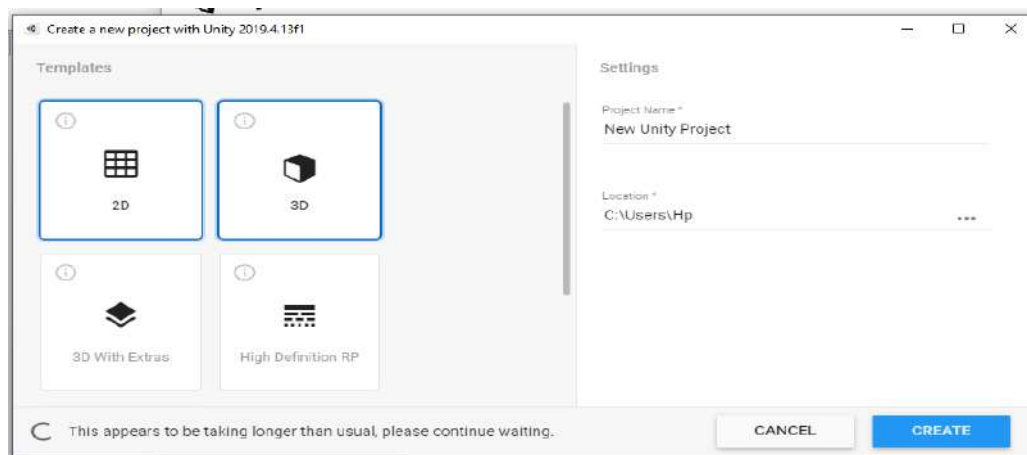


Рисунок 1. Окно проектов для выбора

Теперь создаём камеру дополненной реальности, во вкладке GameObject выбираем Vuforia Engine как на рисунке 2.

Далее создаём базу данных в Target Manager загружаем картинку, и экспортируем базы данных, качество картинки должно быть не менее 4 звезд, так как распознавание объекта происходит медленно, если качество не соответствует.

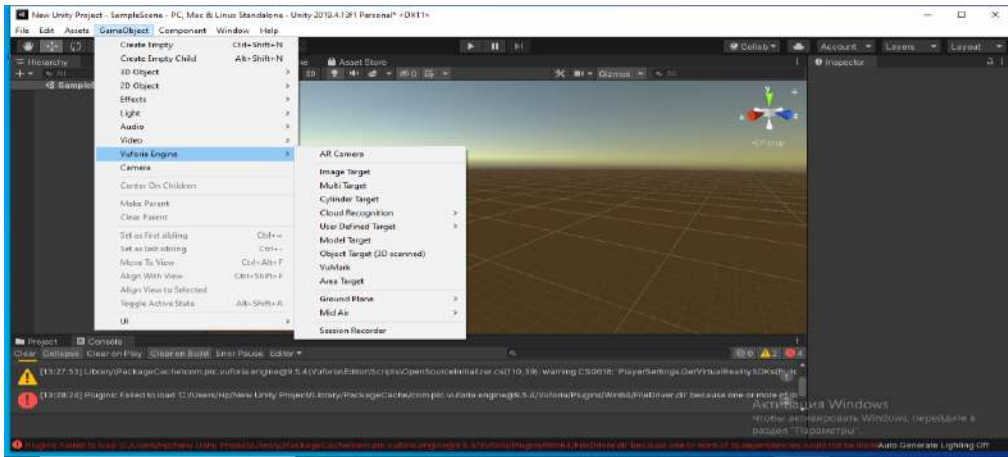


Рисунок 2. Окно проекта для создания дополненной реальности

Пример созданной базы данных отображено на рисунке 3.

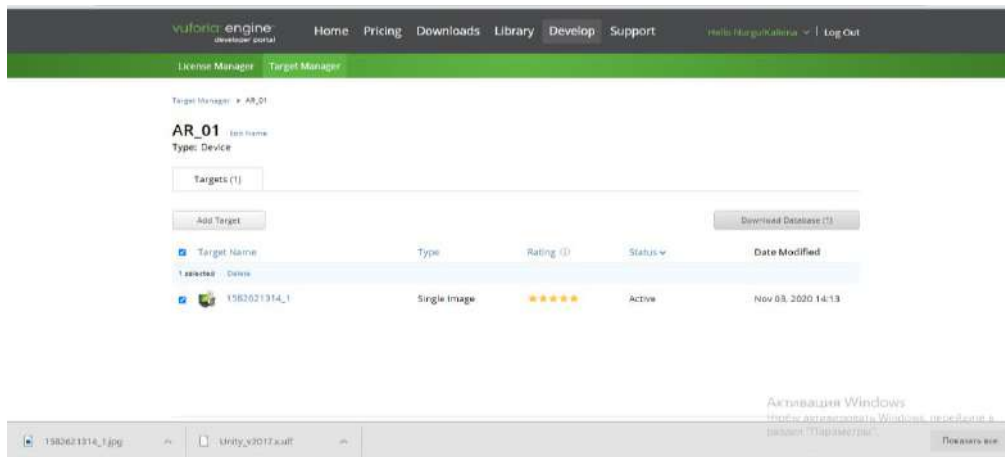


Рисунок 3. Новая база данных

Когда мы открываем созданный студентом медиком рисунок, который мы выбрали автоматически, он загружается в наш проект, после этого добавляем Image Target как показано на рисунке 4.

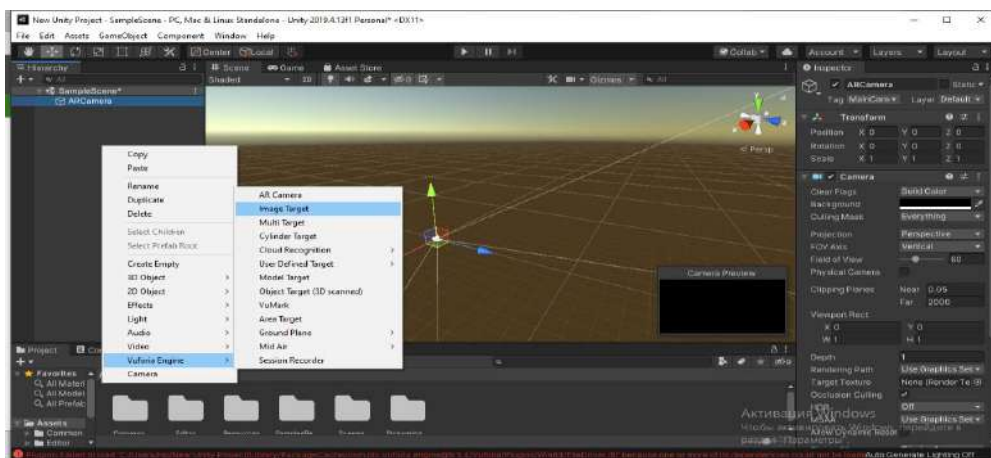


Рисунок 4. Image Target

Далее, добавляем и настраиваем 3D объект в верхней части картинке, нажимаем кнопку play. После этого включается веб камера компьютера, к которому мы должны показать картинку, которую загружали в базу данных, тогда 3D объект будет выглядеть как на рисунке 5.

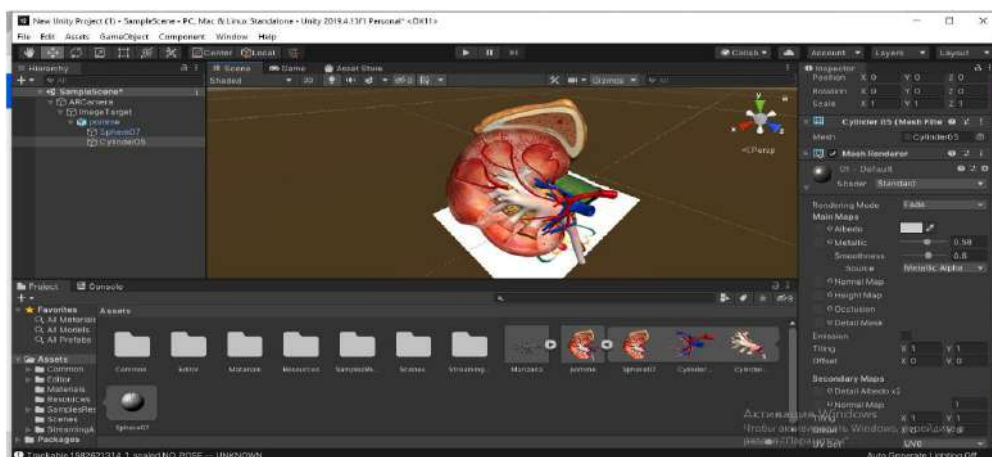


Рисунок 5. Готовый 3D объект

## Дискуссия

Результаты исследования свидетельствуют о существенном воздействии современных технологий компьютерного моделирования на сферу медицинского образования. В результате анализа результатов было выделено несколько ключевых тенденций и аспектов, привносимых этими инновациями. Во-первых, новаторские методы обучения, такие как виртуальная реальность, игровые радиологические образовательные программы и симуляционное обучение, предоставляют разнообразные подходы для улучшения образовательного процесса в медицинских университетах. Эти методы обучения не только активно вовлекают студентов, но и создают более реалистичные сценарии для обучения. Второе важное направление – адаптация медицинского образования к вызовам, таким как пандемия COVID-19. Быстрое внедрение виртуальных методов обучения и оцифровка учебных программ становятся неотъемлемой частью обеспечения непрерывности образовательного процесса в условиях перемен. Третий аспект подчеркивает роль виртуальной реальности, особенно в клиническом преподавании офтальмологии. Виртуальная реальность демонстрирует значительный потенциал для создания интерактивных и реалистичных сценариев обучения, обогащая опыт студентов. Дополнительно, игровые методы обучения и соревнования в виртуальных мирах признаются за захватывающий характер и способность вовлекать студентов. Социальное взаимодействие и персонализированная среда обучения содействуют более эффективному обучению. Симуляционное обучение, включая высокоточное моделирование, широко применяется для обучения различным медицинским навыкам и принципам. Эти методы обучения положительно влияют на развитие дисциплинарных и гибких навыков у студентов-медиков.

Исследования в области интеграции больших данных, подходов "перевернутого класса" и сценарного симуляционного обучения подчеркивают потенциальное улучшение эффективности медицинского образования. Тем не менее, стоит отметить, что интеграция виртуального моделирования может сталкиваться с сопротивлением со стороны студентов и преподавателей, что подчеркивает необходимость поддержки, а также обучения для улучшения компьютерной компетентности.

Современные технологии компьютерного моделирования оказывают значительное воздействие на различные сферы медицинской практики. Эти технологии также находят применение в клиническом анализе. Это свидетельствует о том, как искусственный интеллект

интегрируется в медицинские исследования и лечение. Также стоит отметить разработку виртуальной интеллектуальной системы консультаций врачей на основе Unity3D, что подчеркивает непрерывное развитие компьютерных технологий в предоставлении медицинских услуг. В современной медицине активно внедряются инновационные методы компьютерного моделирования, предоставляя новые возможности для диагностики, лечения и обучения медицинских специалистов. Эти методы выходят за рамки традиционных подходов, предоставляя врачам инструменты для создания виртуальных моделей органов, симуляции заболеваний и индивидуального моделирования пациентов. Помимо этого, интеграция искусственного интеллекта и машинного обучения в анализ медицинских данных предоставляет возможность для автоматизации процессов и улучшения точности прогнозирования. Тем не менее, несмотря на перспективы, внедрение технологий компьютерного моделирования в медицину сопряжено с вызовами, включая сложность интеграции разнообразных данных для создания реалистичных виртуальных моделей. Эти вызовы требуют дополнительных усилий в разработке эффективных методов обработки и анализа данных в медицинских исследованиях и практике.

Обучение компьютерному моделированию в медицине представляет собой комплексный процесс, ориентированный на формирование у студентов не только теоретических знаний, но и практических навыков, необходимых для успешного применения компьютерных методов в медицинской практике. В рамках этого обучения выделяются несколько этапов. На первом этапе проводятся теоретические лекции, направленные на обеспечение студентов фундаментальными знаниями о принципах компьютерного моделирования, включая базовые аспекты анатомии, физиологии и математических принципов, используемых в медицинском моделировании. Они представляют собой важный шаг в формировании основных концепций и понимания структурного подхода к медицинским проблемам. Следующий этап включает практические занятия, нацеленные на развитие у студентов навыков работы с современными программными средствами, используемыми для создания виртуальных моделей. Это позволяет им применять полученные теоретические знания на практике и освоить необходимые инструменты для решения задач в области компьютерного моделирования. Лабораторные работы представляют собой третий этап, на котором студенты решают реальные кейсы, создают виртуальные модели органов и систем, анализируют результаты и формулируют практические выводы. Этот этап направлен на закрепление полученных навыков и формирование понимания процессов компьютерного моделирования. Следующий важный шаг – специализированные стажировки в медицинских центрах. Участие студентов в стажировках под руководством опытных специалистов позволяет им применять свои знания в реальных клинических условиях и расширять свой опыт в области компьютерного моделирования. Проекты и исследования являются активным этапом обучения, где студенты применяют свои компетенции в создании виртуальных моделей для решения конкретных клинических задач и участвуют в научных публикациях. Наконец, обучение организуется в условиях междисциплинарного взаимодействия с представителями других медицинских и инженерных дисциплин. Этот этап направлен на формирование комплексного понимания и современных методов в медицинской науке. Обучение направлено на развитие компетенций, необходимых для успешного применения компьютерного моделирования в медицинской практике. Важно обеспечить системность подхода, включая как теоретические основы, так и практические занятия, а также стажировки в специализированных медицинских центрах. Процесс оценки эффективности включает разнообразные методы, такие как тестирование по теме, анализ выполненных проектов и оценка умения студентов применять полученные знания на практике. Долгосрочная оценка включает в себя отслеживание успехов выпускников в применении компьютерного моделирования в своей медицинской практике.

Исследование L. Luu *et al.* [6] посвящено инновационному подходу к медицинскому образованию в Китае с использованием технологии виртуальной реальности (VR) в сочетании с сенсорными технологиями, технологиями больших данных и облачными вычислениями.

Автор создал онлайн-платформу для хранения и анализа данных, а также автономные VR-очки для физических операций. Исследование включает модели морфологического строения и физиологических процессов человеческого желудка, патологического строения тканей и патофизиологических процессов, а также фармакологических процессов в фундаментальной медицине. Он предоставил модели для студентов-медиков университета, а также модели для предоперационных обсуждений, общения врача и пациента и интегрированного клинического предоперационного обсуждения и лечения. Исследование L. Lyu *et al.* [6] сосредоточено на разработке конкретных моделей, охватывающих медицинское образование и лечение, включая студентов-медиков и профессионалов в области здравоохранения. В работе использовались технологии виртуальной реальности, сенсорные технологии, большие данные и облачные вычисления. В то время как, в данном исследовании фокус на методах обучения компьютерному моделированию в медицине. Были раскрыты вопросы развития навыков работы с программными средствами и применения компьютерного моделирования в медицинской практике.

Исследование M. Peng *et al.* [8] фокусируется на оценке эффективности комплексного симуляционного обучения (SBE) по оказанию первой помощи студентам-медикам. Студенты различных курсов проходили соответствующие модули обучения, включая учебные программы по сердечно-легочной реанимации, эндотрахеальной интубации и другим навыкам. Результаты исследования показали значительное повышение навыков после обучения во всех модулях, а комплексное обучение демонстрировало наибольший прирост баллов. В сравнении с данным исследованием, где акцент делается на методах обучения компьютерному моделированию в медицине, оба исследования различаются по предметной области: M. Peng *et al.* [8] сфокусировано на первой помощи, тогда как это исследование затрагивает более обширный спектр компьютерного моделирования. Однако оба исследования выделяют важность систематизации, повторяющейся практики и оценки результатов для эффективного обучения медицинских студентов.

Исследование M. Sun *et al.* [21] рассматривает применение метавселенной в сфере здравоохранения, с акцентом на управлении хроническими заболеваниями. Проблемы, такие как неравномерное распределение медицинских ресурсов и трудности в последующем наблюдении за пациентами, рассматриваются в контексте вызовов существующей системы здравоохранения. Авторы считают, что метавселенные медицинские платформы с использованием передовых технологий искусственного интеллекта, таких как цифровые двойники на промышленном уровне, могут решить эти проблемы. В сравнении с результатами данного исследования, которое фокусируется на методах обучения компьютерному моделированию в медицине, исследование M. Sun *et al.* [21] более направлено на рассмотрение технологических решений для управления хроническими заболеваниями через метавселенные платформы. Оба исследования подчеркивают роль передовых технологий, но в разных сферах.

Исследование Q. Wu *et al.* [7] рассматривает текущие тенденции в использовании виртуального моделирования (VS) в медицинском образовании. Они выделяют рост интереса к VS в различных областях, таких как обучение хирургическим навыкам, экстренная и педиатрическая медицинская подготовка, обучение основам медицинских наук и другие. Результаты подтверждают эффективность VS с точки зрения обучения студентов-медиков. В то время как данное исследование сосредотачивается на методах обучения, работа Q. Wu *et al.* [7] обзорно рассматривает разнообразные применения виртуального моделирования в медицинском образовании, подчеркивая его эффективность и распространение в различных областях обучения.

Работа E. Herrera-Aliaga & L. D. Estrada [22] подчеркивает важность клинической симуляции в обучении медицинских профессионалов, особенно в условиях ограниченного доступа к клиническим практикам. Она выделяет психомоторное развитие и укрепление исполнительных функций как важные аспекты этой методологии. В то время подход к текущему исследованию сфокусирован на разработке эффективных методов обучения

компьютерному моделированию в медицине, что дополняет, но отличается от акцентов E. Herrera-Aliaga & L. D. Estrada [22] на клинической симуляции.

Результаты исследования подчеркивают значительное воздействие современных технологий компьютерного моделирования на медицинское образование, представляя разнообразные подходы, такие как виртуальная реальность, симуляционное обучение и игровые методы. Исследование выделяет влияние компьютерного моделирования на медицинскую практику, включая диагностику, лечение и анализ медицинских данных. Однако отмечается, что интеграция этих технологий может сталкиваться с сопротивлением, подчеркивая необходимость обучения и поддержки для повышения компьютерной компетентности. Обучение компьютерному моделированию в медицине представляет собой многокомпонентный процесс, включая теоретические лекции, практические занятия, лабораторные работы, стажировки, проекты и междисциплинарное взаимодействие, направленный на формирование теоретических знаний и практических навыков студентов для успешного применения компьютерных методов в медицинской практике.

### **Заключение**

Исследование выявило, что современные технологии компьютерного моделирования значительно влияют на медицинское образование. Виртуальная реальность, симуляционное обучение и игровые методы обогащают образовательный процесс, создавая реалистичные сценарии и обеспечивая активное вовлечение студентов. Влияние компьютерного моделирования распространяется на медицинскую практику, включая диагностику, лечение, анализ медицинских данных и развитие искусственного интеллекта. Однако интеграция этих технологий может сталкиваться с сопротивлением, что подчеркивает важность обучения и поддержки для улучшения компьютерной компетентности. Обучение компьютерному моделированию в медицине включает теоретические лекции, практические занятия, лабораторные работы, стажировки и проекты, формируя у студентов теоретические знания и практические навыки для успешного применения компьютерных методов в медицинской практике. Исследование подчеркивает, что современные технологии компьютерного моделирования играют ключевую роль в трансформации медицинского образования и практики. Адаптация медицинского образования к современным вызовам демонстрирует гибкость и неотъемлемую роль виртуальных технологий. Однако принятие этих инноваций сталкивается с вызовами, в частности, сопротивлением со стороны студентов и преподавателей, что подчеркивает необходимость дополнительной поддержки и обучения для повышения компьютерной компетентности. В целом, обучение компьютерному моделированию в медицине, включая разнообразные этапы от теоретических лекций до практических проектов, способствует формированию у студентов комплексных знаний и навыков, необходимых для успешного применения современных компьютерных методов в медицинской сфере.

На основе проведенного исследования предлагаются следующие рекомендации. Первоочередно, предлагается активно интегрировать современные технологии, такие как виртуальная реальность и симуляционное обучение, в медицинское образование, с учетом их положительного влияния на обучающий процесс и создание реалистичных образовательных сценариев. Важно также продолжать адаптировать учебные программы к вызовам, с углубленным внедрением виртуальных методов обучения для обеспечения непрерывности образовательного процесса. При этом следует предоставлять систематическую поддержку и обучение студентам и преподавателям для преодоления возможного сопротивления и повышения компьютерной компетентности. Развитие индивидуальных моделей обучения, учитывающих потребности различных групп студентов, также является важным аспектом, способствующим эффективности образовательного процесса.

Данное исследование создает основу для эффективного внедрения современных технологий в Казахстанско-Российском медицинском университете, улучшая качество

обучения и готовность будущих медицинских специалистов к реальным клиническим сценариям. Для дальнейших исследований рекомендуется глубже изучить воздействие современных технологий компьютерного моделирования на междисциплинарные аспекты медицинского образования, а также разработать более детальные стратегии внедрения и оценки эффективности этих инноваций.

Список использованных источников

[1] Li, D., Hu, W., Zhou, X., Li, L., Wang, J., Zou, M., ... & Zhou, D. (2023). Design and implementation of a 3d digestive teaching system based on virtual reality technology in modern medical education. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2604430/v1>

[2] Hewson, T., Foster, H., & Sanderson, R. (2022). Using socially distanced and online simulation training to improve the confidence of junior doctors in psychiatry. *BJPsych Bulletin*, 47(4), 235-241. <https://doi.org/10.1192/bjb.2022.18>

[3] Швед, М. И., Геряк, С. М., Мартынюк, Л. П., Сула, О. Б., Мартынюк, Л. П., & Ястремская, И. А. (2023). Эффективность компетентно-ориентированного метода обучения на клинических кафедрах Тернопольского национального медицинского университета имени и. Я. Горбачевского. *Достижения клинической и экспериментальной медицины*, (1), 27–31. <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2023.v.i1.13716>

[4] Edwards, D., Bianchi, S., Casas-Cordero, J. P., Cornejo, F., & Zelaya, G. (2023). Three-dimensional (3d) printing technology in traumatology: is it the present or the future? *Acta Scientific Orthopaedics*, 113-114. <https://doi.org/10.31080/asor.2022.06.0662>

[5] Vázquez-Serrano, J. I., Peimbert-García, R. E., & Cárdenas-Barrón, L. E. (2021). Discrete-event simulation modeling in healthcare: a comprehensive review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22), 12262. <https://doi.org/10.3390/ijerph182212262>

[6] Lyu, L., Cui, H., Shao, M., Fu, Y., Zhao, R., & Chen, Q. (2021). Computational medicine: past, present and future. *Chinese Journal of Integrative Medicine*, 28(5), 453-462. <https://doi.org/10.1007/s11655-021-3453-z>

[7] Wu, Q., Wang, Y., Lu, L., Chen, Y., Long, H., & Wang, J. (2022). Virtual simulation in undergraduate medical education: a scoping review of recent practice. *Frontiers in Medicine*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.855403>

[8] Peng, M., Su, N., Hou, R., Geng, H., Cai, F., Zhong, W., ... & Cao, W. (2022). Evaluation of teaching effect of first-aid comprehensive simulation-based education in clinical medical students. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.909889>

[9] Hertling, S., Back, D., Kaiser, M., Loos, F., Schleußner, E., & Graul, I. (2023). Students' and lecturers' perspectives on the implementation of online learning in medical education due to covid-19 in germany: a cross-sectional pilot study. *Frontiers in Medicine*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1145651>

[10] Rudolphi-Solero, T., Jimenez-Zayas, A., Lorenzo-Alvarez, R., Domínguez-Pinos, D., Ruiz-Gómez, M., & Portero, F. (2021). A team-based competition for undergraduate medical students to learn radiology within the virtual world second life. *Insights Into Imaging*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13244-021-01032-3>

[11] Segura-Azuara, N. and Lopez, M. (2021). Redesigning medical students' training through virtual clinical simulation. *Proceedings of the 7th International Conference on Education*, 7(1), 286-294. <https://doi.org/10.17501/24246700.2021.7128>

[12] Liu, S., Li, Y., Wang, X., Zhang, X., & Wang, R. (2021). Research on the effect of big data flipped classroom combined with scenario simulation teaching: based on clinical practice of medical students. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2021, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2021/7107447>

[13] Gudadappanavar, A., Hombal, P., Benni, J., Patel, S., & Tubaki, B. (2023). Evaluation of virtual reality high-fidelity adult mannequin-based simulation of real-life clinical scenarios in teaching clinical pharmacology to medical students. *Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics*, 14(1), 25-34. <https://doi.org/10.1177/0976500x231159456>

[14] Keilin, C. A., Farlow, J. L., Malloy, K. M., & Bohm, L. A. (2021). Otolaryngology curriculum during residency preparation course improves preparedness for internship. *The Laryngoscope*, 131(7). <https://doi.org/10.1002/lary.29443>

[15] Issa, N., Liddy, W., Samant, S., Conley, D. B., Kern, R. C., Hungness, E. S., ... & Cohen, E. (2021). Effectiveness of a simulation-based mastery learning to train clinicians on a novel cricothyrotomy procedure

at an academic medical centre during a pandemic: a quasi-experimental cohort study. *BMJ Open*, 11(11), e054746. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-054746>

[16] Suvarna, P. and Basti, A. R. S. (2022). Use of high-fidelity simulator for teaching cardiovascular physiology principles to the 1st year undergraduate medical students. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 66, 293-298. [https://doi.org/10.25259/ijpp\\_98\\_2022](https://doi.org/10.25259/ijpp_98_2022)

[17] Battaglia, F., Ivankovic, V., Merlano, M., Patel, V., Sayed, C., Wang, H., ... & Rastogi, N. (2021). A pre-clerkship simulation-based procedural skills curriculum: decreasing anxiety and improving confidence of procedural skill performance. *Canadian Medical Education Journal*. <https://doi.org/10.36834/cmej.71483>

[18] Lee, S., Kim, E., Bae, J. S., & Yoon, S. (2023). Robust end-to-end focal liver lesion detection using unregistered multiphase computed tomography images. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*, 7(2), 319-329. <https://doi.org/10.1109/tetci.2021.3132382>

[19] Wang, J., Wang, Y., Pang, P., Jia, X., Xu, Y., & Lv, Z. (2022). Clinical analysis of the renal protective effect of glp-1 on diabetic patients based on edge detection. *Journal of Healthcare Engineering*, 2022, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2022/6504006>

[20] Cercenelli, L., Stefano, A. D., Billi, A. M., Ruggeri, A., Marcelli, E., Marchetti, C., ... & Badiali, G. (2022). Aeducaar, anatomical education in augmented reality: a pilot experience of an innovative educational tool combining ar technology and 3d printing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1024. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031024>

[21] Sun, M., Xie, L., Liu, Y., Li, K., Jiang, B., Lu, Y., ... & Yang, D. (2022). The metaverse in current digital medicine. *Clinical eHealth*. <https://doi.org/10.1016/j.ceh.2022.07.002>

[22] Herrera-Aliaga, E., & Estrada, L. D. (2022). Trends and innovations of simulation for twenty first century medical education. *Frontiers in public health*, 10, 619769. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.619769>

#### References

[1] Li, D., Hu, W., Zhou, X., Li, L., Wang, J., Zou, M., ... & Zhou, D. (2023). Design and implementation of a 3d digestive teaching system based on virtual reality technology in modern medical education. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2604430/v1>

[2] Hewson, T., Foster, H., & Sanderson, R. (2022). Using socially distanced and online simulation training to improve the confidence of junior doctors in psychiatry. *BJPsych Bulletin*, 47(4), 235-241. <https://doi.org/10.1192/bjb.2022.18>

[3] Shved, M. I., Gerjak, S. M., Martynjuk, L. P., Susla, O. B., Martynjuk, L. P., & Jastremskaja, I. A. (2023). *Jefferktivnost' kompetentnosno-orientirovannogo metoda obuchenija na klinicheskikh kafedrah Ternopol'skogo nacional'nogo medicinskogo universiteta imeni i. Ja. Gorbachevskogo*. [The effectiveness of a competently oriented teaching method at the clinical departments of the Ternopil National Medical University named after and. Y. Gorbachevsky]. *Dostizhenija klinicheskoi i jeksperimental'noj mediciny*, (1), 27–31. <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2023.v.i1.13716> (In Russian)

[4] Edwards, D., Bianchi, S., Casas-Cordero, J. P., Cornejo, F., & Zelaya, G. (2023). Three-dimensional (3d) printing technology in traumatology: is it the present or the future? *Acta Scientific Orthopaedics*, 113-114. <https://doi.org/10.31080/asor.2022.06.0662>

[5] Vázquez-Serrano, J. I., Peimbert-García, R. E., & Cárdenas-Barrón, L. E. (2021). Discrete-event simulation modeling in healthcare: a comprehensive review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22), 12262. <https://doi.org/10.3390/ijerph182212262>

[6] Lyu, L., Cui, H., Shao, M., Fu, Y., Zhao, R., & Chen, Q. (2021). Computational medicine: past, present and future. *Chinese Journal of Integrative Medicine*, 28(5), 453-462. <https://doi.org/10.1007/s11655-021-3453-z>

[7] Wu, Q., Wang, Y., Lu, L., Chen, Y., Long, H., & Wang, J. (2022). Virtual simulation in undergraduate medical education: a scoping review of recent practice. *Frontiers in Medicine*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.855403>

[8] Peng, M., Su, N., Hou, R., Geng, H., Cai, F., Zhong, W., ... & Cao, W. (2022). Evaluation of teaching effect of first-aid comprehensive simulation-based education in clinical medical students. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.909889>

[9] Hertling, S., Back, D., Kaiser, M., Loos, F., Schleiβner, E., & Graul, I. (2023). Students' and lecturers' perspectives on the implementation of online learning in medical education due to covid-19 in germany: a cross-sectional pilot study. *Frontiers in Medicine*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1145651>



[10] Rudolphi-Solero, T., Jimenez-Zayas, A., Lorenzo-Alvarez, R., Domínguez-Pinos, D., Ruiz-Gómez, M., & Portero, F. (2021). A team-based competition for undergraduate medical students to learn radiology within the virtual world second life. *Insights Into Imaging*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13244-021-01032-3>

[11] Segura-Azuara, N. and Lopez, M. (2021). Redesigning medical students' training through virtual clinical simulation. *Proceedings of the 7th International Conference on Education*, 7(1), 286-294. <https://doi.org/10.17501/24246700.2021.7128>

[12] Liu, S., Li, Y., Wang, X., Zhang, X., & Wang, R. (2021). Research on the effect of big data flipped classroom combined with scenario simulation teaching: based on clinical practice of medical students. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2021, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2021/7107447>

[13] Gudadappanavar, A., Hombal, P., Benni, J., Patel, S., & Tubaki, B. (2023). Evaluation of virtual reality high-fidelity adult mannequin-based simulation of real-life clinical scenarios in teaching clinical pharmacology to medical students. *Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics*, 14(1), 25-34. <https://doi.org/10.1177/0976500x231159456>

[14] Keilin, C. A., Farlow, J. L., Malloy, K. M., & Bohm, L. A. (2021). Otolaryngology curriculum during residency preparation course improves preparedness for internship. *The Laryngoscope*, 131(7). <https://doi.org/10.1002/lary.29443>

[15] Issa, N., Liddy, W., Samant, S., Conley, D. B., Kern, R. C., Hungness, E. S., ... & Cohen, E. (2021). Effectiveness of a simulation-based mastery learning to train clinicians on a novel cricothyrotomy procedure at an academic medical centre during a pandemic: a quasi-experimental cohort study. *BMJ Open*, 11(11), e054746. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-054746>

[16] Suvarna, P. and Basti, A. R. S. (2022). Use of high-fidelity simulator for teaching cardiovascular physiology principles to the 1st year undergraduate medical students. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 66, 293-298. [https://doi.org/10.25259/ijpp\\_98\\_2022](https://doi.org/10.25259/ijpp_98_2022)

[17] Battaglia, F., Ivankovic, V., Merlano, M., Patel, V., Sayed, C., Wang, H., ... & Rastogi, N. (2021). A pre-clerkship simulation-based procedural skills curriculum: decreasing anxiety and improving confidence of procedural skill performance. *Canadian Medical Education Journal*. <https://doi.org/10.36834/cmej.71483>

[18] Lee, S., Kim, E., Bae, J. S., & Yoon, S. (2023). Robust end-to-end focal liver lesion detection using unregistered multiphase computed tomography images. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*, 7(2), 319-329. <https://doi.org/10.1109/tetci.2021.3132382>

[19] Wang, J., Wang, Y., Pang, P., Jia, X., Xu, Y., & Lv, Z. (2022). Clinical analysis of the renal protective effect of glp-1 on diabetic patients based on edge detection. *Journal of Healthcare Engineering*, 2022, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2022/6504006>

[20] Cercenelli, L., Stefano, A. D., Billi, A. M., Ruggeri, A., Marcelli, E., Marchetti, C., ... & Badiali, G. (2022). Aeducaar, anatomical education in augmented reality: a pilot experience of an innovative educational tool combining ar technology and 3d printing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1024. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031024>

[21] Sun, M., Xie, L., Liu, Y., Li, K., Jiang, B., Lu, Y., ... & Yang, D. (2022). The metaverse in current digital medicine. *Clinical eHealth*. <https://doi.org/10.1016/j.ceh.2022.07.002>

[22] Herrera-Aliaga, E., & Estrada, L. D. (2022). Trends and innovations of simulation for twenty first century medical education. *Frontiers in public health*, 10, 619769. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.619769>

С.А. Калиниченко<sup>1\*</sup>, И.Б. Шмигирилова<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>КГУ «Средняя школа №40 имени Д.М.Карбышева», г.Петропавловск, Казахстан

<sup>2</sup>Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, г.Петропавловск, Казахстан

\*e-mail: ssolopova\_nkzu@mail.ru

## ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ ОБ УРОВНЕ СОБСТВЕННОЙ ЦИФРОВОЙ ГРАМОТНОСТИ

### *Аннотация*

В статье поднимается проблема развития цифровой грамотности современного школьника, как необходимой компетенции в эпоху цифровой экономики. Цель статьи – эмпирически исследовать представления учащихся школ об уровне собственной цифровой грамотности, сформулировать принципы, реализация которых в обучении школьников информатике обеспечит развитие у них совокупности компонентов цифровой грамотности. В исследовании на основе анализа научной литературы обобщены подходы к определению понятия «цифровая грамотность». Представления школьников об уровне развития их цифровой грамотности были получены на основе анкетирования двух возрастных групп школьников: 5-8 классов и 9-11 классов. Сделан вывод о различии в уровнях владения компонентами цифровой грамотности у разных респондентов и о неравномерности представленности каждого из таких компонентов у отдельно взятого обучающегося. Обоснована роль школьной информатики в повышении уровня цифровой грамотности школьников. Материалы исследования могут быть полезны при определении путей развития цифровой грамотности современных школьников.

**Ключевые слова:** цифровая грамотность, цифровая компетенция, цифровые навыки, обучение информатике.

С.А. Калиниченко<sup>1</sup>, И.Б. Шмигирилова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>«Д.М.Карбышев атындағы №40 орта мектеп» КММ, Петропавл қ., Қазақстан

<sup>2</sup>М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл қ., Қазақстан

## ЗАМАНАУИ ОҚУШЫЛАРДЫҢ ӨЗІНДІК ЦИФРЛЫҚ САУАТТЫЛЫҚ ДЕНГЕЙІ ТУРАЛЫ ТҮСІНІКТЕРІ

### *Аңдатпа*

Мақалада цифрлық экономика дәуірінде қажетті құзыреттілік ретінде заманауи оқушының цифрлық сауаттылығын дамыту мәселесі көтеріледі. Мақаланың мақсаты – мектеп оқушыларының өзіндік цифрлық сауаттылық деңгейі туралы түсініктерін тәжірибелік түрде зерттеу, информатиканы оқытуда оқушылардың цифрлық сауаттылық компоненттерінің жиынтығын дамытуды қамтамасыз ететін принциптерді тұжырымдау. Зерттеуде ғылыми әдебиеттерді талдау негізінде "Цифрлық сауаттылық" ұғымын анықтау тәсілдері жалпыланған. Оқушылардың цифрлық сауаттылықтың даму деңгейі туралы түсініктері оқушылардың екі жас тобынан сауалнама негізінде алынды: 5-8 сыныптар және 9-11 сыныптар. Әр түрлі респонденттердің цифрлық сауаттылық компоненттерін меңгеру деңгейлеріндегі айырмашылықтар және осындай компоненттердің әрқайсысының жеке білім алушыда біркелкі ұсынылмауы туралы қорытынды жасалды. Оқушылардың цифрлық сауаттылық деңгейін арттырудағы мектептегі информатика пәнінің рөлі негізделген. Зерттеу материалдары қазіргі мектеп оқушыларының цифрлық сауаттылығын дамыту жолдарын анықтауда пайдалы болуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** цифрлық сауаттылық, цифрлық құзыреттілік, цифрлық дағдылар, информатиканы оқыту, оқыту принциптері.

S.A.Kalinichenko<sup>1</sup>, I.B. Shmigirilova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MSI «Secondary school №40 named after D.M. Karbyshev», Petropavlovsk, Kazakhstan”

<sup>2</sup>M. Kozybaev North Kazakstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan

## MODERN SCHOOLCHILDREN'S VIEWS ABOUT THE LEVEL OF THEIR OWN DIGITAL LITERACY

### *Abstract*

The article understands the problem of developing digital literacy of a modern schoolchild as a necessary competence in the era of the digital economy. Aim of the article is to empirically explore school students' ideas about the level of their own digital literacy, to formulate principles, the implementation of which in teaching computer science to schoolchildren will ensure the development of a set of digital literacy components. The study, based on an analysis of scientific literature, summarizes approaches to defining the concept of “digital literacy”. Schoolchildren's ideas about the level of development of their digital literacy were obtained based on a survey of two age groups of schoolchildren: grades 5-8 and grades 9-11. It is concluded that there are differences in the levels of proficiency in the components of digital literacy among different respondents and the uneven representation of each of these components in an individual student. The role of school informatics in increasing the level of digital literacy of schoolchildren is substantiated. The research materials can be useful in determining ways to develop digital literacy of modern schoolchildren.

**Keywords:** digital literacy, digital competence, digital skills, computer science education.

### **Основные положения**

1. Развитие цифровой грамотности учащихся, представляющая собой многокомпонентную характеристику, обуславливающую способности человека критически, продуктивно и ответственно функционировать в ситуации цифровой трансформации экономики и общества, является одной из значимых задач школьного образования.

2. Работа над повышением уровня цифровой грамотности различных категорий обучающихся не может быть осуществлена без систематического мониторинга с целью определения проблемных аспектов.

3. Результаты исследования убедительно свидетельствует о различии в уровнях владения компонентами цифровой грамотности у различных учащихся, так и неравномерности развития каждого из таких компонентов у отдельно взятого обучающегося.

### **Введение**

Цифровизация экономики порождает новые требования к образовательной системе. Школьное образование все больше включается в процессы цифровой трансформации. При этом очевидно, что цифровая грамотность всех участников образовательного процесса (школьников, педагогов, руководителей учебных учреждений) являются как результатом цифровой трансформации, так и условием ее эффективной реализации. В этой связи одной из значимых задач средней школы является подготовка выпускников, обладающих информационной грамотностью, навыками цифровой коммуникации, представлениями о цифровых угрозах и способах их преодоления, то есть компонентами цифровой грамотности на уровне достаточном для участия в жизни цифрового общества и продолжения образования с целью подготовки к профессиям будущего.

Еще в начале XXI века в Рекомендациях Европейского парламента [1], цифровая грамотность была включена в список основных ключевых компетенций, которые являются основой для обучения на протяжении всей жизни и важнейшим фактором устойчивого развития. Исследуя опыт пандемии, комиссия ЮНЕСКО высказывает утверждение, что цифровая грамотность в совокупности с доступностью к цифровым технологиям является «одним из основных прав человека в двадцать первом веке» [2, с. 34].

В научных источниках можно встретить два, наиболее часто встречающихся, термина, имеющих отношение к данной проблеме: «цифровая компетентность» и «цифровая грамотность». Придерживаясь общих тенденций в трактовках этих понятий, исследователи

предлагают различные их определения. Так, например, N. Tsankov, I. Damyanov [3], раскрывая сущность цифровой компетентности, основываются на описании навыков, умений и стратегий, без которых нельзя обойтись при использовании цифровых технологий в обучении или профессиональной деятельности. В работах других авторов [4–6 и др.] в структуре данной компетентности кроме знаний, умений и навыков, особое внимание уделяют ценностям и убеждения личности в отношении полезности цифровых технологий и культуры их использования в различных контекстах, а также ответственности за разумное и правомерное их применение. Г. У. Солдатова, Е. И. Рассказова [7] при построении психологической модели цифровой компетентности выделяют эти же составляющие применительно к четырем основным сферам: контент, коммуникация, технологии и потребление.

Подобный подход просматривается и при определении понятия «цифровая грамотность». Отдельные исследователи [8, 9 и др.] особенно подчеркивают навыки, отвечающие за функциональное применение цифровых технологий. При этом J. D. Machin-Mastromatteo [9] указывает, что данный термин, понимаемый им как способность использовать технологические устройства для обработки информации, целесообразно рассматривать в единстве с информационной грамотностью (общей способностью к обработке и использованию информации) и новыми грамотностями (инновационными навыками взаимодействия с онлайн-контентом и социальными технологиями).

Интересной является точка зрения ряда авторов [10–12 и др.], исследующих цифровую грамотность в более широком контексте и связывающих ее с отдельным видом социальной практики, для которой важна не только и не столько инструментальная составляющая, сколько готовность к цифровому мышлению и определенное видение процессов цифровизации.

Отметим также, что в процессе анализа научных источников была обнаружена тенденция, характеризующая особенности контекстов использования терминов «цифровая компетентность» и «цифровая грамотность»: первый из них чаще встречается, если в статье идет обсуждение профессиональной деятельности индивида, в то время как второй термин авторы используют в широком спектре самых различных ситуаций и обстоятельств. Таким образом, цифровая грамотность – это термин, обобщающий качества человека, дающие ему возможность критически, продуктивно и ответственно применять современные цифровые технологии для решения образовательных, профессиональных и личностных задач.

Вопросы формирования и развития цифровой грамотности исследователи [13, 14 и др.] связывают с необходимостью специального обучения, которое соединит в себе предметную область, педагогику и технологический инструментарий. И только такое обучение, по мнению авторов, сможет внести вклад в подготовку каждого члена общества к реализации своих функций в различных сферах деятельности с использованием цифровых инструментов.

Работа над повышением уровня цифровой грамотности различных категорий обучающихся не может быть осуществлена без систематического мониторинга с целью определения проблемных аспектов. В научной литературе представлены различные методы, используемые для оценки уровня владения отдельными цифровыми навыками и цифровой грамотностью в целом: решение цифровых кейсов, комплексные диагностики, опросные методы. При этом в отношении учащихся школ авторы в большей степени ориентируются на самооценивание, которое реализуется в формате анкетирования. Разработка оценочного инструментария базируется на выборе валидных и измеримых индикаторов через операционализацию понятия цифровой грамотности, описание ее составляющих. Так модель цифровой грамотности, предложенная Европейской комиссией [15] объединяет пять групп компетенций: информационная грамотность, коммуникация и сотрудничество, создание цифрового контента, безопасность, решение проблем. Похожий подход наблюдается в требованиях к цифровым компетенциям педагогов, утвержденным в Казахстане [16].

Особого внимания заслуживают исследования развития цифровой грамотности школьников [17, 18, 19 и др.]. Авторы особо акцентируют внимание на то, что цифровую

грамотность сегодняшних школьников, которых принято причислять к цифровому поколению, нельзя считать достаточной. Кроме того, нельзя не согласиться с мнением А. П. Глухова [19], который особо подчеркивает, что концепция цифровой грамотности обучающихся должна выстраиваться таким образом, чтобы данная компетенция выступала элементом цифровой культуры индивида, которая, в свою очередь, является компонентом общей его культуры. Таким образом, анализ научной литературы позволяет сделать вывод о том, что представление об уровне владения цифровой грамотностью отдельного школьника можно получить, если исследовать степень развития ее составляющих в совокупности.

Цель статьи – эмпирически исследовать представления учащихся школ об уровне собственной цифровой грамотности, сформулировать принципы, реализация которых в обучении школьников информатике обеспечит развитие у них совокупности компонентов цифровой грамотности.

### **Методология исследования**

В качестве теоретико-методологической основы исследования использована концепция цифровой грамотности. В процессе теоретического анализа были обобщены подходы к определению понятия «цифровая грамотность» и определены методы, использование которых позволяют делать обоснованные выводы об уровне сформированности цифровой грамотности и подходы к ее развитию у различных групп обучающихся.

Для получения эмпирических данных были разработаны анкеты, использование которых нацелено на оценку школьников собственного уровня цифровой грамотности. Вопросы анкеты формулировались в основном с ориентацией на каждый из компонентов, выделенных Европейской комиссией [15]. Изменения состояли лишь в том, что: были добавлены вопросы, относящиеся к сфере здоровьесбережения в процессе работы с цифровыми технологиями. Таким образом, были составлены две анкеты. Учитывая, что респондентами будут школьники, которые, возможно, не склонны много времени уделить опросу, количество вопросов в анкетах было сведено к минимально возможному, чтобы получить необходимое представление о цифровых знаниях и навыках опрашиваемых. Также при разработке анкет учитывалось то, что должен знать и уметь школьник соответствующего класса согласно Типовой учебной программе по учебному предмету «Информатика».

Анкета для школьников 5-8 класса состояла из вопросов, представляющих данные о респондентах (класс и школа) и 8 вопросов, непосредственно предназначенных для самооценки. Вопросы о классе и школе были включены в анкету, для того чтобы, в случае необходимости, была возможность провести дополнительный анализ, например, установить различия в уровне развития цифровой грамотности учащихся городских и сельских школ. В анкету для учащихся 9-11 класса были дополнительно добавлены 4 вопроса, которые в большей мере направлены на самооценивание школьниками своих навыков использования ряда цифровых инструментов для обучения, коммуникации и взаимодействия в социальных сетях, а также для решения проблем, с которыми школьники сталкиваются в повседневной жизни. Вопросы анкет были размещены на платформе google. Ссылки на анкеты были направлены вместе с сопровождающим письмом в разные школы. Участие в анкетировании было добровольным. Более подробно о сути вопросов можно получить представление в следующем разделе статьи. В анкетировании приняли участие 105 учащихся 5-8 классов и 152 школьника 9-11 классов.

### **Результаты исследования**

Первые два вопроса анкеты касались здоровьесбережения при взаимодействии с цифровыми инструментами. Ответы на вопрос о времени, которое учащиеся проводят в интернете, отображены на рисунке 1. Результаты представляются достаточно тревожными. Так четвертая часть школьников 5-8 классов и около 30% учащихся 9-11 классов проводят в интернете от 3 до 5 часов в день. Больше 5 часов ежедневно в интернете находятся около трети

детей 5-8 классов и более 38% школьников 9-11 классах. И это в то время, когда родители школьников постоянно жалуются на сильную загруженность детей и недостаток времени для подготовки к урокам. Отвечая на вопрос о том, для чего именно они используют свой компьютер более 60% учащихся 5-8 классов и около 80% респондентов, относящихся к группе 9-11 классов, указали, что они играют в компьютерные игры, проводят время в You Tube, Instagram и т.п.



- 1 – только на уроках информатики;
- 2 – кроме уроков информатики в среднем меньше 1 часа в день;
- 3 – кроме уроков информатики в среднем от 1 часа до 3 часов в день;
- 4 – кроме уроков информатики в среднем от 3 до 5 часов в день;
- 5 – кроме уроков информатики в среднем больше 5 часов в день.

Рисунок 1. Результаты ответов на вопрос «Сколько времени вы проводите в интернете?» (данные округлены до сотых)

Также вызывает тревогу, что более 30% учащихся обеих возрастных групп только иногда делают перерывы, работая на компьютере, а 20% школьников 5-8 классов и более 25% учащихся 9-11 классов такие перерывы делают очень редко или никогда (рисунок 2). Таким образом, проблема здоровьесбережения в аспекте взаимодействия обучающихся с цифровыми технологиями требует более ответственного отношения, прежде всего, со стороны родителей, а также самих школьников.



- 1 – всегда; 2 – почти всегда; 3 – иногда; 4 – очень редко; 5 – никогда.

Рисунок 2. Результаты ответов на вопрос «Когда работаю на компьютере, делаю перерывы через каждые 30-40 минут...» (данные округлены до сотых)

Примечательно также, что нашлись четыре ребенка, которые указали, что у них нет своего компьютера, и они взаимодействуют с цифровыми технологиями только на уроках информатики. Такие ответы наводят на мысль, что требуются дополнительные исследования для более скрупулезного изучения проблемы цифрового неравенства. Следующие вопросы касались компонента цифровой грамотности, который в модели, предложенной Европейской комиссией, обозначен как «безопасность». Отвечая на вопрос «Умеете ли вы оценить

достоверность информации, полученной из интернета?» 30,47% учащихся 5-8 классов считают, что всегда могут отличить достоверную информацию от недостоверной и еще 35,24% – почти всегда. Среди старших школьников таких 24,34% и 55,25 % соответственно (рисунок 3). В то же время только 4 респондента из группы 5-8 классов (3,81%) и 2 учащихся (1,32%) из группы 9-11 классов признались, что не могут различать правдивость информации, найденной в интернете. Интересен тот факт, что процент полностью уверенных в своей готовности отличить правдивую информацию от фейковой среди школьников среднего звена больше, чем в возрастной группе 9-11 классов. Анализ этих данных, пусть косвенно, но все же свидетельствует о недостаточно развитом критическом мышлении представителей цифрового поколения, что выражается в неумении точно оценить свои собственные знания, навыки и качества.



1 – всегда; 2 – почти всегда; 3 – иногда; 4 – очень редко; 5 – никогда.

Рисунок 3. Результаты ответов на вопрос «Умеете ли вы оценить достоверность информации, полученной из интернета?» (данные округлены до сотых)

На вопрос, дополняющий анкету для старших школьников «Я осторожно отношусь ко всякого рода письмам, в которых требуется перейти по ссылке или ввести свои личные данные» 69,08% респондентов выбрали ответ «всегда». Однако 7 (4,61 %) учащихся ответили «никогда» и 5 (3,2 %) – очень редко. Именно такие школьники могут стать удобными объектами для деятельности мошенников.

Еще один вопрос, связанный с обеспечением безопасности при использовании цифровых технологий, касался программного обеспечения, установленного на личных компьютерах респондентов (рисунок 4). Только 17,14 % школьников 5-8 классов и 35,52% учащихся 9-11 классов считают, что на их компьютере все программы лицензионные. При этом 60% и 28,29% представителей этих групп обучающихся соответственно не знают, а скорее всего, просто не задавались вопросом о том, каким программным обеспечением они пользуются.



1 – все лицензионные; 2 – почти все лицензионные; 3 – почти все нелицензионные; 4 – все нелицензионные; 5 – не знаю.

Рисунок 4. Результаты ответов на вопрос «Программы, установленные на моем компьютере» (данные округлены до сотых)

Результаты ответов на следующие два вопроса дают понимание того, как сами школьники оценивают собственные навыки, необходимые для поиска, обработки и хранения информации (информационная грамотность) и свой уровень владения графическими, текстовыми и мультимедийными инструментами, относящиеся к компоненту цифровой грамотности «создание цифрового контента». Представители обеих групп респондентов выше всего оценивают свои навыки в эффективном подборе ключевых слов для поиска информации в интернете (рисунок 5).

