

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  
№1(85)

Алматы, 2024

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

Редакциялық алқа мүшелері:  
Dr.Sci. K.Alimhan (Japan),  
Phd.d. A.Sabada (Spain),  
Phd.d E. Kovatcheva (Bulgaria),  
Phd.d. M. Ruzhansky (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. Түлешов

© 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 27.03.2024 қол қойылды  
Пішімі 60x84 1/8. Көлемі 41,25 е.б.т.  
Таралымы 300 дана. Тапсырыс 621.

050010, Алматы қаласы,  
Достық даңғылы, 13  
Абай атындағы ҚазҰПУ-ің “Ұлағат” баспасы

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

<b>Есмагамбетов Б.-Б.С., Ахметов Б.С., Умбетов А.Ж., Маханбетов А.Ж., Шаймахамбет А.Г.</b> Применение инверсионных методов обработки информации в радиотехнических системах со сжатием данных .....	7
<b>Жумартова Б.О., Утемисова А.А., Ысмағұл Р.С.</b> Метод наименьших квадратов как инструмент для краткосрочного прогнозирования эпидемиологической динамики .....	22
<b>Махмудова Ш.Д., Махмудов А.Д., Уразгалиева А.Н.</b> Применение метода освобождения от связей к частным постановкам задач .....	30
<b>Сакыпбекова М.Ж., Гусманова Ф.Р., Адилжанова С.А., Тойганбаева Н.А., Черикбаева Л.Ш.</b> Кавернадағы циркуляциялық сығылмайтын тұтқыр ағындарды шешу үшін жоғары өнімді есептеу .....	41
<b>Тамабай Д.О., Жумагулов Б.Т.</b> Устойчивость трехшаговой схемы расщепления для уравнений Навье-Стокса в контексте метода крупных частиц .....	51
<b>ФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕР МЕН МЕХАНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ</b>	
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ</b>	
<b>MODELING OF PHYSICAL PROCESSES AND MECHANICAL SYSTEMS</b>	
<b>Beissen N.A., Muratkhan A., Kapar T., Amanbayeva K., Yernazarov T.</b> The Internal structure and general relativistic calculations of compact objects .....	63
<b>Ибраимов М.К., Ханиев Б.А., Дуйсебаев Т.С., Тілеу А.О., Әлмен Д.Б.</b> Селективный аммиачный сенсор на основе полупроводниковой гетероструктуры пористый кремний - оксид вольфрама .....	72
<b>Қоштыбаев Т.Б., Алиева М.Е., Камал Б.Ә., Құткелдиева Э.О.</b> Дененің бірқалыпты және бірқалыпсыз қозғалыстарының математикалық негіздемесі .....	80
<b>Насирова Д.М., Ғазизова А.А.</b> Нейтрондық жұлдыздардың модельдері туралы .....	93

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

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 27.03.2024.

Формат 60x84 1/8. Об. 41,25 уч.-изд.л.

Тираж 300 экз. Заказ 621.

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

<b>Abibullayeva A.A., Kazbekova G.N., Zhunissov N.M.</b> Keyword extraction from kazakh text with machine learning algorithms .....	106
<b>Балақаева Г.Т., Даркенбаев Д.К., Кулачар Д.С.</b> Data mining технологиясын қолданып деректерді өңдеуге арналған ақпараттық жүйе әзірлеу .....	114
<b>Nurgazina D.M., Kudubayeva S.A., Bekbauova A.U.</b> Creating an animated character for a computerized deaf translation system .....	123
<b>Самбетова А., Телекбаева К.</b> Исследование оптимальной реализации численных методов в средах программирования .....	135
<b>Ukibassov B.M., Rakhmetulayeva S.B., Bolshibayeva A.K.</b> Semantic segmentation deep learning models in echocardiography: custom dataset-based fine-tuning .....	149
<b>ИНФОРМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ. БІЛІМ БЕРУДІ АҚПАРАТТАНДЫРУ МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ METHODS OF TEACHING COMPUTER SCIENCE. INFORMATIZATION OF EDUCATION</b>	
<b>Abildinova G., Kazhiakparova Zh., Abykenova D., Assainova A., Sembayev T.</b> Active and digital learning methods in education .....	156
<b>Akzholova A.A., Kamalova G.B., Kuttykozhaeva Sh.N.</b> The Structure and content of teaching high school students Al-Farabi trigonometry, focused on the development of their computational thinking .....	166
<b>Авдарсоль С., Онгарбаев А.Д.</b> Бастауыш сынып оқушыларына медиа цифрлық сауаттылықты қалыптастыру .....	179
<b>Алдабергенова А.О., Есейқызы Ұ., Кыдырбаева Г.Т., Есейқызы А.</b> Болашақ информатика мұғалімдерін оқытуда геймификация элементтерін қолданудың қазіргі жағдайын талдау .....	189
<b>Алдажарова С. Н., Исаева Г. Б., Ерженбек Б.</b> Методика подготовки будущих учителей физики к преподаванию курса механики в условиях цифровизации ....	198
<b>Ахмадуллаева Б.Х., Рахимжанова Л.Б., Исабаева С.Н.</b> Методика обучения будущих учителей использованию систематизированной базы задач по программированию .....	206