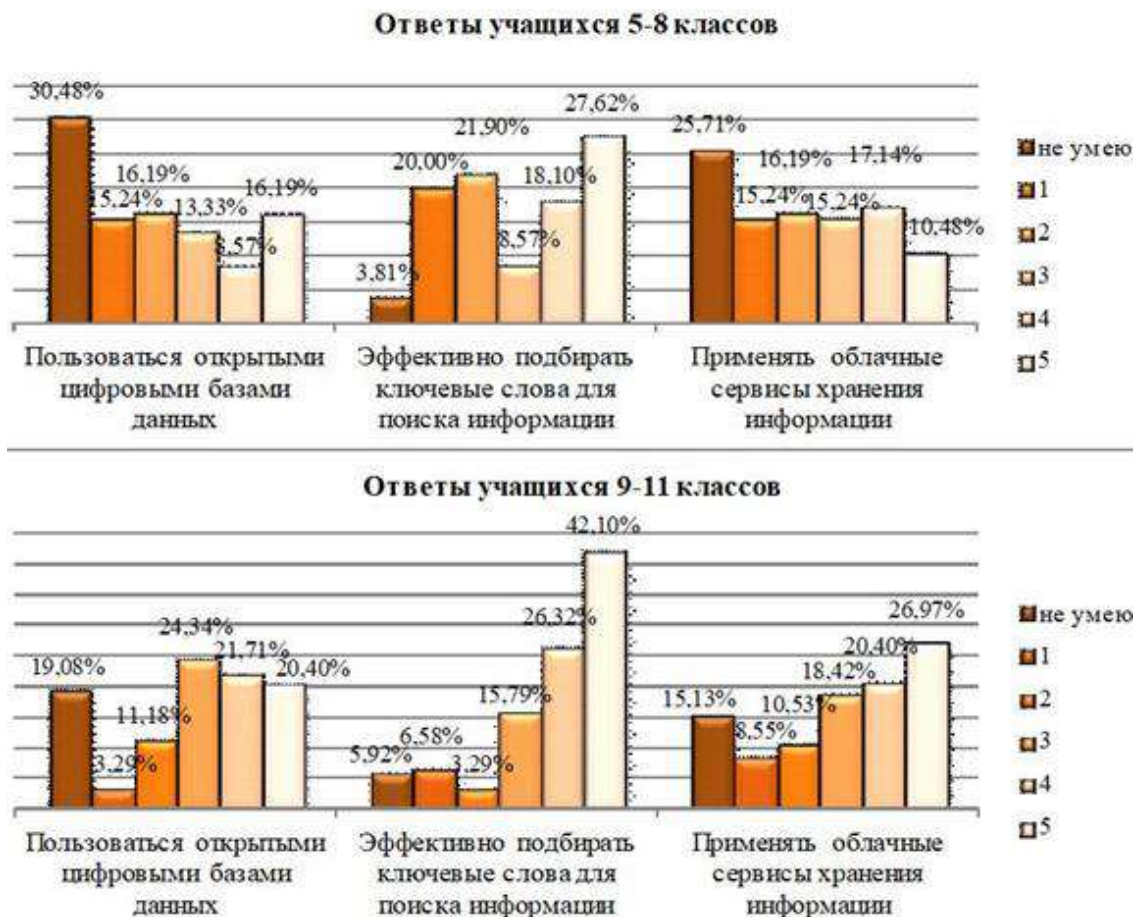


Рисунок 5. Оценка учащимися своего уровня развития информационного компонента цифровой грамотности (данные округлены до сотых)

В то же время опыт работы свидетельствует о том, что не только школьники, но зачастую и студенты, в большинстве случаев вообще не задумываются о ключевых словах в их истинном понимании. Осуществляя поиск информации, обучающиеся просто вводят в строку поиска ту тему или вопрос, материал по которым нужно найти. В результате, если учитель или преподаватель вуза формулирует вопрос достаточно оригинально, то учащиеся часто терпят неудачу или находят не совсем то, что нужно.

Средний уровень навыков информационной грамотности по результатам самооценки у учащихся 5-8 классов составляет 2,39, для представителей 9-11 классов – 3,22. Информационная грамотность школьников, несомненно, развивается в процессе школьного обучения, однако остается все еще на невысоком уровне.

Респонденты, обучающиеся в 5-8 классах, оценивая свои навыки владения цифровыми инструментами, полагают, что лучше всего они умеют создавать презентации. Но даже и здесь только 27,62% учащихся поставили себе пятерку (рисунок 6). Школьники 9-11 классов более уверены в своих навыках, которые они применяют в процессе работы с текстовыми редакторами. По этому пункту 39,38% респондентов данной возрастной группы оценили себя



на отлично. Средняя оценка собственных навыков создания цифрового контента учащимися 6-8 классов составляет 2,76, а школьниками 9-11 классов – 3,26. Средняя самооценка по совокупности навыков этой части исследования 3,98.

В анкете, рассчитанной на возрастную группу 9-11 классов, также были вопросы, направленные на самооценивание школьниками своих навыков, которые относятся к компонентам цифровой грамотности «коммуникация и сотрудничество» и «решение проблем». Результаты ответов на эти вопросы обобщены на рисунке 7.

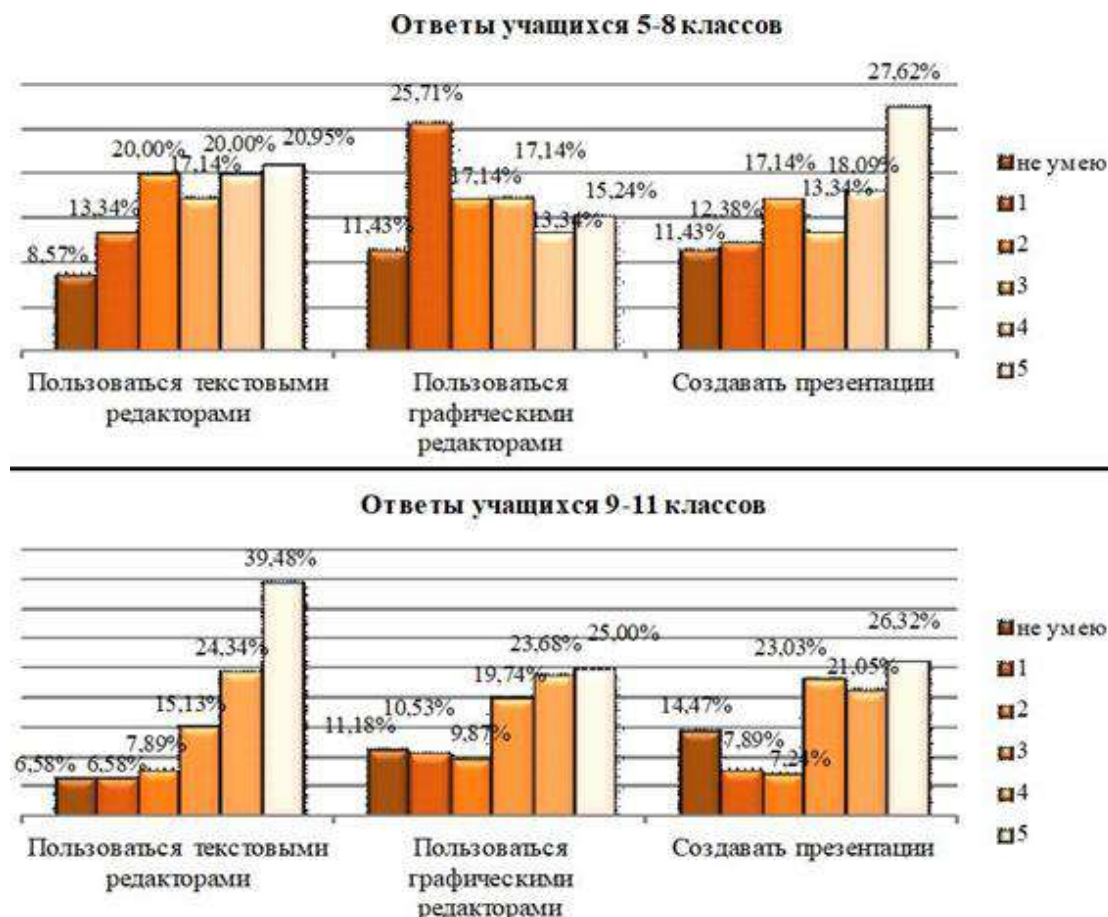


Рисунок 6. Оценка учащимися своего уровня навыков владения цифровыми инструментами (данные округлены до сотых)

Как видно из представленных диаграмм, учащиеся старших классов достаточно высоко оценивают себя по этим группам компонентов. Более низкие оценки школьники выставляют себе, определяя свой уровень владения навыками пользования сервисами видеоконференц-связи, а также в использовании антивирусных программ: 38,81 % и 42,10% пятерок соответственно. Также именно по этим пунктам больше всего респондентов выбрали ответ «не умею», указав на отсутствие соответствующих навыков. Выше всего школьники оценивают свой уровень владения навыками по пункту использования Google maps, Яндекс картами, 2ГИС. По данному пункту 73,69% обучающихся поставили себе пятерки. Такие результаты можно объяснить, прежде всего, тем, что цифровые инструменты, используемые респондентами для коммуникации и решения различных проблем не только являются предметом изучения в курсе информатики, но и частью повседневной жизни.

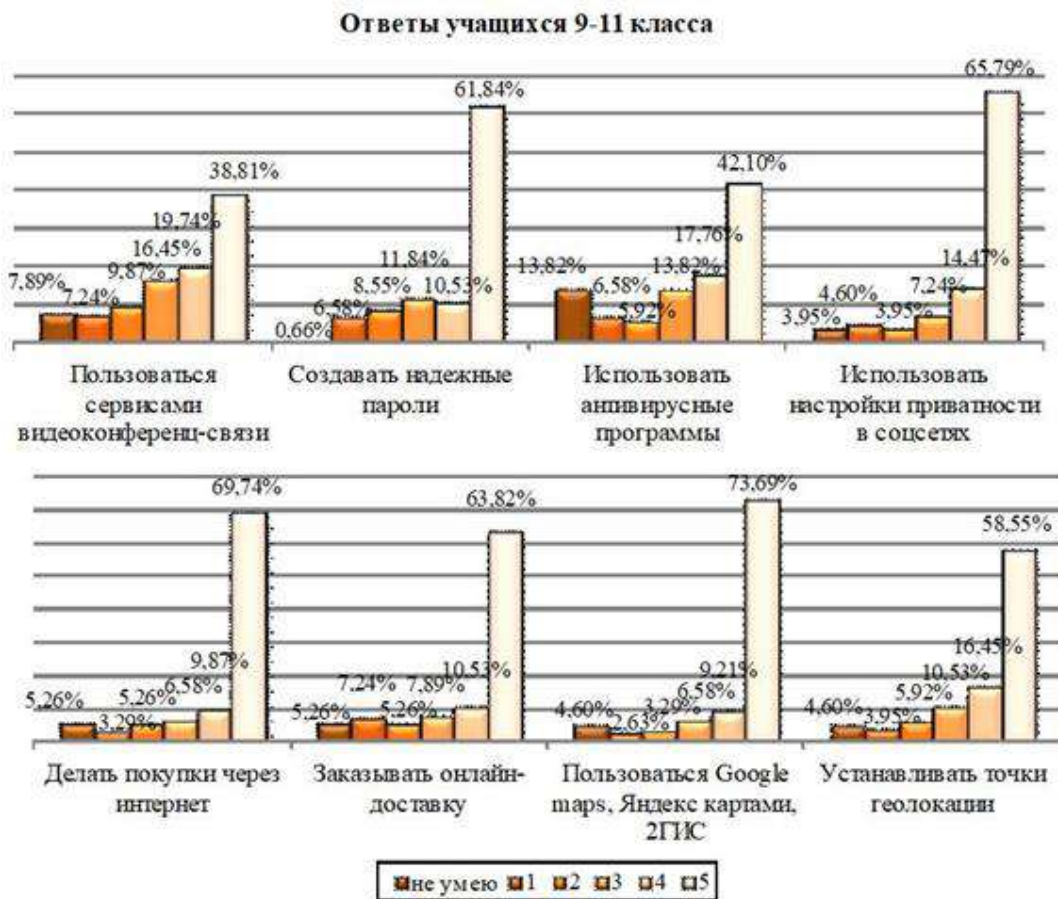


Рисунок 7. Оценка учащимися своего уровня навыка коммуникации и решения проблем с использованием цифровых технологий (данные округлены до сотых)

### Дискуссия

В обсуждении полученных на основе анкетирования результатов обозначим те аспекты, на которые, как представляется авторам статьи, необходимо обратить внимание.

Во-первых, анализ результатов убедительно свидетельствует об имеющемся разбросе в уровне освоения учащимися отдельных компонентов цифровой грамотности и навыков их определяющих. В этой связи стоит отметить связь проблемы развития цифровой грамотности обучающихся с проблемой цифрового неравенства: отсутствие полноценного доступа к цифровым технологиям препятствует формированию и совершенствованию цифровых навыков; в свою очередь, как отмечают исследователи [19, 20], низкий уровень цифровой грамотности значительно снижает возможность эффективного функционирования в современной ситуации цифровой трансформации, а следовательно уменьшает шансы на устранение цифрового неравенства.

Во-вторых, поскольку в значительной степени цифровые технологии используются современными школьниками для развлечения, коммуникации, взаимодействия и решения отдельных жизненных проблем, то не случайно, что по этим пунктам респонденты поставили себе более высокие оценки. Однако такое использование технологий скорее можно считать пассивным, поскольку задействует весьма ограниченный функционал знаний и навыков, часто базируется на клиповом мышлении и не способствует глубокому и всестороннему освоению цифровых инструментов. Кроме того, именно эта сторона цифровизации вызывает особое беспокойство, поскольку существует множество рисков, как в контексте информационной безопасности, так и в отношении здоровья школьников. К сожалению, родители не всегда могут помочь детям избежать проблем и оказать поддержку в затруднительных ситуациях.

Более того, часто характер взаимодействия родителей с цифровыми технологиями служит примером для их детей, причем зачастую нежелательным.

В-третьих, навыки, определяющие способность обучающихся создавать собственные цифровые продукты или контент, получили у респондентов достаточно низкую оценку. В то же время именно эти составляющие цифровой грамотности имеют наибольшее значение для развития других ее компонентов.

В-четвертых, как это было отмечено при описании результатов исследования, высокие оценки школьниками своих навыков, связанных с поиском и критической оценкой информации не в полной мере соответствуют действительности. Более того, в связи с тем, что перед школьниками не ставится реальных практических задач, решение которых требует самостоятельного и грамотного использования цифровых технологий, у них проявляется ложное представление собственной компетентности и по другим компонентам цифровой грамотности.

В-пятых, немалый вклад в решение проблемы развития цифровой грамотности современной молодежи может и должна внести школа. Школьные педагоги должны не только заботиться о поддержании собственной готовности использовать цифровые технологии в профессиональной и социальной сферах, но и выступать в качестве цифровых наставников для школьников. Одной из важных задач цифрового наставничества является развитие у обучающихся способности определять и самостоятельно выстраивать цифровые стратегии для конкретных ситуаций, а не использовать технологии только ради следования современным тенденциям. Наиболее существенная роль в этом аспекте отводится учителю информатики.

Информатика – один из предметов школьного курса, содержание которого требует постоянного и своевременного обновления в ответ на появление новых цифровых инструментов и технологий. С другой стороны, каким бы актуальным не было содержание данной дисциплины на момент его освоения конкретным школьником, оно достаточно быстро будет устаревать по мере совершенствования технологий и программного обеспечения. Поэтому для учителя информатики важно не только быть в курсе тенденций развития цифровых технологий, поддерживая действенность и актуальность собственных знаний и навыков, но и формировать готовность и способность школьников к непрерывному самообучению в данном направлении. Представляется, что именно в процессе обучения информатике учитель будет мотивировать учащихся на освоение цифровых инструментов, формировать их как потребителей и активных создателей качественных цифровых продуктов, нацеливать на ответственное и сознательное взаимодействие с цифровой средой, на противодействие ее рискам и угрозам.

Следует также отметить, что именно учитель информатики должен быть инициатором обновления цифровых инструментов, определяющих образовательную среду школы. Кроме того, школьные педагоги и, прежде всего учителя информатики, должны вести просветительскую работу среди родителей учащихся, направленную на разъяснение всех плюсов и минусов, которые могут возникнуть в процессе взаимодействия их самих и их детей с цифровыми технологиями. Повышение уровня цифровой грамотности родителей обучающихся внесет свой вклад в развитие этой важной компетенции у самих школьников.

### **Заключение**

Таким образом, цифровая грамотность, представляющая собой многокомпонентную характеристику, обуславливающую способности человека критически, продуктивно и ответственно функционировать в ситуации цифровой трансформации экономики и общества базируется на сложном комплексе знаний, навыков, мотивов и ценностей. Проведенное исследование позволяет сделать вывод как о различии в уровнях владения компонентами цифровой грамотности у различных учащихся, так и неравномерности представленности каждого из таких компонентов у отдельно взятого обучающегося.

Ведущая роль в развитии цифровой грамотности современного школьника принадлежит информатике. Полученные в процессе исследования представления о цифровых дефицитах сегодняшних учеников и их анализ, обосновывают ряд принципов, соблюдение которых позволит в обучении информатике сократить подобные дефициты:

–принцип динамизма ориентирует на своевременное обновление содержания курса информатики, методов обучения и инструментально-технологического обеспечения в соответствии с развитием цифровой действительности;

–принцип полифункциональности содержания фокусирует внимание на реализации широких возможностей курса информатики в направлении достижения образовательных целей, одной из которых является развитие совокупности компонентов цифровой грамотности обучающихся;

–принцип непрерывного обучения нацеливает на формирование готовности школьников к постоянному совершенствованию собственных цифровых навыков, которые будут востребованы при вновь возникающих цифровых инновациях в течение всей жизни;

–принцип практикоориентированности требует в процессе обучения использования таких методов, приемов и технологий, которые будут подразумевать использование цифровых навыков обучающихся для решения практических задач;

–принцип культуросообразности, указывает на необходимость формирования цифровой грамотности школьников, в том числе, и через приобщение их к системе культурных ценностей развитие их мировоззрения, социальных устремлений и личностных мотивов, развитие готовности к саморегуляции своего цифрового поведения;

–принцип педагогической поддержки, ориентирует на обеспечение цифрового наставничества со стороны учителя и содействие созидательной активности школьника;

–принцип информационной достаточности, требует, чтобы в обучении взаимодействие школьников с информационными ресурсами выстраивалось в русле полного цикла работы с информацией: поиск информации с применением эффективных стратегий; критическое осмысление и анализ найденной информации, оценка ее объективности, актуальности и полезности; структурирование информации, полученной из многообразных сетевых источников, приведение ее в систему; создание собственного информационного продукта в соответствии с заданными условиями.

Несомненно, реализация системы описанных принципов предъявляет особые требования к профессиональной компетентности учителя информатики. Таким образом, возникает вопрос о необходимости специальных исследований, направленных на решение проблемы обеспечения качества вузовской подготовки будущих учителей информатики, достаточного для их эффективной профессиональной деятельности в ситуации цифровой экономики. Также актуальными будут исследования, цель которых точечная конкретизация причин цифрового неравенства и поиск научно обоснованных подходов к его снижению.

#### Список использованных источников

[1] *Recommendation of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning, OJ L 394, 2006. p. 10-18. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32006H0962>.*

[2] *UNESCO. Reimagining our futures together: A new social contract for education. Report from the international commission on the futures of education. 2021. 186 p. URL: <http://www.unesco.org/open-access/terms-useccbysaen>*

[3] *Tsankov N., Damyanov I. Education majors' preferences on the functionalities of e-learning platforms in the context of blended learning // International Journal Of Emerging Technologies In Learning. 2017. Vol. 12(5). P. 202–209. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i05.6971>*

[4] *Scuotto V., Morellato M. Entrepreneurial knowledge and digital competence: Keys for a success of student entrepreneurship // Journal of the Knowledge Economy. 2013. Vol. 4(3). P. 293–303. <https://doi.org/10.1007/s13132-013-0155-6>*

- [5] Cazco G. H. O., González M. C., Abad F. M., Altamirano J. E. D. & Mazón M. E. S. *Determining factors in acceptance of ICT by the University faculty in their teaching practice // ACM International Conference Proceeding Series, 02-04 November. 2016. P. 139–146. <https://doi.org/10.1145/3012430.3012509>*
- [6] Шолпанкулова Г.К., Ермакова М. Болашақ педагог-психологтардың цифрлық құзыреттілігінің құрылымы және мазмұны // Абай атындағы ҚазҰПУ, Хабаршы, «Педагогикалық ғылымдары» сериясы. 2023. № 77(1). 20–29. <https://doi.org/10.51889/1728-5496.2023.1.76.003>
- [7] Солдатова Г. У., Рассказова Е. И. *Психологические модели цифровой компетентности российских подростков и родителей // Национальный психологический журнал. 2014. № 2(14). С. 25–31. <https://doi.org/10.11621/npj.2014.0204>*
- [8] Gourlay, L. *Posthuman texts: Nonhuman actors, mediators and the digital university // Social Semiotics. 2015. № 25 (4). P. 484–500. <https://doi.org/10.1080/10350330.2015.1059578>*
- [9] Machin-Mastromatteo J. D. *Participatory action research in the age of social media: Literacies, affinity spaces and learning // New Library World. 2012. Vol. 113(11). P. 571–585. <https://doi.org/10.1108/03074801211282939>*
- [10] Tang C. M., Chaw L. Y. *Digital literacy: A prerequisite for effective learning in a blended learning environment? // Electronic Journal of e-Learning. 2016. Vol. 14(1). P. 54–65. URL: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1099109>.*
- [11] Pates D., Sumner N. *E-learning spaces and the digital university // The International Journal of Information and Learning Technology. 2016. Vol. 33(3). P. 159–171 <https://doi.org/10.1108/IJILT-10-2015-0028>*
- [12] Хеннер Е. *О стиле мышления, связанном с информатизацией образования // Вестник КазНПУ им. Абая Серия «Физико-математические науки». 2020. № 71(3). С. 272–275. <https://doi.org/10.51889/2020-3.1728-7901.42>.*
- [13] Lund A., Furberg A., Bakken J. & Engelen K. L. *What does professional digital competence mean in teacher education? // Nordic Journal of Digital Literacy. 2014. Vol. 9(4). P. 281–299. <https://doi.org/10.18261/ISSN1891-943X-2014-04-04>*
- [14] Tondeur J., Scherer R., Baran E., Siddiq F., Valtonen T., Sointu E. *Teacher educators as gatekeepers: Preparing the next generation of teachers for technology integration in education // British Journal of Educational Technology. 2019. Vol. 50(3). P. 1189–1209. <https://doi.org/10.1111/bjet.12748>*
- [15] Punie Y., Redecker C. *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu, EUR 28775 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. 2017. <https://doi.org/10.2760/178382>*
- [16] Приказ Министра образования и науки Республики Казахстан от 4 августа 2020 года № 330 Об утверждении Методических рекомендаций по требованиям к цифровым компетенциям педагогов. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=32174864](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=32174864)
- [17]. Бороненко Т.А., Кайсина А.В., Федотова В.С. *Характеристика и уровневая оценка цифровой грамотности школьников // Перспективы науки и образования. 2021. № 2(50). С. 256–277. <https://doi.org/10.32744/pse.2021.2.18>.*
- [18] Бидайбеков Е., Босова Л., Ошанова, Н. *Обучение школьной информатике в условиях цифровизации образования // Вестник КазНПУ им. Абая Серия «Физико-математические науки». 2021. 73(1). С. 161–168. <https://doi.org/10.51889/2021-1.1728-7901.23>.*
- [19] Глухов А. П. *Становление концепта цифровой грамотности в области исследований образования. // Концепция цифровой грамотности в системе общего и среднего профессионального образования: уровни, структура, возрастная динамика (сборник материалов исследования – Томск: Издательство ТГПУ, 2023. – С. 7-19*
- [20] Van Deursen A.J., Helsper E., Eynon R., Van Dijk J.A. *The compounders and sequentially of digital inequality // International Journal of Communication. 2017. Vol. 11. P. 452–473*

#### References

- [1] Recommendation of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning, OJ L 394, 2006. p. 10-18. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32006H0962>.
- [2] UNESCO. *Reimagining our futures together: A new social contract for education. Report from the international commission on the futures of education. 2021. 186 p. URL: <http://www.unesco.org/open-access/terms-use/ccbysa/en>*

- [3]Tsankov N., Damyanov I. (2017). *Education majors' preferences on the functionalities of e-learning platforms in the context of blended learning* // *International Journal Of Emerging Technologies In Learning*. 12(5). 202–209. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i05.6971>
- [4]Scuotto V., Morellato M. (2013). *Entrepreneurial knowledge and digital competence: Keys for a success of student entrepreneurship*. *Journal of the Knowledge Economy*. 4(3). 293–303. DOI: 10.1007/s13132-013-0155-6 8.
- [5]Cazco G. H. O., González M. C., Abad F. M., Altamirano J. E. D. & Mazón M. E. S. (2016). *Determining factors in acceptance of ICT by the University faculty in their teaching practice*. *ACM International Conference Proceeding Series*, 02-04 November. 139–146. <https://doi.org/10.1145/3012430.3012509>
- [6]Sholpankulova G.K., Ermekova M. (2023). *Bolashak pedagog-psihologtardyn cifrlyk kzyrettiliginin kyrylymy zhane mazmuny [Structure and content of digital competence of future educational psychologists]*. *Abaj atyndagy KazUPU, Habarshy, «Pedagogikalyk gylymdary» serijasy*. 77(1). 20–29. <https://doi.org/10.51889/1728-5496.2023.1.76.003> (In Kazakh)
- [7]Soldatova G.U., Rasskazova E.I. (2014). *Psihologicheskie modeli cifrovoj kompetentnosti rossijskih podrostkov i roditel'ej [Psychological models of digital competence of Russian teenagers and parents]*. *Nacional'nyj psihologicheskij zhurnal*. 2(14). 25–31. <https://doi.org/10.11621/npj.2014.0204> (In Russian)
- [8]Gourlay, L. *Posthuman texts: Nonhuman actors, mediators and the digital university* // *Social Semiotics*. 2015. № 25 (4). P. 484–500. <https://doi.org/10.1080/10350330.2015.1059578>
- [9]Machin-Mastromatteo J. D. (2012). *Participatory action research in the age of social media: Literacies, affinity spaces and learning*. *New Library World*. 113(11). 571–585. <https://doi.org/10.1108/03074801211282939>
- [10]Tang C. M., Chaw L. Y. (2016). *Digital literacy: A prerequisite for effective learning in a blended learning environment?* *Electronic Journal of e-Learning*. 14(1). 54–65. URL: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1099109>.
- [11]Pates D., Sumner N. (2016). *E-learning spaces and the digital university*. *The International Journal of Information and Learning Technology*. 33(3). 159–171 <https://doi.org/10.1108/IJILT-10-2015-0028>
- [12]Henner E. (2020). *O stile myshlenija, svjazannom s informatizaciej obrazovanija [On the style of thinking associated with the informatization of education]*. *Vestnik KazNPU im. Abaja Serija «Fiziko-matematicheskie nauki»*. 71(3). 272–275. <https://doi.org/10.51889/2020-3.1728-7901.42>. (In Russian)
- [13]Lund A., Furberg A., Bakken J. & Engelién K. L. (2014). *What does professional digital competence mean in teacher education?* *Nordic Journal of Digital Literacy*. 9(4). 281–299. <https://doi.org/10.18261/ISSN1891-943X-2014-04-04>
- [14]Tondeur J., Scherer R., Baran E., Siddiq F., Valtonen T., Sointu E. (2019). *Teacher educators as gatekeepers: Preparing the next generation of teachers for technology integration in education*. *British Journal of Educational Technology*. 50(3). 1189–1209. <https://doi.org/10.1111/bjet.12748>
- [15]Punie Y., Redecker C. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*, EUR 28775 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/178382>
- [16]Prikaz Ministra obrazovanija i nauki Respubliki Kazahstan ot 4 avgusta 2020 goda № 330 Ob utverzhdenii Metodicheskikh rekomendacij po trebovanijam k cifrovym kompetencijam pedagogov. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=32174864](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=32174864) (In Russian)
- [17]Boronenko, T. A., Kaysina, A. V., Fedotova, V. S. (2021). *Harakteristika i urovnevaja ocenka cifrovoj gramotnosti shkol'nikov [Characteristics and level assessment of digital literacy of schoolchildren]*. *Perspektivy nauki i obrazovanija*. 2(50). 256–277. <https://doi.org/10.32744/pse.2021.2.18>. (In Russian)
- [18]Bidaibekov E., Bosova L., Oshanova N. (2021). *Obuchenie shkol'noj informatike v uslovijah cifrovizacii obrazovanija [Teaching school computer science in the context of digitalization of education]*. *Vestnik KazNPU im. Abaja Serija «Fiziko-matematicheskie nauki»*. 73(1). 161–168. <https://doi.org/10.51889/2021-1.1728-7901.23>. (In Russian)
- [19]Glukhov A.P. (2023). *Stanovlenie koncepta cifrovoj gramotnosti v oblasti issledovanij obrazovanija. //Konceptija cifrovoj gramotnosti v sisteme obshhego i srednego professional'nogo obrazovanija: urovni, struktura, vozrastnaja dinamika (sbornik materialov issledovanija) [Formation of the concept of digital literacy in the field of educational research. The concept of digital literacy in the system of general and secondary vocational education: levels, structure, age dynamics (collection of research materials)]*. Tomsk: TSPU Publishing House, 7–19. (In Russian)
- [20]Van Deursen A.J., Helsper E., Eynon R., Van Dijk J.A. (2017). *The compounders and sequentially of digital inequality* // *International Journal of Communication*. 11. 452–473.

Г.Д. Кошанова<sup>1\*</sup> , М.Д. Кошанова<sup>1</sup> , А.Ж. Абдулатипов<sup>1</sup> 

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

\*e-mail: [gulnazira.koshanova@ayu.edu.kz](mailto:gulnazira.koshanova@ayu.edu.kz)

## РОБОТОТЕХНИКАНЫ ОҚЫТУДА ВИРТУАЛДЫ ЗЕРТХАНАЛАРДЫ ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІКТЕРІ

### *Аңдатпа*

Робототехниканы оқытуда зертханалық жұмыстарды орындауда көптеген құралдар пайдаланылады, бірақ оларды толық құрамда қамтамасыз ету құнының жоғары болуына байланысты қиындық тудырады. Роботтарды құрастыру білім алушылардан көп уақыт бөлуді, тиянақтылық пен жауапкершілікті талап етеді. Виртуалды зертхана осы мәселелерді шешеді, білім алушыларды шабыттандырады және сабаққа деген ынтасын, қызығушылықтарын оятады. Tinker Cad және кейбір платформалардың жалпыға қолжетімді, қолдануға жеңіл тегін болуына байланысты зертханалық жұмысты толыққанды жүргізуге мүмкіндік береді. Сол себепті, робототехниканы оқытуда виртуалды зертхананы қолданудың мүмкіндіктерін айқындау өзекті мәселе болып табылады. Зерттеуіміздің мақсаты - робототехниканы оқытуда виртуалды зертханаларды қолданудың мүмкіндіктерін, қажеттіліктерін айқындау. Зерттеудің міндеттері виртуалды зертханалардың әр түрлі онлайн платформалары арасынан оқытуға тиімділерін талдау, робот құрастыруды моделдеуде қолдану жолдарын көрсету және ЖОО оқытушылары арасында робототехниканы оқытуда қолданудың қажеттілігін анықтау болып табылады. Мақалада робот құрастырудағы виртуалды зертханалар зерттелді, онлайн платформалардың арасынан робототехниканы оқытуға тиімдісін талдау бойынша Tinker Cad виртуалды зертханасының тиімділігі анықталды. Tinker Cad виртуалды зертханасын робот құрастыруды моделдеуде қолдану мысалы түсіндірілген. Бұл мысал есепте Tincer Cad виртуалды зертхана ортасында Arduino-ны қолдана отырып, бағдаршамның жарық диодтарын жағу тапсырмасы қарастырылған. Сонымен қатар, оқытушылар арасында робототехниканы оқытуда виртуалды зертханаларды қолданудың қажеттілігін, мүмкіндігін анықтау үшін жүргізілген сауалнаманың нәтижесі ұсынылған. Нәтижеге сәйкес Tincer Cad виртуалды зертханасында орындалатын жұмыстардың тиімділігі мысал арқылы көрсетіліп, виртуалды зертханалардың динамикалық және интерактивті сипаты оқушылардың шығармашылық қабілеттері мен тапсырмаларды шешу дағдыларын дамытуға ықпал ететіндігі сауалнама нәтижесі арқылы дәлелденді.

Зерттеу барысында сауалнама жүргізу, анализ, синтез, мәліметтерді интерпретациялау сияқты зерттеудің жалпыға ортақ әдістері қолданылды.

**Түйін сөздер:** виртуалды зертхана, робототехника, модельденген тапсырмалар, білім алушылар.

Г.Д. Кошанова<sup>1</sup>, М.Д. Кошанова<sup>1</sup>, А.Ж. Абдулатипов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави,  
г. Туркестан, Казахстан

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ В ОБУЧЕНИИ РОБОТОТЕХНИКЕ

### *Аннотация*

При обучении робототехнике в выполнении лабораторных работ используется большое количество инструментов, но это вызывает затруднения из-за высокой стоимости их обеспечения в полном составе. Сборка роботов требует от учащихся много времени, тщательности и ответственности. Виртуальная лаборатория решает эти проблемы, вдохновляет учащихся и пробуждает энтузиазм, интерес к занятиям, позволяет полноценно проводить лабораторную работу благодаря тому, что она общедоступна, проста в использовании и некоторые платформы бесплатны. Поэтому актуальным вопросом является определение возможностей использования виртуальной лаборатории в обучении робототехнике. Цель нашего исследования - выявить возможности, потребности использования виртуальных лабораторий в обучении робототехники. Задачами исследования являются анализ

эффективных для обучения виртуальных лабораторий среди различных онлайн-платформ, демонстрация способов применения робототехники в моделировании и определение необходимости применения робототехники в обучении среди преподавателей вузов. В статье исследованы виртуальные лаборатории в робототехнике, выявлена эффективность виртуальной лаборатории Tinker Cad по анализу эффективности обучения робототехнике среди онлайн-платформ. Объясняется пример использования виртуальной лаборатории Tinker Cad в моделировании сборки роботов. В этом примере задании рассматривается задача сжигания светодиодов светофора с использованием Arduino в виртуальной лабораторной среде Tincer Cad. Кроме того, представлен результат опроса, проведенного среди преподавателей для определения необходимости, возможности использования виртуальных лабораторий в обучении робототехнике. В соответствии с результатом эффективности работы, выполняемой в виртуальной лаборатории Tincer Cad, была продемонстрирована на примере, а результат опроса показал, что динамический и интерактивный характер виртуальных лабораторий способствует развитию творческих способностей и навыков решения задач у учащихся. В исследовании использовались общие методы исследования, такие как анкетирование, анализ, синтез, интерпретация данных.

**Ключевые слова:** виртуальная лаборатория, робототехника, смоделированные задания, обучающиеся.

G.D. Koshanova<sup>1</sup>, M.D. Koshanova<sup>1</sup>, A. Zh.Abdulapipov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi, Turkestan, Kazakhstan

## THE POSSIBILITIES OF USING VIRTUAL LABORATORIES IN ROBOTICS TRAININGS

### *Abstract*

In teaching robotics, many tools are used in the implementation of laboratory work, but their provision in full composition is problematic due to the high cost. Assembling robots requires students to devote a lot of time, diligence and responsibility. The virtual laboratory solves these problems, inspires students and Awakens motivation, interest in classes, allows you to carry out full-fledged laboratory work with the fact that it is publicly available, easy to use and some platforms are free. Therefore, the problem of determining the possibilities of using a virtual laboratory in teaching robotics is relevant. The purpose of our study is to identify the possibilities and needs of using virtual laboratories in teaching robotics. The objectives of the study are to analyze the effectiveness of virtual laboratories for teaching from different online platforms, to show ways of using robotics in modeling, and to identify the need to use robotics in teaching among university teachers. The article examined virtual laboratories in robot building, identified the effectiveness of the Tinker Cad virtual laboratory for analyzing the most effective for teaching robotics among online platforms. An example of using the Tinker CAD virtual laboratory in modeling a robot assembly is explained. This example report deals with the task of burning traffic light LEDs using Arduino in a Tincer Cad virtual laboratory environment. In addition, the results of a survey among teachers to determine the need, the possibility of using virtual laboratories in teaching robotics are presented. According to the results, the effectiveness of the work performed in the Tincer Cad virtual laboratory was demonstrated by example, and it was proved by the results of the survey that the dynamic and interactive nature of virtual laboratories contributes to the development of students' creative abilities and task-solving skills. In the course of the study were used such common research methods as survey, analysis, synthesis and interpretation of data.

**Keywords:** virtual laboratory, robotics, simulated tasks, students.

### **Негізгі ережелер**

Робототехниканы оқытуда робот құралдарын қолдану қымбатқа түсуі мүмкін. Екінші жағынан, виртуалды зертханалар білім алушылар робототехника принциптерін үйрене алатын қауіпсіз және үнемді ортаны қамтамасыз ете отырып, осы кедергілердің көпшілігін бұзатын балама ұсыну қажеттілігі бар. Робототехникалық виртуалды зертханалардың мүмкіндіктерін бастауыш сынып оқушыларына үйретуде виртуалды лабораторияларды қолдану ұсынылады. Бастауыш сынып оқушыларын робототехниканы оқытуда виртуалды лабораторияларды қолданудың ғылыми-теориялық және ғылыми-әдістемелік негіздеу және оның әдістемесін жетілдіріп, бастауыш сынып оқушыларына информатика пәнінде тәжірибелік-эксперименттен өткізу, ғылыми-әдістемелік ұсыныстар берілген.



## **Кіріспе**

Робототехника ғылыми-техникалық прогрестің негізгі бағыттарының бірі болып табылады. Қазіргі уақытта робототехникалық жүйелерді қолдану саласы ұдайы кеңейіп келеді. Бұл, ең алдымен, жоғары интеграцияланған электрондық схемалардың пайда болуымен, олардың жаппай шығарылуымен және қолжетімді бағамен байланысты. Бұрын әзірлеуге, жөндеуге және сүйемелдеуге көп күш жұмсауды қажет ететін нәрсе қазір микропроцессорлар, микроконтроллерлер, датчиктер түрінде қолжетімді. Бағдарламалық жасақтамада да осындай жағдайлар бар – көптеген коммерциялық және еркін бағдарламалық жасақтамалардың негізінде роботтардың қозғалысын басқару және жұмысын модельдеу жүйелерінің бағдарламалық жасақтамасы жасалады.

Екіншіден, бұл қуатты, қолжетімді дербес компьютерлердің пайда болуына байланысты. Электрондық және механикалық жүйелерді модельдеу үшін көлемді есептеу орталықтарын пайдалану қажет емес. Ғаламдық компьютерлік Интернет желісі түріндегі жалпыға қолжетімді байланыс құралының болуы әртүрлі ғылыми-зерттеу топтарының ғалымдарының бір-бірімен қарым-қатынасы кезінде шекаралардың болмауына мүмкіндік береді.

Үшіншіден, жауапты жұмыстарды орындау кезінде адамды алмастыра алатын арзан, сенімді және қарапайым жұмыс күшінің шұғыл қажеттілігімен байланысты ғылым мен техниканың осы бағытын дамытуға күшті ынталандыру бар. Бұл бағытта мамандандырылған роботтарға ғана емес, тұрмыстық және қызмет көрсету саласына арналған автономды көп функциялы құрылғыларға да көп көңіл бөлінуде.

Робототехниканы оқытуда робот құралдарын қолдану қымбатқа түсуі мүмкін және виртуалды зертханалар білім алушылар робототехника принциптерін үйрене алатын қауіпсіз және үнемді ортаны қамтамасыз ете отырып, осы кедергілерді бұзатын балама ұсынады. Сондықтан, робототехниканы оқытуда виртуалды зертханаларды қолданудың мүмкіндіктерін анықтау өзекті мәселе және біздің зерттеуіміздің мақсаты болып табылады.

Соңғы жылдары робототехника саласы автоматтандыру, жасанды интеллект және адам мен роботтың өзара әрекеттесуі туралы түсінігімізді өзгертті. Педагогтар білім алушыларды робототехникаға қызықтыру мен шабыттандырудың инновациялық әдістерінің бірі ретінде - виртуалды зертханаларды пайдалануда. Біз өз жұмысымызда педагогтардың виртуалды зертханаларды қолданатындығын анықтадық. Сонымен қатар, виртуалды зертханалардың онлайн платформалары арасынан тиімдісін талдап, Tinker Cad виртуалды зертханасын робот құрастыруды моделдеуде қолдану бойынша зерттеу нәтижесі берілді.

## **Зерттеу әдіснамасы**

Қазіргі кезде «виртуалды» термині өмірімізде көп пайдаланатын терминге айналды. «Виртуалды» термині латын тілінен аударғанда «virtus» – ақиқат деген мағына білдіреді. Виртуалды білім беру – ақпараттық технологиялар арқылы қашықтықтан оқыту ғана емес, кең мағынада виртуалды кеңістікте білім берудің субъектілері мен объектілерінің байланысатын үдерісі ретінде қарастырамыз. Білім берудегі кеңістікте виртуалды ортаның құрылып, виртуалды оқыту үшін жағдайлар жасау білім беруді виртуалдандыру болады. Виртуалды білім берудің мақсаты – бұл әр адамдардың жеке әрі кәсіби тиімділіктерін арттыру құралы, тұлғаның жан-жақты дамуы үшін бағытталған. Білім беру саласын виртуалдандыру өз бетінше оқу, күндізгі, сырттай оқуда мультимедиа және телекоммуникациялық технологиялардың дамуында көрінуде.

Білімді игертудің сапасына ресурстар мен құралдарды тиімді қолдану қамтамасыз ете алады. Сапаны қамтамасыз етудің негізінде АКТ пайдаланудың тиімділігі жатыр.

Виртуалды оқыту көбіне білім алуға ыңғайлы құрал және мүмкіндігі шектеулі жандар үшін қажет. Виртуалды оқытудың мүмкіндіктері шексіз, ол көп кедергілерді жеңуге көмектеседі. Виртуалды зертханалар арқылы адамдар үш өлшемді виртуалды ортамен әрекеттесе алады, объектілерді де басқара алады әрі нақты тапсырмаларды орындай алады.

Зерттеу жұмысы Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінде жүргізілді. Зерттеу жұмысы мәселені анықтау, мәліметтерді талдау және жүйелеу, сауалнама жүргізу, зерттеу нәтижелерін талқылау кезеңдерінен тұрады. Виртуалды зертханаларға арналған платформаларды зерттеуде ғылыми әдебиеттермен жұмыс жасалды, теориялық мәліметтер жүйеленіп, талдау жасалды.

Зерттеу барысында жүргізілген сауалнамаға ЖОО оқытушылары қатысты, жалпы қатысушылар саны – 40. Респонденттердің жыныстық құрамы: ерлердің саны – 23, әйелдер саны – 17 болды. Респонденттердің жастары 25-50 жас аралығын қамтыды.

### **Зерттеу нәтижелері**

Виртуалды зертханаларды пайдалану – бұл білім берудегі қазіргі заманғы перспективалық бағыт. Виртуалды зертханаларды пайдалану арқылы зертханалық жұмыстарды жасау білім алушылардың өздігінен шығармашылық іздену қабілеттерін арттырып, заңдылықтарды зерттеуіне мүмкіндік туғызады, тәжірибелік нәтижелердің сенімділігіне көз жеткізеді. Әрине, білім алушылардың бұл тәжірибелік іс-әрекеті мұғалімнің басшылығымен жүргізіледі. Виртуалды оқу экспериментінің маңызды артықшылығы, білім алушы бұл жұмысты сан рет қайталай алады, ол материалды берік және тереңірек меңгеруге ықпал етеді.

Робот техникалары пәндерін оқыту мәселелерін отандық біршама ғалымдар зерттеуде: М. Серик, Georgi Dimirovski, Н. Нурым «Робототехниканы бірлесіп оқыту процесінде оқушылардың есептеу ойлауын қалыптастыру құралдарын пайдалану мәселелерін қарастырған [1]; К.К. Нурлыбаев робототехника курсына оқытуда жоба жұмыстарын құрастыру негізінде мұғалімдердің шығармашылық қабілеттерін дамытуды [2]; Ш.Т.Шекербекова, М.И.Ревшенова Е.Х.Жабаевтар мектепте робототехниканы оқытудың өзекті мәселелерін [3]; Ш.Ш.Байбусинова, А.К.Курманғалиевалар жаратылыстану-математика бағытындағы пәндер бойынша робототехника білім алушыларды ынталандыру құралы ретінде пайдалану мәселелерін [4] қарастырып зерттеген.

Әлемдегі және елдегі соңғы оқиғаларға байланысты қашықтықтан оқыту инновациялық технологияларды енгізу білім беру деңгейін арттыруға ықпал ететін болады. Сонымен қатар, виртуалды зертханалық жұмыс кейбір тақырыптарды жіберіп алған білім алушыға жұмыс орнында оқытушының болуына қарамастан олқылықтарды толтыруға мүмкіндік береді. Зертханалық жұмыстың бұл түрі өзіндік жұмыс санатына жатқызылған құбылыстар мен объектілерді дербес қарастыруға мүмкіндік береді. «Виртуалды зертхана» сияқты білім беру ресурсы пайдалану оқытудың жүйелік әрекеттік тәсілін жүзеге асыруға, сондай-ақ білім алушылардың ақпараттық-коммуникативтік құзыреттіліктерін және дербес, танымдық қызмет саласындағы құзыреттіліктерін қалыптастырады [5].

Робототехникада дұрыс құрастырылған виртуалды зертханалық жұмысты орындай отырып, білім алушылар, біріншіден, осы тақырып бойынша есептеу мәселелерін шешу дағдыларын дамытады, екіншіден, робототехникалық эксперимент жүргізу алгоритмі мен техникасын бекітеді, үшіншіден, оқу процесіне белсенді қатысатын робототехникалық процестер курсының заңдылықтарын зерттейді. Виртуалды зертхананы ақпараттық технологияларды пайдалану ретінде қолданудың негізгі мақсаты – білім берудің жаңа сапасына қол жеткізу, оқытудың заманауи, негізінен интерактивті құралдары мен нысандарының көмегімен оқу процесіне әдістемелік қолдау көрсетуді қамтамасыз ету, сондай-ақ білім алушылардың оқу дербестігі мен шығармашылық белсенділігін арттыру. Осылайша, білім алушылардың өзіндік жұмысына ықпал ететін виртуалды зертханаларды пайдалану тиімді электрондық білім беруді енгізу стратегиясындағы табыстың бір бөлігі компьютерлік өнім деп есептелінеді [6].

Виртуалды зертхана – бұл нақты қондырғымен тікелей байланыста болмай тәжірибе жүргізуге мүмкіндік беретін бағдарламалық-аппараттық кешен. Бірінші жағдайда біз қашықтықтан қолжетімді зертханалық қондырғымен айналысамыз, оның құрамына нақты зертхана, қондырғыны басқаруға және алынған деректерді цифрландыруға арналған

бағдарламалық жасақтама және байланыс құралдары кіреді. Екінші жағдайда барлық процестер компьютердің көмегімен модельденеді.

Виртуалды зертханалар термині бастауыш және негізгі мектеп жаратылыстану-ғылыми пәндерін зерттеу шеңберінде зертханалық жұмыстар мен эксперименттерді виртуалды ортада орындауға болатындығын білдіреді. Виртуалды зертханалардың көбінесе физика, химия және биология, робот техникалары пәндерін оқыту барысында қолданылатын көптеген түрлері бар.

Виртуалды зертханаларды робот техникалары бойынша оқытуда біріктіру бұл білім берудегі негізгі қадам екенін дәлелдейді. Үнемі өзгеріп отыратын технологиялық ландшафтқа назар аударатындықтан, виртуалды зертханаларды білім беру құралдарына қосу - оқу тәжірибесін жақсартып қана қоймайды, сонымен қатар робот техникалары саласындағы дәстүрлі білім берудің маңызды мәселелерін шешеді. Виртуалды зертханалардың қызықты сипаты білім алушыларға робототехниканың күрделі тұжырымдамаларын тереңірек түсінуге ықпал ете отырып, практикалық эксперименттер мен модельдеуге қатысуға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, виртуалды зертханалар уақыт пен ресурстарға шектеусіз озық жабдықтар мен сценарийлерге қол жеткізуді қамтамасыз ете отырып, физикалық зертханалардың мәселелерін ауқымды және үнемді шешуді қамтамасыз етеді. Білім беру ресурстарын мұндай демократияландыру робототехника контекстінде өте маңызды, мұнда нақты жабдықтар мен қоршаған ортаға қол жетімділік шектеулі болуы мүмкін. Виртуалды зертханалар информатика пәнін оқыту барысында да қолданылады, бірақ олардың саны аз. Информатика пәніндегі виртуалды зертханалар көбінесе робототехника бөлімінде қолданылады.

Виртуалды робототехника – бұл робототехникалық конструкторларды қолданатын сабақтарға балама ретінде мектептердегі және техникалық бағыттағы шығармашылық бірлестіктердегі сабақтарда қолдануға болатын технология.

Бұл бағыттың өзектілігі қазіргі уақытта дамып келе жатқан аймақтық орталықтар ғана қол жеткізе алатын білім беру конструкторларының жоғары бағасына байланысты өте жоғары. Шағын қалалар мен ауылдарда тіпті минималды базалық жиынтықтарды сатып алу мүмкін емес. Бірақ барлық дерлік ауылдық мектептерде компьютерлік сыныптар бар, ең бастысы үйде оқушылардың компьютерлері бар. Виртуалды робототехникамен айналысу үшін бағдарламалық жасақтама пакеті бар компьютердің болуы жеткілікті, оның бір бөлігі лицензия сатып алуды қажет етпейді, ал екінші бөлігі үшін лицензия физикалық роботтарға қарағанда ондаған есе арзан және тозған бөлшектерді жөндеу ешқашан қосымша шығындарды қажет етпейді [7].

Цифрлық білім берудің жаһандық нарығына шығу ниетімен жаңа білім беру жүйесі әзірленуде. Қоғамның экономикалық және әлеуметтік жағдайын жақсартудың бір жолы-оқу бағдарламасын жаңарту. Бұл әр адамның өзін-өзі анықтау құқығына кепілдік беріп, оны жүзеге асыру үшін қажетті жағдайларды жасауға ықпал етуі керек. Демек, білім алушылардың күрделі білім жүйесін сапалы игеруіне, сондай-ақ оны дамытуға кепілдік беретін оқу жағдайларын жасау білім беру мекемесінің басты міндеттерінің бірі болып табылады. Қазіргі білім беру процесі электронды ресурстарсыз мүмкін емес. Олардың түрлері мен құрамына компьютерлік модельдеу құралдары, интернет-сайттар, бағдарламалар, электронды оқулықтар және басқа да білім беру ресурстары сияқты жаңа педагогикалық бағдарламалық құралдар қосылды.

Виртуалды зертханалар әртүрлі педагогикалық тәсілдер арқылы робототехниканы оқытуды жеңілдету, оқу бағдарламаларын құру және білім беру технологияларын біріктіру үшін қолданылады.

Робототехника бойынша білім берудегі виртуалды зертханалардың құндылығын ескере отырып, әртүрлі онлайн платформалар арқылы Интернетке арналған зертханалық зертханаларды әзірлеу мәселесін қарастырайық. Осы мақсатта Open Roberta Lab, Tinker Cad, Lego Digital Designer және Vex code VR платформалары тандалды. Оқу процесі қазіргі заманғы бұқаралық ақпарат құралдарының көмегінің арқасында қызу жүріп жатыр; дайын виртуалды

зертхананың көмегімен білім алушыларға ситуациялық тапсырмаларды орындау арқылы көмектесе аласыз және уақытты үнемдей аласыз.

Цифрландыру адамдардың бәсекеге қабілеттілігін арттыру, білім беру процесін жеделдету, адамзаттың өмір сүру деңгейін арттыру және ата-аналарға, мұғалімдер мен балаларға жүктемені жеңілдету мақсаттарына негізделген. Білім деңгейін көтеру - ең маңыздысы. Білім алушылар үлкен деректер өндірісі және жасанды интеллект сияқты әртүрлі секторларда жаһандық бәсекеге қабілетті болуы керек. Виртуалды зертхана білім алушылардың сабаққа дайындалу уақытын үнемдей отырып, пәнге деген қызығушылығын арттырады және оятады. Ең алдымен, білім алушыларға LEGO құрастыруды және оны нақты әлемде басқаруды үйретпес бұрын онлайн робототехника зертханасы туралы жалпы түсінік алу маңызды. Енді интернетте қол жетімді ең ыңғайлы зертханаларға назар аударайық, виртуалды робототехникалық зертханалардың қызметтерінің сипаттамасы 1-ші суретте талданған [8].



Сурет 1. Виртуалды робототехникалық зертханалардың қызметтерінің сипаттамасы

1-ші суреттен көріп отырғанымыздай, виртуалды зертхананың оқытудағы мүмкіндіктері зор, себебі оны қолдану арқылы студенттер шынайы роботты құрастырғандай қадамдарды толықтай орындайды. Яғни, визуалды түрде жүзеге асырылады.

**Vex code VR.** Қашықтықтан оқыту жағдайында робототехниканы зерттеуге байланысты мәселелерді шешу барысында виртуалды робототехникалық эмуляторларды оқыту платформасы ретінде пайдалану мүмкіндіктерін зерттейді. VEXcode VR-әртүрлі виртуалды орталарда VR роботын басқару үшін блоктық және мәтіндік кодтауды қолдайтын кодтау ортасы. VEXcode VR кез-келген бағдарламалық жасақтаманы немесе қосымша модульдерді орнатуды қажет етпейтін веб-қосымша ретінде кеңінен қол жетімді. VR роботы бірегей ойын алаңдарында жұмыс істейді, бұл жобаны жөндеу үшін жылдам кері байланыс мәселелерін кодтауға және шешуге мүмкіндік береді.

**Tinker Cad** - бұл қазір әлемдегі ең танымал CAD жүйелері – Autodesk компаниясына тиесілі онлайн қызмет. Tinker Cad көптен бері 3D модельдеуді үйренудің қарапайым және тегін ортасы ретінде танымал болды. Оның көмегімен модельді оңай жасай аласыз және оларды 3D басып шығаруға жібере аласыз. Жақында Tinker Cad электронды схемаларды құруға және оларды Arduino виртуалды тақта тренажеріне қосуға мүмкіндік алды. Маңызды және қуатты

құралдар Arduino жасаушыларына жаңа схемаларды оқыту, жобалау және бағдарламалау процестерін айтарлықтай жеңілдетуге мүмкіндік береді. Tinker Cad-тың артықшылықтары:

- Онлайн платформада жұмыс істеу үшін браузер мен тұрақты интернеттен басқа ештеңе қажет емес.

- Электронды схемаларды визуалды түрде құруға арналған ыңғайлы графикалық редактор.

- Көптеген танымал электронды компоненттердің алдын-ала орнатылған модельдер жиынтығы, компоненттердің түрлері бойынша сұрыпталған.

- Сенсорлар мен сыртқы әсер ету құралдарының тренажерлері. Сенсорлардың көрсеткіштерін жүйенің оларға қалай әсер ететінін бақылау арқылы өзгертуге болады.

- Порт мониторы және қадамдық жөндеу мүмкіндігі бар кірістірілген Arduino редакторы.

- Схемалар мен кодтары бар Arduino жобаларын орналастыруға дайын.

*Open Roberta lab* жобасы – Германияның көптеген ғылыми мекемелерін біріктіретін неміс зерттеу ұйымы Фраунхофер қоғамының «Roberta-Learning with Robots» бастамасының бөлігі. 10 жылдан астам уақыт ішінде бұл бастама балаларға роботтар әлемін зерттеуге және информатика, жаратылыстану ғылымдары мен технологияларын зерттеуге мүмкіндік берді. Open Roberta мақсаты-оқытушылар мен білім алушылар үшін техникалық және кәсіби кедергілерді жеңу. Open Roberta Lab - бұл бұлтты платформа, оны кез-келген уақытта және браузер мен интернет байланысы бар кез-келген құрылғыдан пайдалануға мүмкіндік береді. Бүгінгі күні мұнда тек LEGO Mindstorms EV3 роботтарын бағдарламалауға болады. Бағдарламалау графикалық болып табылады, бұл жаңадан бастаушыларға бағдарламалауды бастауға мүмкіндік береді. Графикалық бағдарламалау тілі NEPO деп атады.

*Gazebo - robot operating system* ортасында жұмыс істейтін бағдарламалық жасақтама, ол виртуалды объектілермен қоршалған робототехникалық жүйелердің модельдеуі мен модельдерін оларда бар датчиктермен жасауға мүмкіндік береді. Бағдарлама бірнеше компоненттерді қамтиды, мысалы: объектілердің өзара әрекеттесуін имитациялау бөлімі виртуалды кеңістікте, сондай-ақ графикалық бөлікте робототехникалық механизмдердің жұмыс процестерін құруға мүмкіндік береді, бұл виртуалды датчиктерден алынған деректерді қолданады. Gazebo-мен жұмыс істеу кезінде C++ тілін және Unix жүйелерін білуіңіз керек.

Gazebo тренажерінде бағдарламалау дағдылары жоқ қарапайым пайдаланушыға процестерді модельдеуге мүмкіндік беретін кіріктірілген 3D редакторы бар. Сонымен қатар, Gazebo кітапханасы виртуалды роботтардың, сенсорлардың және нысандардың әртүрлі модельдерімен толтырылған.

*Lego Digital Designer* - бұл LEGO конструкторының бөлшектерінен үш өлшемді модельдер жасалатын ақысыз бағдарлама. Жұмыс нәтижелерін әртүрлі форматтарда экспорттауға және басқа үш өлшемді редакторларда пайдалануға болады. Модель жасалғаннан кейін бағдарлама автоматты түрде құрастыру схемасын жасайды. LEGO Digital Designer бағдарламасы алғаш рет 2004 жылы пайда болды, бірақ сәл өзгеше мақсатқа ие болды – ол клиентке конструктор жиынтығының жеке нұсқасын жасауға және тапсырыс беруге арналған және кейінірек тек виртуалды дизайн бағдарламасына айналды. Конструктордың негізгі артықшылықтары:

- шаблондар мен дайын бөлшектері кітапханасының қолжетімділігі;

- графикалық компоненттің сапалы сызбасы;

- жүйелік талаптардың төмен деңгейі;

- ыңғайлы және үйренуге оңай интерфейс;

- негізгі кезеңдерде жұмыс істейтін кіріктірілген жұмыс шебері бар;

- модельдерді құрудың әдеттегі логикасы;

- жоба бойынша жұмыс процесін басынан аяғына дейін көрсететін презентация жасау мүмкіндігі бар (жеделдетілген режимде).

Виртуалды LEGO роботтарының модельдеу орталары: Robot Virtual Worlds, Virtual Robotics Toolkit және CoderZ. Robot Virtual Worlds – білім алушыларға роботтарсыз техникалық бағдарламалауды үйренуге мүмкіндік беретін кәсіби модельдеу ортасы [10].

Robot Virtual Worlds LEGO роботтары үшін шынайы 3D әлемін имитациялайды, бұл роботтар сияқты бірдей бағдарламалау тілдерін пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл бағдарлама үй тапсырмасына, аудиторияға және жарыстарға дайындық үшін өте қолайлы. Robot Virtual Worlds ортасының кемшілігі: әзірлеушілер жасаған роботтарды ғана пайдалануға мүмкіндік береді және олардың саны өте аз, роботта бірдеңені өзгерте алмайсыз немесе қоса алмайсыз. Егер робот құрастырушылар мүлде болмаса, бірақ өзіңіздің дизайныңыздың үлгілерін басқарғыңыз келсе, онда ең жақсы шешім Virtual Robotics Toolkit бағдарламасы болып табылады - бұл модельдеу ортасы, LEGO - дан робот үлгісін орналастыруға болатын виртуалды әлем. Виртуалды модельдің әрекеті нақтыға толығымен сәйкес келеді және виртуалды модель үшін жазылған бағдарлама виртуалды модельдің барлық әрекеттерін қайталайтын кезде нақты роботқа өзгеріссіз берілуі мүмкін. Сонымен қатар, балаларды қымбат құрал-жабдықтар болмаған жағдайда да жарыстарға дайындауға мүмкіндік береді. Virtual Robotics Toolkit ерекшеліктеріне мыналар кіреді:

- EV3 бағдарламалық құралы қажет;
- Mac OS X немесе Windows жүйесінде жұмыс істеледі;
- виртуалды орталардың кең ауқымы, мысалы, FLL және WRO;
- LEGO Digital Designer сияқты тегін робот үлгілерін импорттайды;
- Виртуалды роботтар мен код мысалдарымен алмасу арқылы ынтымақтастыққа ықпал етеді;
- Реттелетін физика қозғалтқышы үйкеліс, ауырлық күші сияқты физикалық күштерді зерттеуге мүмкіндік береді [9].

CoderZ – израильдік RoboGroup компаниясы әзірлеген онлайн бағдарлама балаларға виртуалды және үш өлшемді роботтарды бағдарламалауды үйретеді. Ол орнатуды немесе қымбат жабдықты қажет етпейді, бұл оны барлық мектептердегі балаларға қол жетімді етеді. Білім алушыларға блокты бағдарламалау тілі мен виртуалды үш өлшемді роботты моделдеу арқылы бағдарламалауды үйренуге мүмкіндік беретін онлайн оқыту ортасы.

Ол 15 сағаттан астам оқу жоспарынан, әрекеттер мен тапсырмаларды қамтитын бірқатар ойын миссияларымен құрылған. Мүмкіндіктеріне мыналар кіреді:

- Блокты кодтау;
- Браузерде жұмыс істейді, сондықтан орнату қажет емес;
- Басқарылатын миссиялар сериясынан тұрады;
- Мұғалімдер сыныптар құрып, оқушылардың үлгерімін бақылай алады;
- Сыныптар виртуалды түрде бәсекелесетін онлайн кодтау турнирін ұсынады.

*Robot Virtual Worlds* (роботтардың виртуалды әлемі) – оқушыларға роботсыз техникалық бағдарламалауды үйренуге мүмкіндік беретін кәсіби модельдеу ортасы. Авторлардың тәжірибесі көрсеткендей, нақты физикалық роботтарды қолдана отырып, осы ортада бағдарламалауды үйрену сабақтарға қарағанда тиімдірек. Robot Virtual Worlds физикалық роботтар сияқты бағдарламалау тілдерін пайдалануға мүмкіндік беретін LEGO роботтары үшін шынайы 3D әлемін модельдейді. Бұл бағдарлама үй тапсырмасын орындауға, сыныптағы іс-шараларға және жарыстарға дайындалуға өте ыңғайлы.

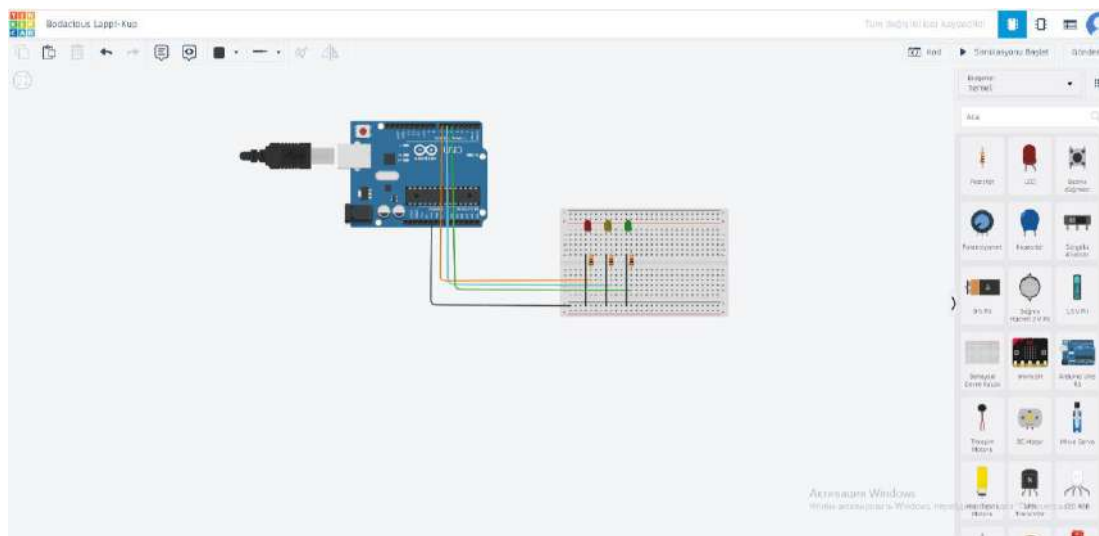
Осы виртуалды зертханалар платформаларын талдау барысында біз Tincer Cad виртуалды зертханасын пайдаланудың дұрыс екендігіне көз жеткіздік. Себебі, ол тегін, танымал платформа және басқа платформалармен салыстырғанда қолдануға жеңіл, әрі қарапайым.

Мысалы, Tincer Cad виртуалды зертхана ортасында Arduino-ны қолдана отырып, бағдарламаның жарық диодтарын жағу тапсырмасын қарастырайық. Бұл тапсырмада қызыл, қызғылт сары және жасыл шамдары бар бағдарламашам жасалады. Бағдарламашам алғашқыда қызыл түспен жанып тұрады. Ал жасыл түстің жануы 5 секундқа созылады және қызылдан жасылға, яғни қызғылт сары күйге ауысу үшін 2 секунд қажет.

Алдымен барлық 2-суретте компоненттерді көрсетілгендей байланыстырамыз. Жарық диодтарын шертіп, кішкене қалқымалы терезені таба аласыз, мұнда жарық диодтарының түсін өзгертуге болады. Тапсырмаға сәйкес түстерді өзгертеміз. Қажетті модельдің компоненттеріне

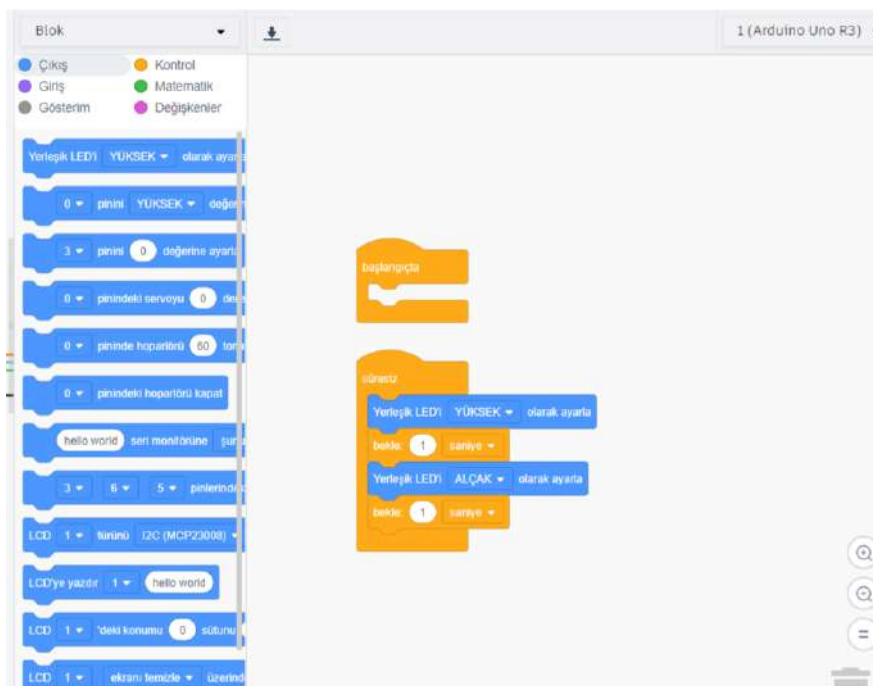
таңдап, тізімдеп аламыз: Arduino Uno R3 - 1 дана; Қызыл жарық диодынан 1 дана; Қызғылт сары жарық диодынан 1 дана; Жасыл жарық диодынан 1 дана 100  $\Omega$  резистор - 3 дана.

Пиндерді әр түске сәйкес жалғаймыз. Қызыл жарық диоды 7 пинге дейін (жарық диодтарының аноды); қызғылт сарыны 6 пинге әкелеміз. 5 -пинге жасыл және GND - ге дейінгі барлық катодтарды жалғаймыз. Енді оған код жазайық. Демонстрациялық мәлімдемеге сәйкес әртүрлі жарық диодтарын орнатамыз. Алдымен қызыл шамды қосамыз (пин2 - жоғары). Сосын 5 секунд күту. Қызыл шамды өшіріп, (пин-5 төмен). Қызғылт сары жарықдиодты қосамыз(пин 6 - жоғары). 2 секунд күту. Қызғылт сары жарық диодты өшіру (пин-6 - төмен). Жасыл жарық диодты қосу (пин 5- жоғары). 5 секунд күтіңіз. Жасыл жарық диодты өшіру (пин 7 - төмен), және қайталаңыз. Осы шарт бойынша 2- суретте жұмыс орындалды. Осы әрекеттердің орындалуы төмендегі кодта және блок-схемада көрсетілген (3-сурет).



Сурет 2. Бағдарлам түстерінің жану тапсырмасы

```
int kizil=7; // 7 пинге қызыл түсті сәйкестендіреміз
int sary=6; // 6 пинге қызғылт сары түсті сәйкестендіреміз
int jasy1=5; // 5 пинге жасыл түсті сәйкестендіреміз
void setup()
{
  pinMode(kizil,OUTPUT); // қызыл түсті шығарады
  pinMode(sary,OUTPUT); // қызғылт сары түсті шығарады
  pinMode(jasy1,OUTPUT); // жасыл түсті шығарады
}
void loop()
{
  digitalWrite(kizil, HIGH); // қызыл түс жанады
  digitalWrite(sary, LOW); // қызғылт сары түс өшіп тұрады
  digitalWrite(jasy1, LOW); // жасыл түс өшіп тұрады
  delay(5000); // 5 секунд аралықта қызыл түс жанады
  digitalWrite(kizil, HIGH); // қызыл түс жағады
  digitalWrite(sary, HIGH); // қызғылт сары түс жанады
  digitalWrite(jasy1, LOW); // жасыл түс өшіп тұрады
  delay(2000); // 2 секунд аралықта қызыл және қызғылт сары түс жанады
  digitalWrite(kizil, LOW); // қызыл түс өшіп тұрады
  digitalWrite(sary, LOW); // қызғылт сары түс өшіп тұрады
  digitalWrite(jasy1, HIGH); // жасыл түс жанады
  delay(5000); // 5 секунд аралықта жасыл түс жанады
}
```



Сурет 3. Бағдаршам түстерінің жану тапсырмасының блок-схемасы

Бұл ортаны жасаушылар оны білім беру процесіне енгізу үшін егжей-тегжейлі әдістемелік материалдарды ұсынады. Виртуалды әлемде бағдарламалауды оқыту бойынша егжей-тегжейлі оқу жоспары ұсынылды. Виртуалды әлем бойынша оқу тапсырмалары ROBOTC мәтіндік бағдарламалау ортасына және NXT виртуалды басқару блогын эмуляциялау бағдарламасы арқылы LEGO графикалық бағдарламалау ортасына қолжетімді.

Жарыс алаңдары - оқытуға, робототехника бойынша жарыстарға дайындалуға және өз дағдыларын шыңдауға арналған. Робот үшін жазылған бағдарламаларды тексеруге және оларды зерттеуге мүмкіндік беретін 50-ден астам сайт бар.

Қосымша құралдар қоршаған ортаны белгілі бір білім беру немесе бәсекелестік міндеттерге бейімдеуді жеңілдетеді. Сайт редакторы өз тапсырмаларын жасауға мүмкіндік береді, мысалы, робот еңсеруі керек белгілі бір траектория жолы. Нысандарды импорттау құралы робот белгілі бір әрекеттерді орындауы керек (сұрыптау, соқтығысу, басқа жерге ауыстыру) жолға әртүрлі кедергілерді немесе «мақсаттарды» қосуға көмектеседі. NXT басқару блогының эмуляторы виртуалды роботтан нақты робот сияқты бағдарламалауға мүмкіндік береді, ол үшін NXT роботтарының LEGO жергілікті графикалық бағдарламалау ортасын немесе одан да жаңа LEGO үшінші буын EV3 робот бағдарламасын қолданады.

Ортаның басты ерекшелігі – ойын әлемдері, онда роботтардың көмегімен фантастикалық әлемдерді зерттеу үшін бағдарламалау дағдыларын қолдану қажет. Барлығы 4 фантастикалық ойын әлемі бар (пальма аралы, Атлантида экспедициясы, Reset операциясы және Атлантида қирандылары). Олар тек бағдарламалауды үйренуге ғана емес, сонымен қатар роботтың қозғалысын есептеу үшін пропорцияны қолдануға үйретуге мүмкіндік береді, сондықтан оларды пропорцияларды зерттеу кезінде біріктірілген математика сабақтарында қолдануға болады. Бұл ойындар әдеттегіден еш айырмашылығы жоқ болса да, іс жүзінде білім алушы роботты тікелей басқара алмайды (пернетақтадан), бірақ роботтың әр әрекеті үшін бағдарламалық кодты жазуы керек. Robotics ортасында кодты жазу зауыттардағы мамандардың нақты роботтарды бағдарламалауынан еш айырмашылығы жоқ.

Егер робототехникалық конструкторлар мүлдем болмаса, бірақ өзіңіздің даму модельдеріңізді басқарғыңыз келсе, онда ең жақсы шешім – виртуалды робот құралдары бағдарламасы - бұл модельдеу, виртуалды әлем, оған LEGO Digital Designer-ден біздің робот моделін орналастыруға және онымен нақты жұмыс істеуге болады. Виртуалды модельдің



сипаттамасы нақты модельге толығымен сәйкес келеді және виртуалды модельге арналған бағдарламаны виртуалды модельдің барлық әрекеттерін қайталай отырып, нақты роботқа қолдануға болады. Virtual Robotics Toolkit робототехниканың барлық аспектілерін толық зерттеуге мүмкіндік беретін модель өзара әрекеттесетін ойын бөлмелері мен олардың ортасын имитациялайды. Бәсекелестік өрістер мен олардағы нысандардың виртуалды көшірмелерін жасауға мүмкіндік беретін деңгей редакторы бар. Бұл балаларды қымбат жабдықсыз жарыстарға үйретуге және дайындауға немесе үй тапсырмасын беруге мүмкіндік береді (10).

Виртуалды зертханаларды оқытуда қолдану: нақты зертханаларда қолданылатын құрал жабдықтармен тәжірибелер жүргізуге, білім алушылардың практикалық дағдыларын игертуге және де педагогикалық құрал-саймандармен танысуға мүмкіндік береді. Виртуалды зертхана дидактикалық тұрғыдан оқытушылар мен білім алушылар үшін оқытудың әдісі, құралы ретінде қарастырылады.

Tinker Cad жалпыға қолжетімді, қолдануға жеңіл және кейбір платформалардың тегін болуына байланысты зертханалық жұмысты толыққанды жүргізуге мүмкіндік беретін платформа болғандықтан, Tinker Cad ортасында жобалау мен жүйелерді бағдарламалау жүзеге асырылды.

Осы виртуалды зертханалық орталардың оқу тәжірибесіндегі артықшылықтарына қарамастан, арнайы жасалған зертханалық жұмыстар әдістемесі жоқ. Осы мәселені ескере отырып, зерттеу жұмыстары жүргізілді. Робототехника пәндерін оқыту барысында виртуалды зертханалық жұмыстарының, деңгейлік тапсырмалардың онлайн формада болуының қаншалықты өзекті екендігін анықтау үшін еліміз бойынша жоғары оқу орындарында сабақ беретін оқытушылардан сауалнама алынды. Сауалнамада шынайылық пен нақты жауап алу үшін қатысушылардың құпиялылығы сақталды, Google Form ортасын пайдаланып, онлайн жүргізілді. Сауалнамаға 40 адам қатысты. Сауалнамадағы сұрақтар тізімі төмендегі 1-ші кестеде көрсетілген.

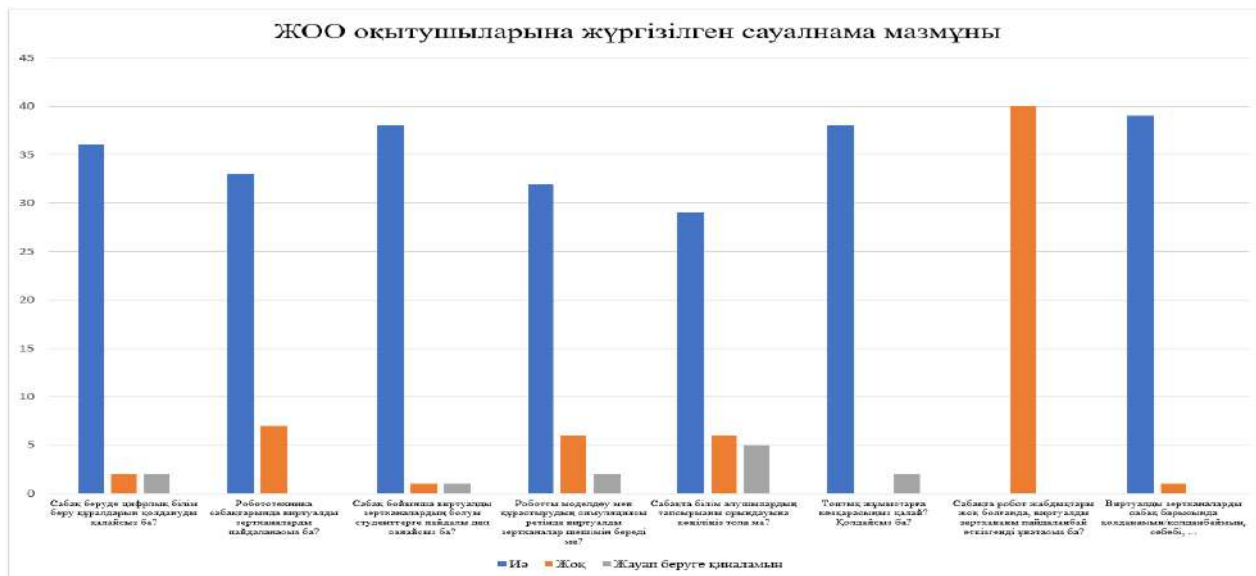
Кесте 1. ЖОО оқытушыларына жүргізілген сауалнама мазмұны

№	Сауалнама сұрағы	Иә	Жоқ	Жауап беруге қиналамын
1	Сабақ беруде цифрлық білім беру құралдарын қолдануды қалайсыз ба?	36	2	2
2	Робототехника сабақтарында виртуалды зертханаларды пайдаланасыз ба?	33	7	
3	Сабақ бойынша виртуалды зертханалардың болуы студенттерге пайдалы деп санайсыз ба?	38	1	1
4	Роботты моделдеу мен құрастырудың симуляциясы ретінде виртуалды зертханалар шешімін береді ме?	32	6	2
5	Сабақта білім алушылардың тапсырманы орындауына көңіліңіз тола ма?	29	6	5
6	Топтық жұмыстарға көзқарасыңыз қалай? Қолдайсыз ба?	38		2
7	Сабақта робот жабдықтары жоқ болғанда, виртуалды зертхананы пайдаланбай өткізгенді ұнатасыз ба?		40	
8	Виртуалды зертханаларды сабақ барысында қолданамын/қолданбаймын, себебі, ...	39	1	

ЖОО-дағы робототехника пәнінің оқытушыларынан алынған сауалнамада барлығы 8 сұрақ болды. Сауалнамада «Виртуалды зертхананың робототехника сабақтарында қолдану қажеттілігі» пікірлерін білу мақсатында қолдау және қолдамау сұралды. 1-кестеде көріп тұрғанымыздай, оқытушылардың көпшілігі қолдайтындықтарын білдірді. Қолдаудың себебі

робототехниканы үйретуде зертханалық жұмысты орындауда жабдықтардың жетіспеуімен түсіндіріледі. Зерттеу нәтижесінде 1 ғана оқытушы сабақта робот құралдарын қолмен ұстап, көзбен көру керектігін айтқан.

ЖОО оқытушыларына жүргізілген «Виртуалды зертхананың робототехника сабақтарында қолдану қажеттілігі» сауалнамасының нәтижесі диаграммасы 4-суретте көрсетілген.



Сурет 4. ЖОО оқытушыларына жүргізілген «Виртуалды зертхананың робототехника сабақтарында қолдану қажеттілігі» сауалнамасының нәтижесі

Жүргізілген зерттеу жұмысының нәтижесін бақылау арқылы 1-кестедегі мәліметтер мен 4-суреттегі диаграмма арқылы көрнекі түрде ұсынылды.

Бірінші сұрақ бойынша 40 қатысушылардың 90%-ы сабақ беруде цифрлық білім беру құралдарын қолдануды қалайтындығын білдірді. Ал, 5% -ы қаламайтындығын және қалған 5% -ы жауап беруге қиналатындығын көрсетті. Қатысушылар екінші, жетінші және сегізінші сұрақтарға толығымен жауап берді. Кесте бойынша топтық жұмыстарға қатысушылардың көзқарасы оңынан екендігін көруге болады. Ал керісінше сабақта робот жабдықтары жоқ болғанда, виртуалды зертхананы пайдаланбай өткізгенді ұнатпайтындықтарын байқауға болады. Сауалнама барысында алынған нәтижелер мынадай қорытынды жасауға мүмкіндік береді: виртуалды зертханалардың мүмкіндіктерін анықтай келе, оның ЖОО білім беруде қолдану қажеттілігі анықталды. Қатысушылардың 95%-ы сабақ бойынша виртуалды зертханалардың болуы студенттерге пайдалы деп санайды. Сауалнама жауаптарының ең төменгі 70%-дық көрсеткіші сабақта білім алушылардың тапсырманы орындауына көңілі толатындықтарын білдірді.

Қазіргі кездегі оқытудың мақсаты білімгерлерді жан-жақты, кешенді оқыту, тәрбие беру, дамыту болып табылады. Виртуалды зертханалардың динамикалық және интерактивті сипаты оқушылардың шығармашылық қабілеттері мен тапсырмаларды шешу дағдыларын дамытуға ықпал етеді.

### Дискуссия

Берілген анықтамаларды, мәліметтерді талдай келе, зерттеу аясында виртуалды робототехниканы қолданып, робот құралдарын үйретуде виртуалды орта оқыту мен оқу материалдары тартымды, тиімді, нәтижелі болатын педагогикалық құрал ретінде қарастырылған. Виртуалды орта білім алушыларға робототехника принциптерін үйрене алатын қауіпсіз және үнемді ортаны қамтамасыз ете отырып, осы кедергілердің көпшілігін

бұзатын баламаны ұсынады. «Tinker Cad» ортасы әртүрлі робототехникалық конструкцияларды модельдеу ортасын пайдалануда нақты және әртүрлі робототехникалық тапсырмаларды өткізуге жарамды болып табылады. Виртуалды ортада құрал-жабдықсыз жұмыс істеуге мүмкіндік бар, ол үшін тек компьютер мен интернет болса жеткілікті. Нәтижесінде оқушылар роботты құрастыру мен роботты бағдарламалауды үйреніп, алған білімдерін практикада қолдану мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

### Қорытынды

Технологиялық дамудың қазіргі қарқыны жасанды интеллект кіріктірілген жүйелерге, робототехникаға үлкен қызығушылық тудырады. Осыған сәйкес, білім беру мазмұны өзгеріп, жаңа пәндік салалармен толығуда. Атап айтқанда, мектеп бағдарламасына робототехника бағытында қосымша курстардың енгізілуі, білім беру үдерісінде қолданылатын виртуалды зертханалардың динамикалық және интерактивті сипаты білім алушылардың шығармашылық қабілеттері мен проблемаларды шешу дағдыларын дамытуға айтарлықтай ықпал етуде. Түрлі сценарийлермен тәжірибе жасау, параметрлерді өзгерту және нәтижелерді нақты уақыт режимінде бақылау мүмкіндігі білім алушыларға робототехниканың қыр-сырын үйренуге және жылдам өзгермелі қоғам жағдайына бейімделу мен инновацияға ұмтылыстарын арттырады.

Зерттеу нәтижесінде білім беруде виртуалды робототехникалық зертханалардың жалпы сипаттары мен өзіндік ерекшеліктері Tincer Cad ортасында «Бағдарламашам түстерінің жануы» жобасын әзірлеу технологиясын ұсыну арқылы көрсетілді.

Робототехникалық пәндерде виртуалды зертханаларды қолдану арқылы оқыту нәтижесінің артатындығы айқындалды.

### Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

[1]Серик М., Dimirovski G., Нурым Н. *Формирование вычислительного мышления учащихся в процессе совместного обучения робототехнике*// Вестник КазНПУ, «Серия физико-математические науки». №1(81), 2023. 257-264 б.б. DOI: [10.51889/2959-5894.2023.81.1.029](https://doi.org/10.51889/2959-5894.2023.81.1.029)

[2]Нурлыбаев К.К. *Робототехника курсының оқытуда жоба жұмыстарын құрастыру негізінде мұғалімдердің шығармашылық қабілетін дамыту*// ҚазҰПУ Хабаршысы, «Физика-математика сериясы». №2(62), 2018. 82-88 б.б.

[3]Шекербекова Ш.Т., Ревшенова М.И., Жабаев Е.Х. *Мектепте робототехниканы оқытудың өзекті мәселелері* // ҚазҰПУ Хабаршысы, «Физика-математика сериясы». №3(83), 2023. 270-277 б.б. DOI: [10.51889/2959-5894.2023.83.3.030](https://doi.org/10.51889/2959-5894.2023.83.3.030)

[4]Байбусинова Ш.Ш., Курманғалиева А.К. *Жаратылыстану-математика бағытындағы пәндер бойынша робототехника білім алушыларды ынталандыру құралы ретінде*// ҚазҰПУ Хабаршысы, «Физика-математика сериясы». №3(67), 2019. 190-195 б.б.

[5]Тарапата В.В. *Формирование проектной культуры школьников средствами образовательной робототехники: автореф.канд.пед.наук: 13.00.02.-Москва, 2020.-46 с., <https://www.dissercat.com/content/formirovanie-proektnoi-kultury-shkolnikov-sredstvami-obrazovatelnoi-robototekhniki>*

[6]Eguchi A. *Theories and practices behind educational robotics for all* //Handbook of research on using educational robotics to facilitate student learning. – IGI Global, 2021. – С. 68-106. DOI: 10.4018/978-1-7998-6717-3.ch003

[7]Заурова С.Б., Сағимбаева А.Е., Мукатаева Ж.С. *Виртуалды зертхананы білім беру жүйесінде пайдаланудың маңыздылығы*// ҚР Ұлттық ғылым академиясы Хабаршысы. №405 (5), 2023. 114-131 б.б. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1467.580>

[8]Potkonjak V. et al. *Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review* //Computers & Education. – 2016. – Т. 95. – С. 309-327. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>

[9]Айтбенова А.А. *Робот техникасын оқыту үрдісінде lego digital designer бағдарламасын пайдалану*. //Сұлтангазин оқулары «Қазіргі білім беруді дамытудың өзекті мәселелері». Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары, 2023, 140-143 б.б. [https://repo.kspi.kz/bitstream/handle/123456789/6793/sultang\\_cht\\_2023\\_140-142.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repo.kspi.kz/bitstream/handle/123456789/6793/sultang_cht_2023_140-142.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[10]Уалиханова Б.С., Қаратаев Н.С. Бастауыш мектепте «Робототехника» курсының оқыту әдістері. // Ясауи университетінің Хабаршысы, №4 (126), 2022. 189-199б. <https://doi.org/10.47526/2022-4/2664-0686.16>

#### References

[1]Serik M., Dimirovski G., Nurym N. (2023) *Formirovanie vychislitel'nogo myshleniya uchashchihsya v processe sovmestnogo obucheniya robototekhnike [Formation of students' computational thinking in the process of joint learning of robotics]. Vestnik KazNPU, «Seriya fiziko-matematicheskie nauki». №1(81), 257-264. (In Russian) <https://doi.org/10.51889/2959-5894.2023.81.1.029>*

[2]Nurlybaev K.K. (2018) *Robototekhnika kursyn okytuda zhoba zhumystaryn kurastyru negyzynde mugalymderdyn shygarmashylyk kabyletyn damytu [Development of creativity of teachers on the basis of designing project works in teaching robotics course]. KazUPU Habarshysy, «Fizika-matematika seriyasy». №2(62), 82-88. (In Kazakh)*

[3]Shekerbekova SH.T., Revshenova M.I., Zhabaev E.H. (2023) *Mektepte robotekhnikany okytudyn ozekty maselelery [Topical issues of teaching robotics at school]. KazUPU Habarshysy, «Fizika-matematika seriyasy». №3(83), 270-277. (In Kazakh) <https://bulletin-phmath.kaznpu.kz/index.php/ped/issue/view/8/6>*

[4]Bajbusinova SH.SH., Kurmangalieva A.K. (2019) *ZHaratylystanu-matematika bagytyndagy pander bojynsha robototekhnika bylym alushylardy yntalandyru kuraly retynde [Robotics as a means of motivating students in science-mathematics subjects]. KazUPU Habarshysy, «Fizika-matematika seriyasy». №3(67), 190-195. (In Kazakh)*

[5]Tarapata V.V. (2020) *Formirovanie proektnoj kul'tury shkol'nikov sredstvami obrazovatel'noj robototekhniki [Formation of project culture of schoolchildren by means of educational robotics]: avtoref.kand.ped.nauk: 13.00.02.-Moskva, s. 46 (In Russian)*

[6]Eguchi A. (2021) *Theories and practices behind educational robotics for all. Handbook of research on using educational robotics to facilitate student learning. – IGI Global,. – S. 68-106. (In English). <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-6717-3.ch003>*

[7]Zaurova S.B., Sagimbaeva A.E., Mukataeva ZH.S. (2023) *Virtualdy zerthanany bilim beru zhujesynde pajdalanudyn manyzdylygy [The importance of using the virtual laboratory in the educational system]. KR Ultyk gylym akademiya Habarshysy. №405 (5), 114-131. (In Kazakh). <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1467.580>*

[8]Potkonjak V. et al. (2016) *Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. Computers & Education. – T. 95. – S. 309-327. (In English). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>*

[9]Ajtbenova A.A. (2023) *Robot tekhnikasyn okytu urdysynde lego digital designer bagdarlamasyn pajdalanu [Using the Lego digital designer program in the process of teaching robotics]. Sultangazin okulary «Kazyrgy bylym berudy damytudyn ozekty maselelery». Halykaralyk gylymi-praktikalyk konferenciya materialdary, 140-143. (In Kazakh)*

[10]Ualihanova B.S., Karataev N.S. (2022) *Bastauysh mektepte «Robototekhnika» kursyn okytu adystery [Methods of teaching the course "Robotics" in primary school]. YAsaui universitetynyn Habarshysy, №4 (126), 189-199. (In Kazakh). <https://doi.org/10.47526/2022-4/2664-0686.16>*

Ж.К. Кулмагамбетова<sup>1\*</sup> , А.А.Рысдаулетова<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ, Қазақстан

\*e-mail: [kulma\\_zh@mail.ru](mailto:kulma_zh@mail.ru)

## РОБОТОТЕХНИКАНЫ ОҚЫТУДА КЕҢЕЙТІЛГЕН ШЫНДЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНУ

*Аңдатпа*

Бұл мақалада робототехника бойынша білім беру саласындағы, атап айтқанда, балабақшадан орта мектепке дейінгі оқушылар арасындағы, соңғы үрдістер мен инновациялық тәсілдер талқыланады. Мақала робототехниканың оқу процесіне ықпалын, соның ішінде жақындық датчиктері, қозғалыс детекторлары, жарық сезгіш датчиктері сияқты технологияларды практикалық түсінудің артуын анықтауға бағытталған. Оқушыларды STEM салаларына тарту және олардың теориялық білімдерін практикада қолдану дағдыларын дамыту мақсатында, робототехникаға бағдарланған оқыту әдістері қарастырылған. Сонымен қатар, білім беру процесін байыту және оқушылардың шығармашылық әлеуетін дамытуға бағытталған кеңейтілген шындықты пайдаланатын мобильді қосымшаның жобалануы мен әзірленуі сипатталады. Бұл қосымша Unity және Vuforia платформалары арқылы жасалған, олар иммерсивті және интерактивті виртуалды тәжірибелерді құруда айтарлықтай мүмкіндіктер ұсынады.

**Түйін сөздер:** робототехника, кеңейтілген шындық технологиялары, датчик, AR камерасы, Unity, Vuforia платформасы.

Ж.К. Кулмагамбетова<sup>1</sup>, А.А.Рысдаулетова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Актюбинский региональный университет имени К.Жубанова, г.Актобе, Казахстан

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБУЧЕНИИ РОБОТОТЕХНИКИ

*Аннотация*

В этой статье обсуждаются последние тенденции и инновационные подходы в области образования по робототехнике, в частности, среди учащихся от детского сада до средней школы. В статье отмечается растущее практическое понимание влияния робототехники на учебный процесс, включая такие технологии, как датчики приближения, детекторы движения, светочувствительные датчики. В целях вовлечения учащихся в области STEM и развития навыков применения их теоретических знаний на практике предусмотрены методы обучения, ориентированные на робототехнику. Кроме того, описывается проектирование и разработка мобильного приложения с использованием дополненной реальности, направленного на обогащение образовательного процесса и развитие творческого потенциала учащихся. Это приложение создано через платформы Unity и Vuforia, которые предлагают значительные возможности для создания иммерсивных и интерактивных виртуальных впечатлений.

**Ключевые слова:** робототехника, технологии дополненной реальности, датчик, камера AR, Unity, платформа Vuforia.

Zh.K. Kulmagambetova<sup>1</sup>, A.A. Rysdauletova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan

## THE USE OF AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY IN ROBOTICS TRAINING

*Abstract*

This article discusses the latest trends and innovative approaches in the field of robotics education, particularly among students from kindergarten to high school. The article notes the growing practical understanding of the impact of robotics on the learning process, including technologies such as proximity sensors, motion detectors, and light-sensitive sensors. In order to involve students in the field of STEM and develop skills for applying their theoretical knowledge in practice, robotics-oriented teaching methods are provided. In addition, it describes the development and development of a mobile application using augmented

reality aimed at enriching the educational process and developing the creative potential of students. This application is created through the Unity and Vuforia platforms, which offer significant opportunities to create immersive and interactive virtual experiences.

**Keywords:** Robotics, Augmented Reality, Sensors, AR Camera, Unity, and Vuforia Platform.

### **Негізгі ережелер**

Бұл зерттеу робототехниканы оқытуда кеңейтілген шындық (AR) технологияларын қолданудың тиімділігін көрсетті. AR оқушыларға күрделі ұғымдар мен процестерді түсінуді жеңілдетіп, виртуалды нысандар арқылы интерактивті оқу тәжірибесін қамтамасыз етті. Эксперимент нәтижесінде оқушылардың білім деңгейі едәуір жақсарды, ал оқу шығындары физикалық роботтарға қажеттіліктің азаюы есебінен төмендеді. Зерттеу AR технологияларын робототехникада қолданудың перспективаларын анықтап, болашақта жасанды интеллектті қолдану арқылы объектілерді тіркеу мен локализациялаудың жаңа әдістерін әзірлеуді ұсынды.

### **Кіріспе**

Ақпараттық технологиялардың қарқынды дамуы жағдайында білім беру саласы оқытудың сапасы мен тиімділігін арттыруға бағытталған айтарлықтай өзгерістерге ұшырауда. Оқу процесіне енгізілген инновациялық әдістер мен құралдар педагогикалық практиканы дамыту мен жетілдіру үшін жаңа мүмкіндіктер ашады. Бұл контексте ең перспективалы бағыттардың бірі цифрлық және физикалық әлем элементтерін біріктіру арқылы оқу материалын тереңірек түсінуге және ассимиляциялауға ықпал ететін бірегей білім беру кеңістігін жасайтын кеңейтілген шындық технологиясын қолдану болып табылады.

Кеңейтілген шындық (AR) — сандық деректерді шынайы дүниенің бейнесіне енгізуге мүмкіндік беретін, сол арқылы пайдаланушының қабылдауын және қоршаған ортамен өзара әрекеттесуін байытатын технология. Білім беру контекстінде AR оқушылардың өзара іс-қимылы мен уәждемесін арттырудың қуатты құралы ретінде қызмет ете алады, сондай-ақ күрделі ұғымдар мен дағдыларды анағұрлым тиімді меңгеруге мүмкіндік береді. Атап айтқанда, AR-ды робот техникасы бойынша оқытуға біріктіру білімгерлер үшін жаңа перспективалар ашады, бұл оларға роботтандырылған жүйелерді жобалау және жұмыс істеу принциптерін теориялық тұрғыдан зерттеуге ғана емес, сонымен қатар роботтардың виртуалды модельдерімен өзара іс-қимыл жасау арқылы алынған білімді барынша шынайы жағдайларға іс жүзінде қолдануға мүмкіндік береді.

Робототехника бойынша білім беруде AR қолдану командалық жұмыс дағдыларын, сыни ойлауды және инженерлік мәселелерді шешуге шығармашылық көзқарасты дамытуға ықпал етеді, осылайша студенттерді жоғары технологиялар саласындағы табысты кәсіби қызметке дайындайды. Сонымен қатар, AR қолдану білімгерлердің күрделі техникалық пәндерге бейімделуін едәуір жеңілдетіп, оқу процесін қызықты әрі қол жетімді ете алады.

Осылайша, мақаланың мақсаты робототехниканы оқыту контекстіндегі кеңейтілген шындық технологиясының әлеуетін зерттеу, оның педагогикалық әдістер мен тәжірибелерді жақсартуға әсерін талдау, сондай-ақ білім беру процесінің сапасын арттыру үшін AR технологиясын қолданудың тиімділігін бағалау болып табылады.

### **Зерттеу әдіснамасы**

Зерттеу мақсатына орай ғылыми зерттеу барысы екі кезеңге бөлінді. Бірінші кезеңде, робототехника пәнін оқытудың соңғы тенденцияларын, әлемдік практикаларды айқындау мақсатында соңғы жылдары жарияланған ғылыми мақалаларға шолу жасалынды. Алынған нәтижелер Отандық білім беру ұйымдарының қолданыстағы әдістемелік құралдарымен салыстыра отырып талданды. Бірінші кезең қорытындысына сәйкес қазіргі таңда әлемде білімді кеңейтілген шындық көмегімен ұсыну жоғары сұранысқа ие екендігі анықталды. Біздің елімізде де аталмыш технологияға деген қызығушылық өте жоғары. Оның айқын мысалы ретінде, соңғы жылдардағы Отандық ғылыми журналдарға жарияланған мақалалардың ішінде

қандай да бір саланы кеңейтілген шындық көмегімен оқыту мәселелерінің зерттелуі дәлел бола алады. Осы орайда робототехника пәнін кеңейтілген шындық көмегімен оқыту білім алушылардың осы пәнге деген қызығушылығын арттыруы ықтимал деген болжам жасалынды.

Қойылған болжамды тексеру мақсатында Ақтөбе қаласында орналасқан No21 мектеп-гимназия, Ақбөбек халықаралық мектебі (АИС) және No72 ІТ-мектеп-лицейлерінде эксперимент жүргізілді. Экспериментке жалпы саны 115 білім алушы қатысты. Олар білім сапасы бойынша барынша теңестірілген эксперименттік және бақылау топтарына бөлінді. Эксперимент нәтижесі хи-квадрат (Пирсон) әдісімен талданды.

### **Зерттеу нәтижелері**

Робототехника бойынша білім беру — балабақшадан орта мектепке дейінгі деңгейлерді қамтитын білім беру жүйесіндегі ең соңғы үрдіс болып табылады және оқу ортасын байытуға және білім беру қызметін ынталандыруға бағытталған. Papadakis (2020) атап өткендей, робототехника мен робот жиынтықтары ерте жастан бастап балалардың танымдық қабілеттерін дамытуға және техникалық дағдыларын жетілдіруге ықпал етеді [1]. Бұл балалардың оқудағы шығармашылық әлеуетін арттырып, олардың болашақтағы мамандық таңдауы мен техникалық қабілеттерін қалыптастырады.

Робототехника технологиялары, атап айтқанда, кішкентай балаларға жақындық датчиктері, қозғалыс детекторлары және жарық сезгіш датчиктер сияқты күнделікті өмір нысандарын, сондай-ақ логикалық проблемаларды (бағдарламалық қамтамасыз етудегі қателер) және қосылым проблемаларын (Wi-Fi, Bluetooth) практикалық, визуалды түсінуге мүмкіндік береді [1]. Curto және Moreno (2016) зерттеуінде робототехниканың оқушылардың техникалық қабілеттерін жақсарту және инженерияға қызығушылықтарын ояту тұрғысынан тиімділігі атап өтілген [2].

Робот техникасы бойынша білім беру робот негізіндегі жобалар арқылы болашақ инженерлер мен ғалымдардың біліктілігін арттыруды қолдайды. Мектептер мен колледждерде роботтарды оқу кабинеттерінде қолдану оқушыларға математика және техника салаларында теориялық ұғымдардың практикалық қолданылуын тікелей сақтауға мүмкіндік беретін ғылым мен машина жасаудың анағұрлым қызықты әрі тартымды перспективасын ұсынады. Робототехника саласындағы білім беру өзегінде шығармашылық, инновация, қолдау, ынтымақтастық, тәрбиелеу, командалық жұмыс сияқты құндылықтар қамтылады және олар біздің қоғамда насихатталуы тиіс [2].

Зерттеулер көрсеткендей, робототехника оқушыларды ғылым, техника, машина жасау, математика (STEM) зерттеулеріне тартудың қуатты құралы қызметін атқара алады. Ching және оның әріптестері (2019) өз зерттеулерінде робототехника бағдарламалары STEM білімін жақсартуда тиімді екендігін дәлелдеген. Мектептен кейінгі робототехника бағдарламалары оқушылардың STEM пәндеріне деген қызығушылықтарын арттырып, олардың математикаға көзқарасын өзгертуде маңызды рөл атқарғаны анықталды [3].

Жобаға бағдарланған интеграцияланған робототехника бағдарламасы мектептен кейінгі жағдайларда оқушылардың математикаға деген көзқарасын айтарлықтай жақсартты және маңызды перцептивті домендерді дамытуға ықпал етті, оның ішінде STEM контенті мен байланысын оқыту, өзара іс-қимыл және табандылық, сондай-ақ командалық жұмыстағы даму мен сын-тегеуріндер [3]. Робототехника бойынша білім беру балалардың кеңістіктік қабілетін және олардың STEM-мен қарым-қатынасын жақсарту үшін елеулі әлеуетті көрсетеді. Sisman және оның әріптестері (2020) зерттеулері бойынша робототехниканы оқыту балалардың кеңістіктік визуализациясын жақсартуға және олардың STEM пәндеріне деген қызығушылықтарын арттыруға айтарлықтай ықпал етеді [4]. Бұл зерттеу нәтижелері балалардың логикалық ойлау қабілеттерінің және кеңістіктік түсініктерінің дамуына робототехниканың ықпалын дәлелдейді. Робототехниканы тиімді оқыту тек техникалық білім мен дағдыларды ғана емес, сонымен қатар оқушылардың ойлау икемділігін, топтық жұмысты және шығармашылық есептерді шешуді дамыту үшін әртүрлі әдістерді біріктіруді талап етеді.

Заманауи тәсілдер мен технологияларды қолдану оқу процесін барлық жастағы оқушылар үшін қызықты және ынталандырады. Chatzopoulos және оның әріптестері (2017) зерттеулері кеңейтілген шындықтың білім беру саласындағы қолдану мүмкіндіктерін талдап, оның оқу процесін жаңа деңгейге көтеретінін атап өтті [5]. Кеңейтілген шындықты робототехниканы оқытуда пайдалану оқушыларға нақты әлемдегі мәселелерді виртуалды түрде шешуге мүмкіндік береді. Робототехниканы оқытуда кеңейтілген шындық элементтерін қолдануға арналған қосымшаны жобалау және құру маңызды қадам болып табылады. Қосымшаны құру үшін Unity және Vuforia ортасы таңдалды. Себебі, Park және Ro (2019) атап өткендей, бұл құралдар оқытудың қауіпсіздігі мен интерактивтілігін арттырып, білім алушыларға бірегей тәжірибе ұсынады [6].

Unity және Vuforia бірге пайдалану виртуалды нысандарды керемет дәлдікпен нақты ортаға біріктіруге мүмкіндік береді. Бұл комбинация әзірлеушілерге көрнекі түрде әсер ететін AR тәжірибесін жасау үшін қуатты құралдарды ғана емес, сонымен қатар қозғалысты бақылау және бетті анықтау сияқты бірегей мүмкіндіктерді ұсынады [7].

Ұлыбританиялық Филиппо Бриззи бастаған ғылыми топ (2017) зерттеуінде кеңейтілген шындық (AR) қолданылған кезде робототехникалық жүйелердің өнімділігі айтарлықтай артатындығын дәлелдеді. Олардың зерттеулері роботтық тапсырмаларды орындау кезінде AR пайдаланудың тиімділігі туралы айтып, студенттерге күрделі өндірістік мәселелерді шешуге көмектесетінін дәлелдейді [8]. Бұл тәсіл әсіресе өндірістік процесстер мен автоматтандыру саласындағы білім алушылар үшін маңызды болып табылады, себебі ол шынайы өмірде кездесетін мәселелерді шешуге бағытталған.

Робототехникалық жүйелер мен AR интеграциясы STEM пәндерімен тығыз байланысты және Lee мен Jang (2018) кеңейтілген шындықты пайдаланудағы кеңістіктік элементтерді бақылау қабілеттерін арттыратын технологиялар туралы зерттеулерінде айтылғандай, бұл технология оқушылардың көп деңгейлі тапсырмаларды орындау қабілеттерін дамытады. AR арқылы робототехниканы оқыту оқушылардың логикалық ойлауын, проблемаларды шешу қабілеттерін және кеңістіктік қиялын дамытады [9].

Робототехника мен кеңейтілген шындықтың бірлесе қолданылуы медицина саласында да маңызды рөл атқарады. Qian және әріптестері (2018) зерттеуінде AR-дың медициналық операцияларды жүргізу кезінде роботтарды басқаруға қалай ықпал ететіндігі талқыланған. Бұл әдістер хирургияда ғана емес, білім беруде де қолданылуы мүмкін, әсіресе денсаулық сақтау саласындағы білім беру бағдарламаларында AR технологиясын қолдану арқылы роботтарды басқаруды үйрену маңызды болып табылады [10].

Медициналық білім беру саласындағы кеңейтілген шындық пен робототехника технологияларының рөлі Quego және оның әріптестері (2019) зерттеуінде кеңінен талқыланған. Олар AR және виртуалды шындық (VR) құралдарын қолдану арқылы оқыту процесінің айтарлықтай жақсарғанын және бұл технологиялар медициналық мамандарға виртуалды ортада күрделі операцияларды орындауға мүмкіндік бергенін көрсетеді [11]. Осы әдістер білім беру саласында, әсіресе жоғары деңгейлі білім беру бағдарламаларында да тиімді бола алады. Сонымен қатар, AR технологиясының робототехникаға қосымша ықпал етуі хирургиялық көмек көрсету жүйелерінде де байқалады. Qian және Zhang (2019) AR-ды минималды инвазивті хирургияда қолдану әдістерін зерттей отырып, оның хирургтардың кеңістіктік қабілеттерін дамытудағы маңыздылығын атап өтті [12]. Мұндай технологияларды пайдалану тек медицинада ғана емес, басқа да салаларда кеңейтілген шындықты қолдану арқылы оқытудың тиімділігін арттыра алады. Ong және оның әріптестері (2020) робототехникалық жүйелерді бағдарламалау және өнеркәсіптік қосымшаларда AR пайдалану туралы зерттеулерінде бұл технологияның оқу процесіндегі маңыздылығын көрсетеді. Олар AR-дың көмегімен студенттерге нақты тапсырмалар мен жобаларды орындауға мүмкіндік беретін роботтарды басқару жүйелерін ұсынды [13].