**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

**Editorial board:**

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

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

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

*Ph.d.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. Mukhambetzhonov,

*Ph.d.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 27/03/2024  
Format 60x84 1/8. Vol. 41,25 p.  
Printing 300 copies. Order 621.

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

**Байганова А.М.**

Информатика пәнінен толықтырылған шындық  
технологиясына негізделген қосымша әзірлеу ..... 219

**Балықбаев Т.О., Бидайбеков Е.Ы., Гриншкун В.В.**

О глобализации цифровой образовательной среды..... 228

**Бекежанова А.А., Құрманбекқызы Н.**

Болашақ информатика мұғалімдеріне инфографиканы  
пайдаланып объектіге бағытталған программалауды  
оқытудың әдістері ..... 239

**Керімбаев Н.Н., Сәкенова Ә.Б.**

Информатикада бірлесіп оқыту технологиясын қолданудың  
педагогикалық аспектілері ..... 248

**Сабырханова П.Ш., Аширбаев Н.К., Мырзабеков Т.М.**

Болашақ математика мұғалімдерінің цифрлық білім беру  
үдерісіне интеграциялау дайындығын талдау әдістері ..... 260

**Салғараева Г.И., Маханова А.С.**

Есту қабілеті зақымданған балаларға арналған мобильді  
қосымша құру әдістері ..... 276

**Сәлғожа И.Т., Тойшыбек Т., Шекербаева Ш.Н.**

Информатикадан сыныптан тыс жұмыстарда оқушылардың  
ақпараттық құзырлығын қалыптастыру және бағалау ..... 285

**Текесбаева Н.А., Ошанова Н.Т.,**

**Жунусова Л.Х., Ануарбекова Г.Д.**

Инновационные подходы цифровизации образования на  
основе адаптивных технологий обучения ..... 296

**Халикова К.З., Сейсенбекова П.Б.**

Оқушылардың ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілігін  
қалыптастыруға болашақ информатика мұғалімдерін даярлау  
мәселелері ..... 305

**Шекербекова Ш.Т., Жабаев Е.Х.,**

**Гриншкун А.В., Ревшенова М.И.**

Использование иммерсивных систем в качестве объекта и  
средства обучения ..... 320

**70 жас мерейтоймен құттықтау** ..... 329

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

МРНТИ 89.25.21

10.51889/2959-5894.2024.85.1.001

**Б.-Б.С. Есмағамбетов<sup>1\*</sup>, Б.С. Ахметов<sup>2</sup>, А.Ж. Умбетов<sup>1</sup>,  
А.Ж. Махамбетов<sup>1</sup>, А.Г. Шаймахамбет<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан

\*e-mail: bulatbatyr@mail.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНВЕРСИОННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В  
РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ СО СЖАТИЕМ ДАННЫХ**

*Аннотация*

При обработке информации в радиотехнических системах связи широко используются различные методы сжатия данных. Наиболее употребительными являются методы квазиобратимого сжатия данных, применяемые, например, при обработке радиотелеметрической информации. Такие методы являются наиболее эффективными при обработке медленно меняющихся сигналов. Для обработки широкополосных сигналов такие методы оказываются мало пригодными в силу того, что не позволяют получить приемлемый коэффициент сжатия. Поэтому для обработки широкополосных (быстроменяющихся) сигналов необходимо использовать другие методы обработки, позволяющие существенно сократить избыточность передаваемых по каналам связи данных. Статья посвящена методам обработки данных на основе информационного пространства инверсий. Такие методы позволяют обрабатывать широкополосные сигналы и достигать при этом достаточных коэффициентов сжатия данных при передаче информации по каналам связи. Особенно это важно при обработке нестационарных широкополосных сигналов в бортовых системах космических летательных аппаратов. Особенностью таких систем является необходимость обработки информации в реальном темпе времени в условиях априорной неопределенности о виде статистических свойств измеряемых процессов. В статье дается понятие элементарных инверсий, инверсионных ключей отношений. В статье приводятся результаты исследований методов сжатия данных на основе информационного пространства инверсий.