Сол сияқты, Ong және Nee (2020) AR-ды қолдану арқылы оқушылардың шығармашылық қабілеттерін дамыту мен роботтарды бағдарламалауда оларға техникалық қолдау көрсету



тиімділігін атап өтті. Бұл әдіс әсіресе инженерлік және техникалық бағыттағы студенттер үшін маңызды, себебі оларды шынайы өндірістік процесстерге дайындауға көмектеседі [14].

Соңғы зерттеулерге сүйенсек, Фельдман (2019) жасөспірімдерге виртуалды және кеңейтілген шындықтың әсері туралы айтқан. Оның зерттеуі виртуалды шындықтың оқыту процесіне қосылуы оқушылардың шынайы өмірдегі мәселелерді шешуге деген қызығушылығын арттырып, оқыту әдістемелерін жақсартуға мүмкіндік беретінін көрсетеді [15].

Е. Бидайбеков, А. Гриншкун, Ш. Шекербекова, М. Ревшенова және Е. Жабаев зерттеулерінде (2022) кеңейтілген шындықты білім беруде қолданудың артықшылықтарын атап өткен. Олар білім беру процесін жетілдіру үшін AR технологияларын қолдану арқылы оқушылардың логикалық және шығармашылық қабілеттерін дамытуға болатынын дәлелдеді. Сонымен қатар, AR технологиялары арқылы білім беру әдістемелері оқушылардың сабаққа деген қызығушылығын арттырып, оларды білім процесіне тереңірек тартуға көмектеседі [16].

Кеңейтілген шындық пен робототехниканы оқу процесіне енгізу оқушылардың логикалық және шығармашылық қабілеттерін дамытуда айтарлықтай рөл атқаратынын ескеріп, біз нақты мысал ретінде «Цифрлық сауаттылық» (2 сынып) оқулығын қарастырамыз. Енді осы оқулық негізінде жасалған қосымшаның концептуалды моделіне тоқталайық. Оқулықтың 5 тарауынан әрқайсысына сәйкес бір тақырыпқа арналған жоба жасалады. Таңдап алынған тақырыптар тізімі төменде берілген:

1. Робот қозғалысы
2. Роботқа арналған программаны іске қосу. Жанасу датчигін жинау
3. Роботқа арналған программаны іске қосу. Жоба жасау
4. Роботқа арналған дыбыс
5. Роботқа арналған дыбыс. Жоба жасау

Инновациялық білім беру жобасы аясында робототехниканы зерттеу үшін кеңейтілген шындық (AR) технологиясын қолданатын бірегей мобильді қосымша әзірленді. Қосымша интерфейсі 1-суретте келтірілген.



Сурет 1. Кеңейтілген шындық элементтері кіріктірілген мобильді қосымша интерфейсі

Қосымшадан басқа, бұл саладағы білім беру процесін айтарлықтай тереңдетуге және кеңейтуге мүмкіндік беретін, кеңейтілген шындыққа арналған мақсатты көрсеткіштері бар мамандандырылған оқу карточкалары құрылды. Мобильді қосымша интерактивті және иммерсиялық оқыту тәжірибесін ұсыну мақсатында әзірленген. AR-ды робот техникасы бойынша білім беруде қолдану оқушыларға нақты уақыт режимінде роботтардың күрделі ұғымдары мен механизмдерін визуализациялауға, олардың пәнді түсінуін жақсартуға мүмкіндік береді.

Бағдарлама бірқатар мүмкіндіктерді қамтиды:

- Роботталған модельдерді визуализациялау. Оқушылар үш өлшемді кеңістікте жұмыс істеуін бақылау арқылы әр түрлі роботтандырылған жүйелерді зерттей алады.

- Интерактивті сабақтар мен викториналар. Материалды бекіту үшін интерактивті тапсырмалар мен тесттер ұсынылады.

- AR көмегімен практикалық тапсырмалар. Теориялық білімді практикада, мысалы, виртуалды роботты құрастыруда қолдана білу.

Әрбір картада мобильді қосымша арқылы сканерлеу кезінде 3D модельдер, бейне оқулықтар немесе интерактивті тапсырмалар сияқты арнайы AR мазмұнын белсендіретін таргеттер орналастырылған.

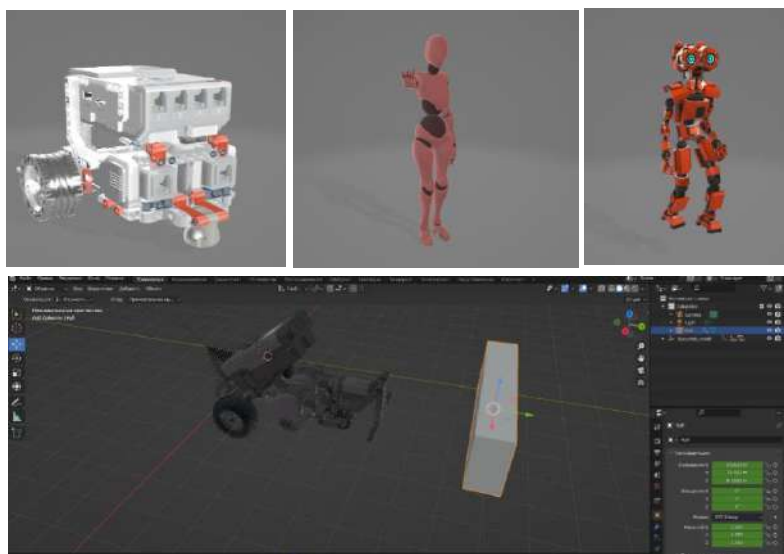
Әзірленген мобильді қосымша оқу карточкаларымен бірлесе отырып бірқатар артықшылықтарды ұсынады:

- Өзара іс-қимылдың күшеюі. Кеңейтілген шындық оқытуды интерактивті және иммерсиялық етеді.

- Күрделі ұғымдарды жақсы түсіну. Визуализация оқушыларға ақпаратты жақсы сіңіруге көмектеседі.

- Оқыту икемділігі. Материалдар кез келген уақытта оқу ресурстарына ыңғайлы қолжетімділікті қамтамасыз ететін сыныпта да, үйде де пайдаланылуы мүмкін.

Қойылған болжам негізінде кеңейтілген шындық элементтері кіріктірілген мобильді қосымша жасалынды. Мобильді қосымша құру барысында төмендегідей модельдер қолданылды (2-сурет).



Сурет 2. Мобильді қосымша құру барысында қолданылған модельдер

Әзірленген қосымшаның тиімділігін бағалау мақсатында Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті филиалдарының базасында эксперимент жүргізілді. Экспериментке қатысушылар ретінде үш оқу орны іріктеліп алынды: N21 мектеп-гимназия, Ақбөбек халықаралық мектебі (АИС) және N72 IT-мектеп-лицейі. Экспериментке қатысушы білім алушылардың жалпы саны 115 оқушыны құрады. Зерттеу барысында білім алушылар бақылау және эксперименттік топтарына бөлінді. Топқа бөлу барысында білім алушылардан білім сапасын анықтайтын тест жұмысы алынды. Нәтижесінде 60 білім алушы бақылау тобына кіріктірілсе, 55 білім алушы эксперименттік топқа біріктірілді. Бақылау тобын дәстүрлі оқыту әдісін пайдаланып оқытса, эксперименталдық топ кеңейтілген шындық көмегімен оқытылды.

Эксперимент соңында пән бойынша алған білімдерін анықтау мақсатында екі топтан қорытындылау тесті алынды. Тест нәтижелері бойынша эксперименттік топтың 40 білім

алушысы тестті сәтті тапсырса, 15 білім алушы тесттен өтпеді. Бақылау тобында 30 білім алушы тестті сәтті тапсырды, ал 30 білім алушы тесттен өтпеді. Қосымшаны енгізудің нәтижелілігін егжей-тегжейлі бағалау үшін эксперименттік топ білім алушылары арасында сауалнама жүргізілді. Сауалнама қолданбаның функционалдығы мен ыңғайлылығына қатысты оқушылардың пікірлері мен қалауларын анықтауға, сондай-ақ оның оқу процесіне және оқуға деген ынтасына әсерін бағалауға бағытталған. Сауалнама мазмұны 1-кестеде келтірілген. (Жауаптар Эмодзи түрінде берілді, мысалы, 😊 "өте ұнады", 😐 - "бейтарап", ал 😞 - "ұнамады" дегенді білдіреді.)

Кесте 1. Экспериментке қатысушы студенттердің бөлінісі

Бағдарламада роботтармен ойнау көңілді болды ма?	😊 😐 😞
Қолданбамен оқу қызықты болды ма?	😊 😐 😞
Қолданбада не істеу керектігін табу оңай болды ма?	😊 😐 😞
Ойыннан кейін роботтарды түсіну оңайырақ болды ма?	😊 😐 😞
Қолданба оқуды қызықты етті ме?	😊 😐 😞
Сіз қолданбалы Роботтар туралы жаңа нәрсе білдіңіз бе?	😊 😐 😞
Қолданба сізге ыңғайлы болды ма?	😊 😐 😞
Қолданбаны пайдалану кезінде сіз қиындықтарға тап болдыңыз ба?	😊 😐 (😊 - Иә, 😐 - Жоқ)
Бұл қолданбаны достарыңызға көрсеткіңіз келе ме?	😊 😐 😞
Сіз осы сияқты оқу ойындарын көбірек болғанын қалайсыз ба?	😊 😐 😞

Сауалнама нәтижелері бізге бағдарламалық өнімді тікелей пайдаланушылардан – 2-сынып оқушыларынан - құнды кері байланыс берді, бұл жобаның ағымдағы жағдайын бағалауға ғана емес, сонымен қатар білім беру технологияларын одан әрі дамыту және жетілдіру стратегиясын құруға мүмкіндік береді. 3-суретте робототехниканы оқыту үшін мобильді қосымшаны пайдалануға қатысты оқушылардың негізгі тенденциялары мен қалауларын анықтайтын алынған жауаптардың егжей-тегжейлі талдауы мен синтезі берілген.

**Қанағаттанушылық пен өзара іс-қимылдың жоғары деңгейі:** Білім алушылардың басым көпшілігі (шамамен 80%) қосымшаны пайдалану қызықты және көңілді деп табады, бұл білім алушылардың мотивациясын арттыру үшін кеңейтілген шындық технологиясының табысты, оң әсер еткенін көрсетеді.

**Түсіну:** Білім алушылардың басым бөлігі (65-80%) бағдарлама оларға робототехниканы жақсы түсінуге көмектескенін хабарлайды, бұл оның оқу құралы ретіндегі тиімділігінің айғағы болып табылады.

**Пайдаланудың жеңілдігі:** Білім алушылардың 75%-ға жуығы бағдарламаны пайдалану оңай деп табады, бұл оларды назарда ұстаудың және оқуға қызығушылық танытудың кепілі болып табылады.

**Әлеуметтік өзара іс-қимыл және тарату:** Білім алушылардың жоғары пайызы (90%) бағдарламаны достарымен бөліскісі келеді, бұл оны кең аудиториямен танымал етуге және пайдалануға көмектеседі.

**Қызығушылық:** Білім алушылардың көпшілігі ұқсас білім беру технологияларын әзірлеуге және енгізуге әлеуетті сұранысты көрсете отырып, басқа пәндерді (85%) оқыту үшін ұқсас бағдарламаларды пайдалануға ниет білдіреді.

Алынған деректерді зерттеу және талдау нәтижелері өтінімді одан әрі жетілдіруге, сондай-ақ білім беру технологиялары саласындағы жаңа стратегиялар мен тәсілдерді әзірлеуге негіз

болады. Білім беру процесіне қосымшаны енгізу және оны кейіннен бағалау қазіргі заманғы технологияларды білім беру саласына кіріктіру жолындағы маңызды қадам болып табылады, бұл оқыту сапасын арттыруға және білім алушылардың цифрлық құзыреттілігін дамытуға ықпал етеді.



Сурет 3. Сауалнама жауаптарының бөлінісі

Білім алушылардың сауалнамаға берген жауаптары робототехниканы оқытуға арналған мобильді қосымшаның оң қабылдауын, оның білім беру үдерісіндегі тиімділігін және осындай технологиялық инновацияларға жоғары қызығушылығын көрсетеді. Бұл нәтижелер жас оқушылардың қажеттіліктері мен қызығушылықтарын қанағаттандыру үшін білім беру қолданбаларын одан әрі дамыту мен бейімдеудің маңыздылығын, сондай-ақ заманауи технологияларды оқу процесіне біріктіру қажеттілігін көрсетеді.

Топтар арасындағы нәтижелердің статистикалық маңыздылығын тексеру үшін Пирсонның хи-квадрат тесті қолданылды. Есептелген  $\chi^2$  мәні 4,76 болып, 0,05 деңгейінде және бір еркіндік дәрежесінде критикалық мәні 3,84-тен асып түсті, бұл нөлдік гипотеза «оқытудың жаңа әдісі дәстүрлі оқыту әдісімен салыстырғанда білім алушылардың білім нәтижелеріне статистикалық маңызды әсер етпейді» тұжырымын қабылдамауға және жаңа әдістің оқушылардың нәтижелеріне статистикалық маңыздылық әсері бар екенін растайтын қорытынды жасауға мүмкіндік берді.

Оқу үдерісіне AR мобильді қосымшасын енгізу оқытудың интерактивтілігін айтарлықтай арттырды. Қолданбаны пайдаланатын білімгерлер абстрактілі ұғымдарды елестетіп қана қоймай, виртуалды эксперименттер жүргізе алады, бұл материалды тереңірек түсінуге ықпал етеді. Маңызды нәтиже білім алушыларды заманауи технология индустриясының нақты сын-қатерлеріне дайындайтын виртуалды ортада роботтарды бағдарламалау және басқару бойынша практикалық дағдыларды дамыту болып табылады.

Тақырып бойынша сипаттамалармен сүйемелденген арнайы фотокарточкалардың жасалуы оқу үдерісін толықтырды. Бұл материалдар теориялық білімді нақтылаудың және өз бетінше оқу үшін қосымша ресурстармен қамтамасыз етудің тиімді құралына айналды. Білімгерлер робототехниканың нақты аспектілерін тереңірек түсіну үшін фотокарталарды пайдалана алады, олардың саладағы жеке дамуын одан әрі дамытады.

Маңызды нәтижелердің бірі – білімгерлердің ұжымдық жұмысын күшейту. Қолданба ұсынатын виртуалды сценарийлер білімгерлер тобына мәселелер бойынша бірлесіп жұмыс істеуге және кеңейтілген шындық форматында берілген жобаларды шынайы физикалық тұрғыда әзірлеуге мүмкіндік берді. Бұл - коммуникация мен ұйымдастырушылық дағдыларды дамытуға көмектеседі.

### **Дискуссия**

Робототехниканы оқытуда кеңейтілген шындық (AR) технологияларын қолдану білім беру сапасының айтарлықтай жақсарғанын көрсетті. Тәжірибе көрсеткендей, AR қолдану білім алушылардың абстрактілі ұғымдар мен процестерді визуализациялау мүмкіндігінің арқасында күрделі ұғымдарды жақсы түсінуге мүмкіндік береді. Бұл - тестілеу нәтижелерінің жақсаруымен расталады. Бұл факт білім беру процесінде, әсіресе теориялық білімді де, практикалық дағдыларды да қажет ететін робототехника саласында инновациялық технологиялардың маңыздылығын көрсетеді.

AR-дің басты артықшылығы-виртуалды объектілерді құру және олармен өзара әрекеттесу мүмкіндігі, бұл білім алушыларға физикалық жабдықты қажет етпестен шешімдерді бағдарламалауға және тексеруге мүмкіндік береді. Бұл оқу орнының ресурстарын үнемдеп қана қоймайды, сонымен қатар роботтармен жұмыс істеу кезінде физикалық қателіктерге байланысты тәуекелдерді азайтады.

Айқын жетістіктерге қарамастан, қосымша зерттеуді қажет ететін сұрақтар әлі де бар. Мысалы, AR нысандарымен өзара әрекеттесуді жақсартуға мүмкіндік беретін нақты уақыттағы виртуалды нысандар үшін дәлірек бақылау жүйелерін әзірлеу қажет. Сондай-ақ, интерфейстерді әр түрлі деңгейдегі оқушыларды қоса алғанда, пайдаланушылардың кең ауқымы үшін интуитивті болу үшін жетілдіру маңызды. Зерттеудің ықтимал болашақ бағыттары виртуалды модельдеу дәлдігін жақсарту және оқытудың кейбір аспектілерін автоматтандыру үшін жасанды интеллект енгізуді қамтиды. Бұл кеңейтілген шындық элементтерін робототехникада қолдану мүмкіндігін едәуір кеңейтіп, оқу процесін одан әрі бейімдеп, жекелендіре алады. Осылайша, зерттеу кеңейтілген шындық технологиялары робототехника сияқты күрделі пәндерді оқыту үшін интерактивті және үнемді шешімдерді ұсына отырып, білім сапасын айтарлықтай жақсартатынын растайды.

### **Қорытынды**

Бүгінгі таңда робототехниканы оқытуда кеңейтілген шындық технологияларын қолдану мәселелерін зерттеу білім беруді дамытуда маңызды және перспективалы бағыт болып саналады. Кеңейтілген шындық робототехниканы оқытуда тиімді және оқушылар үшін қызықты тартымды құрал екені анықталды, себебі ол оқушыларға күрделі ұғымдар мен процестерді жақсы түсінуге және есте сақтауға көмектесетін виртуалды нысандар мен көріністерді жасауға мүмкіндік берді. Эксперимент барысында жаңа әдісті қолдану барысында оқушылардың білім деңгейінің едәуір жақсарғаны байқалды. Кеңейтілген шындық технологиялары көмегімен оқушылар виртуалды роботтарды жасап, программалай алады, олармен өзара әрекеттеседі және олардың шешімдерін виртуалды ортада сынай алады. Бұл оларға физикалық роботтарды қажет етпей-ақ құнды тәжірибе алуға мүмкіндік береді, бұл оқу шығындарын айтарлықтай азайтты.

Біздің зерттеуіміз көрсеткендей, жаңа әдіс оқушылардың тест нәтижелерін едәуір жақсартты. Бұл әдіс білім беру процесінде кеңейтілген шындық технологияларын қолданудың тиімділігін растайды және оқушыларға интерактивті оқу тәжірибесін ұсынуға мүмкіндік береді. Робототехникадағы кеңейтілген шындықты зерттеудің болашақ бағыттары жасанды интеллект арқылы объектілерді локализациялау және тіркеудің жаңа әдістерін қамтиды. Атап айтқанда, кеңейтілген шындық ортасында виртуалды нысанды дәл орналастыру үшін бақылау және анықтауда жетілдірілген жүйелер, кең ауқымды және жоғары ажыратымдылығы бар дисплей жүйелері мен кеңейтілген шындық пайдаланушы интерфейстері қажет болады.

Кеңейтілген шындық технологиясын қолдана отырып, мобильді қосымша құру робототехниканы оқытуда өте тиімді әдіс бола алады. AR технологиясын қолдану арқылы оқушыларға интерактивті оқу тәжірибесін ұсыну, күрделі ұғымдар мен процестерді визуализациялауды оңайлатуға және қауіпсіз ортада практикалық тәжірибе алуға мүмкіндік береді. Бұл оқушылардың дағдыларын арттыруға және өзіне деген сенімділігін нығайтуға септігін тигізеді.

Пайдаланылган дереккөздердің тізімі

- [1] Papadakis, S. (2020). *Robots and Robotics Kits for Early Childhood and First School Age*. *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, 14, 34-56. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i18.16631>.
- [2] Curto, B., & Moreno, V. (2016). *Robotics in Education*. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 81, 3-4. <https://doi.org/10.1007/s10846-015-0314-z>.
- [3] Ching, Y., Yang, D., Wang, S., Baek, Y., Swanson, S., & Chittoori, B. (2019). *Elementary School Student Development of STEM Attitudes and Perceived Learning in a STEM Integrated Robotics Curriculum*. *TechTrends*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/S11528-019-00388-0>.
- [4] Sisman, B., Kucuk, S., & Yaman, Y. (2020). *The Effects of Robotics Training on Children's Spatial Ability and Attitude Toward STEM*. *International Journal of Social Robotics*, 13, 379-389. <https://doi.org/10.1007/s12369-020-00646-9>.
- [5] Chatzopoulos, D.; Bermejo, C.; Huang, Z.; Hui, P. *Mobile augmented reality survey: From where we are to where we go*. *IEEE Access* 2017, 5, 6917–6950
- [6] Park, Y.J.; Ro, H.; Han, T.D. *Deep-ChildAR bot: Educational activities and safety care augmented reality system with deep learning for preschool*. In *Proceedings of the ACM SIGGRAPH Posters, Los Angeles, CA, USA, 28 July–1 August 2019*; p. 26.
- [7] Yew, A.; Ong, S.; Nee, A. *Immersive augmented reality environment for the teleoperation of maintenance robots*. *Procedia Cirp* 2017, 61, 305–310.
- [8] Brizzi, F.; Peppoloni, L.; Graziano, A.; Di, S.E.; Avizzano, C.A.; Ruffaldi, E. *Effects of augmented reality on the performance of teleoperated industrial assembly tasks in a robotic embodiment*. *IEEE Trans. Hum. Mach. Syst.* 2017, 48, 197–206.
- [9] Lee, A.; Jang, I. *Robust Multithreaded Object Tracker through Occlusions for Spatial Augmented Reality*. *Etri J.* 2018, 40, 246–256.
- [10] Qian, L.; Deguet, A.; Kazanzides, P. *ARssist: Augmented reality on a head-mounted display for the first assistant in robotic surgery*. *Healthc. Technol. Lett.* 2018, 5, 194–200.
- [11] Quero, G.; Lapergola, A.; Soler, L.; Shabaz, M.; Hostettler, A.; Collins, T.; Marescaux, J.; Mutter, D.; Diana, M.; Pessaux, P. *Virtual and augmented reality in oncologic liver surgery*. *Surg. Oncol. Clin.* 2019, 28, 31–44.
- [12] Qian, L.; Zhang, X.; Deguet, A.; Kazanzides, P. *ARAMIS: Augmented Reality Assistance for Minimally Invasive Surgery Using a Head-Mounted Display*. In *Proceedings of the International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, Shenzhen, China, 13–17 October 2019*; pp. 74–82.
- [13] Ong, S.; Yew, A.; Thanigaivel, N.; Nee, A. *Augmented reality-assisted robot programming system for industrial applications*. *Robot. Comput. Integr. Manuf.* 2020, 61, 101820.
- [14] Ong, S.K.; Nee, A.Y.C.; Yew, A.W.W.; Thanigaivel, N.K. *AR-assisted robot welding programming*. *Adv. Manuf.* 2020, 8, 40–48.
- [15] Фельдман, Оксана *Виртуальная реальность и подросток / Оксана Фельдман*. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2019. - 953 с.
- [16] Бидайбеков, Е., Гринишун, А., Шекербекова, Ш., Ревшенова, М. и Жабаев, Е. 2022. *Возможности реализации технологии дополненной виртуальности в образовании*. *Вестник КазНПУ имени Абая. Серия: Физико-математические науки*. 79, 3 (сен. 2022), 271–277. DOI:<https://doi.org/10.51889/9461.2022.42.27.031>.

References

- [1] Papadakis, S. (2020). *Robots and Robotics Kits for Early Childhood and First School Age*. *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, 14, 34-56. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i18.16631>.
- [2] Curto, B., & Moreno, V. (2016). *Robotics in Education*. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 81, 3-4. <https://doi.org/10.1007/s10846-015-0314-z>.
- [3] Ching, Y., Yang, D., Wang, S., Baek, Y., Swanson, S., & Chittoori, B. (2019). *Elementary School Student Development of STEM Attitudes and Perceived Learning in a STEM Integrated Robotics Curriculum*. *TechTrends*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/S11528-019-00388-0>.
- [4] Sisman, B., Kucuk, S., & Yaman, Y. (2020). *The Effects of Robotics Training on Children's Spatial Ability and Attitude Toward STEM*. *International Journal of Social Robotics*, 13, 379-389. <https://doi.org/10.1007/s12369-020-00646-9>.
- [5] Chatzopoulos, D.; Bermejo, C.; Huang, Z.; Hui, P.(2017). *Mobile augmented reality survey: From where we are to where we go*. *IEEE Access*, 6917–6950

- [6] Park, Y.J.; Ro, H.; Han, T.D. (2019) *Deep-ChildAR bot: Educational activities and safety care augmented reality system with deep learning for preschool*. In *Proceedings of the ACM SIGGRAPH Posters*, Los Angeles, CA, USA, 28 July–1 August; p. 26.
- [7] Yew, A.; Ong, S.; Nee, A. (2017) *Immersive augmented reality environment for the teleoperation of maintenance robots*. *Procedia Cirp*, 305–310.
- [8] Brizzi, F.; Peppoloni, L.; Graziano, A.; Di, S.E.; Avizzano, C.A.; Ruffaldi, E. (2017) *Effects of augmented reality on the performance of teleoperated industrial assembly tasks in a robotic embodiment*. *IEEE Trans. Hum. Mach. Syst.* 197–206.
- [9] Lee, A.; Jang, I. (2020). *Robust Multithreaded Object Tracker through Occlusions for Spatial Augmented Reality*. *Etri J.* 246–256.
- [10] Qian, L.; Deguet, A.; Kazanzides, P. (2018) *ARssist: Augmented reality on a head-mounted display for the first assistant in robotic surgery*. *Healthc. Technol. Lett.* 194–200.
- [11] Quero, G.; Lapergola, A.; Soler, L.; Shabaz, M.; Hostettler, A.; Collins, T.; Marescaux, J.; Mutter, D.; Diana, M.; Pessaux, P. (2019) *Virtual and augmented reality in oncologic liver surgery*. *Surg. Oncol. Clin.* 31–44.
- [12] Qian, L.; Zhang, X.; Deguet, A.; Kazanzides, P. (2019) *ARAMIS: Augmented Reality Assistance for Minimally Invasive Surgery Using a Head-Mounted Display*. In *Proceedings of the International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention*, Shenzhen, China, 13–17 October; pp. 74–82.
- [13] Ong, S.; Yew, A.; Thanigaivel, N.; Nee, A. (2020) *Augmented reality-assisted robot programming system for industrial applications*. *Robot. Comput. Integr. Manuf.* 61, 101820.
- [14] Ong, S.K.; Nee, A.Y.C.; Yew, A.W.W.; Thanigaivel, N.K. (2020) *AR-assisted robot welding programming*. *Adv. Manuf.* 40–48.
- [15] Fel'dman, Oksana (2019) *Virtual'naja real'nost' i podrostok / Oksana Fel'dman [Virtual reality and teen / Oksana Feldman]*. - M.: LAP Lambert Academic Publishing. - 953 c.
- [16] Bidajbekov, E., Grinshkun, A., Shekerbekova, Sh., Revshenova, M. i Zhabaev, E. (2022). *Vozmozhnosti realizacii tehnologii dopolnennoj virtual'nosti v obrazovanii [Opportunities for the Implementation of Augmented Reality Technology in Education]*. *Vestnik KazNPU imeni Abaja. Serija: Fiziko-matematicheskie nauki.* 79, 3, 271–277. DOI:<https://doi.org/10.51889/9461.2022.42.27.031>. (In Kazakh).

А.Е. Оразалиева<sup>1\*</sup>, Г.А. Мадьярова<sup>1</sup>, Б.К. Молдабеков<sup>2</sup>, С.Н. Ерниязова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Қазақ Ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>3</sup>М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан мемлекеттік университеті, Атырау қ., Қазақстан

\*e-mail: orazaliyeva00@bk.ru

## ИНФОРМАТИКА ПӘНІНЕН ОҚУ ЖЕТІСТІКТЕРІН БАҒАЛАУ ДЕСКРИПТОРЛАРЫН ҚҰРУ

*Аңдатпа*

Ғылыми мақалада информатика пәнінен оқушылардың білімін бағалау әдістері талданып, оқу процесінде оларды қолдану мүмкіндіктері зерделенді. Тест, жоба, эссе және басқа бағалау құралдары арқылы оқу жетістігін бағалаудың ерекшеліктері мен оларды таңдау, пайдалану тәсілдеріне көңіл бөлінді. Ғалымдардың бағалау құралдарын қолдану бойынша ғылыми еңбектеріне сарапатама жасалып, шет елдік және отандық тәжірибелер талданды. Негізгі факторлар ретінде сабақтың мақсаты, оқушылардың дайындық деңгейі, жұмсалатын уақыт, ресурстардың қол жетімділігі таңдалып, әртүрлі бағалау құралдарының артықшылықтары мен кемшіліктері зерттелді. Зерттеу барысындағы талдау нәтижелеріне сүйене отырып, белгілі бір тапсырма үшін бағалауға арналған құралды пайдалану мысалдары талданды. Информатика пәнін оқытудың негізгі ерекшелігі, оқушыларға жоба құру және эссе жазу тапсырмалары көп беріледі. Мұғалімдер үшін жобаны және эссені бағалаудың тағайындалған дескрипторлардың болмауы бірқатар қиындықтар тудырады. Зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, Веб-сайт құру жобасы және "Қазіргі әлемдегі жасанды интеллекттің рөлі мен әсері" эссені бағалау дескрипторлары құрылды. Информатика сабақтарының тиімділігін арттыру мақсатында оқушылардың білімін объективті бағалау дескрипторлары негізделді. Зерттеуде кемімелі дескрипторлар (оқу жетістігін бағалау кезінде балдық шаманы азайту) құрылған. Бұл тәсіл оқушылардың білімін объективті бағалауға ықпал етумен қатар, бағалау процесінде субъективтілікті төмендетуге әсер етеді. Кемімелі дескрипторларды қолдану әдістемелік кешенді толықтырады және оқушылардың дайындық деңгейін бейімдеуге әсер етеді.

**Түйін сөздер:** бағалау, эссе, портфолио, дескриптор, тест, салыстырмалы талдау.

А.Е. Оразалиева<sup>1</sup>, Г.А. Мадьярова<sup>1</sup>, Б.К. Молдабеков<sup>2</sup>, С.Н. Ерниязова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г.Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Западно-Казахстанский университет имени М. Утемисова, г.Атырау, Казахстан

## СОЗДАНИЕ ДЕСКРИПТОРОВ ОЦЕНКИ УЧЕБНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ПО ПРЕДМЕТУ ИНФОРМАТИКА

*Аннотация*

В научной статье проанализированы методы оценки знаний учащихся по информатике, изучены возможности их применения в учебном процессе. Особое внимание было уделено особенностям оценки успеваемости с помощью тестов, проектов, эссе и других средств оценки и способам их выбора, использования. Была проведена экспертиза научных трудов ученых по использованию инструментов оценки, проанализирован зарубежный и отечественный опыт. В качестве основных факторов были выбраны цель урока, уровень подготовки учащихся, затрачиваемое время, доступность ресурсов, изучены преимущества и недостатки различных инструментов оценки. На основании результатов анализа в ходе исследования были проанализированы примеры использования инструмента оценки для конкретной задачи. Основной особенностью преподавания информатики является то, что учащимся дается много заданий на создание проекта и написание эссе. Для учителей отсутствие назначенных дескрипторов для оценки проекта и эссе создает ряд проблем. На основе результатов исследования был создан проект по созданию Веб-сайтов и дескрипторы оценки эссе "роль и влияние искусственного



интеллекта в современном мире". В целях повышения эффективности уроков информатики были обоснованы дескрипторы объективной оценки знаний учащихся. В исследовании созданы дескрипторы убывания (уменьшение балльной величины при оценке читаемости). Такой подход не только способствует объективной оценке знаний учащихся, но и снижает субъективность в процессе оценивания. Использование убывающих дескрипторов дополняет методический комплекс и влияет на адаптацию уровня подготовки учащихся.

**Ключевые слова:** оценка, эссе, портфолио, дескриптор, тест, сравнительный анализ.

A.E. Orazaliyeva<sup>1</sup>, G.A. Madyarova<sup>1</sup>, B. Moldabekov<sup>2</sup>, S.N. Yerniyazova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan

Kazakh national agrarian research university, Almaty, Kazakhstan

M.Utemisov West Kazakhstan university, Atyrau, Kazakhstan

## **CREATING DESCRIPTORS FOR EVALUATING ACADEMIC ACHIEVEMENTS IN COMPUTER SCIENCE**

### *Abstract*

The scientific article analyzes the methods of assessing students' knowledge in computer science, examines the possibilities of their application in the educational process. Special attention was paid to the specifics of assessing academic performance using tests, projects, essays and other assessment tools and how to choose and use them. The expert examination of scientific works of scientists on the use of assessment tools was carried out, foreign and domestic experience was analyzed. The main factors were the purpose of the lesson, the level of training of students, the time spent, the availability of resources, the advantages and disadvantages of various assessment tools were studied. Based on the results of the analysis, the study analyzed examples of using an assessment tool for a specific task. The main feature of teaching computer science is that students are given many tasks to create a project and write an essay. For teachers, the lack of assigned descriptors for project and essay assessment creates a number of problems. Based on the results of the study, a project was created to create websites and descriptors for evaluating the essay "the role and influence of artificial intelligence in the modern world". In order to increase the effectiveness of computer science lessons, descriptors of an objective assessment of students' knowledge were substantiated. In the study, descending descriptors were created (a decrease in the point value when evaluating readability). This approach not only contributes to the objective assessment of students' knowledge, but also reduces subjectivity in the assessment process. The use of decreasing descriptors complements the methodological complex and affects the adaptation of the level of training of students.

**Keywords:** assessment, essay, portfolio, descriptor, test, comparative analysis.

### **Негізгі ережелер**

Информатика пәнінен оқушылардың білімін бағалаудың өзіндік ерекшеліктері бар. Пәнді оқыту барысында оқу материалдарымен қатар компьютерді қолдану бағалау жүйесіне едәуір әсер етеді. Информатика сабақтарының тиімділігін арттыру үшін білімді бағалауда кемімелі дескрипторлар жақсы нәтиже береді. Бұл тәсіл үлгерімді объективті бағалап, оқу процесінде ықтимал бұрмалануларды азайтады.

### **Кіріспе**

Білім сапасы оқушылардың оқуға ынтасына, білім деңгейінің объективті бағалануы мен бағалау құралдарының дұрыс таңдалуына тікелей байланысты. Бағалау құралдарын оқыту мақсаттарына, объективтілікке, сенімділікке және әділдікке сәйкестік критерийлері бойынша талдау және әртүрлі әдістерін салыстыру арқылы олардың тиімділігін анықтай аламыз. Ақпараттық білім беруде бағалау құралдарын ұтымды таңдау және пайдалану қажеттілігі қазіргі педагогиканың өзекті мәселесі болып табылады. Бағалау әдістерінің әртүрлілігіне қарамастан, олардың тиімділігі мен білім беру мақсаттары мен стандарттарына сәйкестігі жиі сұрақтар туғызады. Нәтижелер білім беру сапасы мен оқыту тиімділігін арттыруға ықпал ете отырып, информатика саласындағы білімді бағалау процесін оңтайландыру бойынша ұсыныстарды әзірлеуге негіз бола алады.

Ғылыми мақаланың мақсаты информатика сабақтарында оқушылардың оқу жетістіктерін бағалаудың әртүрлі құралдарын қарастыру, оларды таңдау және пайдалану бойынша ұсыныстар әзірлеу. Зерттеудің негізгі міндеттеріне бағалаудың қолданыстағы әдістерін зерттеу, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін талдау негізінде ақпараттық білім берудегі білімді бағалау процесін оңтайландыру бойынша ұсыныстар әзірлеу кіреді. Мұғалімдер мен ғалымдар білім беру саласында бағалаудың әртүрлі құралдарын және олардың оқу процесіне әсерін зерттеді. Бағалау құралдарын зерттеуге айтарлықтай үлес қосқан бірқатар танымал ұстаздар мен зерттеушілердің еңбектерін қарастырайық.

Бенджамин Блум (1913-1999) – білімге, әсіресе, бағалау құралдары саласына айтарлықтай үлес қосқан әйгілі американдық ағартушы және психолог. Оның ең танымал жетістігі - 1956 жылы жасалған "білім беру мақсаттарының таксономиясы". Бұл таксономия білім беру мақсаттарын күрделілік пен абстракция деңгейлері бойынша жіктейді, оқушылардың білімі мен дағдыларын бағалауға арналған көптеген құралдарды ұсынады [1]. Бұл таксономия әртүрлі бағалау әдістерін, соның ішінде тест сұрақтарын, тапсырмаларды, жобаларды және фактілерді есте сақтаудан сыни ойлау мен шығармашылыққа дейінгі оқытудың әртүрлі аспектілерін бағалауға мүмкіндік беретін басқа құралдарды әзірлеуге негіз болды. Бенджамин Блумның қосқан үлесінің арқасында білім беру бағалары жүйелі және мақсатты болды, бұл оқу процесін жақсартуға және оқушылардың жетістіктерін түсінуге ықпал етеді.

Роберт Марзано бағалаудың әртүрлі әдістерінің тиімділігін зерттеді және оқытуды жақсартуды қолдайтын және мұғалімдерге біліктілігін арттыру үшін деректерді талдау және пайдалануға көмектесетін бағалау модельдерін жасады [2].

*Сабақты талдау:* Марзано мұғалімдерге олардың тиімділігін бағалауға мүмкіндік беретін сабақты талдау әдісін жасады. Бұл құрал оқу процесін бақылауды және сабақ мақсаттарының анықтығы, оқушылардың қатысу деңгейі және кері байланыс тиімділігі сияқты критерийлерге негізделген бағалауды қамтиды.

*Оқу мақсаттарының жіктелуі:* Марзано оқу мақсаттарын олардың күрделілік деңгейіне, төменгіден жоғарыға қарай жіктеуді ұсынады. Бұл мұғалімдерге оқу мақсаттарын дәлірек тұжырымдауға және сәйкес бағалау стратегиялары мен құралдарын таңдауға көмектеседі.

*Формативті бағалау тәсілі:* Марзано формативті бағалауды оқуды үздіксіз жақсарту құралы ретінде қолдануды қолдайды. Бұл тәсіл мұғалімнің оқушыларға үнемі кері байланысын және оқу процесін түзету үшін бағалау деректерін пайдалануды қамтиды.

*Бағалау таксономиясы:* Джон Кендалспен (Джон С.Кендалл) бірлесіп Марзано диагностикадан формативті және жиынтық бағалауға дейінгі бағалау әдістерінің кең ауқымын ұсынатын бағалау таксономиясын жасады.

*Бағалаудың оқытуға әсерін зерттеу:* Марзано әртүрлі бағалау әдістерінің оқу нәтижелеріне әсерін бағалайтын зерттеулер жүргізді. Оның жұмысы оқушылардың үлгерімін арттыру үшін тиімді бағалаудың маңыздылығын көрсетеді.

*Оқыту мақсаттары мен бағалау шкалаларын әзірлеу:* Марзано оқушылар мен мұғалімдер үлгерімді өлшеп, бақылай алатындай нақты оқу мақсаттары мен оларға сәйкес бағалау шкалаларын құруды қолдайды.

Роберт Марзаноға қатысты бағалау құралдары мұғалімдерге өз біліктілігін арттыруға және тиімді оқытуды қамтамасыз етуге көмектесуге арналған. Бұл құралдар оқу процесін бақылау үшін де, оқушылардың жетістіктерін бағалауға да жарамды.

Грант Уиггинс (1950-2015) оқу материалдарын әзірлеуге дейінгі бағалау тапсырмаларын жобалау процесін қамтитын оқу курстарын жоспарлау үшін "кері дизайн" (Backward Design) моделін жасады. Ол сонымен қатар оқытудың тиімділігін арттыру үшін бағалау принциптерін белсенді түрде зерттеді [3].

*"Кері дизайн" моделі (Backward Design)* – бұл модель мұғалімнің оқу мақсатын анықтап, бағалау үдерісін жобалауы, қарастыруы, содан соң ғана жоспарлауы арқылы оқушыларға сабақ өткізу әрекеті тиімді екенін анықтау (мақсат - сабақ немесе курс аяқталғаннан кейін оқушылар нені білуі керек?). Содан кейін мұғалімдер осы мақсатқа қол жеткізуге көмектесетін

оқу тапсырмаларын әзірлейді. Бұл мақсатты және тиімді оқу процесін қамтамасыз етеді. Кері байланыс және қалыптастырушы бағалау, Уиггинс оқу процесінде уақытылы, нақты және тиімді кері байланыс оқушыларға қазіргі үлгерім деңгейін түсінуге көмектесу үшін өте маңызды екенін атап өтті. *Жеке бағалау әңгімелері*, Уиггинс оқушылармен жеке әңгімелер жүргізуді ұсынды, онда олар өздерінің жетістіктерін, күшті және әлсіз жақтарын, сондай-ақ, оқу мақсаттарын талқылай алады. *"Сыни тапсырмаларды" қолдану* (Authentic Performance Tasks) – бағалаудың бұл әдісі оқушылардың нақты жағдайлар аясында білімдері мен дағдыларын дәлелдеу үшін орындауы керек нақты тапсырмаларды құруды қамтиды.

Дилан Уильям оқу процесін жақсарту үшін формативті бағалау туралы көптеген жұмыстардың авторы. Ол нақты уақыттағы оқытуды түзету үшін бағалау деректерін пайдалануға баса назар аударады [4]. Осы және басқа ұстаздар мен зерттеушілер оқушылардың білімін бағалау және дағдыларын қалыптастыруды жақсартуға көмектесетін құралдарды зерттеу мен әзірлеуге маңызды үлес қосты. Бұл тұрғыда, білім берудегі бағалау құралдары – бұл оқушылардың білімі мен дағдыларын бағалау үшін қолданылатын әртүрлі әдістер мен технологиялар. Олар тесттер және емтихандар сияқты дәстүрлі бағалау формаларын, сондай-ақ интерактивті технологиялар мен онлайн платформаларды қоса алғанда, жаңа әдістерді қамтиды. Сабақтағы бағалау құралдары білім беру жүйелеріне, мәдени ерекшеліктеріне және педагогикалық тәсілдеріне байланысты әр елде әр түрлі болуы мүмкін [5]. Келесі 1-кестеде шет елдерде қолданылып жүрген әртүрлі бағалау құралдарының бірқатар мысалдары берілген:

Кесте 1. Шет елдерде қолданылатын бағалау формалары

<i>Емтихандар мен тесттер</i>	
<i>АҚШ</i>	<i>SAT (Scholastic Assessment Test - мектептегі бағалау тесті) және ACT (American College Testing - Американдық колледждегі тестілеу) сияқты стандартты сынақтар университетке түсу кезінде орта мектеп оқушыларының білім деңгейін бағалау үшін кеңінен қолданылады.</i>
<i>Финляндия</i>	<i>Фин мектептері оқушыларды негізінен стандартталған сынақтарсыз мұғалімдердің тікелей бағалауы негізінде бағалайды.</i>
<i>Жобалар мен портфолио бағалау</i>	
<i>Австралия</i>	<i>Австралияда оқушылардың практикалық дағдылары мен қабілеттерін бағалау үшін портфолио мен жобалар жиі қолданылады.</i>
<i>Франция</i>	<i>Француз мектептерінде портфолио көркем және әдеби шығармаларды бағалау үшін пайдаланады.</i>
<i>Өзін-өзі бағалау және өзара бағалау</i>	
<i>Жапония</i>	<i>Жапондық білім беру жүйесінде өзара бағалау және өзін-өзі бағалау оқушыларды және олардың өзін-өзі реттеу қабілеттерін бағалауда маңызды рөл атқарады.</i>
<i>Нидерланды</i>	<i>Нидерланды мектептерінде оқушылар өздерінің және сыныптастарының оқу үдерісіндегі жұмысын жиі бағалайды.</i>
<i>Кері байланыс және рефлексия</i>	
<i>Ұлыбритания</i>	<i>Британдық мектептерде оқушыларға өздерінің жетістіктерін түсінуге және жақсартуға көмектесу үшін кері байланыс пен рефлексияға баса назар аударылады.</i>
<i>Белсенділік пен қатысуды бағалау</i>	
<i>Швеция</i>	<i>Швед мектептерінде қорытынды бағалауға ғана емес, сонымен қатар сабақтар мен пікірталастарға белсенді қатысқаны үшін, яғни, қалыптастырушы бағалауға баса назар аударады.</i>
<i>Ұнай жүйесі</i>	
<i>Ресей</i>	<i>Ресейде 5 балдық бағалау жүйесі жиі қолданылады, мұнда 5 - "өте жақсы" және 2 - "қанағаттанарлықсыз".</i>
<i>Портфолио және шеберлік сыныптары</i>	
<i>Үндістан</i>	<i>Үнді мектептерінде оқушыларды портфолиосы мен шеберлік сабақтарына қатысу негізінде бағалайды.</i>

Әр мемлекетте оқу жетістігін бағалаудың бірнеше түрлері қолданылғанымен, ғылыми еңбектерді талдау нәтижелері басымдылықтың 1-кестедегідей берілетінін көрсетті. Бағалау практикасы білім беру саясаты мен әдістемесіне, сондай-ақ әр елдегі нақты оқу мақсаттарына байланысты айтарлықтай өзгеруі мүмкін.

### **Зерттеу әдіснамасы**

Салыстырмалы талдау: қолданыстағы бағалау құралдары мен оларды қолдану нәтижелерін анықтау үшін әдебиеттерге шолу жасалды және осы саланың дамуына үлес қосқан бірқатар зерттеушілердің еңбектері талданды. Жүйелік талдау: информатикадағы бағалау құралдарын зерттеу әртүрлі бағалау критерийлері мен элементтерінің құрылымы мен байланысын анықтау үшін жүйелік талдауды қолдану арқылы жүргізілді. Мазмұнды талдау: мазмұнды талдау әр бағалау құралында информатиканың қандай нақты аспектілері бойынша білімі бағаланатынын анықтауға қолданылды.

### **Зерттеу нәтижелері**

Білім беру жүйесінде бағалау өте маңызды рөл атқарады. Бұл мұғалімдерге оқушылардың қандай білім мен дағдыларды игергенін және қайсысын жақсарту керектігін түсінуге мүмкіндік береді. Бағалау, сонымен қатар оқушыларды одан әрі оқыту мен дамытуға ынталандыру құралы болып табылады.

Критерийлер мен дескрипторлар оқушылардың оқу жетістіктерін бағалау үшін егжей-тегжейлі құрылымды қамтамасыз ететін рубрикалар мен бағалау құралдарының маңызды құрамдас бөліктері болып табылады. Критерийлер ұғымдарды түсіну, шығармашылық немесе техникалық дағдылар сияқты қол жеткізуге болатын нақты атрибуттарға қатысты. Дескриптор - бұл берілген критерий бойынша оқушылардың үлгерімінің нақты сипаттамаларын сипаттайтын егжей-тегжейлі түсініктеме. Критерийлер мен дескрипторлар оқушылардың жұмысын бағалаудың нақты, объективті және ашық әдісін жасайды, бұл оқытушыларға да, оқушыларға да тапсырмалардан қандай нәтиже күту керектігін және сол нәтижелерге қол жеткізу жолдарын түсінуге көмектеседі. Бағалауда кемімелі дескрипторларды енгізу анықтықты, дәлдікті және мотивацияны қамтамасыз ету үшін өте маңызды. Бұл тәсіл оқушыларды тапсырманың ерекшеліктерін түсінуге бағыттай отырып, оларды жоғары жетістіктерге ұмтылуға ынталандырады. Жалпы, кемімелі дескрипторларды қолдану оқушылардың жұмысын әділ, объективті және түсінікті бағалауға ықпал етеді. Бағалау тиімділігіне әсер ететін негізгі факторлардың бірі – бағалау құралдарын дұрыс таңдау. Сабақтың мақсаттарына, оқушылардың дайындық деңгейіне және ресурстардың қол жетімділігіне байланысты информатика сабақтарында тесттер, жобалар, эсселер және басқалары сияқты әртүрлі бағалау құралдарын қолдануға болады [6]. Тесттер информатика сабақтарында ең көп таралған бағалау құралы. Олар оқушылардың информатиканың белгілі бір салаларындағы білімдерін тексеруге және олардың дайындық деңгейін анықтауға мүмкіндік береді. Алайда, егер олар тым жеңіл немесе тым күрделі болса, оқушылардың ерекшеліктері ескерілмесе немесе олар әр түрлі болмаса, тесттер тиімсіз болуы мүмкін. Тесттер информатика сабақтарында пайдалы бағалау құралы бола алады.

Оның мүмкіндіктері:

- Құрылымдылығы, тесттер нақты құрылым мен форматқа ие, бұл бағалау процесін жеңілдетеді. Мұғалімге әр жұмысты бөлек бағалауға көп уақыт жұмсаудың қажеті жоқ, бұл уақытты қысқартуға мүмкіндік береді.

- Жедел кері байланыс мүмкіндігі, тесттер оқушыларға тест тапсырғаннан кейін бірден кері байланыс беруге мүмкіндік береді. Бұл олардың қателіктерін түсінуге және білімдерін қай салаларда жақсарту керектігін көруге көмектеседі.

- Ынталандыру, тесттер оқушыларды оқуға неғұрлым байсалды көзқараспен қарауға ынталандырады, өйткені олар өз білімдерін бағалай алады. Бұл оқушылардың ынтасын арттырып, оқу нәтижелерін жақсарта алады [7].

Әр түрлі саладағы білімді бағалау, тестілерді информатиканың әр түрлі салаларындағы білімді бағалау үшін қолдануға болады, бұл мұғалімге оқушыларға қай салада қосымша көмек немесе оқыту қажет екенін түсінуге мүмкіндік береді.

Тесттерді информатика сабағында бағалау құралы ретінде қолданудың бірқатар кемшіліктері:

- Шектеулі дағдыларды қамту, тесттер көбінесе программалау немесе есептерді шешу сияқты информатикадағы маңызды практикалық дағдыларды жеткіліксіз бағалайды.

- Шектеулі формат, тесттер шығармашылық ойлауды бағалау үшін тиімсіз болуы мүмкін, сонымен қатар оқушылардың білімін нақты жобаларға қолдану қабілетін бағалай алмайды.

- Тесттерді информатика сабақтарында тоқсанның соңында қорытынды және әр сабақта білімді үздіксіз бағалау үшін де қолдануға болады. Оларды қолдану білім беру мақсаттары мен сабақ құрылымына байланысты.

- Жалпы, тесттер информатика сабақтарында тиімді бағалау құралы болып табылады және мұғалімге оқушылардың білімін объективті бағалауға көмектеседі. Алайда, тесттер бағалаудың жалғыз құралы емес екенін және нақты жағдайларда оқушылардың білімі мен дағдыларын әрдайым толық көрсете алмайтындығын ескеру қажет [8].

Жоба – оқушылардан жоғары деңгейдегі дағдылар мен білімді талап ететін күрделі бағалау құралы. Олар оқушыларға программалау дағдыларын, аналитикалық қабілеттерін арттыруға және мәселелерді шешуде шығармашылықпен айналысуға мүмкіндік береді. Жобалар оқушыларға қарым-қатынас дағдылары мен командада жұмыс істеу дағдыларын дамытуға көмектеседі. Алайда, жобалар көп уақыт пен ресурстарды, сондай-ақ күрделі ұйымдастыруды қажет етеді. Жоба бойынша жұмыс барысында оқушылар өздерінің білімдері мен дағдыларын іс жүзінде қолдана алады, бұл оқу материалын тереңірек түсінуге ықпал етеді.

Жобалар кішігірім жеке тапсырмалардан бастап үлкен командалық жобаларға дейін әр түрлі болуы мүмкін. Мысалы, оқушылар веб-сайттар, қосымшалар, ойындар немесе тіпті роботтар жасай алады. Жобалар оқу материалын қолдануды қажет ететін міндеттер болуы және оқушылардың қызығушылығы мен ынтасын ояту үшін жеткілікті күрделі болуы маңызды.

Жобалардың бағалау құралы ретіндегі басты артықшылықтарының бірі – бұл мұғалімге оқушылардың білімі мен дағдыларын тесттер мен емтихандарда мүмкін болғаннан гөрі шынайы ортада бағалауға мүмкіндік береді [9]. Сонымен бірге, жобалар оқушыларға болашақ мансабында маңызды болуы мүмкін дағдыларды дамытуға көмектеседі, мысалы, топтық жұмыс, мәселелерді шешу және шығармашылық ойлау.

Информатика сабақтарында жобаларды бағалау құралы ретінде пайдаланудың бірқатар кемшіліктері бар:

- Уақыт шығындары, жобаларды жүзеге асыру оқушылардан да, мұғалімдерден де көп уақытты қажет етеді, бұл шектеулі оқу кестесінде проблемалы болуы мүмкін.

- Нәтижелердің әртүрлілігі, жоба нәтижелері оқушылардың жеке көзқарастары мен қабілеттеріне байланысты әртүрлі болуы мүмкін, бұл оларды салыстыру мен бағалауды қиындатады.

- Бейімделудегі қиындықтар, жобаларды ұйымдастыруда және жүзеге асыруда тәжірибесі жоқ оқушылар үшін жобалық жұмысқа бейімделу қиын болуы мүмкін.

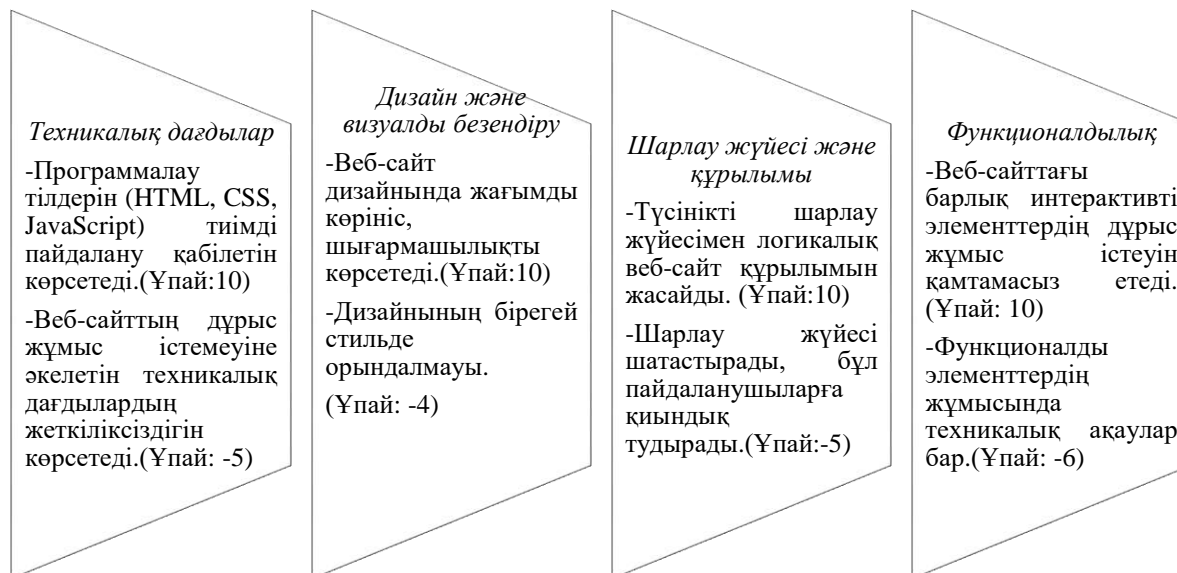
- Жобалар информатика сабақтарында тиімді болуы үшін мұғалімдер бағалау критерийлерін нақты анықтап, оқушыларға түсіндіруі керек. Сонымен қатар, мұғалімдер бағалау процесін объективті және ашық ету үшін бағалау айдарларын қолдана алады.

Дескрипторлар критерийлерге негізделген тапсырмаларды орындаудың негізгі принципі болып табылады. Бағалау дескрипторлары жұмыстың кезең-кезеңімен орындалуын көрсетеді. Оқушылар критерийлерге сәйкес барлық сұрақтарға жауап беру арқылы тапсырмаларды орындауға тырысады [10].

Информатика сабақтарында бағалау құралы ретінде жобаларды әртүрлі тақырыптарда қолдануға болады, мысалы: веб-сайт құру, қосымшаны әзірлеу, мәліметтер базасымен жұмыс,

робототехника. Жобаны орындау оқушыларға өздерінің білімдері мен дағдыларын жетілдіру, сондай-ақ олардың информатика саласындағы жетістіктерін бағалауға мүмкіндік береді. Мектептерде 10-11 сынып білім алушыларының оқу-ақпараттық құзыреттілігін дамыту мақсатында әр түрлі тақырыптарда жобалық жұмыстар жүргізіледі.

Веб-сайтты құру жобасын бағалауға арналған келесі дескрипторларды құрдық (1-сурет).



Сурет 1. Жобаны бағалау дескрипторлары

Әрбір дескриптор жобаның нақты аспектілерін бағалау және оның сапасын талдауға мүмкіндік береді. Веб-сайтты бағалауға арналған дескрипторлар оның сапасын бағалау үшін маңызды бірқатар критерийлерге негізделген.

- Дизайн және визуалды дизайн, эстетикалық тартымдылықты, пайдалану және сайтты шарлау қарапайымдылығын бағалайды.

- Функционалдылық және интерактивтілік, веб-сайттың барлық элементтерінің, соның ішінде мәзірлердің, сілтемелердің, пішіндердің өнімділігін, сондай-ақ пайдаланушының сайтпен өзара әрекеттесуіне ықпал ететін интерактивті элементтердің болуын бағалайды.

- Мазмұны және ақпараттық толықтығы, веб-сайтта берілген ақпараттың сапасы мен өзектілігін, сондай-ақ мәтіндік және мультимедиялық мазмұнның өзектілігін бағалайды.

Бұл критерийлер веб-сайттың функционалдығын, дизайнын, мазмұнын және басқа да маңызды аспектілерін ескере отырып, жан-жақты және объективті бағалауды қамтамасыз етуге көмектеседі.

Кемімелі дескрипторларды қолданудың артықшылықтары:

- Объективтілік, кемімелі дескрипторлар объективті бағалауды қамтамасыз етеді, өйткені олар оқушылардың жұмысын бағалаудың нақты критерийлерін ұсынады. Бұл бағалауда еріксіздік пен субъективтілікті болдырмауға көмектеседі.

- Айқындық пен түсініктілік, оқушылар мен оқытушыларға қандай да бір баға алу үшін қандай критерийлер мен стандарттарға қол жеткізу керектігін түсіну оңайырақ. Бұл өз кезегінде тапсырманы орындау үшін талаптарды анық түсінуге ықпал етеді.

- Дамуды ынталандыру, кемімелі дескрипторлар оқушыларды өз жұмыстарын үнемі жетілдіруге және дағдыларды дамытуға ынталандырады, өйткені олар жоғары бағаға жету үшін қандай нақты аспектілерді жақсарту керектігін көреді.

- Прогресті бағалау, кемімелі дескрипторларды қолдану оқушылардың уақыт бойынша үлгерімін бақылауға мүмкіндік береді және олардың дағдылары мен білімдерін қалай жақсартатынын жақсы түсінуге көмектеседі.

- Жалпы, кемімелі дескрипторларды қолдану оқушылардың жұмысын әділ, объективті және түсінікті бағалауға ықпал етеді.

Эссе – оқушыларға өз білімдері мен дағдыларын жазбаша түрде көрсетуге мүмкіндік беретін тиімді бағалау құралы. Эссе жазу барысында оқушылар талдау, синтездеу және сыни тұрғыдан ойлау қабілеттерін, сондай-ақ ақпаратты жазбаша түрде беру қабілетін көрсете алады.

Эссенің бағалау құралы ретіндегі басты артықшылықтарының бірі – бұл мұғалімге оқушылардың білімі мен дағдыларын тесттер мен емтихандарда мүмкін болғаннан гөрі терең контексте бағалауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, эсселер оқушыларға болашақ мансабында маңызды болуы мүмкін жазу дағдыларын дамытуға көмектеседі.

Әйтсе де, кез келген басқа бағалау құралы сияқты, эсселердің де кемшіліктері бар. Олар тексеруге көп уақытты қажет етеді. Сонымен қатар, эсселерді сынақтармен салыстырғанда бағалау қиын болуы мүмкін, өйткені оларды бағалаудың көптеген критерийлері бар [11].

Эссе информатика сабақтарында тиімді бағалау құралы болуы үшін мұғалімдер тақырыптардың және бағалау критерийлерін нақты анықтап, оқушыларға алдын-ала түсіндіруі керек. Сонымен қатар, мұғалімдер бағалау процесін объективті және ашық ету үшін бағалау айдарларын қолдана алады. Оқытушы эссені тексергеннен кейін келесі құзыреттіліктің игерілуін анықтауы керек: сыни ойлау; жағдайларды модельдеу қабілеті; негізгі ойды бөліп көрсете білу және оның айналасында мәтін құра білу, өз іс-әрекетін бағалау [12].

Информатика сабақтарында бағалау құралы ретінде эссенің күшті және әлсіз жақтары бар.

Артықшылықтары:

- Сыни ойлауды ынталандырады, эссе ақпараттық білім беруде маңызды болып табылатын сыни ойлау, ақпаратты талдау және синтездеу дағдыларын дамытуға ықпал етеді.

- Даралау, эссе оқушыларға өздерінің ерекше ойлары мен қызығушылықтарын көрсете отырып, тақырыпқа деген көзқарастарын даралауға мүмкіндік береді.

- Жазу дағдыларын дамытады, эссе ойды жазбаша түрде жазу, грамматика және мәтінді құрылымдау дағдыларын дамытуға көмектеседі.

- Кешенді дағдыларды бағалау, эссе оқушылардың информатика саласындағы білімдерімен қатар олардың дәлелдеу, талдау және өз ойларын білдіру қабілеттерін бағалауға мүмкіндік береді.

Кемшіліктері:

- Бағалаудың субъективтілігі, эссені бағалау субъективті болуы мүмкін және мұғалімнің субъективті пікіріне байланысты.

- Бағалауға уақыт қажет, эссені бағалау мұғалімнің, әсіресе оқушылар санының көптігімен көп уақыт пен күш-жігерді қажет етеді.

- Белгілі бір тақырыптар үшін жарамсыз формат, информатикадағы белгілі бір тақырыптар мен тапсырмалар үшін, әсіресе нақты жауап немесе мәселені шешу қажет болса, эссе сәйкес емес бағалау форматы болуы мүмкін.

Енді эссені информатика пәнінен оқушыларды бағалауда қалай қолдануға болатынын қарастырамыз, сонымен қатар бағалау үшін мысал мен дескрипторларды ұсынамыз.

Информатикадағы эссе келесі аспектілерді бағалай алады. Теориялық білім, оқушылардан информатика тұжырымдамаларына қатысты эссе жазып, олардың өз ойын жазбаша түсіндіруді сұрауға болады. Бұл мұғалімдерге пәннің теориялық аспектілерін түсіну деңгейін бағалауға мүмкіндік береді. Сыни тұрғыдан ойлау, эссе оқушының мәселелерді талдау және белгілі бір тәсілдер мен шешімдердің пайдасына немесе оларға қарсы дәлелдер келтіру қабілетін бағалау үшін пайдаланылады. Практикалық дағдылар, оқушылардан бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу, мәліметтер базасын жобалау, жүйелерді басқару және т.б. тәжірибелерін сипаттайтын эссе жазу сұралуы мүмкін [13]. Информатика пәнінен оқушыларды бағалауда эссені қолдану мысалы. Эссе тақырыбы: "Қазіргі әлемдегі жасанды интеллекттің рөлі мен әсері". Эссені бағалау бойынша келесі дескрипторлар құрылды (2-сурет).

<b>30</b>	Дәлелдеу сапасы (30 ұпай): оқушының тақырыпқа қатысты белгілі бір көзқарастарға немесе оған қарсы дәлелдер келтіру және тиісті дәлелдерді қолдану қабілеті бағаланады.
<b>30</b>	Ұғымдарды түсіну (30 ұпай): жасанды интеллектке қатысты ұғымдар мен терминдерді түсіну деңгейі, сондай-ақ оларды эссе контекстінде дұрыс пайдалану бағаланады.
<b>15</b>	Тілдік дағдылар және құрылым (15 ұпай): грамматика, сөйлем құрылымы, презентация стилі мен анықтығы бағаланады.
<b>15</b>	Зерттеудің өзектілігі мен кеңдігі (15 ұпай): оқушының жасанды интеллекттің өзекті аспектілерін талқылау және зерттеуінде кең материалды пайдалану қабілеті бағаланады.
<b>10</b>	Шығармашылық және өзіндік ерекшелік (10 ұпай): жаңа идеяларды немесе стандартты емес көзқарастарды ұсыну мүмкіндігі бағаланады.
<b>10</b>	Эссенің құрылымы түсініксіз, бұл түсініуді қиындатады. Эссенің құндылығын төмендететін тақырыптан ауытқулар бар. (минус 10 ұпай)

Сурет 2. Эссені бағалау дескрипторлары

Жасанды интеллекттің рөлі мен әсері туралы эссе информатика саласындағы оқушылардың теориялық білімін, аналитикалық қабілеттерін және қарым-қатынас дағдыларын бағалау үшін пайдаланылады. Эссені бағалауға арналған дескрипторлар коммуникация, педагогика және лингвистика теорияларына, сондай-ақ жазбаша өрнек пен мәтіндерді бағалау саласындағы зерттеулерге негізделген. Дескрипторлар немесе әр тапсырмаға арналған нақты нұсқаулар мұғалімге бағалау процесінде бейтарап шешімдер қабылдауға көмектеседі және оқушылар мен олардың ата-аналарына пайдалы кері байланыс береді [14]. Жалпы, эсселер жобалар, тесттер және программалау тапсырмалары сияқты басқа бағалау құралдарымен бірге қолданылса, информатика сабақтарында тиімді бағалау құралы бола алады. Әр түрлі бағалау құралдарын қолдану мұғалімдерге білім мен дағдылар туралы толық түсінік алуға көмектеседі.

Электронды портфолио – бұл информатика сабақтарында оқушының осы саладағы білімін, дағдылары мен жобаларын құрылымдық және көрнекі түрде ұсынуға мүмкіндік беретін қуатты бағалау құралы. Электронды портфолио қорытынды және қалыптастырушы бағалау әдісі ретінде қолданыла алады. Электронды портфолионың маңызды ерекшелігі – нақты уақыт режимінде жылдам кері байланыс мүмкіндігі. Оқушылар өздерінің ойларымен алмасып, мұғалімдердің, құрдастарының, қоғамдастық өкілдерінің өз көрсеткіштерін қалай жақсартуға болатындығы туралы түсініктемелері мен ұсыныстарын ала алады [15]. Портфолио – бұл белгілі бір уақыт аралығында оқушының жеке жетістіктерін жинақтайтын жұмыс файлының қалтасы [16]. Информатика сабағындағы портфолио – бұл веб-әзірлеу, программалау, мәліметтер базасы, киберқауіпсіздік, қолданбаларды әзірлеу және т.б. сияқты әртүрлі информатика тақырыптарындағы дағдылары мен жетістіктерін көрсететін оқушының жұмыстары мен жобаларының жинағы. Портфолио оқушыларға өз жетістіктерін құжаттауға және мұғалімдерге нақты жобалар негізінде жұмысты бағалауға көмектеседі. Тоқсанның немесе семестрдің соңындағы бағалауда қолдануға ыңғайлы. Бұл оқушыларға оқу кезеңіндегі жалпы жетістіктерін көрсетуге мүмкіндік береді, яғни белгілі бір мерзімде орындалған жұмыстар мен жобаларды бірге қамтиды. Информатика сабақтарында портфолионы бағалауға арналған дескрипторлар келесі аспектілерді қамтуы мүмкін: өзіндік ерекшелік, шығармашылық, техникалық дағдылар, ұйымдастыру және құрылым, рефлексия, өзін-өзі бағалау, жұмыстың сапасы мен аяқталуы, мерзімдерді сақтау және ұқыптылық. Дескрипторлар оқушының портфолиосындағы жұмыстың әртүрлі аспектілерін егжей-тегжейлі бағалауға көмектеседі. Төменде информатика пәнінен бағалау құралдарын салыстырмалы талдау көрсетілген (2-кесте).



Кесте 2. Бағалау құралдарын салыстырмалы талдау

Бағалау құралы	Бағалау мақсаты	Деректер түрлері	Жарамдылық	Объективтілік	Тиімділік
Тест	информатиканың нақты салаларындағы білім мен дағдыларды өлшеу	бағалау түріндегі сандық деректер, тест сұрақтарына жауаптар	техникалық білім мен тұжырымдамаларды бағалаудың дәлдігін қамтамасыз етеді	тесттер объективті болуы мүмкін, өйткені бағалау дұрыс және бұрыс жауаптарға негізделген	салыстырмалы түрде жылдам, бұл көптеген оқушыларды бағалауға мүмкіндік береді
Жоба	жобаны орындау арқылы практикада қолдану қабілетін бағалау	жобалау жұмыстары, есептер және презентациялар түріндегі сапалы деректер	жобалық жұмыс жақсы құрылымдалған және оқу мақсаттарымен байланысты болса, жарамды болады	жобаларды бағалау субъективті және мұғалімнің сараптамасын қажет етеді	жобаларды бағалау мұғалімнің көп уақыты мен күш-жігерін қажет етеді
Эссе	оқушылардың түсінігі мен аналитикалық қабілеттерін бағалау	толық жауаптар мен дәлелдерді қамтитын мәтіндік эссе түріндегі сапалы деректер	жарамдылығы олардың ақпараттық ұғымдарды түсіну мен қолдану қабілетін қаншалықты жақсы өлшейтініне байланысты	бағалауда мұғалімнің сараптамасын қажет етеді. Рубрикалар мен бағалау критерийлерін қолдану объективтілікті арттыра алады	эссені бағалау мұғалімнің уақыты мен күш-жігерін қажет етеді, әсіресе оқушылар көп болған кезде
Портфолио	оқушылардың әр түрлі дағдыларын, жобаларын және шығармашылық қабілеттерін тереңірек бағалауға мүмкіндік береді	бұл деректер сипаттамалық мәлімдемелерді, өзін-өзі есеп беруді қамтиды	нақты жобалар мен сценарийлерде білімнің қолданылуын бағалау	бағалауда мұғалімнің сараптамасын қажет етеді	оқушылардың оқу стильдері мен қалауларының әртүрлілігін ескере отырып, оқытудың жан-жақты тәсілін қолдайды

Салыстырмалы талдау нәтижесі бойынша оқу мақсатына байланысты бағалау құралын таңдауға ұсыныстар:

- Тесттер мен емтихандар білімді анықтауда пайдалы, ал жобалар мен практикалық тапсырмалар практикалық дағдыларды жақсырақ өлшей алады.

- Егер мақсат белгілі бір оқу кезеңінде білім мен дағдыларды өлшеу болса, тестілеу тиімдірек және объективті болуы мүмкін.

- Егер мақсат оқушылардың білімді іс жүзінде қолдану және шығармашылық дағдыларды дамыту қабілетін бағалау болса, жобалау жұмыстары қолайлы болуы мүмкін.

- Тесттер сенімдірек болуы мүмкін, бірақ егер олар ақпараттық дағдылардың барлық гаммасын қамтымаса, жарамдылығы аз болады.

- Егер мақсат оқушылардың аналитикалық дағдыларын, сыни тұрғыдан ойлау қабілетін және білімді іс жүзінде қолдана білуін дамыту болса, эссе орынды болуы мүмкін.

- Эсселер оқушыларға тақырыптарды тереңірек талдауға және жазбаша қарым-қатынас дағдыларын дамытуға мүмкіндік береді.

- Жобалау жұмыстары анағұрлым сенімді болуы мүмкін, бірақ бағалауға көп уақыт кетеді және объективті болмауы мүмкін.

- Портфолио оқушылардың оқуы үшін дербестігі мен жауапкершілігін дамытуға ықпал етеді.

### **Дискуссия**

Зерттеу барысында оқушылардың информатика пәнінен білімін бағалаудың әртүрлі әдістері қарастырылды және объективті бағалау үшін кемімелі дескрипторларды қолдану енгізілді. Бағалау әдіснамасының бұл жаңартуы білім беру саласына, әсіресе бағалаудың тиімді әдістері маңызды болып табылатын информатика контекстінде маңызды үлес қосады.

Біздің зерттеу жұмысымыздың нәтижелері информатика пәнінен жоба және эссені бағалаудың дескрипторларын құруды нақты мысал арқылы қарастыру және кемімелі дескрипторларды енгізудің маңыздылығы болып саналады. Бағалаудың бұл тәсілі оқушылардың білімін бағалау кезінде мүмкін болатын бұрмалануларды азайтуға бағытталған инновацияны білдіреді. Осы әдісті қолдану арқылы алынған жауаптар объективті және оқушылардың нақты дайындық деңгейіне жақын болып келеді. Басқа ғалымдардың зерттеулері аясында, біздің көзқарасымыз бағалау кезінде субъективтіліктің төмендеуіне жаңа көзқарас бере отырып, олардың нәтижелерін толықтырады. Бұл сапалы оқытуды қамтамасыз ету үшін маңызды болып табылатын әділ және сенімді нәтижелерге ықпал етеді деген идеяға сәйкес келеді. Әрі қарайғы зерттеулердің болашағы информатика пәнін оқытудың әртүрлі контексттерінде кемімелі дескрипторлардың тиімділігін тереңірек талдауды қамтиды.

### **Қорытынды**

Осы ғылыми мақаланың қорытындысы бойынша келесі негізгі тұжырымдар жасауға болады. Информатика пәнінен оқушылардың білімін бағалау әдістерін талдау негізінде бұл ғылыми мақалада тесттер, жобалар, эсселер және басқалар сияқты әртүрлі бағалау құралдарына шолу жасалды. Зерттеу тек теориялық аспектілерді ғана емес, сонымен қатар шетелдегі практикалық эксперименттердің нәтижелерін де қамтиды. Әр мемлекетте бірнеше бағалау түрлері қолданылғанымен, олардың біреуіне басымдылық беріледі. Әрбір бағалау құралының күшті және әлсіз жақтары бар және белгілі бір құралды таңдау бағалау мақсаттары мен пайдалану контекстіне байланысты болуы керек деп санаймыз. Информатикадағы бағалау құралдарын салыстырмалы талдау оқушылардың білімі мен дағдыларын бағалау саласында құнды ақпарат берді. Компьютерді меңгеру деңгейін тиімді өлшеуге мүмкіндік беретін бағалау құралдары мен әдістері ұсынылды. Информатика сабақтарының тиімділігін арттыруға практикалық тәсілді ұсына отырып, оқушылардың білімін бағалаудың дескрипторлары негізделді. Сонымен қатар білімді бағалау процесінде кемімелі дескрипторларды қолдану негізделді. Бұл тәсіл үлгерімді объективті бағалауға ықпал етіп қана қоймайды, сонымен қатар бағалау процесінде ықтимал бұрмалануларды азайтуға деген ұмтылысты көрсетеді. Бұл жұмыс бағалаудың әртүрлі құралдары туралы түсінігімізді кеңейтіп қана қоймайды, сонымен қатар информатика саласындағы білім сапасын жақсартуға көмектесетін нақты нұсқаулар береді. Қорытындылай келе, информатикадағы бағалау құралдарын салыстырмалы талдау оқыту әдістемесінің маңызды бөлігі және оның нәтижелері осы білім саласындағы оқыту мен бағалау процесін жақсартуға ұмтылатын мұғалімдер мен зерттеушілерге пайдалы болады деп есептейміз.

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

- [1] Ягубова Л.Э. Место таксономии Бенджамина Блума в современной системе образования // Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития, 2021, С. 368-370.
- [2] Заир-бек Е.С., Пискунова Е.В. Зарубежный опыт поддержки развития профессионализма учителя // Письма в Эмиссия. Оффлайн. - 2015. - ART 2416
- [3] Владыко А.В. Обратная связь в традиционном классе и цифровой образовательной среде // Вестник педагогических наук. - 2022. - №4. - С. 38-43.
- [4] Котова И.Ю. Мобильные технологии в формирующем оценивании // Мир педагогики и психологии. - №10 (27). - 2018. - С. 6-12.
- [5] Сосин И.В. Оценки в школах разных стран // Проектная и исследовательская деятельность в образовательной организации. Москва, 2018. - С.110-119.
- [6] Смирнова Ж. В., Красикова О.Г. Современные средства и технологии оценивания результатов обучения // Вестник Мининского университета, 2018. - №3 (24). - С.9. <https://doi.org/10.26795/2307-1281-2018-6-3-9>
- [7] Пинская М.А., Михайлова А.М., Рыдзе О.А., Денищева Л.О., Краснянская К.А., Авдеенко Н.А. Навыки XXI века: как формировать и оценивать на уроке? // Образовательная политика. - 2019. - №3 (79). - С. 50-62.
- [8] Секлетова Н.Н., Куваева Е.Н., Кондратьев А.И. Тестирование как инструмент оценки знаний // Экономика и социум. - 2020. - №10 (77). - С. 712-715.
- [9] Чимитова Д.К., Дамбуева А.Б. Проект как инструмент оценки метапредметных образовательных результатов // Педагогические измерения. - 2019. - №2. - С. 123-125.
- [10] Хасенова А., Карымсакова А. и Закирова А. Из опыта применения критериального оценивания в рамках преподавания информатики в школе. // Вестник «Физико-математические науки». 75, 3 (сен. 2021), 189–196. DOI: <https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.23>.
- [11] Ирина Логвина, Людмила Рождественская. Инструменты формирующего оценивания в деятельности учителя-предметника. – учебное пособие, Нарва, 2018. – 27с.
- [12] Колдина М.И., Костылева Е.А., Трутанова А.В. Эссе как способ контроля знаний и оценивания компетенций // Балтийский гуманитарный журнал. – 2017. - №3 (20). - С. 178-180.
- [13] Толстова Д.Н. Эссе как аутентичное средство оценивания учебной деятельности студента // Обучение, тестирование и оценка. – 2017. - №17. - С. 128-133.
- [14] Begimbetova G., Kassymova G., Abduldayev Ye. Criteria-based Assessment Model in the Education System of Kazakhstan // Ясауи университетінің хабаршысы. – 2023. – №1(127). – Б.276–287. <https://doi.org/10.47526/2023-1/2664-0686.23>
- [15] Крашенинникова А.С., Покусина Е.А. Цифровое портфолио как инструмент оценивания результатов учебной деятельности в общеобразовательной деятельности // Актуальные проблемы современности: наука и общество. - 2020. - №2 (27). - С. 29-31.
- [16] Старостина Ю.С. Инновационные формы оценки учебной деятельности студентов как средство повышения мотивации к изучению иностранного языка на старших курсах бакалавриата // Грамота. – 2018. - № 9(87). Ч. 2. С. 427-430. <https://doi.org/10.30853/filnauki.2018-9-2.46>

References

- [1] Jagubova L.Je. (2021) Mesto taksonomii Bendzhamina Bluma v sovremennoj sisteme obrazovanija [The place of Benjamin Bloom's taxonomy in the modern education system]. Molodezhnaja nauka v XXI veke: tradicii, innovacii, vektory razvitija, 2021, 368-370. (in Russian)
- [2] Zair-bek E.S., Piskunova E.V. (2015) Zarubezhnyj opyt podderzhki razvitija professionalizma uchitelja [Foreign experience in supporting the development of teacher professionalism]. Pis'ma v Jemissija. Offlajn, ART 2416. (in Russian)
- [3] Vladyko A.V. (2022) Obratnaja svjaz' v tradicionnom klasse i cifrovoj obrazovatel'noj srede [Feedback in the traditional classroom and digital educational environment]. Vestnik pedagogicheskikh nauk, №4, 38-43. (in Russian)
- [4] Kotova I.Ju. (2018) Mobil'nye tehnologii v formirujushhem ocenivanii [Mobile technologies in formative assessment]. Mir pedagogiki i psihologii, №10 (27), 6-12. (in Russian)
- [5] Sosin I.V. (2018) Ocenki v shkolah raznyh stran [Grades in schools in different countries]. Proektnaja i issledovatel'skaja dejatel'nost' v obrazovatel'noj organizacii. Moskva, 110-119. (in Russian)

[6]Smirnova Zh. V., Krasikova O.G. (2018) *Sovremennye sredstva i tehnologii ocenivaniya rezul'tatov obuchenija* [Modern tools and technologies for evaluating learning outcomes]. *Vestnik Mininskogo universiteta*, №3 (24), 9. (in Russian) <https://doi.org/10.26795/2307-1281-2018-6-3-9>

[7]Pinskaja M.A., Mihajlova A.M., Rydze O.A., Denishheva L.O., Krasnjanskaja K.A., Avdeenko N.A. (2019) *Navyki XXI veka: kak formirovat' i ocenivat' na uroke?* [Skills of the XXI century: how to form and evaluate in the lesson?]. *Obrazovatel'naja politika*, №3 (79), 50-62. (in Russian)

[8]Sekletova N.N., Kuvaeva E.N., Kondrat'ev A.I. (2020) *Testirovanie kak instrument ocenki znanij* [Testing as a knowledge assessment tool]. *Jekonomika i socium*, №10 (77), 712-715. (in Russian)

[9]Chimitova D.K., Dambueva A.B. (2019) *Proekt kak instrument ocenki metapredmetnyh obrazovatel'nyh rezul'tatov* [The project as a tool for evaluating metasubject educational results]. *Pedagogicheskie izmereniya*, №2, 123-125. (in Russian)

[10]Hasenova, A., Karymsakova, A. i Zakirova, A. 2021. *Iz opyta primenenija kriterial'nogo ocenivaniya v ramkah prepodavaniya informatiki v shkole* [From the experience of applying criteria-based assessment in the framework of teaching computer science at school]. *Vestnik «Fiziko-matematicheskie nauki»*. 75, 3 (sen. 2021), 189–196. (in Kazakh) DOI: <https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.23>.

[11]Irina Logvina, Ljudmila Rozhdestvenskaja., *Instrumenty formirujushhego ocenivaniya v dejatel'nosti uchitelja-predmetnika*. [Tools of formative assessment in the activity of a subject teacher] – *uchebnoe posobie*, Narva, 2018. – 27. (in Russian)

[12]Koldina M.I., Kostyleva E.A., Trutanova A.V. (2017) *Jesse kak sposob kontrolja znanij i ocenivaniya kompetencij* [Essay as a way to control knowledge and assess competencies]. *Baltijskij gumanitarnyj zhurnal*, №3 (20), 178-180. (in Russian)

[13]Tolstova D.N. (2017) *Jesse kak autentichnoe sredstvo ocenivaniya uchebnoj dejatel'nosti studenta* [An essay as an authentic means of evaluating a student's educational activity]. *Obuchenie, testirovanie i ocenka*, №17, 128-133. (in Russian)

[14]Begimbetova G., Kassymova G., AbduldayevYe. (2023) *Criteria-based Assessment Model in the Education System of Kazakhstan* // *Iasau universitetinin habarshysy*, №1 (127), 276–287. <https://doi.org/10.47526/2023-1/2664-0686.23>

[15]Krashennnikova A.S., Pokusina E.A. (2020) *Cifrovoe portfolio kak instrument ocenivaniya rezul'tatov uchebnoj dejatel'nosti v obshheobrazovatel'noj dejatel'nosti* [Digital portfolio as a tool for evaluating the results of educational activities in general education]. *Aktual'nye problemy sovremennosti: nauka i obshhestvo*, №2 (27), 29-31. (in Russian)

[16]Starostina Ju.S. (2018) *Innovacionnye formy ocenki uchebnoj dejatel'nosti studentov kak sredstvo povysheniya motivacii k izucheniju inostrannogo jazyka na starshih kursah bakalavriata* [Innovative forms of evaluation of students' learning activities as a means of increasing motivation to learn a foreign language in the senior Bachelor's degree courses]. *Gramota*, № 9(87), 427-430. (in Russian) <https://doi.org/10.30853/filnauki.2018-9-2.46>

Sh.Zh. Ramankulov<sup>1\*</sup>, N.P. Mussakhan<sup>1</sup>, J.M. Bitibaeva<sup>2</sup>,  
B.A. Kurbanbekov<sup>1</sup>, D. Berdi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Khoja Ahmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan

<sup>2</sup> Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: [Sherzod.ramankulov@ayu.edu.kz](mailto:Sherzod.ramankulov@ayu.edu.kz)

## INTEGRATION OF EDUCATION, SCIENCE AND PRODUCTION: METHODOLOGICAL FEATURES OF STEM PRODUCT DEVELOPMENT

### Abstract

The STEM-based laboratory is a module that combines elements of science, technology, engineering and mathematics from both a theoretical and practical point of view. In the educational process, this module examines the elements of problem-based learning to improve active learning and the learning process. In particular, teaching physics allows students to learn about digital engineering, work in educational and practical laboratories on their projects related to curricula, and improve their professional skills. This scientific study examines the methods of using the possibilities of the scientific environment and the integration of production in the development of the quality of education in physics educational programs. The purpose of this study is also to determine the impact of interdisciplinary STEM education on the labor market, factors determining the continuity of production and educational organizations. In the course of the study, multimethodic quantitative and qualitative research methods were used. A meta-analysis and systematic analysis of articles in highly regarded journals from Wos and Scopus sources was carried out. About 200 respondents participated in the quantitative data collection in the study. The STEM laboratories used the method of constructive research in order to combine physical knowledge with practice, to improve the work on the development of STEM products in scientific environments. The results of the study showed that the effective implementation of the links between the scientific environment and production in the educational process makes students competitive in the labor market. The research also revealed the technology of product development in the STEM laboratory and the methodological features of the use of products in the educational process. The results obtained correspond to global trends and have a positive impact on the development of scientific and technological trends in the country, the further development of the educational process, and the systematic formation of necessary 21st century skills among students.

**Keywords:** STEM education, continuity in education, STEM product, STEM laboratory, physics teaching, production.

Ш.Ж. Раманкулов<sup>1</sup>, Н.П. Мұсахан<sup>1</sup>, Ж.М. Битибаева<sup>2</sup>, Б.А. Курбанбеков<sup>1</sup>, Д. Берді<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Қ.А.Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік Университеті, Түркістан қ., Қазақстан

<sup>2</sup> Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

## БІЛІМ, ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ӨНДІРІС ИНТЕГРАЦИЯСЫ: STEM ӨНІМДЕР ӘЗІРЛЕУДІҢ ӘДІСТЕМЕЛІК ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

### Аңдатпа

STEM (Ғылым, Технология, Инженерия және Математика) негізіндегі зертхана - ғылым, технология, инженерия және математика элементтерін теориялық және практикалық тұрғыдан біріктіретін модуль болып табылады. Білім беру үдерісінде бұл модуль белсенді оқыту мен оқу үдерісін жақсарту үшін проблемаға бағытталған оқыту элементтерінде қарастырады. Әсіресе, физиканы оқытуда білім алушыларға цифрлық инжиниринг мәселелерін үйретуге, олардың оқу жоспарларымен байланысты өз жобалары бойынша оқу-практикалық зертханаларда жұмыс істеуге және өздерінің кәсіби дағдыларын жетілдіруге мүмкіндік береді. Бұл ғылыми зерттеуде физика білім беру бағдарламалары бойынша білім беру сапасын дамытуда ғылыми ортаның мүмкіндіктерін пайдалану және өндірісті интеграциялау әдістері қарастырылады. Сондай-ақ, бұл зерттеудің мақсаты - пәнаралық STEM білім берудің еңбек нарығына әсерін, өндіріс пен білім беру ұйымдарының сабақтастығын

анықтайтын факторларды айқындау болып табылады. Зерттеу барысында мультиметодикалы сандық және сапалық зерттеу әдістері қолданылды. Wos және Scopus дереккөздеріндегі жоғары рейтингті журналдарда орын алған мақалаларға мета-анализ және систематикалық талдау жүргізілді. Сандық деректерді жинауда зерттеуге 200-ге жуық респондент қатысты. STEM зертханаларда физикалық білімді практикамен ұштастыру, ғылыми ортада STEM өнімдерді әзірлеу жұмыстарын жақсарту мақсатында сындарлы зерттеу әдісі қолданылды. Зерттеу нәтижелері білім беру үдерісінде ғылыми орта және өндіріс байланысын тиімді іске асырудың еңбек нарығында білім алушыларды бәсекеге қабілетті болатындығын көрсетті. Сондай-ақ, зерттеу барысында STEM зертханасында өнімдер әзірлеудің технологиясы мен өнімдерді оқу үдерісінде қолданудың әдістемелік ерекшеліктері айқындалды. Алынған нәтижелер әлемдік трендтерге сәйкес келеді және еліміздегі ғылыми-технологиялық бағыттың дамуына, білім беру үдерісін одан әрі дамытуға, білім алушыларды 21 ғасырдағы қажетті дағдыларының жүйелі қалыптасуына оң әсер етеді.

**Түйін сөздер:** STEM білім, білім берудегі сабақтастық, STEM өнімі, STEM зертхана, физиканы оқыту, өндіріс.

Ш.Ж. Раманкулов<sup>1</sup>, Н.П. Мусахан<sup>1</sup>, Ж.М. Битибаева<sup>2</sup>, Б.А. Курбанбеков<sup>1</sup>, Д. Берди<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Международный казахско-турецкий Университет имени Х.А.Ясави, Туркестан, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан.

### **ИНТЕГРАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА: МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ STEM**

#### *Аннотация*

Лаборатория на основе STEM-это модуль, который сочетает в себе элементы науки, технологий, инженерии и математики как с теоретической, так и с практической точки зрения. В образовательном процессе этот модуль рассматривает элементы проблемно-ориентированного обучения для улучшения активного обучения и учебного процесса. В частности, преподавание физики позволяет обучающимся обучаться вопросам цифрового инжиниринга, работать в учебно-практических лабораториях над своими проектами, связанными с учебными планами, и совершенствовать свои профессиональные навыки. В данном научном исследовании рассматриваются методы использования возможностей научной среды и интеграции производства в развитии качества образования по образовательным программам физики. Также целью данного исследования является определение влияния междисциплинарного STEM-образования на рынок труда, факторов, определяющих преемственность производства и образовательных организаций. В ходе исследования были использованы мультиметодические количественные и качественные методы исследования. Был проведен метаанализ и систематический анализ статей в высоко оцененных журналах из источников Wos и Scopus. В количественном сборе данных в исследовании приняли участие около 200 респондентов. В лабораториях STEM применялся метод конструктивных исследований с целью сочетания физических знаний с практикой, улучшения работы по разработке продуктов STEM в научных средах. Результаты исследования показали, что эффективная реализация связей научной среды и производства в образовательном процессе делает обучающихся конкурентоспособными на рынке труда. Также в ходе исследования были выявлены технология разработки продукции в лаборатории STEM и методические особенности применения продукции в учебном процессе. Полученные результаты соответствуют мировым трендам и положительно влияют на развитие научно-технологического направления в стране, дальнейшее развитие образовательного процесса, системное формирование у обучающихся необходимых навыков 21 века.

**Ключевые слова:** STEM образование, преемственность в образовании, STEM продукт, STEM лаборатория, преподавание физики, производство.

#### **Main provisions**

A promising research idea is to establish the continuity of STEM education as a new way to develop employment opportunities for students in natural sciences, starting from school, through planned cooperation at the University and industry levels. We refer to the new scientific problems of introducing STEM design into educational processes on the basis of interdisciplinary continuity, assessing the impact on the development of industrial industries, combining knowledge within the walls of schools and universities with science and industry.

As a result of the study, the level of exchange of knowledge at the enterprise and educational institutions and contacts between the scientific environment and industry was assessed. The methodological features of the development of products and their use in the educational process in the STEM laboratory were identified. The conclusion of the study showed the importance of implementing the continuity of the STEM education model.

### **Introduction**

The joint utilisation of the potential of stakeholders and thus the integration of education, science and production is of great importance for economic, social, scientific and technological success. Intensive development of information flow provides situations based on inter-subject links in society. Consequently, the integration processes between learning and production activities in the scientific environment are effective and accelerate scientific and technological progress. It will also be possible to rationally use the potential of science and higher education in the world community and in the country [1].

STEM education allows to build a successful career in the future by meeting today's technological and scientific demands. As STEM education aims to strengthen connections between disciplines, gaining new ideas and advances in the field provides students with a wide range of opportunities. The work of several academics who have studied the impact of interdisciplinary STEM education on the labour market through meta-analyses of articles that have occurred in highly ranked journals in recent years can be taken as a basis.

A.T.Akcan, B.Yıldırım, A.R.Karataş and M.Yılmaz determine the impact of interdisciplinary STEM education on the labour market from the teachers' point of view using survey and interview methods among teachers considering the conditions of interdisciplinary STEM education [2]. By increasing the number of students with STEM education in the United States, the demand for STEM education in the labour market has increased [3]. Cooperation between universities and manufacturing companies in the USA and European countries ensures the quality of the education system in the country and sustainable development of the country. Kazakhstan, along with developed countries, contributes to the preservation of economic stability of the country through the implementation of joint projects between higher education institutions, research institutes and large manufacturing companies.

The continuity between education, scientific environment and production as one of the most important factors of sustainable development of each country allows to introduce innovations, develop new technologies and improve the efficiency of the economy in any sector [4].

Integration processes, such as training of future specialists in physics, joint research with academia in the field of advanced training and retraining of specialists, implementation of research developments, cover a wide range of spheres of activity. Technological development not only affects various spheres of society, but also contributes to the production, economic aspects, contributes to the quality of life, and increases labour productivity. STEM education has been promoted all over the world to create a science, technology, engineering and maths literate society. Therefore, the idea of interdisciplinary STEM education has started to be considered. This concept plays an important role in today's education system.

Based on our preliminary research, we consider it appropriate to implement the process of creating STEM-labs, preparing products and introducing them into the teaching process of physics educational programmes. This is because physics is an experimental science that studies nature. Given that physics has a high potential for interdisciplinary integration, we see that STEM has more opportunities to achieve new creative innovations by developing products in laboratories.

Scientific works by H.Gerde, G.Bingham, M.Kung, A.Pikus and H.Etchison consider the impact of STEM labs on improving the quality of teacher-student interactions and science experiences. Special attention was paid to the role and effectiveness of STEM labs in the professional development of scientists, teachers [5]. In the article, N.Huri and M.Karpudewan evaluate the effectiveness of integrated STEM lab activities to improve middle school students' understanding of the phenomenon

of electrolysis. The article discusses the features of STEM lab activities in chemistry teaching and its impact on students' academic achievement [6]. The research of M.Estes, J.Liu, K.Reedy proves the effectiveness of using problem-based learning method in STEM labs. The results of this study show that students can improve their research skills, teamwork skills and overall academic achievement [7].

In a research article, W.Kadir, I.Mustapha and N.Abdullah investigate the effect of STEM-based interactive physics laboratory module on learners' understanding of physics and performance, employment. The paper examines the learners' participation in the learning process and the effect of interactive laboratory practices on their level of understanding. The results of the study showed that the level of physics understanding of the learners in the experimental group who used the STEM laboratory module was significantly higher than that of the control group. The interactive laboratory module increased the learners' interest and aroused their interest in the subject.

From the above studies, we can observe that STEM labs can effectively integrate education, research and industrial integration through product development. However, according to the topic of the current study, there is insufficient research on interdisciplinary STEM education, the effectiveness of the education system, and the preparation of labour market-ready professionals. Specifically, interdisciplinary STEM argues that education causes shortages in educational resources, teacher training and qualifications, job shortages, and difficulties in absorbing new technologies. The first step towards meeting these needs, along with the effective implementation of academic disciplines in the training of STEM professionals in interdisciplinary STEM education, is to determine its impact on the labour market.

Consequently, in accordance with the purpose of our study, it is relevant to determine the impact of interdisciplinary STEM education on the labour market, factors determining the continuity of production and educational organizations.

In addition, in the course of the study we determine the solution of the following research questions:

- Which possibilities are there to combine physical knowledge with practice in STEM laboratories, to improve the work on development of STEM products in scientific circles?
- What is the connection of effective implementation of scientific environment and production links in the educational process with the competitiveness of students on the labour market?
- What is the technology of product development in STEM-labs and methodological peculiarities of product application in the educational process?

These research questions are distinguished by their novelty from a scientific and methodological point of view. Therefore, the determination of the solution of the tasks set in accordance with the purpose of the study is an urgent problem of our time.

### **Research methodology**

The study used Multimethod Research (Multimethod Research), which allows us to expand the depth and scope of the subject, compare data from different data sources, and integrate results using multiple methods and approaches simultaneously. Scientific articles were collected via Elsevier's Mendeley software (<https://www.mendeley.com/search/>) and meta-analysed. More than 150 scientific articles were identified using the keywords «STEM education», «continuity in education», «STEM product», «STEM laboratory», «physics teaching», «manufacturing». They were selected according to different criteria. A systematic analysis was made of 12 recent articles that formed the basis of the research topic. Conclusions were obtained on the advanced technological educational resources and research findings used in the research papers of the research scholars. In the meta-analysis of qualitative studies, in line with our research topic, we have taken as a basis the research papers of N.Tenti et al. [9], D.Suciana et al. [10]. A 15-question survey was developed via Google Forms. The survey questions focused on demonstrating participant information (anonymised), STEM knowledge, employment impact, skills and career opportunities, suggestions and conclusions covering 5 sections. The survey was randomly administered to employees in STEM fields. General information about the survey participants is summarised in Table 1.



Table 1. Information about survey participants

Category	Number	Percentage (%)	Total
Employee	120	60%	200 (100%)
Unemployed	20	10%	
Student	50	25%	
Other	10	5%	
Gender	Female (115)	57,5%	
	Male (85)	42,5%	

Let's list the main questions in accordance with the 3rd, 4th and 5th sections contained in the structure of the questionnaire:

- Did STEM education help you get a job?
- Do you think employers value candidates with STEM education more?
- What skills gained during STEM education were most useful in the workplace?
- Do you think STEM education increases career opportunities?
- How important are the skills learned during STEM education in your current workplace?
- What, in your opinion, are the main advantages of STEM education in the labor market?
- What difficulties did you face with getting a job or STEM education in the workplace?
- How important do you think it is to exchange experience in industrial places to achieve success in STEM education?

Google went to the "answers" button at the top of the form and received a brief summary of the answers. Graphs of the answers given to each question and individual answers of each respondent were discussed. In the preparation of technology for creating products in the STEM laboratory, the method of modeling 3D-printing, digital design methods for engineering and technical objects were used. We used the design method in the development of 3-dimensional graphics of the necessary equipment based on new software.

### Results of the study

The results obtained from scientific papers on the topic of research on the world stage show that people with STEM education are more likely to find work. At the same time, domestic scientists believe that Interdisciplinary STEM education will strengthen scientific and innovative potential, comprehensively train future specialists, and allow students to project thinking, connecting the acquired knowledge with the environment. Although Interdisciplinary STEM education plays an important role in providing professions, improving the education system, it is obvious that it allows systematic search work to solve some difficulties in the direction of Education. Interdisciplinary STEM education trains students in their practical application by deepening innovative, scientific and technical knowledge. Researchers show that STEM makes a significant contribution in education through the use of industrial actors, in economic growth, in increasing interest in STEM, in empowering young people. However, there is also the unevenness of STEM education according to the type and nature of jobs in the labor market. There is an increasing need for professionals in the STEM field, such as physicists and computer science specialists. This further strengthens the link between STEM education and employment. Thus, Interdisciplinary STEM education can contribute more to the economy (Figure 1).

Integration of the scientific environment and production in the training of future specialists in the educational programmes of physics in universities affects the development of innovations and new technologies, as well as the sustainable development of the economy. The methods of integration of production into the educational and scientific environment for training future specialists allow to introduce new knowledge and technologies, new innovations. Therefore, analysing scientific and methodological literature and regulatory documents, we propose to use several methods of production integration (Table 2).

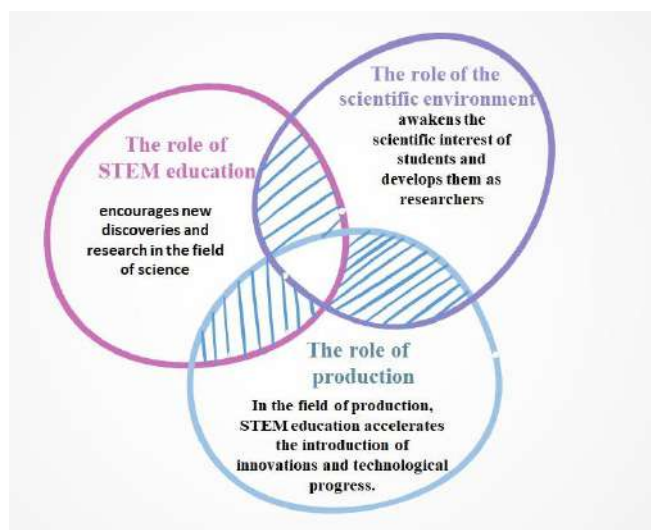


Figure 1. Continuity in the direction of education, scientific environment and production in the field of STEM

Table 2. Methods of integrating production into the educational and scientific environment for the training of future specialists

<i>p/c</i>	<i>Integration of production in education and science</i>	<i>Description</i>
1	<i>Research and development work in higher educational institutions.</i>	<i>Organization and conduct of joint research projects between higher educational institutions and industrial organizations. This method allows to develop new technologies, improve production processes in the country.</i>
2	<i>Increase of places of production practice and creation of innovation centers.</i>	<i>For future specialists it is necessary to choose the right places of industrial practice. This allows students to gain work experience in specific production conditions. Innovation centres at universities create conditions for students and researchers to work closely with production companies.</i>
3	<i>Integration of educational programs. Implementation of dual-degree and vocational training programs.</i>	<i>The introduction of dual degree programmes, vocational training programmes based on agreements between higher education institutions and production companies will help to gain industrial experience during the training period, improve the qualifications of the workforce and increase the efficiency of production activities.</i>
4	<i>Creation of technoparks. Centralization of the use of laboratory and production facilities.</i>	<i>The creation of technoparks at universities allows start-ups, research groups and production companies to jointly develop and introduce new technologies into production. The efficiency of resource utilisation is increased through the use of laboratory and production facilities.</i>
5	<i>Organization and holding of seminars and conferences.</i>	<i>By bringing together the scientific and industrial community through the organisation of joint seminars and conferences, it is possible to develop the potential of students and researchers.</i>
6	<i>Obtaining patents, copyright certificates and licenses. Implementation of pilot projects.</i>	<i>New technologies developed in higher education institutions contribute to the scientific, technical and economic development of the country through the introduction of licensing and commercialisation mechanisms in production companies and joint implementation of pilot projects.</i>

We opened a educational laboratory «STEM and Creativity» as methods of integration of scientific environment and production as part of educational programmes for training future specialists in physics. The educational laboratory is equipped with modern equipment and is focused on the

development and implementation of innovative products. The students of the Physics educational programme work together with researchers in the teaching-lab to develop and implement various products in the educational process. STEM product development in this teaching lab is done by integrating educational, research and industrial processes. All resources and tools necessary for the development of innovative products and technologies are available in these laboratories (Fig.2).



Figure 2. STEM products developed in the laboratory

The strategic goal of the educational laboratory «STEM and Creativity» is to create a modern digital educational environment, to realise the effectiveness of interdisciplinary teaching of physics, to develop STEM products and evaluate their effectiveness in the educational process, to develop engineering activities of students, to promote the development of science and technology in the country through commercialisation of the created products, to improve economic efficiency.

On what topic exactly the work in the laboratory will be carried out depends on the STEM and creative methodology. As a rule, such laboratories are used in Physics in order to develop practical skills and increase creative abilities. Training laboratories have the opportunity to develop products in such key areas as "energy conversion and energy sources", "robotics and automation elements", "electric and magnetic fields", "optics and light phenomena", "mechanics and laws of motion", "3D-modeling and engineering projects".

At present, the research group has launched several STEM research benches within the framework of the project. A telescope designed with the help of 3D printers and other equipment has been created. 3D model programmes on several physics topics have been created based on VR (virtual reality) technology. VR technology can be used to visualize and display complex phenomena in an understandable way in such topics of physics as mechanics, optics, electricity and magnetism, quantum physics, thermodynamics, astronomy, waves and vibrations, as well as the study of the Nano and microcosm. The developed products were implemented in the process of teaching special disciplines in physics educational programmes. The introduction of STEM products into the educational process was aimed at developing students' scientific and technical skills, increasing their ability to think innovatively and preparing them for specialities in demand in the future. The inclusion of content related to STEM subjects in the educational programme, i.e. the holistic integration of science, technology, engineering and mathematics, has enabled physics majors to be involved in projects that integrate several disciplines. Skills are taught in design and prototyping using 3D printers, resources needed for robotics, coding, engineering design and physics experiments. Consequently, integrating STEM education with academia and industry can encourage future professionals to innovate and develop new technologies. We also conducted a systematic analysis of the survey results in the course of the study, focused on identifying the impact of Interdisciplinary STEM education on the labor market, factors determining the continuity of production and educational organizations. The vast majority of participants were professionals over 30, 27.8% were between 22 and 25, and 22.2% were participants between the ages of 18 and 21. This survey was 57.5% women who expressed their views and 42.5% men who expressed interest in the survey.

On the question «Do you have knowledge (concept/professional knowledge/interest) in the field of STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics)?» 88.9% of the survey participants showed that they have STEM education, 11.1% do not have knowledge in this field of science. On the question

«*Did STEM education help you get a job? If yes, how did STEM education affect you?*» 50% of participants were able to get a job through STEM education, 33.3% were able to get a job partially, 16.7% were not able to get a job at all. According to the participants, we noticed that while STEM affects access to education, high technology and innovative jobs, according to some reviews, it is an improvement in professional skills. On the question «*Do you think employers value candidates with STEM education more?*» in the comments on the question, there was a positive answer that was in the lead, that is, 66.7% showed a high assessment of candidates with STEM education. And 27.8% of respondents said that sometimes, 5.6% of respondents said that they do not care about STEM education when applying for a job. On the question «*How important do you think it is to exchange experience in industrial settings to achieve success in STEM education?*» 61.1% of participants highly appreciated the importance of the exchange of experience, and 5.6% of participants noted the average level of importance. On the question «*How important do you think the continuity of school and higher education institutions is to achieve success in STEM?*» 55.6% of participants expressed their opinion that school and higher education institutions have a high degree of continuity for success in STEM, 33.9% said that it is moderately important, and 5.6% said that it is not important. For the question, «*What do you think are the barriers to becoming a qualified STEM professional?*» participants considered the lack of STEM specific disciplines, lack of qualified STEM professionals, teachers, and teachers to be a barrier. In addition, from the analysis of the survey participants' responses to other questions, conclusions were drawn on such topical issues as the great impact of STEM education on the labour market, training highly qualified specialists, stimulating innovation and technological development, ensuring economic growth and reducing unemployment. In addition, survey participants express confidence that STEM education will increase social equity and promote new occupations. Thus, it can be concluded that through STEM education it is possible to develop the labour market and improve the welfare of society as a whole.

### **Discussion**

The results of our research determine the competitiveness of students in the labour market of interdisciplinary STEM education. The article by R.Kiselova and A.Gravite [11] examines STEM educational policies in Latvia and their impact on the labour market. Researchers through surveys and interviews analyse the reforms of Stem-direction in the Latvian education system and their impact on the economic development of the country. D.Bennett, E. Knight, A.Dockery and S. Bawa [12] discuss new pedagogical approaches to employability of STEM students using quantitative and qualitative methods in their research. The researchers' study identifies methods and strategies to enhance students' preparation for the labour market. Our study aimed to identify the source of economic efficiency in the context of globalisation by incorporating new production processes in physics in combination with the labour market in STEM education. Globalisation and scientific innovation in STEM education, industrial continuity leads to renewal and openness of all spheres of life.

### **Conclusion**

Consequently, STEM education has a serious impact on the modern labour market. Thanks to our multi-method quantitative and qualitative research methods, we were able to identify the factors determining the continuity of production and educational organisations, such as the improvement of highly qualified specialties and technical skills, the development of innovation potential, the creation of joint research centres, the renewal of educational programmes, the increase in sources of financial support and incentives, the build-up of technological infrastructure, the increase in strategic and strategic partnerships, the increase in the number of students, and the increase in the number of educational institutions. The implementation of the application of the results of this study on the example of teaching individual disciplines will allow creating a single educational space for engineering and technical creativity, programming, design and interdisciplinary experimentation, effectively implementing the joint activities of the school-university-industry association.

Therefore, given the high level of prospects for the results of the study, this circumstance makes a huge leap forward in the development of world and domestic science. The development of cooperation between education, the scientific community and industry will allow creating innovative processes, mastering engineering and technical education from an early age and solving problems up to employment, thereby improving the socio-economic situation of the country. Products created on the basis of the continuity of the Interdisciplinary STEM education model have a high practical value and a very wide level of readiness to be used by a large range of consumers through their commercialization. The results obtained in the course of our research on the example of teaching individual disciplines have a great impact on the development of the STEM industry in the country.

### Acknowledgement

This research has been/was/is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant AP22784343).

### References

- [1] Ayazhan, S., Tleubekovna, A. N., & Dinara, Z. (2022). *Integration of science, education and production in the conditions of innovative development of Kazakhstan. Actual Problems in the System of Education: General Secondary Education Institution – Pre-University Training – Higher Education Institution*, (2), 167–174. <https://doi.org/10.18372/2786-5487.1.16595>
- [2] Akcan, A. T., Yildirim, B., Karataş, A. R., & Yılmaz, M. (2023). *Teachers' views on the effect of STEM education on the labor market. Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1184730>
- [3] Salzman, H., & Lieff Benderly, B. (2019). *STEM Performance and Supply: Assessing the Evidence for Education Policy. Journal of Science Education and Technology*, 28(1), 9–25. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9758-9>
- [4] Troshkova, E. V., Bezrukikh, J. A., Safronov, M. V., & Luk'ianova, A. A. (2023). *Designing a new education ecosystem model for sustainable regional development using additive technologies. Advances in Business Marketing and Purchasing*, 27, 101–109. <https://doi.org/10.1108/S1069-096420230000027011>
- [5] Gerde, H. K., Bingham, G. E., Kung, M., Pikus, A. E., & Etchison, H. (2023). *STEM Labs: A promising professional learning approach to promote teacher–child interaction quality and science and engineering practices. Early Education and Development*, 34(5), 1147–1171. <https://doi.org/10.1080/10409289.2022.2090775>
- [6] Huri, N. H. D., & Karpudewan, M. (2019). *Evaluating the effectiveness of Integrated STEM-lab activities in improving secondary school students' understanding of electrolysis. Chemistry Education Research and Practice*, 20(3), 495–508. <https://doi.org/10.1039/c9rp00021f>
- [7] Estes, M. D., Liu, J., Zha, S., & Reedy, K. (2014). *Designing for problem-based learning in a collaborative STEM lab: A case study. TechTrends*, 58(6), 90–98. <https://doi.org/10.1007/s11528-014-0808-8>
- [8] Kadir, W. N. H. W. A., Mustapha, I. R., & Abdullah, N. S. Y. (2021). *The Effectiveness of a STEM-Based Physics Interactive Laboratory (I-LAB) Module for Form Four Physics Students. Review of International Geographical Education Online*, 11(4), 1042–1049. <https://doi.org/10.33403/rigeo.8006818>
- [9] Tenti, N. P., Asrizal, -, Murtiani, -, & Gusnedi, -. (2021). *Meta-Analysis of The Effect of Integration Stem Education in a Various Learning Models on Student Physics Learning Outcomes. Pillar of physics education*, 13(4), 520. <https://doi.org/10.24036/10331171074>
- [10] Suciana, D., Hartinawati, Sausan, I., & Meliza. (2023). *A Meta-Analysis Study: The Effect of Problem Based Learning Integrated with STEM on Learning Outcomes. European Journal of Education and Pedagogy*, 4(2), 133–138. <https://doi.org/10.24018/ejedu.2023.4.2.619>
- [11] Kiselova, R., & Gravite, A. (2017). *STEM Education Policies and Their Impact on the Labour Market in Latvia. Bulgarian Comparative Education Society*, 15, 108–114. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=ED574218&site=ehost-live>
- [12] Bennett, D., Knight, E., Dockery, A. M., & Bawa, S. (2020). *Pedagogies for employability: understanding the needs of STEM students through a new approach to employability development. Higher Education Pedagogies*, 5(1), 340–359. <https://doi.org/10.1080/23752696.2020.1847162>

L.Sh. Sabyrkhanova<sup>1\*</sup> , L.K. Zhaidakbayeva<sup>2</sup> , A.B. Seitkhanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>O. Zhanibekov South-Kazakhstan Pedagogical University, Shymkent, Kazakhstan

<sup>2</sup>M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

\*e-mail: s.lazzat\_777@mail.ru

## USING SCRATCH SOFTWARE TO DEVELOP THE COMPUTATIONAL THINKING OF PRIMARY SCHOOL STUDENTS

### *Abstract*

The article examines the impact of using the Scratch program on the development of computational thinking in younger schoolchildren. The purpose of this study was to teach primary school students the subject of "Digital literacy" tasks "Creating an online game with codes" on the topic "Logical operators" were proposed, and studies on the development of students' computational thinking were developed. Task execution planning provides for the desire to create independently created games, successfully complete the stage of their execution in the Scratch program, and share your tasks in the Scratch program with classmates, introducing them to the network. Some elementary school students got acquainted with the tasks shared by their classmates and showed a high level of computational thinking and motivation to create additional games from them for the online platform. As a result, the influence of students on the skills of computational thinking, communication and independent development is shown. Due to the development of information technology, learning programming at an early age is important because they should not have problems understanding the logic of programming when they reach the age of a bachelor's degree. Using visual, two-dimensional Scratch for this purpose allows children to express their ideas and thoughts interactively. They can create their own projects using blocks with various functions such as motion, sound and animation. This teaching of children to present their ideas and concepts in a certain form shows the impact on the development of their representational abilities, that is, on their computational thinking.

**Keywords:** Scratch, programming, motivation, computational thinking, coding, project, divergent, convergent, digital content, problem solving.

Л.Ш. Сабырханова<sup>1</sup>, Л.К. Жайдакбаева<sup>2</sup>, А.Б. Сейтханова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский педагогический университет имени О. Жанибекова, г. Шымкент, Казахстан

<sup>2</sup>Южно-Казахстанский университет имени М.Ауэзова, г.Шымкент, Казахстан

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ SCRATCH ДЛЯ РАЗВИТИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ УЧАЩИХСЯ НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЫ

### *Аннотация*

В статье рассматривается влияние использования программы Scratch на развитие вычислительного мышления младших школьников. Цель данного исследования в обучении учащихся начальных классов предмету "Цифровая грамотность" были предложены задания "Создание онлайн игры с кодами" на тему "Логические операторы", разработаны исследования развития вычислительного мышления учащихся. Планирование выполнения задания предусматривает желание создавать самостоятельно созданные игры, успешно завершая этап их выполнения в программе Scratch, в режиме онлайн делиться своими задачами в программе Scratch с одноклассниками, внедряя их в сеть. Некоторые ученики начальных классов познакомились с заданиями, которыми поделились их одноклассники, и показали высокий уровень развития вычислительного мышления и мотивации к созданию из них дополнительных игр для онлайн-платформы. В результате показано влияние учащихся на навыки вычислительного мышления, общения и самостоятельного развития. В связи с развитием информационных технологий обучение программированию в раннем возрасте важно, потому что они не должны испытывать проблем с пониманием логики программирования, когда они достигают возраста бакалавриата. Использование визуального двумерного Scratch для этой цели позволяет детям выражать свои идеи и мысли в интерактивном режиме. Они могут создавать свои собственные проекты, используя блоки с различными функциями, такими как движение, звук и анимация. Это

обучение детей представлению своих идей и концепций в определенной форме, показывает влияние на развитие их репрезентативных способностей, то есть на их вычислительное мышление.

**Ключевые слова:** Scratch, программирование, мотивация, вычислительное мышление, кодирование, проект, дивергентность, конвергентность, цифровой контент, решение задач.

Л.Ш. Сабырханова<sup>1</sup>, Л.Қ. Жайдақбаева<sup>2</sup>, А.Б.Сейтханова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ө.Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университеті, Шымкент қ., Қазақстан

<sup>2</sup>М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

## БАСТАУЫШ СЫНЫП ОҚУШЫЛАРЫНЫҢ ЕСЕПТЕУ ОЙЛАУЫН ДАМУҒА ҮШІН SCRATCH БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚҰРАЛЫН ПАЙДАЛАНУ

### Аңдатпа

Мақалада Scratch бағдарламасын қолдану бастауыш сынып оқушыларының есептеу ойлауын дамытуға әсері қарастырылған. Бұл зерттеудің мақсаты бастауыш сынып оқушыларына "Цифрлық сауаттылық" пәнін оқытуда "Логикалық операторлар" тақырыбында "Кодтармен онлайн ойын құру" тапсырмалары ұсынылып, оқушылардың есептеу ойлауын дамытуға зертеу жасалынды. Тапсырманың орындалуын жоспарлануы, Scratch бағдарламасында оларды орындау кезеңін сәтті аяқтай отырып, өз бетінше жасаған ойындарын құруға құлшынысын, онлайн режимде Scratch бағдарламасындағы тапсырмаларын желіге енгізе отырып, сыныптастарымен бөлісуін қарастырады. Кейбір бастауыш сынып оқушылары сыныптастары бөліскен тапсырмалармен танысып, олардан онлайн-платформа үшін қосымша ойындар жасауға есептеу ойлауының дамуы мен мотивацияның жоғарғы деңгейін көрсетті. Нәтижесінде оқушылардың есептеу ойлау дағдыларын, коммуникацияны және тәуелсіз дамуына ықпал етуін көрсетеді. Ақпараттық технологияның дамуына байланысты бағдарламалауды ерте жастан үйрету маңызды, себебі олар бакалавриат жасына жеткенде бағдарламалау логикасын түсінуде қиындықтарға тап болмауы керек. Осы мақсатта визуалды екі өлшемді Scratch-ті пайдалану балаларға өз идеялары мен ойларын интерактивті түрде жеткізуге мүмкіндік береді. Олар қозғалыс, дыбыс және анимация сияқты әртүрлі мүмкіндіктері бар блоктарды пайдаланып өз жобаларын жасай алады. Бұл балаларды өз идеялары мен тұжырымдамаларын белгілі бір формада ұсынуға үйрету, олардың өкілдік қабілеттерін дамытуға, яғни есептеу ойлауына әсерін көрсетеді.

**Түйін сөздер:** Scratch, бағдарламалау, мотивация, есептеу ойлау, кодтау, жоба, дивергенция, конвергенция, сандық мазмұн, есептерді шешу.

### Main provisions

The main points of the article can be summarized as follows:

- The use of Scratch is linked to the development of higher cognitive skills, including analyzing, synthesizing, and evaluating information. Despite the increasing importance of computational thinking in today's world, effective methods for developing these skills among schoolchildren are still not well understood. While using Scratch as a tool for teaching computational thinking offers innovative possibilities, further research is required to identify the best techniques and evaluate their impact on education.

- Representation is highlighted as the ability of children to perceive and interpret the world. Using Scratch allows children to express their ideas interactively through projects using various blocks with functions like motion, sound, and animation. This concrete representation contributes to the development of children's representational abilities.

- This article highlights the significance of using Scratch software to enhance computational thinking in elementary school students. The research and practical examples demonstrate that Scratch not only helps students grasp programming basics but also serves as a powerful tool for fostering computational thinking and sparking their imagination.

### Introduction

The definite opposite of computational thinking is creative thinking. According L.I.Shishkina's analysis of the works of foreign psychologists, it is revealed that creativity is not solely possessed by

a limited number of exception geniuses who possess extraordinary talents and effortlessly break free from established norms. Instead, this aptitude is present in almost all individuals to different extents.

The opposite of computational thinking is standard thinking. This is due to the typical (standard, algorithmic) solution of the problems under consideration. It should be noted that this is how a person performs the vast majority of actions and thus solves his problems, and it is also possible to develop skills for solving them and further “automated” actions by standardizing. Computability of thinking is manifested in a non-standard approach to solving typical situations. In particular, such a situation can be an educational task, so the development of computational thinking (as opposed to calculus) in the educational process becomes practically possible.

Mastering standard techniques largely depends on studying "similarity actions" – patterns that the teacher demonstrates and the student repeats. This type of training should be considered ideal because it provides students with the necessary actions and, therefore, competencies.

The problematic situation is that, despite the growing importance of computational thinking in the modern world, the methods of its effective development among schoolchildren remain insufficiently studied. The use of Scratch as a tool for teaching computational thinking can offer innovative approaches, but more research is needed to identify optimal techniques and assess their impact on the educational process.

This article emphasizes the importance of using Scratch software to develop computational thinking in elementary school students. The proposed research and practical examples clearly show that Scratch not only contributes to the assimilation of the basics of programming, but is also a powerful tool for stimulating computational thinking and awakening the imagination of students.

Scratch software demonstrates that it promotes the development of basic skills such as problem thinking, logical reasoning, collaboration, and computational problem-solving by offering students the unique ability to compute interactive projects, games, and stories that allow them to implement their ideas digitally. Students become active participants in the educational process, which indicates their influence on independence and motivation.


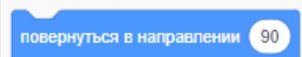
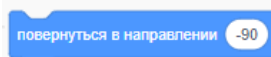
Our solving of the problem at the computational level involves deviating from the template. There are these two types of computational thinking:

- divergent – the ability to find multiple solutions to the same problem;
- convergent – the ability to choose the best method of available solutions.

Usually, for developing of students' computational thinking, a certain set of special tasks are offered, the concepts of which differ from the standard ones. The development or selection of such tasks, of course, is performed by the teacher, and in this sense, the development is not systematic and artificial, since it depends on the desire (or unwillingness) of the teacher and the didactic tasks that the teacher sets.

The development of information technologies creates favorable and natural conditions for developing of computational thinking. Modern software, which is based on the principles of an object-oriented approach, offers several alternative ways to change the properties of objects on the screen and execute commands. For example, to copy the highlighted part to MS Word, you can use the context menu that appears after right-clicking; you can also left-click on the corresponding icon on the formatting panel or use the keyboard shortcut Ctrl+C or Ctrl+Fn+Ins. The teacher should pay attention to the presence of these features. Then, some students begin to independently look for and apply such "alternative" solutions, in addition to the commands or schemes indicated by the teacher. Thus, divergent thinking develops, the ability to come to non-standard solutions. At the same time, convergence, i.e., finding and choosing the optimal solution, is manifested in the development of “hotkeys” – keyboard shortcuts that allow you to execute commands faster than in the menu or toolbar, as experts in the field of Information Technology do. Note that such development is not limited to a specific discipline and is not limited in time: rather, it occurs throughout the entire process of mastering information technology. Furthermore, through the utilization of the Scratch program, students have the ability to bring their imaginative ideas to life by designing games. As illustrated in Figure 1, an engaging game called Elefun can be presented as an example, specifically tailored for



primary school students. This game involves coding and enables the players to control the chosen character's movement both in a straightforward manner  and by employing code blocks to move right  or left . Such activities foster the development of critical thinking skills.

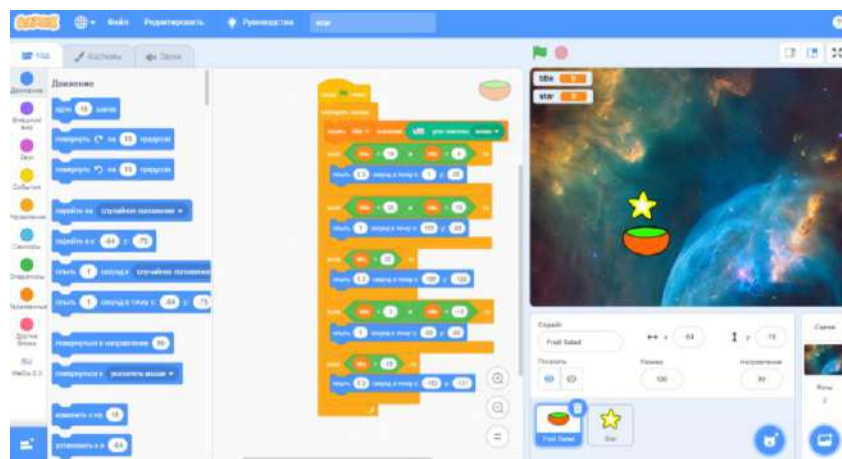


Figure 1. Encoding on Scratch

Coding, as the main trend in the modern world, occupies a leading position in education. It was evoked by the Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan dated March 28, 2023 No. 249. In the Concept of Education development of the Republic of Kazakhstan for 2022-2026, free courses will be organized for schoolchildren on the development of digital skills, one of which is coding, including programming, robotics, 3D printing and others. Computer programming is perceived as an important competence for developing skills and computational thinking in addition to logical reasoning. Consequently, its integration at all levels of education, as well as at an early age, is considered valuable, and scientific research is being conducted to study this phenomenon in more detail. In the context of these facts, this study examines the impact of Scratch learning on the development of algorithms and computational thinking skills. It is important to teach students programming at an early age so that they do not have difficulties understanding the logic of programming when they reach the age of an undergraduate. To achieve this goal, Scratch, a visual, two-dimensional programming tool, was developed. For novice programmers, Scratch is the most popular block-based software to facilitate learning programming around the world [1]. In addition, Scratch is widely used in Kazakhstan and was chosen as a block-based coding tool for developing problem-solving abilities, self-efficacy, motivation, and interest. Despite such widespread use, there is not enough scope to understand how information and communication technology (ICT) teachers adopt and use Scratch to teach programming. Today, there are a huge number of types of programming languages. Each of them is used to perform different tasks. One of them is the Scratch programming language. This language is the easiest visual language to learn programming and the easiest way to start programming. Scratch is a program that allows you to create by playing, using blocks of colored code to combine them rather than writing instructions like other programs. Scratch is simple and easy to use, and yet it's a great language for teaching us the basic ideas of other programming languages that we need to use through the game. Scratch makes the process of writing code easy, diverse, and fun. The solution to many modern applied problems related to the need to visualize the results of scientific research presentations is impossible without graphical implementation. When teaching programming is considered, as a rule, students of higher educational institutions come to mind as the target audience. However, programming teaching has been integrated into the curriculum of secondary schools and even primary school and kindergarten classes, along

with various applications for obtaining 21st-century qualifications in education [2]. Scratch, a free visual programming tool, was initially created at the Massachusetts Institute of Technology (MIT) in 2003. Through its website, users can share and communicate prepared projects with others [3]. This programming tool supports multiple languages and employs a user-friendly, block-based approach that appeals to individuals unfamiliar with programming. Research has been conducted on Scratch programs to facilitate training in algorithm development and programming. Several studies, including those by Begosso, Silva, Maloney (2013) and colleagues, focused on teaching algorithm development and programming to students aged 8 to 16 using Scratch. Additionally, Zoran and colleagues instructed college students in algorithm development and programming with the Scratch tool. Although Scratch has primarily been utilized for research on its impact on programming learning, there is a limited body of work exploring its potential to enhance students' computational and computational thinking skills, specifically in programming and algorithm development [4]. In recent years, it has been demonstrated that a tool like Scratch has made a great contribution to teaching programming to children (no coding errors or simple detection, no syntax errors, easy debugging, project development using multimedia tools, reduced cognitive load, simple and intuitive interface, etc.) and has become widespread. These programming tools have a structure that makes it easier for beginners to understand and use basic algorithmic forms and also prevents syntax complexity in programming by demonstrating the visual aspects of programming [5, 6]. The learner learns to think, to represent and to solve problems that require combining human cognitive power with computing ability [7, 8, 9].

### Research methodology

Coding is a whole series of commands written to provide communication between electronic and mechanical devices, computers, phones, tablets, and other devices, as well as people, and, as a result, to perform tasks step by step [10]. In other words, coding is a collection of programs written using programming languages, algorithmic methods, codes, and code blocks to solve one or more problems between the user and the computer, in which the coding is primarily based on one or more problems. To solve this problem, if there is one, the computer should provide the user with feedback. Communication is done by using programs written using encoding to get this response. The step-by-step program is solved using algorithmic methods for solving the problem. Then coding is performed using any programming language, and the solution to the problem is found. As shown in Figure 2, coding tools are divided into text and block tools.

```
internal class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        string[,] myArray = new string[2, 3];

        Random random = new Random();
        for (int i = 0; i < myArray.GetLength(0); i++)
        {
            for (int j = 0; j < myArray.GetLength(1); j++)
            {
                Console.WriteLine("Y:" + i + "X:" + j);
                myArray[i, j] = Console.ReadLine();
            }
        }

        Console.WriteLine();

        for (int y = 0; y < myArray.GetLength(0); y++)
        {
            for (int x = 0; x < myArray.GetLength(1); x++)
            {
```

Encoding of text



Coding using bloks

Figure 2. Encoding Types

People who write a program in text coding write the program in text form according to the language they use. On the other hand, in block coding, there are blocks corresponding to each code. These blocks are continuously queued using drop logic, creating a program.

Incorrect use of programming tools in teaching students programming leads to the fact that students are biased towards programming. To avoid this bias, you need to choose a programming tool

that is suitable for all age levels. To make learning programming easier for students, you should use simple programming tools. Programming is divided into text-based and block-based programming. Since learning a program is compared to learning a new language, students may be suitable first to him with prejudice. To do this, foremost, it is preferable to use visually weighted programming tools when coding. Block programming tools make learning enjoyable and also increase student motivation. Abstract concepts are visualized using block tools, which makes programming easier for anyone new to coding. It's easier to use blocks than to write code, especially at the beginner level. Block tools allow students to visualize and understand some situations and problems that they cannot implement. This makes writing code more fun and easier to understand. Among the main block-coding tools is Scratch. The most important features of this tool are that it is free and has visual effects that will make it easier for people at all levels to learn coding. On Scratch, when programming, each child gets to show the abilities of their creativity. Because of the environment, Scratch programming can make different cartoons, games, animated postcards, and presentations. Also, by inserting various photos into their graphic characters and adding sound, they can create interesting fictional fairy tales. These activities are carried out by students through the capabilities of a multimedia program. In the Scratch programming environment, every child can show their creativity. Because in the Scratch programming environment, you can prepare various cartoons, games, animated postcards, and presentations. He can also create interesting stories and fairy tales with the help of sound, create a variety of drawings, and perform graphic processing on his characters. All this is done by students using the multimedia capabilities of this program. It promotes computational thinking in the programming environment by setting your characters in motion, drawing, and working with different sounds.

This research endeavors to enhance pedagogical approaches in alignment with the requisites of Educational Research for the progression and ongoing enhancement of educational methodologies.

The principal objectives of this inquiry encompass:

- Furnishing students with a common medium for communication: object-oriented programming.
- Ensuring the operational viability and evolution of endeavors connected to programming originating from a rudimentary level.
- Fostering computational ideation through the resolution of challenges utilizing the Scratch programming environment.

This research was conducted involving two distinct cohorts of primary school students at the 'Bakdaulet' institution located in the city of Shymkent. The study included a combined group of 67 students, consisting of 31 women and 36 men. The average age of participating students was 9 years. In the present action plan, denoted as Figure 3 a tripartite approach was employed. The initial stage, designated as the first phase, entailed a comprehensive assessment of various methodologies relevant to the preliminary utilization of Scratch. Subsequently, the second phase was dedicated to the development of miniature gaming applications and fostering educational engagement within compact learning cohorts. The third and final phase was dedicated to disseminating the accomplished work to a wider online audience of users.

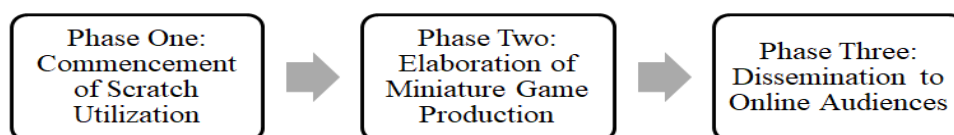


Figure 3. Phases of the plan

In the initial phase of the study, a comprehensive assessment of various methodologies for implementing Scratch software within the classroom setting was conducted. Subsequently, a curriculum comprising six introductory lessons, as detailed in Table 1 was devised.

Table 1. Activities plan

Lesson	Activities
1,2	Introduction to Scratch
3,4	Activities 1,2,3,4,5,6
5,6	Explore Evaluate

Each lesson was designed to encompass hands-on practical exercises, as illustrated in Figure 4 intended for individual students to actively engage in during classroom sessions.

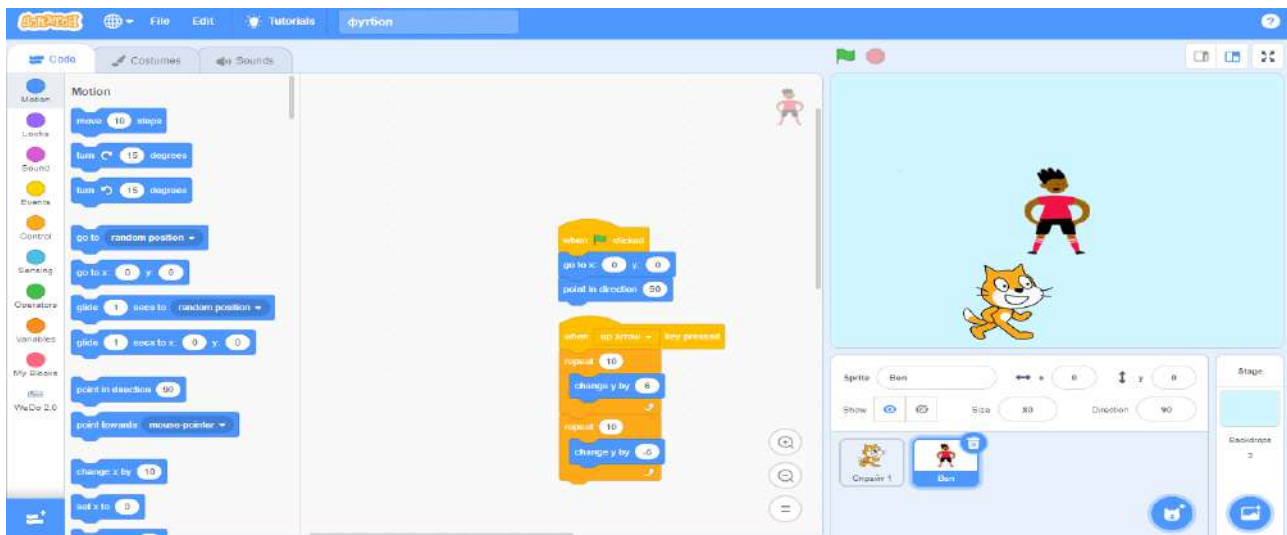


Figure 4. Phases of the plan

In the initial phase, denoted as the adaptation to Scratch, each student successfully completed the prescribed activities. It was noteworthy that the students exhibited a high level of motivation within the classroom setting during this phase. Some students demonstrated swift task completion, affording them additional time to generate supplementary examples and expand their computational prowess. Notably, all students exhibited a strong affinity for learning with Scratch and expressed enthusiasm for manipulating the 'sprites' within the Scratch environment. Moreover, students derived substantial educational benefit from peer interactions within the class, gaining valuable insights from their classmates. This phase also revealed that students recognized the potential of seeking assistance from their peers rather than solely relying on the instructor, as peers of similar age often offered unique and computational problem-solving approaches and novel narrative concepts that surpassed those of the teachers. In the subsequent phase, encompassing six lessons documented in Table 2, the focus was directed toward the creation of a miniature game. In classroom 1, a template provided in 'Annex I' served as a reference point, prompting students to conceive and execute a miniature game grounded in their imaginative capacities.

Table 2. Activities plan

Lesson	Activities
1,2	Mini game 1
3,4	Mini game 2
5,6	Explore Evaluate

In this study, all participating students successfully generated their own mini-games, with some of them demonstrating a propensity to create multiple mini-games. Notably, the students exhibited considerable enthusiasm throughout the game creation process, fueled by the prospect of their games

being actively played. Upon completion of this phase, they eagerly engaged in showcasing their independently crafted games to their peers. The third phase of the study encompassed four instructional sessions, as delineated in Table 3.

Table 3. Activities plan

Lesson	Activities
1,2	Create an account (scratch.mit.edu) Share their projects
3,4	Create a project on-line Explore the site on-line Evaluate

During this phase, students were tasked with the responsibility of disseminating their work over the Internet. To this end, each student visits the Scratch website (scratch.mit.edu), where they create their own accounts and start sharing their mini-games with other online peers. Interestingly, some students have demonstrated a high level of motivation on the website, not only playing games created by their peers, but also enjoying them, as well as continuing to create additional games for this online platform. In light of the aforementioned observations, it becomes evident that the Scratch website serves as a pivotal tool for these students. It functions as a conducive space where they can construct interactive activities, distribute their creations to a wider audience, and actively engage in a learning process that commences from the ground up.

### Results of the study

This report presents significant findings derived from the research investigation. During the initial phase (referenced to as Figure 5), a subset of students exhibited their computational abilities.

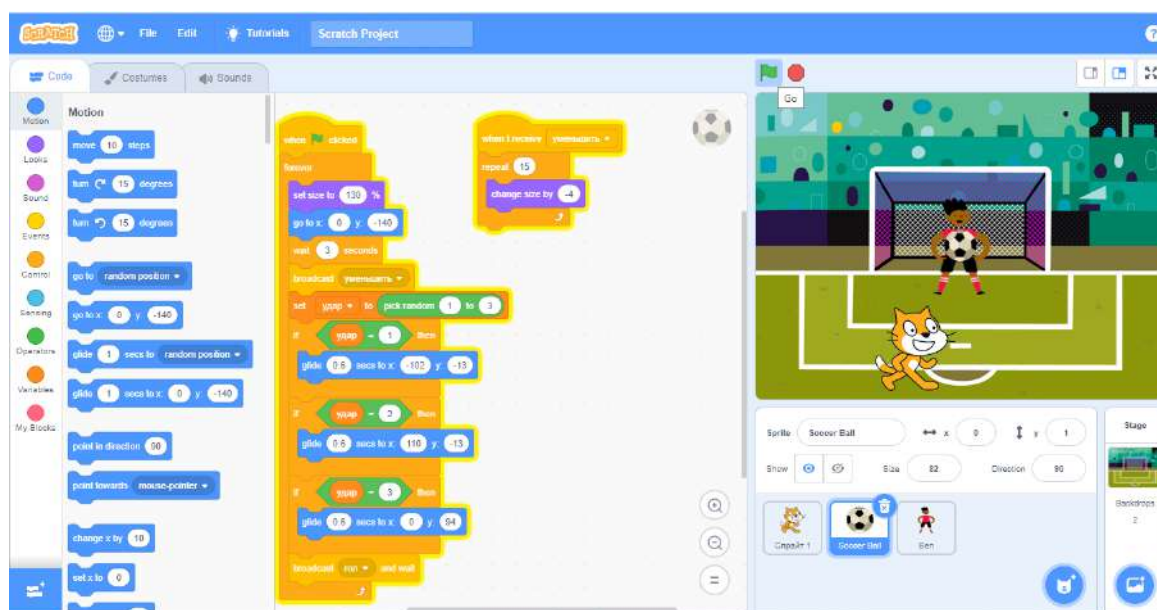


Figure 5. Some results of the 1<sup>st</sup> phase

In the subsequent phase (referenced to as Figure 6), there was observable development in the manifestation of this creativity.

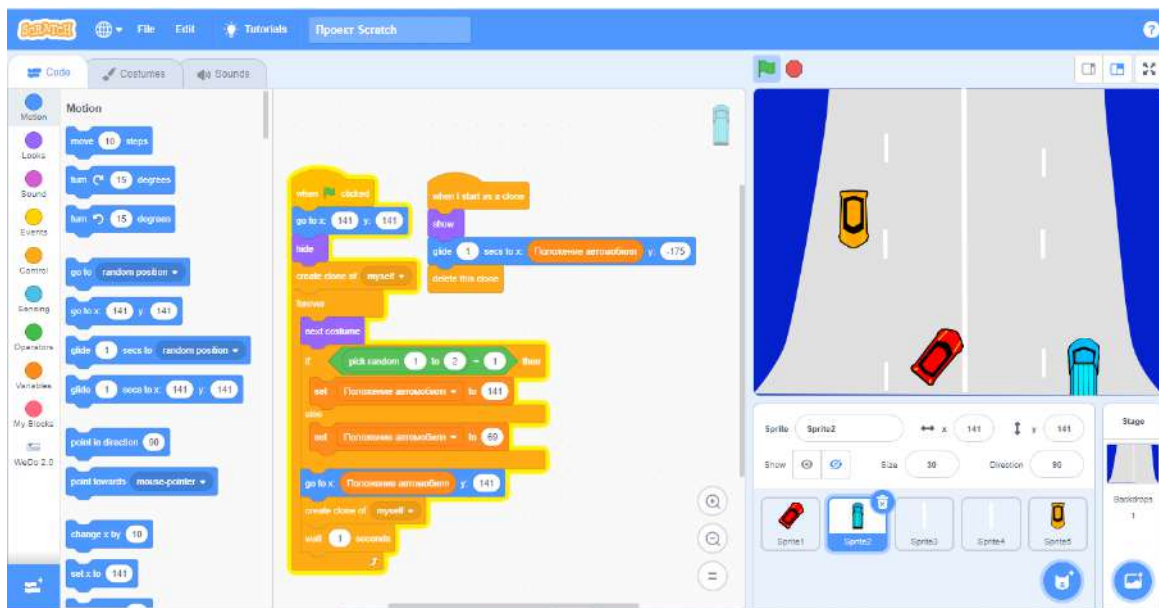


Figure 6. Some results of the 2<sup>nd</sup> phase

In the third phase (indicated as Figure 7), the activities created were made available online, and it was observed that these activities were highly engaging and enjoyable to all participating students. During this phase, some students faced challenges in completing their assigned tasks, requiring additional time to conclude the activities.

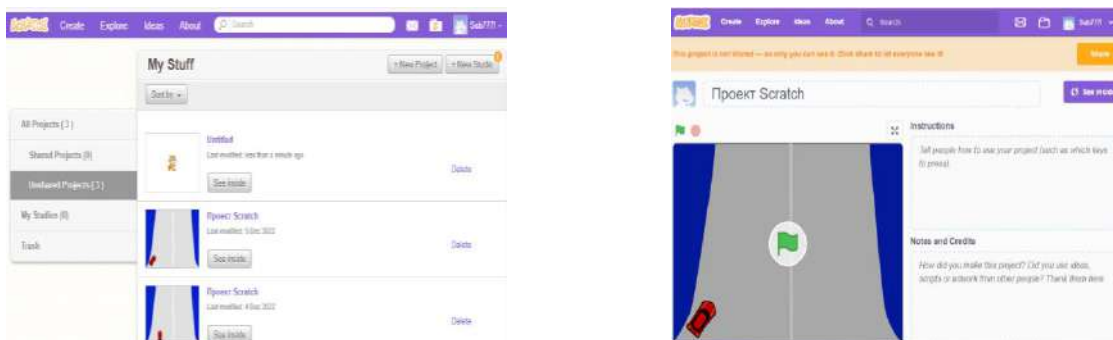


Figure 7. Some results of the 3<sup>rd</sup> phase

In general, the use of Scratch software in primary school is an effective tool for the development of computational thinking in students. It not only teaches programming but also promotes the development of computational skills, research thinking, communication, and independence. By supporting students in their research and computational efforts, we help them become strong and independent thinkers, ready for future challenges and achievements.

## Discussion

As a result, this article emphasizes the importance of using Scratch software for the development of computational thinking in primary school students. The presented research and practical examples clearly demonstrate that Scratch not only contributes to mastering the basics of programming, but is also a powerful tool for stimulating computational thinking and awakening the imagination of students. Scratch software provides a unique opportunity to computational interactive projects, games, and stories, which allows students to implement their ideas digitally. It promotes the development of key skills such as problem thinking, logical reasoning, collaboration, and computational problem-solving. Students become active participants in the learning process, which

contributes to their independence and motivation. We tested it in Scratch to see the impact of developing computational thinking. The idea of the approbation is to show the positive impact of completing tasks in scratch on the development of students' computational thinking. Diagnostic work was carried out, the purpose of which was to determine the initial level of development of students' computational thinking. A correctly completed task was rated at 10 points. The results of the phases of the task carried out on the topic of "Logical operators" are shown in Table 4. The results of the diagnostic work are shown in Figure 8.

Table 4. The results of the phases of the task carried out on the topic of "Logical operators"

Creating an online game with codes	Phase one	Phase two	Phase three
Task	8,5	9,5	9
Independent work	8	10	9

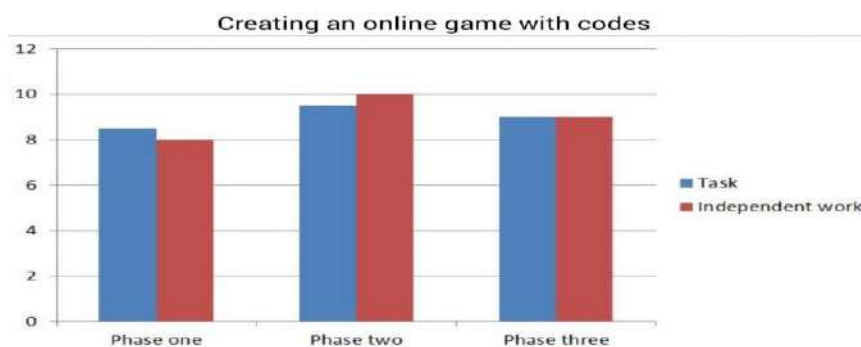


Figure 8. Histogram based on the results of diagnostic work

Based on these results, an analysis of the tasks was carried out and the following conclusions were obtained. The tasks of ordering actions in the algorithm, executing the branching algorithm, and uploading to the online platform have been successfully completed. In addition, the use of Scratch allows you to differentiate training, adapt tasks to the level of each student, and ensure the individual development of their computational potential. This helps to create an inclusive educational environment where every student has the opportunity to reveal their abilities and achieve success. In light of the rapid development of information technology and digital literacy, the use of Scratch software is becoming increasingly relevant for primary schools. By giving students the opportunity to be computational and proactive, we prepare them for the challenges of the modern world, where the skills of analysis, problem-solving, and innovation are in demand.

### Conclusion

This research demonstrates the feasibility of incorporating Scratch into the information and communication technology (ICT) curriculum through a structured, progressive pedagogical approach. In conclusion, the use of Scratch software to develop the computational thinking of primary school students proves to be a highly effective and beneficial approach. Throughout this term, we have explored the various aspects of this innovative educational tool and its impact on young minds.

Firstly, Scratch software fosters creativity by enabling students to design, create, and share their interactive stories, games, and animations. This process empowers children to think outside the box, encouraging them to explore their imaginations and express their unique ideas in a digital format. By engaging with Scratch, students develop problem-solving skills as they encounter challenges and find innovative solutions to bring their visions to life. Moreover, the platform's user-friendly interface makes it accessible to students of all skill levels, ensuring that even those without prior coding experience can participate and thrive. This inclusivity fosters a sense of confidence and achievement among students as they witness their projects evolve from simple concepts to fully functional

creations. As they gain familiarity with coding concepts and logical thinking, children are better equipped to tackle complex challenges in other subjects and future endeavors.

In addition, the collaborative nature of Scratch promotes teamwork and communication. Students can work together, exchange personal opinions and learn from each other. This cooperative learning environment not only enhances computational thinking but also instills essential social skills, preparing them for success in a rapidly evolving world where teamwork and adaptability are highly valued. In addition to the cognitive benefits, integrating Scratch into the primary school curriculum can significantly enhance engagement and enthusiasm for learning. The interactive and enjoyable nature of coding motivates students to actively participate in their education, fostering a positive attitude towards learning and boosting overall academic performance.

In this regard, it is important for both teachers and parents to understand the importance of developing computer thinking from an early age. By using Scratch software with elementary school students and developing computational thinking, we can create a solid foundation for future generations to succeed in various fields. The skills developed in this process go beyond just mastering software; they form a solid foundation for critical thinking, problem solving, and innovation by preparing students for Lifelong Learning and active contribution to society. In conclusion, using Scratch software to develop the computational thinking of primary school students is a valuable and forward-thinking educational approach. By embracing technology as a tool for creativity, we can empower young minds to become the innovators and problem solvers of tomorrow, shaping a brighter and more promising future for all.

#### References

- [1] Zhang L. & Nouri J. (2019). A systematic review of learning computational thinking through Scratch in K-9 // *Computers & Education*. Vol. 141, pp. 1-25. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103607>
- [2] Fessakis G., Gouli E., Mavroudi E. (2013). Problem solving by 5–6 years old kindergarten children in a computer programming environment: A case study // *Computers & Education*. Vol. 63, pp. 87–97. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.016>
- [3] Resnick M., Maloney J., Hernandez A., Rusk N., Eastmond E., Brennan K., Kafai Y. (2009). Scratch: Programming for all // *Communications of the ACM*. Vol. 52(11), pp. 60-67. URL: <https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>
- [4] Begosso L., Silva P. (2013). Teaching computer programming: A practical review // Paper presented at IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Oklahoma City, USA. pp. 508-510. URL: <https://doi.org/10.1109/FIE.2013.6684875>
- [5] Aytekin A., Çakır F. S., Yücel Y. B., Kulaözü İ. (2018). Geleceğe yön veren kodlama bilimi ve kodlama öğrenmede kullanılabilecek bazı yöntemler [Coding science that gives direction to the future and some methods that can be used in coding learning]. *Avrasya sosyal ve ekonomi araştırmaları dergisi*. №5(5), 24-41. [in Turkish] URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/591508>
- [6] Kyriazos T. A., Stalikas A. (2018). Applied Psychometrics: The Steps of Scale Development and Standardization Process // *Psychology*. Vol. 9, pp. 2531-2560. URL: <https://doi.org/10.4236/psych.2018.911145>
- [7] Kafai, Y. B., & Burke, Q. (2015). Constructionist gaming: Understanding the benefits of making games for learning. *Educational Psychologist*. Vol. 50(4), pp. 313-334. URL: <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1124022>
- [8] Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12. *Computers in Human Behavior*. Vol. 41, pp. 51-61. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.012>
- [9] Sengupta, P., Dickes, A., & Farris, A. (2018). Toward a phenomenology of computational thinking in STEM education. *arXiv Preprint arXiv:1801.09258*, en M. S. Khine (Ed.), *Computational Thinking in STEM: Foundations and Research Highlights*. Springer, Cham. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93566-94>
- [10] Sterling L. (2015). An education for the 21st century means teaching coding in schools. Retrieved from the conversation. [Electron resource]. URL: <https://theconversation.com/an-education-for-the-21st-century-means-teaching-coding-in-schools-42046> (date of access 21.01.2023).



I.T. Salgozha<sup>1</sup>, Sh.P. Turashova<sup>1\*</sup>, K.B. Seiduali<sup>1</sup>, A.A. Amangeldin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: [sh.turashova@abaiuniversity.edu.kz](mailto:sh.turashova@abaiuniversity.edu.kz)

## THE NECESSITY OF IMPLEMENTING SMART CLASSROOMS IN THE TRAINING OF FUTURE INFORMATICS TEACHERS

### Abstract

The article discusses the need to introduce smart classrooms into the educational process and their impact on the training of informatics teachers. Modern trends in educational technologies are analyzed, the importance of smart classrooms as a means of improving the effectiveness of teaching and organizing the learning space is emphasized. Special attention is paid to the training of teachers to work in such conditions, including the necessary qualifications, skills and methodological approaches. The article presents examples of successful practices, as well as discusses the challenges and difficulties that educational institutions may face when integrating smart classrooms. The article also describes an experimental study that substantiates the need to introduce smart classrooms into the educational process of training future informatics teachers.

**Keywords:** smart classroom, smart technology, informatics teachers, modern education, Internet of thing, control sensors, equipment management automation, system integration.

И.Т. Салгожа<sup>1</sup>, Ш.П. Турашова<sup>1</sup>, К. Сейдуали<sup>1</sup>, А.А. Амангельдин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

## НЕОБХОДИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ SMART АУДИТОРИЙ В СИСТЕМУ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ

### Аннотация

В статье рассматривается необходимость внедрения умных аудиторий в образовательный процесс и их влияние на подготовку учителей информатики. Анализируются современные тенденции в образовательных технологиях, подчеркивается важность умных аудиторий как средства повышения эффективности обучения и организации учебного пространства. Особое внимание уделяется подготовке педагогов к работе в таких условиях, включая необходимую квалификацию, навыки и методические подходы. В статье представлены примеры успешных практик, а также обсуждаются вызовы и трудности, с которыми могут столкнуться образовательные учреждения при интеграции умных аудиторий. В статье также описывается экспериментальное исследование, в котором обоснована необходимость внедрения умных аудиторий в образовательный процесс подготовки будущих учителей информатики.

**Ключевые слова:** умный класс, интеллектуальные технологии, учителя информатики, современное образование, Интернет вещей, датчики контроля, автоматизация управления оборудованием, системная интеграция.

И.Т. Салгожа<sup>1</sup>, Ш.П. Турашова<sup>1</sup>, К. Сейдуали<sup>1</sup>, А.А. Амангельдин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ, Қазақстан

## БОЛАШАҚ ИНФОРМАТИКА МҰҒАЛІМДЕРІН ДАЯРЛАУ ЖҮЙЕСІНЕ SMART АУДИТОРИЯЛАРДЫ ЕНГІЗУДІҢ ҚАЖЕТТІЛІГІ

### Аңдатпа

Мақалада оқу үдерісіне smart сыныптарды енгізу қажеттілігі және олардың информатика пәні мұғалімдерін даярлауға әсері қарастырылған. Білім беру технологияларының заманауи тенденциялары талданады, оқытудың тиімділігін арттыру және оқу кеңістігін ұйымдастыру құралы ретінде smart сыныптардың маңыздылығы атап өтілді. Мұғалімдерді smart сыныптарда жұмыс істеуге, оның ішінде қажетті біліктілік, дағдылар мен әдістемелік тәсілдерді дайындаудың қажеттілігіне ерекше көңіл бөлінеді. Мақалада табысты тәжірибелердің мысалдары келтірілген, сонымен қатар smart сыныптарды

біріктіру кезінде білім беруде кездесетін мәселелер талқыланады. Сондай-ақ мақалада болашақ информатика мұғалімдерін даярлаудың оқу үдерісіне смарт сыныптарды енгізу қажеттілігін негіздейтін эксперименттік зерттеу сипатталған.

**Түйін сөздер:** смарт сынып, смарт технология, информатика мұғалімдері, заманауи білім беру, заттардың интернеті, басқару сенсорлары, жабдықты басқаруды автоматтандыру, жүйені біріктіру.

### **Main provisions**

The article substantiates the need to integrate smart classrooms into the training of future informatics teachers, due to the rapid development of technology in education. Smart classrooms equipped with Internet of Things (IoT) technologies create an interactive and adaptive learning environment that significantly improves teaching efficiency and student engagement.

A survey of 286 participants was conducted in order to identify the current state of the use of Smart technologies in the system of training future informatics teachers, assess the impact of «smart» digital tools on the educational process, as well as determine the need to equip educational institutions with Smart classrooms. Many respondents recognize their importance for effective teacher training.

The study highlights the need to prepare future informatics teachers for professional activities in an intellectual learning environment based on IoT.

Note that the introduction of «smart classrooms» is not just a trend, but an important step towards creating a more effective education system. By investing in these technologies, educational institutions can improve the quality of teacher training and better prepare students for the demands of the digital age.

### **Introduction**

In the modern world, the rapid development of technology requires educational institutions to radically change their approaches to the organization of the educational process. One of the most relevant areas is IoT transformation, which provides for the integration of the Internet of Things (IoT) concept into the education. This transformation allows us to create an intelligent ecosystem that combines physical objects such as equipment, educational materials and buildings with digital platforms, which significantly improves the management of educational processes and infrastructure. IoT technologies can significantly increase the level of personalization of education, providing an individual approach to each student's learning, as well as promote more efficient use of resources and improve interaction between all participants in the educational process.

Traditional teaching methods no longer fully meet the challenges of the time, the main problem is that modern educational institutions are not equipped enough to meet new requirements. In this context, smart classrooms are becoming an important alternative as they are lecture halls and classrooms technologically enhanced to support advanced teaching and learning practices. Thanks to the integration of computer, multimedia and network technologies, as well as the use of the Internet of Things (IoT), such classes can significantly improve the learning process, providing access to knowledge at any time and from any place.

Researches [1, 2] shows that the use of SMART technology in the educational process contributes not only to increased flexibility, but also to improving student academic performance. These technologies, as part of the broader concept of the Internet of Things (IoT), demonstrate the potential for significant improvements in the educational environment. In the context of the rapid development of digital technologies and changing requirements for the educational process, the need for IoT transformation of educational institutions is becoming more and more obvious. Traditional methods of teaching and learning process management no longer fully meet the challenges of the time, which makes the introduction of IoT an important step towards creating a more effective and adaptive educational environment.

The necessity of IoT-driven transformation in educational institutions is becoming more apparent as digital technologies advance rapidly and educational demands change. Traditional methods of teaching and learning process management no longer fully meet the challenges of the time, which

makes the introduction of the Internet of Things (IoT) an important step towards creating a more effective and adaptive educational environment. *First*, IoT allows you to significantly improve the management of the educational institution's infrastructure. Intelligent building monitoring and management systems can automatically adjust lighting, heating and ventilation depending on the presence of people in classrooms, which reduces energy consumption and increases the comfort of students and teachers. In addition, such systems can monitor the condition of equipment and prevent its breakdowns, which minimizes downtime and increases the service life of resources. *Secondly*, the IoT transformation opens up new opportunities for the personalization of the educational process. With the help of connected devices and sensors, it is possible to collect data on the progress of each student, analyze them and offer individual learning recommendations. This contributes to deeper learning of the material and improved academic results. *Thirdly*, IoT contributes to the creation of an interactive and flexible educational environment. The interaction between students and teachers can be improved through the use of smart devices that allow you to organize distance learning, conduct virtual laboratory work and create digital learning materials available at any time.

Thus, the IoT transformation of educational institutions is not just a trend, but a necessity to create a more efficient, flexible and personalized education system that meets the modern requirements of the digital age. The introduction of these technologies will allow classrooms to become smart, and educational institutions will not only improve the quality of education, but also prepare students for successful work in a rapidly changing world.

The transformation of the education system indicates a gradual transition from traditional classroom and e-learning, which was mainly used as an auxiliary tool for people with disabilities, to smart education. The concept of smart education is aimed at providing a high level of educational services, which allows graduates, especially colleges and universities, not only to successfully realize themselves in a rapidly changing professional environment, but also to effectively adapt to the requirements of an innovative society. The experience of countries actively implementing smart technologies demonstrates that the implementation of this concept contributes to the training of highly qualified specialists in high-tech fields.

The modern education system is facing a number of challenges related to the rapid development of digital technologies. Digitalization has affected all aspects of the educational process, changing not only the ways of knowledge transfer, but also the very role of the teacher. In the context of digital transformation, schools and universities are forced to adapt to new requirements by introducing smart technologies, online learning, as well as means of automating the educational process. This changes the expectations of teachers, especially informatics teachers, who become not just knowledge guides, but also mentors in the development of digital competencies.

An informatics teacher in the modern world should not only understand technological trends, but also be able to apply them in teaching. The most important tasks are training in programming, big data skills, cybersecurity and robotics. This requires new approaches in teacher training, including the active use of information technology, IoT devices, as well as the introduction of interactive and personalized educational methods. Without these skills, modern teachers will not be able to effectively prepare students for the challenges of the future. And the lack of modern technologies in classrooms limits the possibility of introducing innovative teaching methods.

The purpose of this article is to substantiate the need to introduce smart classrooms into the system of training future informatics teachers to improve their professional competencies in the field of IoT.

Improving the professional competencies of informatics teachers in the field of IoT (Internet of Things) is extremely important, as these technologies are becoming key in the educational and technological fields. Informatics teachers must have up-to-date knowledge and trends in order to effectively prepare students for modern challenges. Competencies at Riot require an understanding of programming, sensor work, data processing and networking technologies, which allows teachers to implement advanced teaching methods. These skills are especially useful when organizing scientific projects in programming and robotics, where IoT technologies play a key role. For students, such projects become an important step in mastering in-demand skills, and for teachers it is an

opportunity to remain competitive, meeting the requirements of the education market and scientific and technological development. The integration of IoT into the educational process, including Smart classrooms, also improves the quality of teaching, making learning more interactive and adaptive.

Smart learning environments are described as physical spaces enriched with digital, context-aware and adaptive devices that promote more effective and faster learning [3]. In modern conditions, the use of smart classrooms ensures the continuity of the educational process and the organization of distance learning at a high level. One of the basic principles of organizing a smart classroom is flexibility and adaptability [4]. The introduction of smart technologies in higher education significantly affects the academic and social life of students. The success of using these technologies depends on the learning styles and preferences of the students. The key factors for the successful implementation of smart education are student attitudes and environmental characteristics. Changing attitudes and behaviors in the educational sector of the education sector is considered as a critical factor for achieving the successful implementation of smart classes [5]. Many scientists believe that smart learning environments, enriched with digital, context-aware and adaptive devices, provide more effective and faster learning. They not only modernize the traditional educational model, but also open up new opportunities for a personalized approach to each student. In such conditions, students can receive information that suits their individual needs and teaching methods, which contributes to better assimilation of the material and increases motivation to study.

In the studies of foreign scientists, it was noted that their competent application allows [6, 7, 8]:

1) to the teacher: to increase the effectiveness and efficiency of training; to build an individual educational trajectory for each student; to develop independence, engagement, motivation among students; to support independent research of students; to involve students in active joint activities; to improve problem solving, information assimilation; to accelerate the pace of material development, to cover more topics, content; – to reduce anxiety among students;

2) for students: to acquire a richer set of skills; to increase motivation, activity; to develop self-learning skills, ingenuity, strategy; to improve their learning outcomes; to lighten the learning load, etc.

Within the framework of this study, based on the analysis of existing scientific works [9, 10, 11] in the field of creation and functioning of a SMART audience, the principles of effective organization of training in such an audience are highlighted:

- Heterogeneity. The educational environment should include a variety of approaches and teaching methods suitable for different types of students and educational purposes.

- Cross-platform. The use of educational technologies and tools that work on different platforms and devices, ensuring accessibility and compatibility.

- Object orientation. Focusing on the use of educational resources and technologies focused on specific educational facilities and goals, which allows for more accurate adaptation of learning.

- Selection and unification of content. It is important to select and systematize educational content so that it is relevant, consistent and suitable for solving specific educational tasks.

- Methodological study. Ensuring careful study of the methods and approaches used in the educational process to achieve maximum learning effectiveness.

- Using up-to-date data. Integrating real-time data into educational programs to prepare students for practical tasks and real-world conditions.

- Independent cognitive and project activities. Stimulating independent search for solutions, research and project activities for the development of critical thinking and creative approach skills.

- Distributed educational environment. Education should take place not only in traditional educational institutions, but also in a professional environment, providing continuous learning using modern technologies.

- Interaction with the professional community. Active involvement of students in professional communities and a real professional process to acquire practical skills and experience.

- Flexibility and individualization of learning. Providing students with the opportunity to choose individual educational trajectories and adapt learning to their personal needs and interests.

These principles play a key role in creating a modern intellectual educational environment. Their implementation in practice will ensure effective training of future informatics teachers in the field of IoT. Despite the importance of this aspect, existing research mainly focuses on general issues of smart classroom design and implementation, such as technical aspects, pedagogical benefits and impact on students, and there is not enough research on teacher training in the field of IoT.

In particular, the issues of using smart technologies in the classroom remain insufficiently covered, and the issues of developing specific practical skills necessary for informatics teachers to create and use IoT devices, and to work with learning process management systems and other components of smart classrooms are rarely considered.

### **Research methodology**

To substantiate the need to design and implement Smart classrooms in the informatics teacher training system, empirical research based on data collection, study and analysis of scientific literature related to the introduction of Smart classrooms into the educational process were used.

As part of the empirical part of the study, a survey was conducted among 286 respondents: practicing and future informatics teachers, teachers of pedagogical universities, parents of students, graduates, administrators of educational institutions, IT specialists in the field of education. The data was collected using an online questionnaire and covered the following aspects:

- The current level of use of Smart technologies in computer science education.
- The impact of "smart" digital tools on the process of training future teachers.
- Assessment of the need to equip educational institutions with Smart classrooms. The surveys were anonymous and conducted among representatives of different regions, which allowed us to take into account the diversity of experiences and opinions. The data were processed using statistical analysis techniques to identify key trends and needs.

As part of the theoretical study, the analysis of literary sources on the topic was carried out. The study of the impact of Smart education on the training of informatics teachers was conducted according to the following criteria: publications of the last 10 years concerning the introduction of IoT and Smart technologies in education; articles on the methodology of teaching informatics and the development of digital competencies of teachers; peer-reviewed works with theoretical reviews and practical cases of Smart technologies.

Digitalization has a profound impact on education, transforming both teaching methods and the role of the teacher. Modern technologies make it possible to create interactive and adaptive learning materials, which contributes to more effective learning and the development of digital competencies among students. Informatics teachers must master new tools and techniques in order to meet the requirements of the digital age and successfully use the capabilities of modern technologies in the educational process.

However, traditional methods of teacher training are often insufficient to meet modern challenges, as they are based on outdated approaches that do not take into account rapid changes in technology and educational practices. For effective training of informatics teachers, it is necessary to integrate modern digital technologies and teaching methods into their training system. In this context, smart classrooms play a key role by providing flexibility and adaptability that help respond to challenges such as the transition to online learning and the need for an individualized approach. They contribute to the creation of an interactive and dynamic learning environment where future teachers can master and apply modern technologies in real conditions.

A smart classroom is a high-tech learning space equipped with digital tools (interactive panels, computers, video conferencing systems, IoT), providing interactive learning, automated monitoring and analysis of the educational process, as well as personalization of learning, which contributes to increased efficiency and interaction between teachers and students.

Smart technologies support the high quality of the educational process by integrating digital resources, interactive tasks and automated feedback. This allows future informatics teachers to better prepare for real-world practice, developing the skills necessary for effective teaching and preparing students for life in the digital world. The introduction of such technologies also has a positive impact on the academic and social life of students, developing their skills of independent and critical thinking. However, the success of using smart classrooms depends on the attitude of students, their level of digital literacy and the characteristics of the educational environment.

Smart classrooms are an integrated educational environment equipped with advanced digital technologies and interactive tools, which significantly improves the training of future informatics teachers. They contribute to creating a more dynamic and interactive learning environment where students can actively interact with learning materials and receive immediate feedback. Equipping classrooms with IoT technologies and devices allows you to create an intelligent and adaptive educational environment that further improves the learning process. In this context, it is worth considering the list of IoT technologies and devices that can be useful for equipping classrooms:

1. Interactive whiteboards and panels combined into a single system with the workplace of a teacher and a student – allow teachers not only to demonstrate educational material, make annotations in real time, but also ensure the interaction of all participants in the educational process with each other using a touchscreen.

2. Smart projectors are devices that can connect to various devices via Wi-Fi and support interactive features such as annotations and content management from mobile devices.

3. Motion and presence sensors – automatically turn on or off lighting and other systems depending on the presence of people in the classroom, saving energy.

4. Lighting control systems are intelligent systems that adjust the level of illumination depending on lighting conditions and activities.

5. Climate control systems (HVAC) are smart systems that automatically regulate temperature and ventilation depending on the number of people in the classroom and the external conditions.

6. Video conferencing systems are devices and software that allow remote classes and conferences to be held while maintaining high – quality video communication.

7. Smart sockets and switches are devices that allow you to remotely control electrical appliances and control electricity consumption.

8. Voice control systems – Integration with voice assistants such as Amazon Alexa or Google Assistant to control lighting, climate and equipment in the classroom using voice commands.

9. Cloud platforms for content management – software for storing, sharing and managing educational materials, accessible from any device.

10. Mobile devices (tablets, laptops) are devices for students and teachers that provide access to educational materials and interactive applications.

11. 3D printers are devices that allow you to create physical models and prototypes within the framework of educational projects.

12. Automatic curtain/louver control systems – systems that automatically adjust the amount of natural light in the auditorium.

13. E-books and e-readers are devices that provide access to educational materials in electronic form.

14. Smart surveillance cameras integrated with security systems that can analyze and notify about unusual events in the classroom.

15. Touch panels for students – interactive panels or tablets built into students' desks to participate in surveys, tests and collaboration.

16. Sound systems with IoT function – smart speakers and audio systems to ensure high-quality sound and voice notifications in the classroom.

17. Attendance and Activity Data Analysis systems are platforms that collect and analyze data on attendance, student activity and other indicators to improve learning effectiveness.

18. A window and door sensor are the device that registers the opening or closing of windows and doors by sending notifications to a smartphone or a smart home control system. It can be used to increase safety and energy saving, for example, to automatically turn off the heating when the window is open.

19. A smoke detector is a device that detects smoke in a room and sends an audible signal or notification to a mobile device. It is used to prevent fires and increase safety in buildings.

20. A smart door lock is an electronic device that allows you to remotely control the door lock via a smartphone or other Internet-enabled devices. It can open automatically on a signal or provide temporary access to other users.

A possible version of the «smart classroom» scheme and visualization of the main elements of the «smart classroom» in 3D format is shown in Fig.1, 2

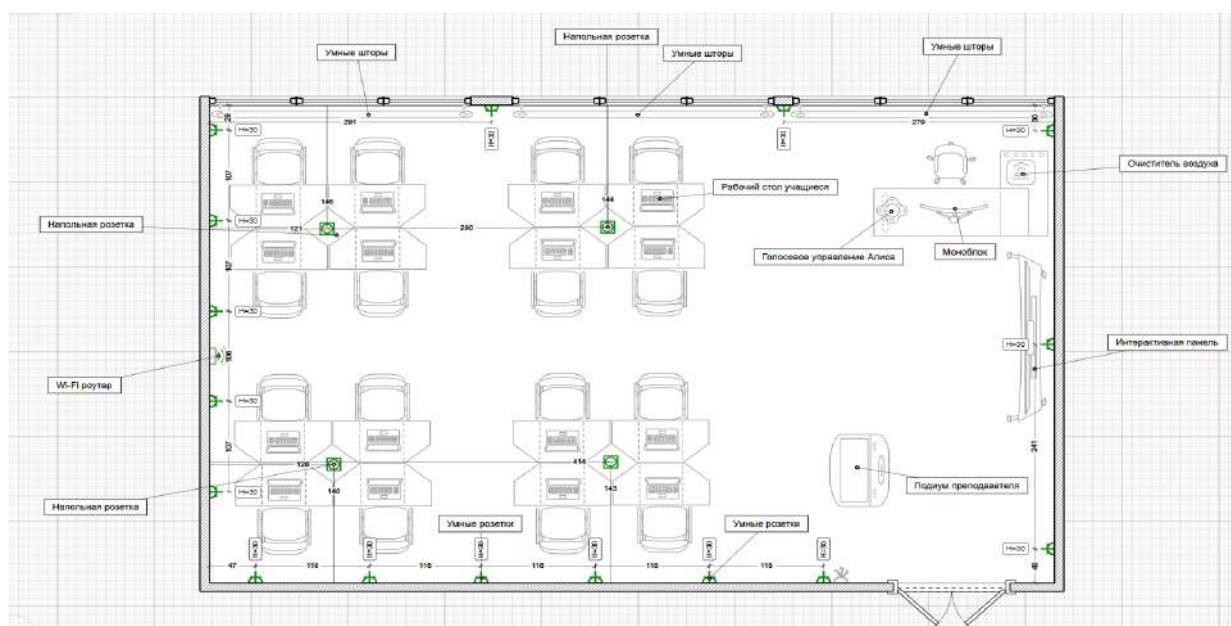


Figure 1. The scheme of the «smart classroom»



Figure 2. Visualization of the main elements of the «smart classroom» in 3D format

Equipping classrooms with such IoT technologies contributes to the creation of a more adaptive and interactive educational environment that supports modern teaching methods and improves the overall quality of the educational process. The successful application of Smart technologies in educational contexts demonstrates their practical value and enriches the understanding of their potential benefits. Here are some examples:

- *Interactive Whiteboards and projectors.* In schools and universities where interactive whiteboards are used, teachers can create more dynamic and engaging lessons. For example, in some schools, informatics teachers use interactive whiteboards to demonstrate real-time programming, which allows students to see the results of their actions immediately.

- *Distance Learning Platforms*. Universities such as MIT and Stanford have successfully implemented online learning platforms that allow students to access courses and materials at any time. These platforms often include elements of gamification and adaptive learning, which increases student motivation.

- *Use of IoT devices*. Some educational institutions have implemented IoT devices for monitoring the educational process. For example, universities can use sensors to track student attendance and classroom activity, allowing teachers to adapt their teaching methods.

- *Mobile Learning apps*. Apps like Kahoot! and Quizlet are actively used in the classroom to create interactive quizzes and tests. These apps allow students to participate in learning in real time, which promotes more active engagement.

- *Virtual and Augmented Reality (VR/AR)*. Some educational institutions have started using VR and AR to create immersive learning experiences. For example, in medical schools, VR technology allows students to practice surgical skills in a safe environment, and in historical courses, AR can be used to visualize historical events. Their application in a smart classroom can significantly improve the effectiveness of training future informatics teachers.

- *Adaptive learning systems*. Platforms such as DreamBox and Smart Sparrow use algorithms to adapt learning materials to the individual needs of students. This allows each student to move at their own pace and receive support in areas where they are experiencing difficulties.

- *Learning Management Systems (LMS)*. Platforms such as Moodle and Blackboard allow teachers to organize courses, track student progress, and provide access to learning materials. These systems help to create a flexible educational environment where students can study at their convenience.

### **Results of the study**

The study analyzed the questionnaire data collected among 286 respondents representing various categories of participants in the educational process: practicing and future informatics teachers, teachers of pedagogical universities, parents of students, graduates, representatives of the administration of educational institutions and IT specialists in the field of education. The main purpose of the survey was to identify the current state of the use of Smart technologies in the system of training future informatics teachers, to assess the impact of «smart» digital tools on the educational process, as well as to determine the needs for equipping educational institutions with Smart classrooms. This section presents the results of the survey and their discussion aimed at identifying key trends and problems in the use of Smart technologies in education.

The survey was conducted in order to determine the current level of use of Smart technologies in the educational activities of the respondents, where the score ranged from 1 to 5 (from «Very low level» to «Very high level»).

Based on the survey data, the following conclusions can be drawn regarding the current level of Smart technology use among respondents: the majority of respondents (86 people, or about 30%) indicated a «Very low level», suggesting that the implementation of Smart technologies is currently underdeveloped in educational settings, especially among practicing and future teachers; 79 respondents (about 28%) indicated a «Low level». This highlights that nearly half of the respondents (58% in total) use Smart technologies at a minimal level or not at all; 68 respondents (about 24%) rated the level of use as «Medium». This means that some teachers have a basic familiarity and application of Smart technologies, but they are not yet widely used in their practice; only 32 respondents (about 11%) indicated a «High level», and only 21 respondents (about 7%) reported a «Very high level». These data demonstrate that the integration of Smart technologies into the educational process at an advanced level is extremely rare. The current level of Smart technology usage is shown in Fig.3.



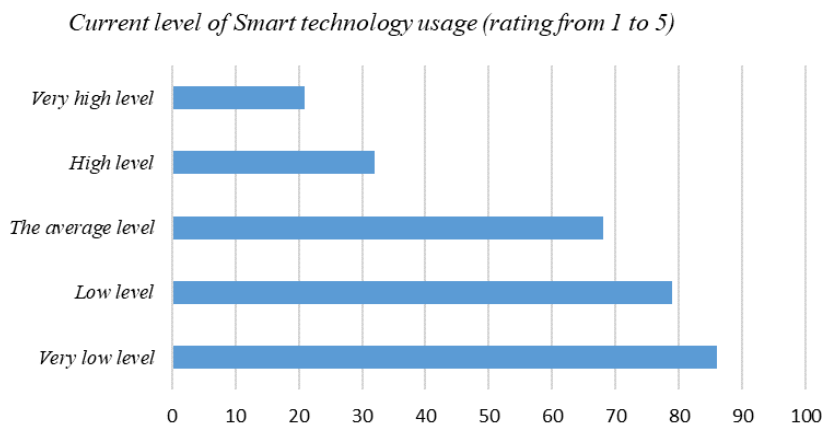


Figure 3. The level of use of Smart technologies

Survey results regarding the impact of smart digital tools on the training of future informatics teachers, as well as respondents' assessment of the need to equip educational institutions with Smart classrooms, revealed the following: a significant majority of respondents indicated a «Significant impact» (25 respondents, 9%) or a «Moderate impact» (78 respondents, 27%). This confirms that digital tools have an important impact on the teacher training process. Weakly influenced: 63 respondents (22%) noted that the impact of these technologies is insignificant, which may indicate insufficient integration of these tools in their practice. It has no impact: only 32 respondents (11%) believe that «smart» tools do not affect the learning process, which demonstrates some skepticism or lack of experience working with these technologies. An extremely significant impact was noted by 88 respondents (31%), which emphasizes that advanced technologies can indeed significantly improve training. The impact of smart digital tools on teacher training is shown in Fig.4.

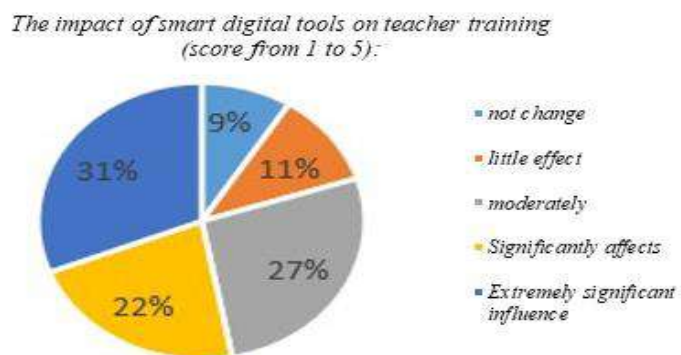
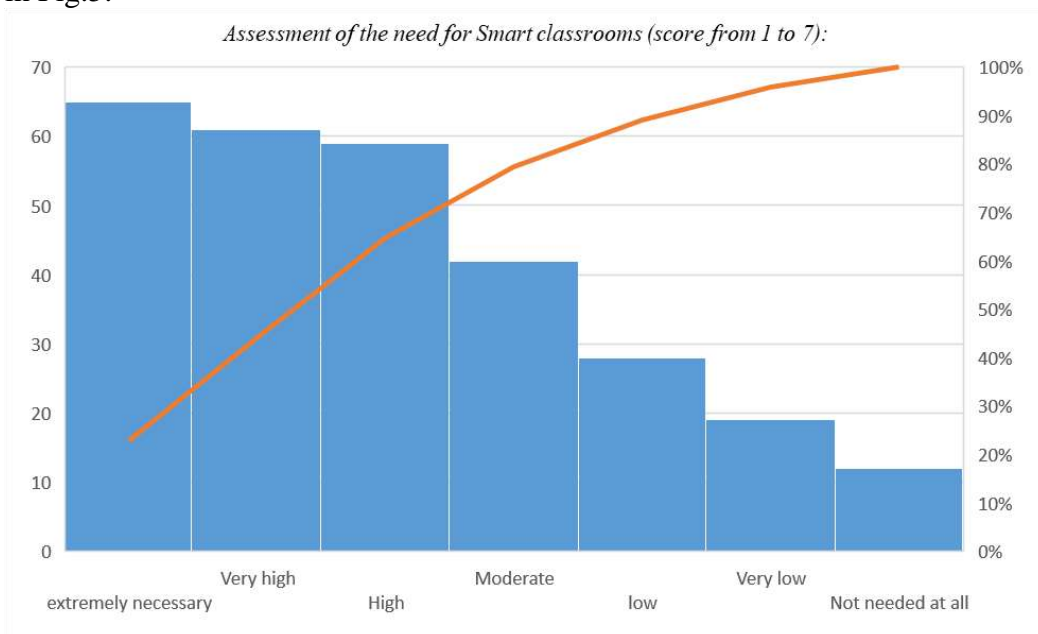


Figure 4. The impact of «smart» digital tools on the training of future computer science teachers

According to the results of the survey on the assessment of the need for Smart classrooms, they showed a high need for Smart classrooms among respondents: 65 respondents (23%) indicated that the presence of Smart classrooms is extremely necessary; 61 people (21%) assessed the need as very high. These data indicate that almost half of the respondents realize the importance of Smart classrooms for the effective training of future informatics teachers, which indicates a desire to modernize the educational process using advanced technologies.

A high need was noted by 59 respondents (21%), and a moderate need was noted by 42 respondents (15%). This indicates that a significant proportion of respondents see the need to use Smart technologies in educational institutions, however, their assessments range from moderate to high levels. 28 respondents (10%) rated the need as low, and 19 people (7%) indicated a very low need. This may indicate that some of the respondents either do not see the immediate benefits of smart

classrooms, or consider their introduction premature. Only 12 respondents (4%) said that smart classrooms are not needed at all. This small percentage demonstrates that there is virtually no resistance to the introduction of such technologies. The assessment of the need for smart classroom is shown in Fig.5.



*Figure 5. Survey results the need for Smart classrooms*

The survey results show that the majority of respondents (about 65%) assess the need for smart classrooms as high or extremely necessary, which underlines the significant interest in the introduction of these technologies into the educational process. The survey also revealed that digital technologies have a significant impact on teacher training and that the level of use of Smart technologies among teachers and future informatics teachers is currently predominantly low. This indicates the urgent need to modernize classrooms and actively implement Smart technologies in order to increase the effectiveness of teaching and technological awareness of teachers.

### **Discussion**

The need to introduce smart classrooms into the system of training future computer science teachers in the context of rapid technology development and changing requirements for the educational process is beyond doubt. They open up new opportunities for personalizing learning, improving the management of educational processes and creating an intelligent learning environment.

Taking into account the results of a survey among 286 potential participants in the educational process, the article offers recommendations. Successful implementation of a Smart classroom requires a comprehensive approach that includes several key factors:

- *Assessment of needs and opportunities.* Before implementing Smart technologies, it is important to analyze the needs of the educational institution and the possibilities for their implementation. This includes an assessment of the technical infrastructure, the level of digital literacy of teachers and students, as well as available resources.
- *Teacher education and training.* It is necessary to organize advanced training courses for teachers so that they can effectively use Smart technologies in the educational process. This may include trainings on working with interactive whiteboards, distance learning platforms, and other tools.
- *Pilot projects.* It is recommended to start with small pilot projects to test the implementation of Smart technologies on a limited scale. This will allow you to identify possible problems and adapt approaches before scaling at the level of the entire educational institution.

- *Integration of technologies into the curriculum.* Smart technologies should be integrated into the curriculum and teaching materials. Teachers should develop assignments and projects that use these technologies so that students can see their practical application.
- *Support from the administration.* It is important that the management of the educational institution supports the introduction of Smart technologies, allocating the necessary resources and creating conditions for their use. This may include financing, technical support and the creation of an innovative culture.
- *Feedback and performance evaluation.* It is necessary to regularly collect feedback from students and teachers on how Smart technologies affect the learning process. This will help to make adjustments and improve approaches to their use.
- *Cooperation with professional communities.* It is important to actively involve students in professional communities and the real professional process. This can be achieved through internships, projects with companies and participation in conferences, which will help students apply their knowledge in practice.
- *Adaptation to changes.* The introduction of Smart technologies requires flexibility and readiness for change. Educational institutions should be ready to adapt their approaches and methods depending on new technologies and the needs of students.
- *Creation of innovative educational spaces.* It is recommended to rethink the physical space of educational institutions by creating flexible and adaptive learning environments that promote interaction and collaboration between students.
- *Using data for decision-making.* The introduction of systems that collect and analyze data about the learning process can help in making informed decisions and improving the quality of education.

### **Conclusion**

In the context of rapid changes in the educational environment and increasing requirements for the qualifications of informatics teachers, the introduction and development of Smart classrooms is becoming a necessary step to improve the quality of teacher training. These innovative educational spaces not only contribute to the creation of a more dynamic and interactive learning environment, but also provide access to modern tools and technologies that become the basis for effective learning.

Smart classrooms provide unique opportunities for adaptive learning, allow the integration of new techniques and approaches, ensure the implementation of practice-oriented tasks and contribute to improving the level of professional training of future informatics teachers. Thanks to the integration of modern information and communication technologies, such classrooms help teachers develop the necessary skills and competencies to successfully carry out their professional activities in a rapidly changing technological landscape.

Thus, Smart classrooms represent not only an innovative approach to the organization of the educational process, but also a key element for the formation of an effective system for training informatics teachers. Their implementation and use contribute to improving the quality of education, increasing the level of digital literacy of teachers and, as a result, more successful adaptation of students to modern requirements of the labor market and the educational environment. Investing in the creation and development of such educational spaces is an important strategy to ensure the high-quality training of competent informatics teachers and ICT specialists for education.

### **Acknowledgment**

The article was prepared with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan within the framework of grant research: No. AP23490844 «IoT Transformation of an Educational Institution: Design, Implementation of Smart Classrooms and Training of Specialists in the Field of IoT for Education».

Список использованных источников

- [1] Шарипов Б.Ж.1, Джусубалиева Д.М. SMART-обучение как новый подход в системе высшего образования. Вестник КазНПУ им. Абая, серия «Педагогические науки», №2(66), 2020 г. DOI: [10.51889/2020-2.1728-5496.07](https://doi.org/10.51889/2020-2.1728-5496.07)
- [2] Hoel T. & Mason J. *Smart Learn. Environ.* (2018) 5:3. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0052-3>.
- [3] Zakiah, A., Prihatmanto, USA, Mahayana, D.,Andrea, R. *The Philosophy of Smart Learning Using the Approach Thomas Kuhn Paradigm Shift International Journal of Information Engineering and Electronic Business*,16(1), P. 54–62. 2024. DOI: <https://doi.org/10.5815/ijieeb.2024.01.05>
- [4] Тявловский К. Л., Свистун А. И., Воробей Р. И. [и др.] //Оснащение умной аудитории Приборостроение-2021: Материалы 14-й Международной научно-технической конференции, Минск, 17–19 ноября 2021 года. – Минск: Белорусский национальный технический университет, 2021. – С. 136-138. – EDN EKFOFG. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48993662>
- [5] Almutairi, Ibtisam L F H, Almutairi, Faisal L F H; Alazemi, Bodoor F *Higher Education and Smart Education System: The Impact of Learning Style and Environmental Characteristics in the State of Kuwait International Journal of Interactive Mobile Technologies* Том 16, Выпуск 13, Страницы 192 – 1992022 <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i13.30607>
- [6] Мироненко Е. С. Задачи и перспективы внедрения смарт-технологий в образовательный процесс // Социальное пространство. 2018. № 1 (13). DOI:10.15838/ca/2018.1.13.5
- [7] Нестеров А.В. Приведет ли смарт-образование к «закату» университетов? // Компетентность. 2015. № 2. <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/folder/zhwssq5gj1/direct/168046695?ysclid=m1j9lyzish361866406>
- [8] Spector J. M. *Smart Learning Environments: Potential and Pitfalls.* In: Persichitte K., Suparman A., Spector V. (eds) *Educational Technology to Improve Quality and Access on a Global Scale. Educational Communications and Technology: Issues and Innovations.* Springer, Chan. Pp. 33–42. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-66227-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-66227-5_4)
- [9] Григорьев, С. Г., Гриникун, В. В., & Реморенко, И. М. (2013). "Умная аудитория" в Институте математики и информатики МГПУ: теория и практика. Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования, (2 (26)), 8-18. <https://cyberleninka.ru/article/n/umnaya-auditoriya-v-institute-matematiki-i-informatiki-mgpu-teoriya-i-praktika/viewer>. Дата обр. 10.08.2024.
- [10] Тихомиров Владимир Павлович, & Днепровская Наталья Витальевна (2015). Смарт-образование как основная парадигма развития информационного общества. *Современные информационные технологии и ИТ-образование*, 1 (11), 9-13.
- [11] Мосиенко, Л. В. Смарт-технологии в обучении иностранным языкам: цели, принципы, характеристики, классификации / Л. В. Мосиенко // Современное общее образование : проблемы, инновации, перспективы : Материалы международной научно-практической конференции, Орел, 25 февраля 2022 г. – С. 470-479. EDN NSZQJI. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49749810&ysclid=m1j92jw5u1439546436>

References

- [1] Sharipov B.Zh.1 , Dzhusubalieva D.M. (2020) SMART-obuchenie kak novyj podhod v sisteme vysshego obrazovanija. [SMART learning as a new approach in the higher education system.] VESTNIK KazNPU im. Abaja, serija «Pedagogicheskie nauki», №2(66). DOI: [10.51889/2020-2.1728-5496.07](https://doi.org/10.51889/2020-2.1728-5496.07) (in Russian)
- [2] Hoel T. & Mason J. (2018) *Smart Learn. Environ.* 5:3. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0052-3>.
- [3] Zakiah, A., Prihatmanto, USA, Mahayana, D.,Andrea, R. *The Philosophy of Smart Learning Using the Approach Thomas Kuhn Paradigm Shift International Journal of Information Engineering and Electronic Business*,16(1), P. 54–62. 2024. DOI: <https://doi.org/10.5815/ijieeb.2024.01.05>
- [4] К. Л. Тявловский, А. И. Свистун, Р. И. Воробей [и др.] (2021) *Osnashhenie umnoj auditorii [Equipping a smart audience]. Priborostroenie-2021: Materialy 14-j Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, Minsk, 17–19 nojabrja.* – Minsk: Belorusskij nacional'nyj tehničeskij universitet. – S. 136-138. – EDN EKFOFG. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48993662> (in Russian)

[5] Almutairi, Ibtisam L F H, Almutairi, Faisal L F H; Alazemi, Bodoor F *Higher Education and Smart Education System: The Impact of Learning Style and Environmental Characteristics in the State of Kuwait International Journal of Interactive Mobile Technologies* Tom 16, Vypusk 13, Stranicy 192 – 1992022 <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i13.30607>

[6] Mironenko E. S. (2018) *Zadachi i perspektivy vnedrenija smart-tehnologij v obrazovatel'nyj process [Tasks and prospects of introducing smart technologies into the educational process]. Social'noe prostranstvo. № 1 (13). DOI:10.15838/sa/2018.1.13.5 (in Russian)*



[7] Nesterov A.V. (2015) *Privedet li smart-obrazovanie k «zakatu» universitetov? [Will smart education lead to the "decline" of universities?]. Kompetentnost'. № 2. <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/folder/zhwssq5gj1/direct/168046695?ysclid=m1j9lyzsb361866406> (in Russian)*

[8] Spector J. M. (2017) *Smart Learning Environments: Potential and Pitfalls. In: Persichitte K., Suparman A., Spector V. (eds) Educational Technology to Improve Quality and Access on a Global Scale. Educational Communications and Technology: Issues and Innovations. Springer, Chan. Pp. 33–42. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-66227-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-66227-5_4)*

[9] Grigor'ev, S. G., Grinshkun, V. V., & Remorenko, I. M. (2013). "Umnaja auditorija" v Institute matematiki i informatiki MGPU: teoriya i praktika. ["Smart audience" at the Institute of Mathematics and Computer Science of the Moscow State Pedagogical University: theory and practice]. *Vestnik Moskovskogo gorodskogo pedagogicheskogo universiteta. Serija: Informatika i informatizacija obrazovanija, (2 (26)), 8-18. Data obr. 10.08.2024. <https://cyberleninka.ru/article/n/umnaya-auditoriya-v-institute-matematiki-i-informatiki-mgpu-teoriya-i-praktika/viewer>. (in Russian)*

[10] Tihomirov Vladimir Pavlovich, & Dneprovskaja Natal'ja Vital'evna (2015). *Smart-obrazovanie kak osnovnaja paradigma razvitija informacionnogo obshhestva. [Smart education as the main paradigm of information society development]. Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie, 1 (11), 9-13. (in Russian)*

[11] Mosienko, L.V. (2020) *Smart-tehnologii v obuchenii inostrannym jazykam: celi, principy, charakteristiki, klassifikacii [Smart technologies in teaching foreign languages: goals, principles, characteristics, classifications]. L.V. Mosienko // Sovremennoe obshhee obrazovanie : problemy, innovacii, perspektivy: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Orel, 25 fevralja. – S. 470-479. – EDN NSZQJI. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49749810&ysclid=m1j92jw5u1439546436> (in Russian)*

А.Е. Сағымбаева<sup>1</sup>, А.Е. Жаксылықов<sup>2\*</sup>, Ш.Т. Шекербекова<sup>1</sup>, А.Б. Жамкеева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Торайғыров университеті, Павлодар қ., Қазақстан

\*e-mail: zhasin2006@mail.ru

## ГЕНЕРАТИВТІ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ПРОГРАММАЛАУДАН ЖОО СТУДЕНТТЕРІНІҢ БІЛІМІН БАҚЫЛАУДАҒЫ РӨЛІ

*Аңдатпа*

Мақалада программалаудан білім бақылауда қолданылатын практикалық тапсырмалардың, атап айтқанда алгоритмдік тапсырмалар, кодтарды жөндеу, жоба негізіндегі тапсырмалардың кемшіліктері мен артықшылықтарына салыстырмалы түрде талдау жасалған. Сонымен қатар, программалаудан білім бақылауда қолданылатын тест тапсырмаларының түрлеріне, олардың кемшіліктері мен артықшылықтарына да талдау жасалған. Соңғы жылдары білім беру үдерістеріне генеративті жасанды интеллект (GenAI) белсенді түрде енгізілуде, бұл оқыту әдістері мен білімді бағалауды айтарлықтай өзгертуге мүмкіндік береді. GenAI технологияларының негізгі артықшылықтарының бірі – білім беру мазмұны мен бағалау әдістерін нақты уақыт режимінде бейімдеу мүмкіндігі, бұл студенттердің жеке ерекшеліктерін және олардың дайындық деңгейін есепке алуға мүмкіндік береді. GenAI негізіндегі жүйе әртүрлі деңгейлердегі тапсырмаларды жасай алады, сонымен қатар студенттерге программалаудан өздерінің білімдері мен дағдыларын жақсарту үшін жеке ұсыныстарды ұсына алады. Сондай-ақ код сапасын автоматты бағалау үшін GenAI пайдалану қарастырылады, бұл тексеру үдерісін айтарлықтай жылдамдатады және оқытушылардың бағалау субъективтілігін төмендетеді. Мақалада программалаудан студенттердің білімін бақылау үшін GenAI-ды пайдаланатын қолданыстағы жүйелер мен платформалар, сондай-ақ олардың артықшылықтары мен кемшіліктері талданады. GenAI-дың айтарлықтай әлеуетіне қарамастан, оны табысты енгізу үшін жоғары білікті мамандарды, оқытудың жаңа әдістерін дайындау және ықтимал тәуекелдерді білу қажет екенін атап көрсетеді.

**Түйін сөздер:** генеративті жасанды интеллект, білімді бақылау, программалау, оқыту.

А.Е. Сағимбаева<sup>1</sup>, А.Е. Жаксылықов<sup>2</sup>, Ш.Т. Шекербекова<sup>1</sup>, А.Б. Жамкеева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Торайғыров университет, г.Павлодар, Казахстан

## РОЛЬ ТЕХНОЛОГИИ ГЕНЕРАТИВНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КОНТРОЛЕ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ

*Аннотация*

В статье проведен сравнительный анализ недостатков и преимуществ практических задач, используемых при контроле знаний в области программирования, в частности алгоритмических задач, ремонта кода, проектных задач. Кроме того, также были проанализированы виды тестовых заданий, используемых при контроле знаний по программированию, их недостатки и преимущества. В последние годы в образовательные процессы активно внедряется генеративный искусственный интеллект (GenAI), что позволяет существенно изменить методы обучения и оценки знаний. Одним из основных преимуществ технологий генеративного искусственного интеллекта (GenAI) является возможность адаптации образовательного контента и методов оценивания в режиме реального времени, что позволяет учитывать индивидуальные особенности учащихся и уровень их подготовленности. Система на основе GenAI может создавать задачи на разных уровнях, а также предоставлять учащимся персонализированные предложения по улучшению их знаний и навыков программирования. Также рассматривается использование GenAI для автоматической оценки качества кода, что существенно ускоряет процесс проверки и снижает субъективность оценок преподавателей. В статье анализируются существующие системы и платформы, использующие GenAI для мониторинга студенческого программирования, а также их преимущества и недостатки. Несмотря на значительный

потенциал GenAI, его успешная реализация требует подготовки высококвалифицированных специалистов, новых методов обучения и осознания потенциальных рисков.

**Ключевые слова:** генеративный искусственный интеллект, контроль знаний, программирование, обучение.

A.E. Sagimbayeva<sup>1</sup>, A.E. Zhaxylykov<sup>2</sup>, Sh.T. Shekerbekova<sup>1</sup>, A.B. Zhamkeeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

## THE ROLE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY IN CONTROLLING THE KNOWLEDGE OF UNIVERSITY STUDENTS IN PROGRAMMING

### Abstract

The article provides a comparative analysis of the disadvantages and advantages of practical tasks used to control knowledge in the field of programming, in particular algorithmic problems, code repair, project tasks. In addition, the types of test tasks used to control knowledge in programming, their disadvantages and advantages were also analyzed. In recent years, generative artificial intelligence (GenAI) has been actively introduced into educational processes, which allows for significant changes in teaching methods and knowledge assessment. One of the main advantages of generative artificial intelligence (GenAI) technologies is the ability to adapt educational content and assessment methods in real time, which allows taking into account the individual characteristics of students and their level of preparedness. A GenAI-based system can create tasks at different levels, as well as provide students with personalized suggestions for improving their knowledge and programming skills. The use of GenAI for automatic code quality assessment is also considered, which significantly speeds up the verification process and reduces the subjectivity of teacher assessments. The article analyzes existing systems and platforms that use GenAI to monitor student programming, as well as their advantages and disadvantages. Despite GenAI's significant potential, its successful implementation requires the training of highly qualified specialists, new training methods, and an awareness of potential risks.

**Keywords:** generative artificial intelligence, knowledge control, programming, training.

### Негізгі ережелер

Бүгінгі күні программалаудан ЖОО студенттерінің білімін бақылауда программалауды оқытудың күрделілігі, оқытылатын программалау тілдерінің әртүрлілігі және алгоритмдік тәсілдер программа кодын қолмен тексеруді қиындатып, ұзақ уақытты қажет етеді. Ал, программалаудан студенттердің білімін бақылауда GenAI пайдалану кодты тексерудің кезеңдерін автоматтандыра отырып, қателерді табу және түзету, программа құрылымын талдау және студенттерге жекелендірілген кері байланысты қамтамасыз ету сияқты мәселелерді шешуде үлкен көмек көрсететіні анық. Үлкен көлемдегі деректерді өңдеу және талдау қабілетінің арқасында GenAI жылдам кері байланыс беріп қана қоймай, сонымен қатар әрбір студенттің білім деңгейі мен үлгерімін ескере отырып, олардың алдыға жылжуын жекешелендіре алады. Бұл студенттерге өз қателерін жылдам түсініп, оларды түзетуге және оқуда алға жылжуға мүмкіндік береді. Программалаудан ЖОО студенттерінің білімін бақылауда GenAI пайдалану бағалаудың объективтілігін, жылдамдығын және тиімділігін арттыруға, сондай-ақ икемді және жекелендірілген білім беру ортасын құруға мүмкіндік береді.

### Кіріспе

Заманауи цифрлық технологиялардың дамуы жағдайында бірқатар IT-саласында ғана емес, басқа салаларда мамандардан программалау дағдылары талап етіледі, сондықтан да болашақ мамандарды дайындайтын ЖОО-да программалауды оқыту студенттерге нарықта бәсекеге қабілетті болуға, сондай-ақ әлемдік деңгейде инновациялық жобаларды жүзеге асыруға, кәсіпкерлік мүмкіндіктерді дамытуға, қоғамға оң ықпал етуге мүмкіндік береді. Еліміздің жоғарғы оқу орындарында оқытылатын постиндустриалды дәуірдің ең негізгі пәні болып табылатын программалауды оқытудың негізгі мақсаты студенттердің алгоритмдік және

жүйелік ойлауын қалыптастыратын, нақты қойылған есептерді шешу дағдыларын дамытатын, нақты тапсырмаларды орындауға бағытталған маңызды пәндердің бірі болып табылады [1].

ЖОО программалау пәндерін оқыту үдерісі тек теориялық білім берумен шектеліп қана қоймай, сонымен қатар практикалық дағдыларды меңгеруге бағытталған болуы тиіс. Студенттердің программалаудан білімін бақылау әдістері дәстүрлі тәсілдерден әлдеқайда күрделі және заманауи болуды талап етеді. Бұл, өз кезегінде, студенттердің программадау дағдыларын бақылау үшін тиімді әдістерді пайдалануды қажет етеді.

Қазіргі кезде ЖОО-да программалауды оқыту және студенттердің білімін бақылау тәсілдері технологиялардың әсерінен елеулі өзгерістерге ұшырауда. Осындай технологиялардың бірі GenAI соңғы жылдары білім берудің әртүрлі салаларына, соның ішінде ЖОО-на белсенді түрде енгізілуде. Программалау пән ретінде студенттерден тек теориялық білімді ғана емес, сонымен қатар есептерді шешу және код жазу арқылы тиімді бағаланатын практикалық дағдыларды талап етеді. Жазбаша емтихандар мен сынақтар сияқты білімді бақылаудың дәстүрлі әдістері материалды меңгеру деңгейін әрқашан объективті бағалауға қабілетті емес, сонымен қатар уақытпен және үдерісті есепке алмай тек соңғы нәтижені тексеру мүмкіндігімен шектелуі мүмкін. мәселені шешу туралы. Бұл тұрғыда жасанды интеллект технологиялары, әсіресе генеративті модельдер білімді неғұрлым икемді және дәлірек басқарудың маңызды құралы бола алады.

GenAI технологиясы программалаудан студенттердің білімін объективті талдай және бағалай алатын программа құрудың мүмкіндіктерін ұсынады. GenAI - мазмұнды (есептер, мысал шешімдері немесе тіпті түсіндірмелер) жасай алатын және студенттердің жауаптарын талдап, түсіндіре алатын технологиялар класы болып табылады. Программалау контекстінде мұндай жүйелер кодты қарау үдерісін автоматтандыруға, қателерді анықтауға, шешімдердің алгоритмдік күрделілігін талдауға және студенттерге толық кері байланыс беруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, GenAI-ды пайдалану бейімделген оқыту орталарын құруа отырып, берілетін тапсырмалар әр студенттің білім деңгейіне сәйкес автоматты түрде реттеледі.

GenAI құралдары автоматты түрде тексерілетін, бақылау тапсырмаларын жасай алады, студенттердің программалау дағдыларын жақсарту үшін ұтымды кері байланыс пен ұсыныстар бере алады. Бұл программалауды оқытудың тиімділігін арттырып, студенттерге жіберген қателерін жақсырақ түсінуге, программалауды үйренуде алға жылжуларына көмектеседі. *Мақсат* – генеративті жасанды интеллект технологияларының ЖОО студенттерінің программалаудан білімін бақылаудағы рөлін анықтау және қолданылуының тиімділігін негіздеу.

### **Зерттеу әдіснамасы**

ЖОО-да программалаудан студенттердің білімін бақылау бойынша қолданыстағы әдістерін қарастырайық.

Бірқатар авторлардың жұмысында программалаудан студенттердің білімін бақылауға жүйелі шолулар жасалып, студенттердің берілген тапсырмаларды орындау нәтижелері арқылы оқу прогресін модельдеу әдістері қарастырылды. Студенттердің білімін бақылаудың екі негізгі тәсілін: студенттің моделін пәндік білім моделіне қабаттастыру және алдыңғы тапсырмалар негізінде болашақ нәтижелерді болжау үшін уақытша білімді бақылау модельдерін қолдану ұсынылады [2]. Ullah Z., Lajis A., Saleem F. Блум таксономиясы арқылы студенттердің программалау құзыреттілігін бақылаудың жаңа тәсілін ұсынады. Программалаудан тапсырмалар Блум таксономиясының когнитивтік деңгейлеріне сәйкес жасаған. Ұсынылған бақылау әдісі жазбаша код негізінде когнитивтік деңгейлері бар студенттің құзыреттілік деңгейіне тікелей сәйкес келетін автоматты шешім қабылдау үдерісін пайдаланады [3].

Авторлар студенттердің білімін бақылауда тест тапсырмаларының көпдеңгейлілігін қамтамасыз ету үшін, иерархиялық түрдегі деңгейлер және семантикалық ұғымдар мен олардың арасындағы байланыстар енгізілуі керек деп есептейді [4].



Linn M.C., Slancy M.J. студенттердің программалау қабілеттерін бағалаудағы күрделі тапсырмалар мен практикалық тапсырмалардың рөлі жайлы маңызды деректер бере келе, программалаудан емтихан барысында қолданылатын бақылау әдістерінің тиімділігін талдап, студенттердің программалау дағдыларын қалыптастыру мақсатында тереңірек түсінуді талап ететін проблемалық тапсырмаларды ұсынады [5].

Kim J., Ko E. программалауды оқыту барысында жобалық тәсілдерді қолдану әдістерін сипаттайды. Практикалық жобалар арқылы студенттердің қабілеттерін бағалау жүйесін қалай жетілдіруге болатыны туралы ұсыныстар беріп, жобалық тапсырмаларды бағалау әдістері, студенттердің шығармашылық қабілеттерін дамытуды, жобалар арқылы білімді бекіту әдістерін ұсынады [6]. Ala-Mutka K. M. программалаудан практикалық тапсырмаларды автоматты түрде бағалау әдістерінің артықшылықтары мен кемшіліктерін зерттей келе, жобаларды бағалау кезіндегі объективтілік мәселелерін шешу жолдарын ұсынады. Сонымен қатар, автоматтандырылған бағалау жүйелерінің тиімділігі, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері, студенттердің шығармашылық қабілеттерін бағалаудың қиындықтарын ерекшелеп көрсетеді [7].

Қазіргі кезде көбінесе программалаудан студенттердің нақты программалау қабілеттерін бағалаудың тиімді әдістерінің бірі практикалық тапсырмалар болып табылады. Практикалық тапсырмалар студенттердің программалау дағдыларын; кодты жазу мен құрылымдаудың тиімділігін; қойылған проблеманы шешу қабілетін бағалауға мүмкіндік береді. Практикалық тапсырмалардың түрлері мен олардың артықшылықтары мен кемшіліктеріне жасалған талдау 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1. Программалаудан білім бақылауда қолданылатын практикалық тапсырмалардың кемшіліктері мен артықшылықтары

Практикалық тапсырмалар	Артықшылығы	Кемшілігі
Алгоритмдік есептер	<p>Логикалық ойлауды дамыту: Бұл тапсырмалар студенттердің алгоритмдерді дұрыс құрастыру қабілетін тексереді. Алгоритмдер студенттің логикалық ойлауын және программалау тілдерін дұрыс қолдануын көрсетеді.</p> <p>Автоматтандырылған бағалау: Көптеген оқу платформалары алгоритмдік есептерді автоматты түрде тексеруге мүмкіндік береді, бұл студенттің шешімін бірден бағалайды.</p>	<p>Шығармашылықты шектеу: Алгоритмдік есептер көбіне нақты бір шешімге бағытталады, бұл студенттердің шығармашылық қабілеттерін көрсетуіне мүмкіндік бермейді.</p> <p>Шектелген тапсырмалар: Кейбір есептер тек синтаксистік және алгоритмдік білімді тексереді, бірақ нақты әлемдік жобаларды немесе толық жүйені жасау сияқты кешенді дағдыларды қамтымайды.</p>
Кодты жөндеу (Debugging) тапсырмалары	<p>Қателерді анықтау қабілеті: Студенттер кодтағы қателіктерді тауып, оларды түзетуге үйренеді. Бұл тапсырмалар олардың программалау біліктілігін тереңірек бағалауға көмектеседі.</p> <p>Практикалық дағдылар: Жобаларда немесе нағыз жұмыс орнында кодты түзету маңызды дағды болып саналады, сондықтан мұндай тапсырмалар өте пайдалы болып табылады.</p>	<p>Уақыт шектеулері: Кодты жөндеу тапсырмалары уақытты талап етеді, кейбір студенттерге берілген уақыт ішінде тапсырманы толық шешу қиын болуы мүмкін.</p> <p>Қателердің күрделілігі: Кейбір қателердің күрделілігі жоғары болғандықтан, студенттер оларды толық түсінбей немесе жай ғана болжап қана түзетуі мүмкін, бұл олардың нақты дағдыларын көрсетпейді.</p>

<p><i>Жоба негізіндегі тапсырмалар</i></p>	<p><i>Шығармашылық дағдылар: Студенттерге нақты жобаны жасау арқылы өз дағдыларын көрсетуге мүмкіндік береді, бұл оларды шығармашылыққа ынталандырады. Кешенді бағалау: Жобаларда бірден бірнеше аспектілер (код жазу, деректерді өңдеу, интерфейсті жобалау, т.б.) қамтылады, бұл студенттің кешенді дағдыларын бағалауға мүмкіндік береді. Нақты өмірдегі тәжірибеге жақындату: Жоба студенттерге программалау үдерісінің толық симуляциясын береді.</i></p>	<p><i>Бағалау күрделілігі: Жобаларды бағалау объективті болуы қиын, себебі оларда бірнеше компонент бар және әр студенттің жұмысын бірдей әдіспен бағалау қиынға соғады. Уақытты көп қажет етеді: Жобалар студенттердің көп уақытын талап етеді және үлкен көлемді жұмысты аяқтау қажеттілігі туындайды. Командалық жұмыста жеке үлесті анықтау: Топтық жобаларда әр студенттің жеке үлесін дәл анықтау қиындық тудыруы мүмкін.</i></p>
--	--	---

Дегенмен де, студенттердің программалаудан білімін бақылаудың күрделілігі мен кең ауқымдылығы бірқатар факторларға байланысты, сондықтан тек бір әдіске ғана сүйену жеткіліксіз болуы мүмкін. Атап айтқанда, студенттердің программалау бойынша білімдері тек тапсырманы орындаумен шектелмейді, сонымен қатар олардың: алгоритмдерді түсінуі және оларды тиімді қолдануы, жүйелік ойлауы мен код жазу сапасы, кодтың оқуға ыңғайлы және оңтайлылығы, қателерді табу және оларды түзету қабілеті, шығармашылық және жаңа шешімдер табуы және топтық жұмыс дағдылары сияқты маңызды аспектілерді қамтуы қажет.

Осы себептен, тек практикалық тапсырмаларды ғана пайдалану барлық осы аспектілерді тексеруге жеткіліксіз болады.

Программалаудан студенттердің білімін бақылауда тест тапсырмаларын қолдану мүмкіндіктерін қарастырайық (2-кесте). Әрбір тапсырмаға арналған арнайы тестілер мен кодтың дұрыс жұмыс істейтініне бақылау жүргізіледі. Мұндай жүйелер студенттердің өз кодтарын автоматты түрде тексеріп, түзетулер енгізуге мүмкіндік береді.

*Кесте 2. Программалаудан білім бақылауда қолданылатын тест тапсырмаларының кемшіліктері мен артықшылықтары*

<i>Тест тапсырмаларының түрлері</i>	<i>Артықшылығы</i>	<i>Кемшілігі</i>
<p><i>Көп нұсқалы тесттер (Multiple Choice Questions - MCQs)</i></p>	<p><i>Жылдам бағалау: Тесттерді автоматтандырылған жүйелер арқылы тез бағалауға болады, бұл оқытушының уақытын үнемдейді. Нақты жауаптар: Бірнеше нұсқаның ішінен таңдалған дұрыс жауап бірімәнді бағалауға мүмкіндік береді. Қамтылу кеңдігі: Көп нұсқалы тесттерде әртүрлі тақырыптарды қамтуға болады, бұл студенттердің жалпы білім деңгейін көруге мүмкіндік береді.</i></p>	<p><i>Терең ойлауды бағалай алмайды: Көп нұсқалы тесттерде студенттердің білімін тек беткейлік деңгейде тексеруге болады. Оларды нақты программалау мәселелерін шешу немесе код жазу қабілеттерін бағалауға қолдану қиын. Болжамдық жауап беру мүмкіндігі: Студенттер жауапты білмесе де, кездейсоқ жауап беру арқылы дұрыс жауапты таба алады, бұл олардың шынайы білімін көрсетпейді. Шығармашылық пен логиканы бағалау шектеулі: Мұндай тесттер студенттің логикалық ойлау қабілеті мен шығармашылық дағдыларын көрсетпейді, тек дайын жауаптарды есте сақтауды ғана бағалайды.</i></p>

<p><i>Ашық жауапты тесттер (Open-ended Questions)</i></p>	<p><i>Терең талдау: Ашық жауапты тесттер студентке өз ойларын еркін түрде жеткізуге мүмкіндік береді, және оқытушы студенттің ойлау қабілеті мен нақты программалау негіздерін түсінетіндігін бағалай алады. Шығармашылықты бағалау: Бұл тест түрі программалаудағы логикалық ойлау мен шығармашылық дағдыларын анықтауға қолайлы.</i></p>	<p><i>Тексеру қиындығы: Ашық жауаптарды тексеру уақытты талап етеді және бағалау субъективті болуы мүмкін, өйткені оқытушы әрбір жауапты жеке қарастырады. Бұл объективтілікті төмендетеді. Студенттердің бәрі бірдей ойларын жүйелі түрде жеткізе алмауы: Кейбір студенттер программалау негіздерін білсе де, өз білімін жазбаша түрде дәл жеткізе алмауы мүмкін.</i></p>
<p><i>Кодтау бойынша тесттер (Code Writing Questions)</i></p>	<p><i>Нақты дағдыны тексеру: Студенттер нақты код жаза отырып, өздерінің программалау қабілеттерін көрсетуі қажет, бұл олардың теорияны практикада қолдана алатындығын бағалауға мүмкіндік береді. Тексеру оңай: Кодтың дұрыс немесе бұрыс екендігін автоматтандырылған жүйелер тез анықтай алады.</i></p>	<p><i>Жалпылық: Код жазуға арналған тапсырмалар кейде тым қарапайым немесе стандартты болады, сондықтан студенттің шынайы деңгейін толық бағалай алмауы мүмкін. Шығармашылық еркіндіктің шектеулігі: Белгілі бір қатаң шектеулерге сәйкес келетін кодты жазуды талап ететін тапсырмаларда студенттер еркін шығармашылық ойлау мүмкіндігін жоғалтады.</i></p>
<p><i>Жадтылық тесттер (Memory Recall Tests)</i></p>	<p><i>Тез қайталау: Студенттердің нақты білімдерін, терминдерді білуін немесе стандартты шешімдерді есте сақтауын тексеруге мүмкіндік береді. Оқытушы үшін оңай: Мұндай тесттерді автоматтандырылған жүйелер арқылы жылдам бағалау оңай</i></p>	<p><i>Теориялық білімге негізделген: Бұл тесттер студенттердің тек теориялық білімін бағалайды және практикалық дағдыларын тексермейді. Мұндай тесттерде жақсы нәтиже көрсеткен студенттер практикалық тапсырмаларды орындау кезінде қиындықтарға тап болуы мүмкін. Шынайы дағдыны бағалау мүмкін емес: Программалаудағы негізгі дағды – кодты дұрыс жазу және мәселені шешу қабілеті, ал жадтылық тесттерде бұл дағдылар ескерілмейді.</i></p>

Дәстүрлі әдістер программалаудан білімді бақылауда кеңінен қолданылады, бірақ олар кейде студенттердің нақты дағдыларын толыққанды бағалауға жеткіліксіз, сондықтан қазіргі уақытта білім беру үдерісіне жаңа технологиялар мен әдістерді енгізу маңызды болып табылады.

### **Зерттеу нәтижелері**

Қазақстанда жасанды интеллект адамдардың өміріне өміріне біртіндеп еніп, олардың маңызды құралына айналууда. Елімізде осы сала мамандарын дайындау және жасанды интеллект бағытында ғылыми зерттеулерді қолдау бойынша бірқатар жұмыстар атқарылып жатыр [8]. Қазіргі цифрлық қоғамда генеративті жасанды интеллект (GenAI) білім беру саласына үлкен революциялық өзгерістер алып келуде. Білім беру саласының қай деңгейі болмасын дәстүрлі оқыту әдістерін интерактивті, тиімді және әрбір білім алушының жеке тұлғалық ерекшеліктері мен қажеттіліктеріне бейімделген шешімдер ұсынууда GenAI маңызды

рөл атқарады. GenAI білім алушылар үшін жаңа білім алу әдістерін дамытуды, оқу материалдарын беруді және білімді бағалауды автоматтандыруды, сонымен қатар жеке тұлғаға бағдарлап оқыту тәжірибесін қамтамасыз етеді. Бүгінде GenAI технологиясы білім беру жүйесімен интеграцияланып оқыту үдерісін жаңартып қана қоймай, оқытушылардың да рөлін өзгерте бастады. Оқытушылардың оқыту нәтижелерін бағалау және оқыту мазмұндарын дайындау үдерістері GenAI арқылы автоматтандырылып, олардың білім алушылармен қарым-қатынастарын нығайта түсіп, сонымен қатар білім алушылардың жеке даму жолдарын қолдауға мүмкіндік беруде. GenAI қазірдің өзінде жоғары білім беру саласына еніп жатыр, дегенмен көптеген оқытушылар студенттердің білімін бағалау барысында қалай қолдану керектігін онша біле бермейді. Скопус қорындағы біраз мақалаларды талдаудың нәтижесі бүкіл әлемде бұл тақырыпқа деген ғалымдардың қызығушылықтарының артқандығын көрсетеді. Көпшілік ғылыми мақалаларда тек қана GenAI-дың пайда болу тарихынан аспайтынын көрсетті [9]. Дегенмен, программалаудан студенттердің білімін бақылау мәселелеріне байланысты соңғы жылдары бірқатар ғылыми мақалалар жариялана бастады. Wilson, S., Nishimoto, M. еңбектерінде соңғы жылдары генеративті жасанды интеллект, соның ішінде ChatGPT, Bard және Claude сияқты құралдардың программалау курстарында кеңінен қолданыла басталуы студенттердің білімін бақылаудың жаңа әдістерінің пайда болуына әкелді. Программаның кодын түсінуге бағытталған студенттердің үйде орындаған тапсырмасын бағалаудың жаңа әдісін пайдалануға мүмкіндік берді. Аралық бақылау нәтижелері дұрыс кодтауға негізделген бақылаудың алдыңғы семестрлермен салыстырғанда сырттай бағалауға белсенді қатысқан студенттердің үлгерімінің жақсаруын бақылауда GenAI пайдалану өзінің тиімділігін көрсеткенін, сонымен қатар студенттердің материалды тереңірек түсінуіне және олардың оқу үдерісіне жақсырақ қатысуына ықпал еткенін атап өтті [10].

Ал, Phung T., Pădurean V., Soares G. өз зерттеулерінде студенттерге қателіктерін түзетуге көмектесетін адам-репетитор стиліндегі программалау жайлы кеңестерін беретін GenAI модельдерінің рөлін зерттей отырып, GPT4HINTS-GPT3.5VAL атты жаңа әдісті ұсынады. Алғашқы қадам ретінде, GPT-4 моделін «оқытушы» ретінде кеңестерді генерациялайды, ол сынақтардың сәтсіз нәтижелері мен түзетулердің символдық ақпаратын пайдалану арқылы программалаудан сапаны жақсартады. Келесі қадамда, GPT-3.5 моделін «студент» ретінде пайдаланып кеңестердің сапасын қосымша тексеруге мүмкіндік береді, ол кері байланыс беру мүмкіндігін модельдей отырып, автоматты түрде сапаны бақылауды жүзеге асырады. Олар өз зерттеулерінде әдістің программалау бойынша кеңестер беру мен білімді бақылауда сапаны арттыратынын көрсетеді [11]. GenAI құралдары программалаудан студенттердің жасаған кодтарын ғана тексеріп қана қоймай, сонымен қатар тапсырмаларды генерациялай алады, шешімдерді жақсарту бойынша ұсыныстар ұсына алады және нақты уақытта кері байланыс бере алады. Студенттердің программалаудан білімін бақылауда қолданылатын ең танымал құралдар мен технологияларды қарастырайық (3-кесте).

Кесте 3. Студенттердің программалаудан білімін бақылауда қолданылатын GenAI құралдары

Құралдың атауы	Сипаттамасы	Білімді бақылау қызметтері
OpenAI Codex (GitHub Copilot)	GitHub Copilot – бұл OpenAI әзірлеген Codex моделіне негізделген құрал. Codex – үлкен көлемдегі ашық кодтық репозиторийлерде оқытылған трансформерлі GPT-3 архитектурасын қолданатын, студенттерге программалық шешімдерді жасауға	- Кодты автоматты генерациялау: студенттерді код жазуға үйретуге арналған тапсырмаларды орындауға арналған код бөліктерін жасайды. Оқытушыларға студенттердің жазған кодтарын автоматты түрде тексеруге және қателерді түзету бойынша кеңестер беруге мүмкіндік береді. - Кодты автоматты тексеру: шешімдерді жақсарту, қателерді түзету және альтернативті шешімдерді ұсыну мүмкіндігі.

	көмектесетін қуатты тілдік модель.	- Кері байланыс және ұсыныстар: синтаксис, логика және кодтың оңтайлылығын арттыру бойынша кеңестер береді.
<i>Replit (AI Tutor)</i>	<i>Replit</i> — программалауға арналған онлайн платформа, ол ЖИ технологияларын кодты автоматты тексеру және генерациялау үшін пайдаланады. Платформа <i>AI Tutor</i> құралын ұсынады, ол нақты уақытта кері байланыс пен қолдау көрсетеді.	- Тапсырмаларды автоматты тексеру: ЖИ студенттердің программалаудан тапсырмаларын тексеріп, синтаксистік қателер мен логикалық мәселелерді анықтайды. - Тапсырмаларды генерациялау: студенттің дайындық деңгейіне сәйкес тапсырмаларды автоматты түрде генерациялау. - Интерактивті кеңестер: студенттерге дұрыс код жазу бойынша кеңестер мен шешімдерін жақсарту бойынша ұсыныстар береді.
<i>CodeSignal</i>	<i>CodeSignal</i> – бұл программалау дағдыларын бағалау платформасы, ол студенттер мен мамандардың білімдерін тестілеуге арналған. <i>CodeSignal</i> жүйесі программаларды құру және шешімдерді бағалау үшін генеративті ЖИ-ді пайдаланады.	- Тапсырмаларды генерациялау: студенттің деңгейіне бейімделген бірегей бағдарламалау тапсырмаларын құра алады. - Шешімдерді автоматты бағалау: ЖИ кодты талдап, оның дұрыстығы мен тиімділігін тексеріп, баға береді. - Кері байланыс: студенттерге қателерді түсіндіре отырып, шешімдерді жақсарту бойынша толық ақпарат береді.
<i>LeetCode</i>	<i>LeetCode</i> – программалаудан тапсырмаларды орындау және техникалық сұхбаттарға дайындалу үшін танымал онлайн платформа. <i>LeetCode</i> ЖИ-ді тапсырмалардың күрделілігін бейімдеу және шешімдерді автоматты бағалау үшін қолданады.	- Шешімдерді автоматты тексеру: платформа тапсырмаларды орындауға арналған кодты автоматты түрде тексеріп, оның дұрыстығын, оңтайлылығын және әртүрлі edge-case сценарийлерін бағалайды. - Тесттерді генерациялау: ЖИ жаңа тесттерді нақты уақытта құрып, студенттерге әртүрлі кіріс деректерінде шешімдерін тексеруге мүмкіндік береді. - Рейтинг және ұсыныстар: шешімді талдап, кодты жақсарту бойынша ұсыныстар береді.
<i>Exercism.io</i>	<i>Exercism.io</i> – программалаудан бойынша жаттығулар ұсынатын онлайн платформа, онда рефлексия мен кодты жетілдіруге басымдық беріледі. <i>Exercism</i> студенттердің шешімдерін талдау және кері байланыс беру үшін ЖИ қолданады.	- Шешімдерді автоматты тексеру: ЖИ студенттердің кодын талдап, қателерді табуға және жақсарту бойынша ұсыныстар беруге көмектеседі. - Жекелеген кері байланыс: студенттің деңгейіне байланысты жеке кері байланыс береді, бұл қателерді түсінуге және материалды меңгеруге мүмкіндік береді. - Жаңа тапсырмаларды генерациялау: студенттің прогресіне қарай күрделірек тапсырмалар ұсынады.
<i>HackerRank</i>	<i>HackerRank</i> – программалау дағдыларын онлайн тестілеуге арналған танымал платформа. Ол тапсырмаларды құру, бейімдеу және шешімдерді автоматты түрде тексеру үшін ЖИ пайдаланады.	- Тапсырмаларды генерациялау және бейімдеу: ЖИ жаңа тапсырмаларды құру үшін және студенттің деңгейіне сәйкес тапсырманың күрделілігін өзгерту үшін қолданылады. - Кодты автоматты тексеру және бағалау: шешімдердің дұрыстығы, тиімділігі және орындалу жылдамдығын автоматты түрде тексереді. - Кері байланыс: кодтағы мәселелерді анықтап, шешімдерді жақсарту жолдарын ұсынады.
<i>Khan Academy (AI Tutor)</i>	<i>Khan Academy</i> – білім беру платформасы, ол программалау оқытушыларына ЖИ -ді көмекші ретінде біріктірді. <i>AI</i>	- Шешімдерді автоматты тексеру: студенттердің шешімдерін талдап, жақсарту мен қателерді түзету бойынша кеңестер береді. - Жеке қолдау: ЖИ студенттің деңгейіне сәйкес

	<i>Tutor студенттердің шешімдерін бағалау үшін қолданылады.</i>	<i>оқыту мен тапсырмаларды бейімдейді. - Кері байланыс: студенттерге қателерін түсінуге және дағдыларын жақсартуға көмектесетін кеңейтілген кері байланыс береді.</i>
<i>JetBrains Academy</i>	<i>JetBrains Academy – программалау бойынша курстар ұсынатын білім беру платформасы. Платформа студенттерді оқыту үдерісінде қолдау көрсету және кодты автоматты түрде тексеру үшін ЖИ пайдаланады.</i>	<i>- Кодты автоматты тексеру: студенттердің шешімдерін тексеріп, синтаксистік қателерді анықтап, шешімдердің логикасын талдайды. - Интерактивті кері байланыс: студенттерге нақты уақытта кері байланыс береді, бұл қателерді тез түзетуге көмектеседі. - Тапсырмаларды генерациялау: студенттің білім деңгейіне сәйкес тапсырмаларды бейімдейді.</i>

GenAI технологиялары программалаудан студенттердің білімін бақылау үшін білім беру платформаларына белсенді түрде енгізілуде. Бұл құралдар оқу үдерісінің тиімділігін айтарлықтай арттырып, кодты автоматты түрде тексеруді, жеке кері байланыс беруді қамтамасыз етеді және студенттерге бағдарламалау дағдыларын жетілдіруге көмектеседі. Мұндай технологияларды енгізу білім сапасының жақсаруына, студенттердің білімін объективті және жылдам бағалауға ықпал етеді. Бүгінде білім беру саласында GenAI қолданудың негізгі бағыттары репетиторлық және бағалаумен байланысты. Ғылыми мақалалар мен әдебиеттерге жүйелі түрде шолу негізінде бірқатар ғалымдардың студенттердің үлгерімін бағалауда GenAI қолдануы талданады. Талданған зерттеулерден олардың көпшілігінде білім беру іс-әрекетінің негізінде жатқан педагогиканың «көрінбей» қалғанын көруге болады [12-13]. Программалаудан ЖОО студенттерінің білімін бақылау үшін білім беру платформаларында генеративті жасанды интеллект технологиялары оқу үдерісінің тиімділігін айтарлықтай жақсартады, кодты шолуды автоматтандырады, жекелендірілген кері байланысты қамтамасыз етеді және студенттердің программалау дағдыларын жақсартуға көмектеседі. Мұндай технологияларды енгізу білім сапасын арттыруға және студенттердің білімін объективті және жылдам бағалауды қамтамасыз етеді. Қазіргі кезде білім беру жүйесінде қолданысқа ене бастаған генеративті жасанды интеллект білімді бақылау жүйелеріне интеграциялануы керек, себебі ол студенттердің программалау дағдыларын әлдеқайда терең және жан-жақты бақылауға мүмкіндік береді.

### **Дискуссия**

Зерттеу нәтижелері GenAI-дің программалаудан студенттердің білімін бақылауда айтарлықтай маңызды рөл атқаратынын көрсетті. GenAI құралдары студенттерге код жазу, қателіктерді түзету, және күрделі тапсырмаларды шешуде айтарлықтай көмек берді. Бұл құралдар студенттердің оқу нәтижелерін жақсартуға және олардың өзіндік оқуын ынталандыруға үлкен ықпал етті. Сонымен қатар, GenAI қолдану студенттердің оқу мотивациясын арттырып, оларды тапсырмаларды орындауға қызықтыра түсті.

Алайда, зерттеуде анықталған кейбір мәселелер де бар. GenAI құралдары студенттердің шығармашылық ойлау қабілеттерін шектей алады деген пікірлер айтылды, себебі кейбір студенттер тапсырмаларды тек автоматтандырылған құралдардың көмегімен орындауға бейім болды. Сонымен қатар, GenAI-дің қате ақпарат беруі немесе кейбір жағдайларда дұрыс емес кеңестер беруі де атап өтілді. Сондықтан GenAI қолдану барысында оқытушылардың қадағалауы және қосымша қолдау көрсетуі қажет. Зерттеуде алынған нәтижелер GenAI-дің білім беру саласында болашақта кеңінен қолданылу мүмкіндігін көрсетіп отыр. Алайда, оны тиімді пайдалану үшін белгілі бір этикалық және педагогикалық стандарттар әзірленуі тиіс.

### **Қорытынды**

GenAI құралдарын қолдану барысында кейбір қиындықтар да анықталды. Студенттер бұл құралдарды қолдану үшін белгілі бір техникалық дағдыларды меңгеру қажеттігін атап өтті, ал

кейбір жағдайларда GenAI қате кеңестер берді. Бұл студенттердің өздерінің шешімдерін толықтай автоматтандырылған құралдарға сенім артпай, шығармашылық қабілеттерін дамыту керектігін ескертті. Сонымен қатар, оқытушылардың рөлі GenAI-ді тиімді пайдалану үшін өте маңызды болды, себебі студенттерге нақты уақытта қолдау көрсетіп, олардың оқу үдерісін бақылау қажет. Бұл зерттеу GenAI-дің студенттердің программалау пәнінде білімін бақылаудағы рөлін толықтай түсінуге алғашқы қадам болып табылады. Болашақ зерттеулерде программалаудан студенттердің білімін бақылауда GenAI қолданудың ұзақ мерзімді нәтижелері мен оның студенттердің жалпы оқу нәтижелеріне әсері зерттелуі қажет. Бұл құралдарды қолданудың педагогикалық және этикалық аспектілерін тереңірек зерттеу болашақта GenAI-дің білім беру жүйесіне тиімді енгізілуіне ықпал етуі мүмкін.

## АЛҒЫС

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитеті қаржыландырды (Грант № AP23490592).

### Пайдаланылған дереккөздер тізімі

[1] Nurbekova, Z., Tolganbaiuly, T., Nurbekov, B., Sagimbayeva, A., Kazhiakparova, Z. *Project-based learning technology: An example in programming microcontrollers // International Journal of Emerging Technologies in Learning. International Association of Online Engineering, 2020. Vol. 15, №11, P. 218-227. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i11.13267>*

[2] Ayaz Ahmad, Sayed & Alam, Muhammad & Rahmat, Mohd & Mubarik, Muhammad & Hyder, Syed. (2022). *Academic and Administrative Role of Artificial Intelligence in Education. Sustainability. 14(3). 1101. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14031101>*

[3] Ullah Z., Lajis A., Saleem F. (2019) *A rule-based method for cognitive competency assessment in computer programming using bloom's taxonomy //IEEE Access. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2916979>*

[4] Sagymbaeva A.E., Zhaxylykov A.E. *Monitoring the results of teaching computer science with the use of semantic networks // International scientific and practical conference «Intellectual information and communication technologies as tools for realization of the third industrial revolution devoted for the strategy KAZAKHSTAN-2050». -Astana, -2017. P.258-261.*

[5] Linn, M. C., & Clancy, M. J. (1992). *The case for case studies of programming problems. Communications of the ACM, 35(3), 121-132. DOI: <https://doi.org/10.1145/131295.131301>*

[6] Kim, J., & Ko, E. (2019). *Project-based learning in computer science education: Practices, challenges, and future directions. ACM Transactions on Computing Education (TOCE), 19(3), 1-23.*

[7] Ala-Mutka, K. M. (2005). *A survey of automated assessment approaches for programming assignments. Computer science education, 15(2), 83-102. DOI: <https://doi.org/10.1080/08993400500150747>*

[8] Жасанды интеллектті дамытудың 2024 – 2029 жылдарға арналған тұжырымдамасын бекіту туралы. Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2024 жылғы 24 шілдедегі № 592 қаулысы. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2400000592#z213>

[9] Chen L., Chen P., Lin Z. *Artificial intelligence in education: A review //Ieee Access. – 2020. – T. 8. – C. 75264-75278. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>*

[10] Wilson, S., & Nishimoto, M. (2023). *Assessing Learning of Computer Programming Skills in the Age of Generative Artificial Intelligence. Journal of biomechanical engineering, 1-25. DOI: <https://doi.org/10.1115/1.4064364>*

[11] Phung T., Pădurean V., Soares G. *Automating Human Tutor-Style Programming Feedback: Leveraging GPT-4 Tutor Model for Hint Generation and GPT-3.5 Student Model for Hint Validation //ACM International Conference Proceeding Series (2024), 12-23. DOI: <https://doi.org/10.1145/3636555.3636846>*

[12] González-Calatayud V., Prendes-Espinosa P., Roig-Vila R. *Artificial intelligence for student assessment: A systematic review //Applied Sciences. –2021. – T. 11. – №. 12. – C. 5467. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11125467>*

[13] Chiff D. *Out of the laboratory and into the classroom: the future of artificial intelligence in education //AI & society. – 2021. – T. 36. – №. 1. – C. 331-348. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00146-020-01033-8>*

References

- [1] Nurbekova, Z., Tolganbaiuly, T., Nurbekov, B., Sagimbayeva, A., Kazhiakparova, Z. (2020) Project-based learning technology: An example in programming microcontrollers. *International Journal of Emerging Technologies in Learning. International Association of Online Engineering*, 2020. Vol. 15, №11, 218-227. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i11.13267>
- [2] Ayaz Ahmad, Sayed & Alam, Muhammad & Rahmat, Mohd & Mubarik, Muhammad & Hyder, Syed. (2022). *Academic and Administrative Role of Artificial Intelligence in Education. Sustainability*. 14(3). 1101. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14031101>
- [3] Ullah Z., Lajis A., Saleem F. (2019) A rule-based method for cognitive competency assessment in computer programming using bloom's taxonomy // *IEEE Access*. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2916979>
- [4] Sagymbaeva A.E, Zhaxylykov A.E. (2017) Monitoring the results of teaching computer science with the use of semantic networks. *International scientific and practical conference «Intellectual information and communication technologies as tools for realization of the third industrial revolution devoted for the strategy KAZAKHSTAN-2050»*. -Astana, 258-261.
- [5] Linn, M. C., & Clancy, M. J. (1992). The case for case studies of programming problems. *Communications of the ACM*, 35(3), 121-132. DOI: <https://doi.org/10.1145/131295.131301>
- [6] Kim, J., & Ko, E. (2019). Project-based learning in computer science education: Practices, challenges, and future directions. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 19(3), 1-23.
- [7] Ala-Mutka, K. M. (2005). A survey of automated assessment approaches for programming assignments. *Computer science education*, 15(2), 83-102. DOI: <https://doi.org/10.1080/08993400500150747>
- [8] Zhasandy intellekti damytudyn 2024 – 2029 zhyldarga arnalgan tuzhyrymdamasyn bekitu turaly [On approval of the concept of artificial intelligence development for 2024-2029]. *Razakstan Respublikasy Ukimetinin 2024 zhylgy 24 shildedegi № 592 kaulysy*. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2400000592#z213> (In Kazakh)
- [9] Chen L., Chen P., Lin Z. (2020) Artificial intelligence in education: A review // *Ieee Access*. T. 8. 75264-75278. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
- [10] Wilson, S., & Nishimoto, M. (2023). Assessing Learning of Computer Programming Skills in the Age of Generative Artificial Intelligence. *Journal of biomechanical engineering*, 1-25. DOI: <https://doi.org/10.1115/1.4064364>
- [11] Phung T., Pădurean V., Soares G. (2024) Automating Human Tutor-Style Programming Feedback: Leveraging GPT-4 Tutor Model for Hint Generation and GPT-3.5 Student Model for Hint Validation // *ACM International Conference Proceeding Series*, 12-23. DOI: <https://doi.org/10.1145/3636555.3636846>
- [12] González-Calatayud V., Prendes-Espinosa P., Roig-Vila R. (2021) Artificial intelligence for student assessment: A systematic review // *Applied Sciences*. T. 11. №.12. 5467. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11125467>
- [13] Chiff D. (2021) Out of the laboratory and into the classroom: the future of artificial intelligence in education. *AI & society*. T. 36. – №. 1. 331-348. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00146-020-01033-8>



P. Tazabekova<sup>1\*</sup>, Zh. Nurbekova<sup>2</sup>, T. Sembayev<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>Astana IT University, Astana, Kazakhstan

\*e-mail: [tazabekova.p@qzpu.edu.kz](mailto:tazabekova.p@qzpu.edu.kz)

## SUCCESSION IN TEACHING 3D MODELING AND AR/VR TECHNOLOGIES

### Abstract

This article is devoted to the continuity in teaching 3D modeling, augmented (AR), and virtual reality (VR) technologies. The authors pay special attention to integrating these technologies into the educational process, their interrelation, and their importance for forming professional skills of future computer science teachers. Topics were considered in two disciplines: "Computer graphics and 3D modeling" and "Augmented and virtual reality", which have a systematic character and continuity. The project works of students within the framework of studying these disciplines are presented, which were evaluated according to a specially developed assessment scale according to six main criteria. The article presents the results of a pedagogical experiment in teaching 3D modeling and AR/VR. 72 students of the educational programs "6B01506-Computer Science", "6B01514-Computer Science-Robotics" and the educational program "6B01505-Physics-Computer Science" took part in the experiment. The phased nature of the study helped to reveal these research questions comprehensively. The phased nature of the study helped to reveal these research questions comprehensively.

**Keywords:** end-to-end digital technologies, continuity, 3D modeling, augmented reality, virtual reality, future computer science teachers.

П.Қ. Тазабекова<sup>1</sup>, Ж.К. Нурбекова<sup>2</sup>, Т.М. Сембаев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>3</sup>Astana IT University, Астана қ., Қазақстан

## 3D МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ AR/VR ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ОҚЫТУДАҒЫ САБАҚТАСТЫҚ

### Аңдатпа

Мақалада 3D модельдеу, толықтырылған (AR) және виртуалды шынайылық (VR) технологияларын оқытудағы сабақтастық қарастырылады. Авторлар бұл технологияларды білім беру үдерісінде интеграциялауға, олардың өзара байланысына және болашақ информатика мұғалімдерінің кәсіби дағдыларын қалыптастырудағы маңыздылығына ерекше назар аударады. Екі пән бойынша тақырыптарға талдау жасалынып алынды: «Компьютерлік графика және 3D модельдеу» және «Толықтырылған және виртуалды шынайылық», бұл 2 пән жүйеленген сипат пен сабақтастыққа ие. Осы пәндерді зерттеу барысында студенттердің жобалық жұмыстары ұсынылды, жобалар арнайы әзірленген алты негізгі критерийға сәйкес бағалау шкаласы бойынша бағаланды. Мақалада 3D модельдеу, толықтырылған және виртуалды шынайылық технологияларын оқытуда жүргізілген педагогикалық эксперименттің нәтижелері көрсетілген. Экспериментте «6B01506-Информатика», «6B01514-Информатика-робототехника» және «6B01505-Физика-Информатика» білім беру бағдарламаларының 72 студенті қатысты. Жүргізілген зерттеудің кезеңмен орындалуы зерттеу сұрақтарын жан-жақты ашуға көмектесті.

**Түйін сөздер:** цифрлық технологиялар, сабақтастық, 3D модельдеу, толықтырылған шынайылық, виртуалды шынайылық, болашақ информатика мұғалімдері.

П.Қ. Тазабекова<sup>1</sup>, Ж.К. Нурбекова<sup>2</sup>, Т.М. Сембаев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Astana IT University, г. Астана, Казахстан

## ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ В ОБУЧЕНИИ 3D МОДЕЛИРОВАНИЮ И ТЕХНОЛОГИЯМ AR/VR

### *Аннотация*

В статье рассматривается преемственность в обучении 3D моделированию и технологиям дополненной (AR) и виртуальной реальности (VR). Особое внимание авторы уделяют интеграции этих технологий в образовательный процесс, их взаимосвязи и значимости для формирования профессиональных навыков будущих учителей информатики. Сопоставлены темы двух дисциплин: «Компьютерная графика и 3D моделирование» и «Дополненная и виртуальная реальность», которые характеризуются систематизированной структурой и преемственностью. Изложены проектные работы студентов в рамках изучения данных дисциплин, которые были оценены по специально разработанной шкале оценивания по 6 основным критериям. В статье представлены результаты проведенного педагогического эксперимента при обучении 3D моделированию и технологиям дополненной и виртуальной реальности. В эксперименте приняли участие 72 студента образовательных программ «БВ01506-Информатика», «БВ01514-Информатика-робототехника» и образовательной программы «БВ01505-Физика-Информатика». Поэтапность проведенного исследования помогли всесторонне раскрыть исследовательские вопросы.

**Ключевые слова:** сквозные цифровые технологии, преемственность, 3D моделирование, дополненная реальность, виртуальная реальность, будущие учителя информатики.

### **Main provisions**

Currently, there is an increased demand for skilled professionals in 3D modeling and AR/VR in the labor market. 3D modeling is a multidisciplinary field and requires knowledge and skills to solve a variety of tasks through analysis, abstractions, modeling, and programming. It requires a revision and systematization of university education in terms of the principle of continuity of skills and knowledge in 3D modeling, and the development of AR/VR applications to eliminate knowledge gaps of university graduates.

Also, it is necessary to observe the principle of continuity in the presentation of educational material and the integration of two disciplines for a more holistic perception of the surrounding world.

### **Introduction**

The contemporary advancement of digital technologies profoundly has influenced educational processes. Particular emphasis is placed on 3D modeling, as well as augmented and virtual reality (AR/VR) technologies, as their demand is increasing across numerous industries. In this regard, there is a need to develop effective continuity principle-based educational programs. The article aims to explore the continuity in teaching 3D modeling and AR/VR technologies, identify key methodological approaches, and offer recommendations for improving the educational process. 3D modeling and AR/VR expand possibilities in the design, visualization, and interaction with digital content. Educational programs and courses focused on these technologies must ensure continuity, consistency, and logical development of students' knowledge and skills. This includes both the fundamental principles of manipulating 3D models and the complex aspects of integrating these models into AR/VR environments.

International research also confirms that the ability to model is an increasingly necessary skill for future computer science teachers. Cross-curricular technology use in the classroom appears to be effective at the educational level, according to international research. Research in physics, astronomy, anatomy, chemistry, etc. are a few examples [1-3].

By utilizing cross-cutting technologies, students became highly motivated to learn and could easily discover new knowledge about complex and unavailable real-life processes, mastering their practical skills. Studies have revealed, for example, that students using the traditional method misunderstood

some astronomy concepts and carried the misconception for years. Through AR technology, students were able to achieve an accurate understanding of astronomy concepts [3, 4].

This skill is relevant in the development of interactive learning tools using AR/VR technology in the educational environment. AR tools are known to be promising and effective because they activate students' learning and cognitive activities.

For example, in the field of building design and architecture [5], a preliminary visual representation is significant and is successfully implemented with Building Information Modeling (BIM) [6]. The dynamic facade of the building, responding to climatic conditions, filling with various textures, animation of the movement of vehicles, and the functioning of the electrical and heating systems are tangibly conveyed through augmented and virtual reality [7, 8]. Restoring damaged parts of stone sculptures and artifacts found in archaeological excavations through virtual 3D reconstruction is also the result of the integrated work of modeling and augmented reality [9].

A notable achievement in this area is the development of the NeRF (Neural Radiance Field) algorithm, which is capable of constructing highly realistic models even with weak geometric image configurations. Another algorithm, SIFT (Scale Invariant Feature Transformation), is effective under various radiometric and geometric conditions. In addition, based on the assigned tasks, algorithms such as the SURF (Speeded Up Robust Features), ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF), SfM (Structure from Motion), and MVS (Multi-View Stereo) can be used as well [10]. All these studies are aimed at automating the modeling process, making it more accurate and detailed.

All studies mentioned above highlight the necessity of developing 3D models without diminishing the significance of professional 3D content creators' work. Particularly, this requires paying special attention to their artistic and aesthetic training, boosting design and construction skills, and evoking spatial thinking through mathematical and/or physical modeling. In this context, teaching students 3D modeling is not only practical but also has a theoretical meaning that includes a deep understanding of the modeling process as a whole.

Despite their benefits, 3D-modeled objects require integration with other technologies to fully utilize their potential. This is possible in symbiosis with immersive technologies such as augmented and virtual reality.

### **Research methodology**

The continuity study was organized into several stages in teaching 3D modeling and augmented and virtual reality technologies. The study's phased nature helped to reveal comprehensively these research questions.

The first stage involved identifying a targeted academic group of undergraduate students. Particularly, they were studying similar educational programs, which are "6B01506-Informatics", "6B01514-Informatics-Robotics" and "6B01505-Physics-Informatics" where they also studied the development of AR/VR applications during the "Augmented and Virtual Reality" course in their fourth academic year. 72 students who developed AR/VR applications in a project-based learning format, participated in the study. A discipline with a volume of 5 credits (ECTS) made it possible to conduct a pedagogical experiment in consensus with the curriculum. Note that completing "Computer Graphics and 3D Modeling" a course in the third academic year, is the primary requirement to enroll in this course.

We compared the topics in these two disciplines. The topics discussed in these two disciplines are systematic and consistent (Table 1).

Table 1. Interrelated topics across the two courses

№	«Computer Graphics and 3D Modeling» course	«Augmented and Virtual Reality» course
1.	Modeling objects based on primitives	Introduction to Augmented Reality and Virtual Reality Technologies. Hardware and Software of AR/VR
2.	Fundamentals of Mesh Modeling	AR/VR development in Unity. Introduction to Unity: User Interface, Scene, Navigation and Primitives
3.	Fundamentals of spline	3D Models for AR/VR Applications. The Asset Store
4.	Creating models using the lofting method	Vuforia Engine Package for Unity
5.	Deformation of models built using the lofting method	Graphics: Rendering, AR Camera, Lighting, Meshes, Textures, Shaders, Materials
6.	Modeling using Boolean operations	Interaction with virtual objects: buttons, virtual buttons, voice recognition, Lean Touch, Gaze interaction
7.	Working with materials. Non-standard materials	Physical properties of virtual objects: Rigidbody, Collision, Joints
8.	Applying texture maps	Animation of virtual objects: Rotation, Clips, Animator Controllers
9.	Material Projection Basics	Scripting for interactions: Scripting concepts, Important Classes, Unity architecture, Plug-ins
10.	Cameras in the scene. Dynamics in the scene. Stage Lighting Basics	Targets: Image Targets, Cylinder Targets, Ground plane and MultiTarget
11.	Introduction to Animation. Character animation using Character Studio	Multimedia in VR scene: Audio Mixer and Video Clips

By examining topics covered by the two disciplines, we could determine how closely related and intersecting 3D modeling and AR/VR are. Knowledge and skills from one field are directly applied to another, which makes the preliminary study of 3D modeling necessary for the effective development of augmented and virtual reality technologies. At the next stage, a selection of educational projects was carried out, in which students developed various projects using Unity or Unreal Engine with integration of the Vuforia SDK and Easy AR. Consider a project that aims to create a virtual reality that allows for internal teleportation (Figure 1).

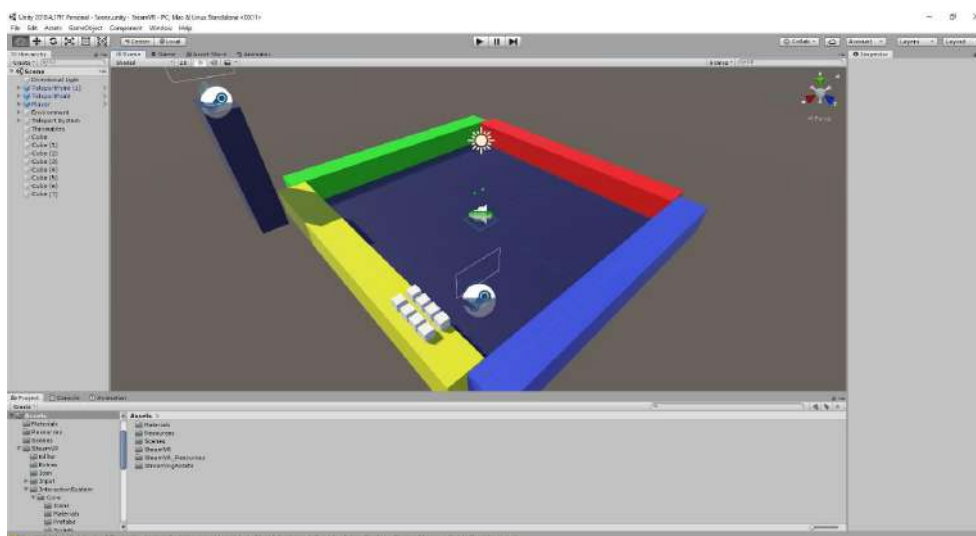


Figure 1. Teleportation in VR

Teleportation is instant movement from one location to another. By calculating the distance based on the Collider's position and opting for a focus mode, students were able to implement it and add interaction with virtual objects.

As it is already known, virtual 3D objects can be split into two main types, low poly and high poly, based on the number of polygons used, which affects their detail. Low poly is a simplified model with fewer polygons, requiring less computing power, and all flat details that do not affect the silhouette are drawn through textures or on the normal. High poly is more detailed due to no polygon restrictions. Students used the produced 3D models with few polygons for minor objects when completing projects, but these models were better and more detailed for the primary elements. Consider, for example, a project to manage virtual models using Lean Touch (Figure 2).

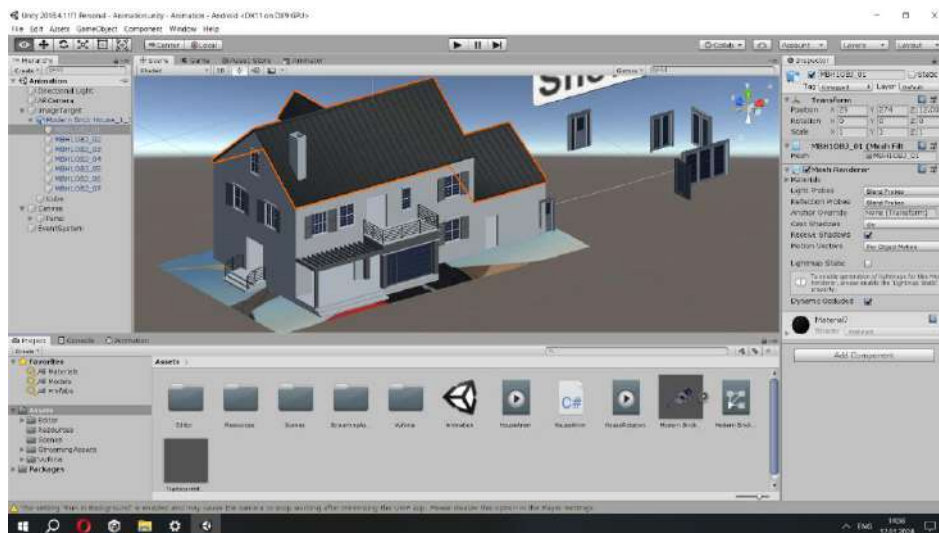


Figure 2. Managing a 3D model using Lean Touch

Lean Touch is an asset that activates Touch operation in smartphones. It allows you to move, connect, grab, etc. virtual models controlled through sensors. The project contains minor low poly and main high poly models in the form of furniture and various structures in the house, which can be manipulated to build an entire house.

Students' work was assessed according to the developed project evaluation scale, according to six main criteria (Table 2).

Table 2. Project work assessment scale

Criteria	Explanation of the criterion	Assessment scale
Purpose	Indicate the projects' purpose and relevance; analyze the problem's relevance and emphasize its uniqueness	Excellent 90-100%
	Outline the problem that the project intends to address	Good 70-89%
	Understanding of the purpose of the project is not clearly expressed	Satisfactory 50-69%
	Expressing the project's objective is unclear, and it	Unsatisfactory 0-49%
Analysis of existing solutions and methods	An analysis of existing solutions and a search are conducted. The project's original within its field and proposed solution are both promising and relevant	Excellent 90-100%
	Some indicators are considered during the project's subsequent analysis, including a literature review, comparison with similar studies, etc.	Good 70-89%

	<i>Some indicators are considered during the project's subsequent analysis, including a literature review and comparison with similar studies. However, there is an insufficient comparison with similar studies</i>	<i>Satisfactory 50-69%</i>
	<i>Existing solutions and similar projects are presented</i>	<i>Unsatisfactory 0-49%</i>
<i>Methods</i>	<i>The selected methods are justified and align with the identified issue. Appropriate tools and methods were chosen for the project implementation</i>	<i>Excellent 90-100%</i>
	<i>Methods are not as effective as widely accepted alternatives and contribute to addressing the issues in the project</i>	<i>Good 70-89%</i>
	<i>Methods are not as effective as widely accepted alternatives and do not fully contribute to addressing the issues in the project</i>	<i>Satisfactory 50-69%</i>
	<i>The results do not coincide with the stated objectives. The selected tools and methods for project implementation are irrelevant and failed to facilitate getting the desired outcome</i>	<i>Unsatisfactory 0-49%</i>
<i>The result quality</i>	<i>The project's goal and objectives are fully realized. The project demonstrates the fundamental principles of project execution</i>	<i>Excellent 90-100%</i>
	<i>The project's goal and objectives are not fully realized. The project demonstrates the fundamental principles of project execution. The fundamental principles of the project are not fully articulated</i>	<i>Good 70-89%</i>
	<i>The project's goal and objectives are partially realized. The fundamental principles of the project are presented in fragments</i>	<i>Satisfactory 50-69%</i>
	<i>The project's goal and objectives are not achieved. There is no understanding of the fundamental principles of working on the project</i>	<i>Unsatisfactory 0-49%</i>
<i>Independence, individual contribution to the project</i>	<i>The participant is confident in his/her contribution to the project, detailing the specific role he undertakes. The participant's contribution to the project is significant and meets the established goals and objectives; the participant shows a strong understanding of the subject area</i>	<i>Excellent 90-100%</i>
	<i>The participant possesses a general understanding of the project's content but lacks clarity regarding their specific contributions. The participants' work aligns with the project's goal and objectives; the participant shows a general understanding of the project</i>	<i>Good 70-89%</i>
	<i>The participant understands the project's content but is unable to specify their contribution to it. The participant's work aligns partially with the project's goal and objectives</i>	<i>Satisfactory 50-69%</i>
	<i>The participant is unable to articulate their contribution to the project. The participant's work does not align with the project's goals and objectives</i>	<i>Unsatisfactory 0-49%</i>
<i>Specific Criteria</i>	<i>All project requirements are met</i>	<i>Excellent 90-100%</i>
	<i>The largest number of requirements for the project are fulfilled</i>	<i>Good 70-89%</i>
	<i>Half of the project requirements are fulfilled</i>	<i>Satisfactory 50-69%</i>
	<i>Project requirements are met or not fully met</i>	<i>Unsatisfactory 0-49%</i>

The evaluation results demonstrated both strengths and areas for further improvement. These results will be used to analyze further and improve the learning process, and to provide constructive feedback to students to improve their professional skills and the quality of their projects. The results of the reflexive survey of students also showed the research's positive orientation.

### Results of the study

The findings from a reflective survey of students indicated the positive direction of the study. A total number of 72 respondents were surveyed, comprising 35 (48%) from the educational program

“6B01506-Informatics”, 25 (35%) from “6B01514-Informatics-Robotics”, and 12 (17%) from the educational program “6B01505-Physics-Informatics” (Figure 3).

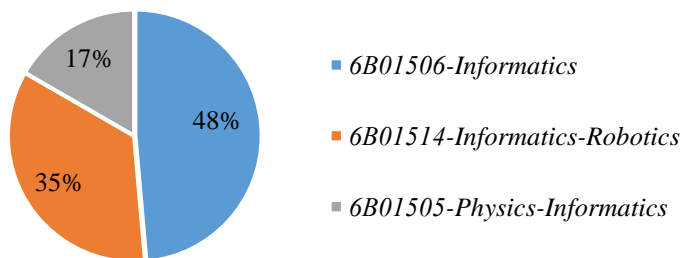


Figure 3. Number of respondents by educational program

To the question, “How do you assess your knowledge and skills in 3D modeling? (choose one of the proposed ones)”, 42 students answered that they had an average level (“I have sufficient knowledge and skills in creating models and working with various materials, but more experience is required”), 18 students answered that they had a high level (“My knowledge and skills allow me to develop complex and more detailed models in various programs”), and 12 students had a beginner level (“I have only basic knowledge and can create simple models, and a lot of practice and study is required”) (Figure 4).



Figure 4. How would you rate your knowledge and skills in 3D modeling?

Students were also asked “Choose 3D modeling programs that you have studied and use most frequently (multiple choice)” and more students chose Blender, that is, 49 times (Figure 5).

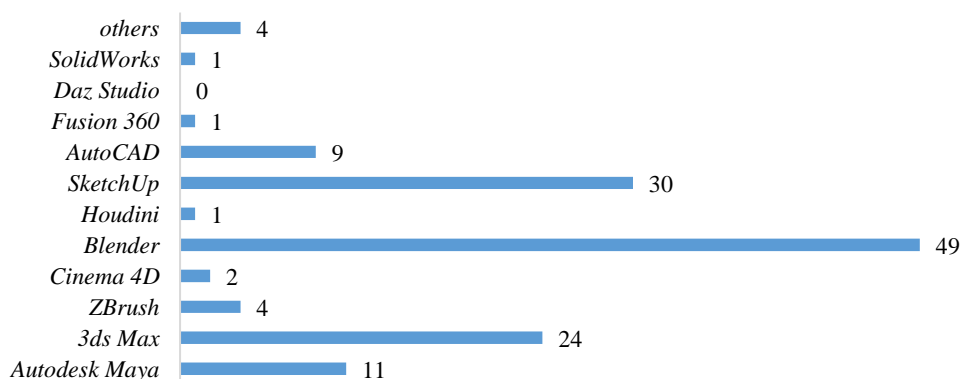


Figure 5. Choose a 3D modeling program that you have studied and use most frequently (multiple selection)

Regarding the question “Choose the most important feature of AR/VR applications” 22% of respondents indicated the functionality and interactivity of the 3D models employed, while 17% opted for the “physical features of the 3D models used” (Figure 6).

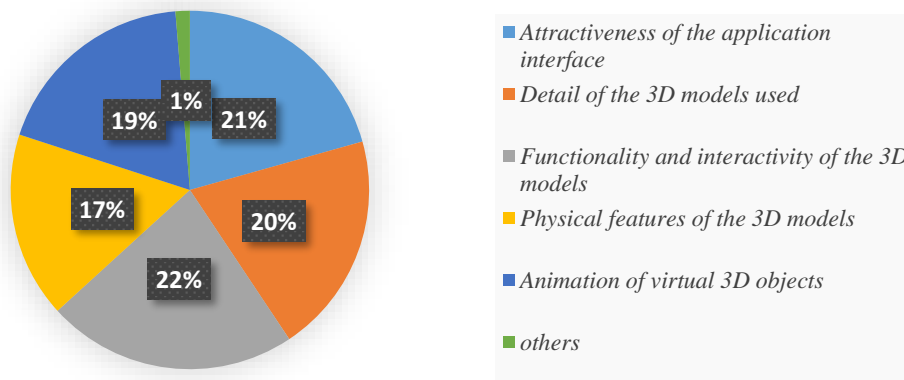


Figure 6. Choose the most important feature of AR/VR applications

Analyzing all the results obtained, it is evident that the phased nature of the study facilitated a thorough exploration of its essence. The continuity in teaching 3D modeling and AR/VR enhanced the learning process by optimizing 3D models’ building and improving their physical attributes in a virtual setting, thereby facilitating the attainment of the study’s objectives.

### Discussion

The study of continuity in teaching 3D modeling as well as augmented (AR) and virtual reality (VR) technologies has shown a positive trend. The continuity of methods and approaches in these disciplines allowed students to learn new skills faster and apply them more effectively in practice. In addition, integrating AR/VR technologies into the process of creating 3D models improved the quality of visualization and increased the accuracy of their physical characteristics, which contributed to an in-depth understanding of complex concepts and accelerated achievement of learning objectives.

Additionally, the closely related topics of the disciplines “Computer Graphics and 3D Modeling” and “Augmented and Virtual Reality” contributed to the enhancement of students' skills in developing AR/VR applications. Students’ completed project work validates this, as they underwent evaluation using a specially designed assessment scale that involved six criteria. Each criterion has 4 evaluation levels.

### Conclusion

Maintaining continuity in teaching 3D modeling as well as augmented and virtual reality technologies is essential for effectively advancing these rapidly evolving and complex fields. A systematic approach to learning, including basic skills and advanced techniques, provides students with the solid knowledge and practical skills needed to succeed in these fields. Educational programs must consider the peculiarities of technology development, and the educational product is developed logically and consistently. The research perspective is aimed at identifying and optimizing effective approaches to teaching 3D modeling, which will further improve the process of training specialists to create applications in augmented and virtual reality (AR/VR).

### Acknowledgment

This research has been funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP19175729).



References

- [1] “Zspace applications.” [Online]. Available: <https://zspace.com/apps/>
- [2] M. Strzys, S. Kapp, M. Thees, P. Klein, P. Lukowicz, P. Knierim, A. Schmidt, and J. Kuhn, “Physics holo. Lab learning experience: using smartglasses for augmented reality labwork to foster the concepts of heat conduction,” *European Journal of Physics*, vol. 39, no. 3, p. 035703, 2018.
- [3] “Human anatomy atlas offers augmented reality,” 2018. [Online]. Available: <https://www.visiblebody.com>
- [4] Tolganbaiuly T., Tazabekova P., Abildinova G., Nurbekov B. Enhance Students’ Motivation to Learn programming through projects, *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, Vol 15, No 21 (2020), p.133-144 Scopus Квартиль – Q2, Процентиль – 52 (Social sciences: Education)
- [5] Abrahamzon Garcia, L., Galantini Velarde, K., Luna Torres, A.F. (2024). Augmented Reality for the Development and Reinforcement of Spatial Skills: A Case Applied to Civil Engineering Students. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 14(5), pp. 88–108. <https://doi.org/10.3991/ijep.v14i5.47473>
- [6] Pan, N.-H., Isnaeni, N.N. (2024). Integration of Augmented Reality and Building Information Modeling for Enhanced Construction Inspection—A Case Study. *Buildings*, 14, 612. <https://doi.org/10.3390/buildings14030612>
- [7] Canadinc, S.T., Yan, W. (2023). 3D-Model-Based Augmented Reality for Enhancing Physical Architectural Models. *eCAADe 40, Volume 2 – Co-creating the Future*, pp. 495-504. [https://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2022\\_223.pdf](https://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2022_223.pdf)
- [8] Sofias, K., Kanetaki, Z., Stergiou, C. & Jacques, S. (2023). Combining CAD Modeling and Simulation of Energy Performance Data for the Retrofit of Public Buildings. *Sustainability*, 15, 2211. <https://doi.org/10.3390/su15032211>
- [9] Gherardini F., Santachiara M. & Leali, F. (2018). 3D Virtual Reconstruction and Augmented Reality Visualization of Damaged Stone Sculptures. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Volume 364, Number 1, pp. 012018. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/364/1/012018>
- [10] Pepe, M., Alfio, V.S., Costantino, D. (2023). Assessment of 3D Model for Photogrammetric Purposes Using AI Tools Based on NeRF Algorithm. *Heritage*, 6, pp. 5719–5731. <https://doi.org/10.3390/heritage6080301>