*Ключевые слова:* информационное пространство инверсий, сжатие данных, элементарные инверсии, инверсионные ключи отношений.

Б.-Б.С. Есмағамбетов<sup>1</sup>, Б.С. Ахметов<sup>2</sup>, А.Ж. Умбетов<sup>1</sup>, А.Ж. Махамбетов<sup>1</sup>, А.Г. Шаймахамбет<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

**ДЕРЕКТЕРДІ ҚЫСУ АРҚЫЛЫ РАДИОТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕ АҚПАРАТТЫ  
ӨНДЕУДІҢ ИНВЕРСИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ**

*Аңдатпа*

Радиотехникалық байланыс жүйелерінде ақпаратты өңдеу кезінде деректерді сығудың әртүрлі әдістері кеңінен қолданылады. Ең көп қолданылатыны-деректерді квази-қайтымды қысу әдістері, мысалы, радиотелеметриялық ақпаратты өңдеу кезінде қолданылады. Мұндай әдістер баяу өзгеретін сигналдарды өңдеуде ең тиімді болып табылады. Кең жолақты сигналдарды өңдеу үшін мұндай әдістер қолайлы қысу коэффициентін алуға мүмкіндік бермейтіндіктен аз жарамды болып шығады. Сондықтан кең жолақты (жылдам өзгеретін) сигналдарды өңдеу үшін байланыс арналары арқылы берілетін деректердің артықтығын едәуір азайтуға мүмкіндік беретін өңдеудің басқа әдістерін қолдану қажет.

Мақала инверсияның ақпараттық кеңістігіне негізделген деректерді өңдеу әдістеріне арналған. Мұндай әдістер кең жолақты сигналдарды өңдеуге және байланыс арналары арқылы ақпарат беру кезінде деректерді қысудың жеткілікті коэффициенттеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл әсіресе борттағы стационарлық емес кең жолақты сигналдарды өңдеу кезінде өте маңызды ғарыштық ұшу жүйесі. Мұндай жүйелердің ерекшелігі өлшенетін процестердің статистикалық қасиеттерінің түрі туралы априорлық белгісіздік жағдайында нақты уақыт режимінде ақпаратты өңдеу қажеттілігі болып табылады. Мақалада қарапайым инверсиялар, қатынастардың инверсиялық кілттері туралы түсінік берілген. Мақалада инверсияның ақпараттық кеңістігіне негізделген деректерді қысу әдістерін зерттеу нәтижелері келтірілген.

*Түйін сөздер:* инверсияның ақпараттық кеңістігі, деректерді қысу, қарапайым инверсиялар, қарым-қатынастың инверсиялық кілттері.

B.-B.S. Yesmagambetov <sup>1</sup>, B.S. Akhmetov <sup>2</sup>, A.J. Umbetov <sup>1</sup>, A.J. Makhambetov <sup>1</sup>, A.G. Shaimakhambet <sup>1</sup>

<sup>1</sup>M. Auevov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

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

## THE USE OF INVERSION METHODS OF INFORMATION PROCESSING IN RADIO ENGINEERING SYSTEMS WITH DATA COMPRESSION

### Abstract

Various data compression methods are widely used in the processing of information in radio communication systems. The most commonly used methods are quasi-reversible data compression, used, for example, in the processing of radio telemetry information. Such methods are most effective in processing slowly changing signals. For processing broadband signals, such methods are of little use due to the fact that they do not allow to obtain an acceptable compression ratio. Therefore, for processing broadband (fast-changing) signals, it is necessary to use other processing methods that can significantly reduce the redundancy of data transmitted over communication channels. The article is devoted to data processing methods based on the inversion information space. Such methods make it possible to process broadband signals and at the same time achieve sufficient data compression coefficients when transmitting information over communication channels. This is especially important when processing non-stationary broadband signals in the onboard system of spacecraft. A feature of such systems is the need to process information in real time in conditions of a priori uncertainty about the type of statistical properties of the measured processes. The article gives the concept of elementary inversions, inversion keys of relations. The article presents the results of research on data compression methods based on the inversion information space.

*Keywords:* information space of inversions, data compression, elementary inversions, inversion keys of relations.

### Введение

Во многих информационно-измерительных системах (ИИС) обрабатываемая информация представляет собой нестационарный широкополосный случайный процесс. К таким ИИС относятся, в частности, радиотелеметрические системы космических летательных аппаратов. Особенностью таких систем является необходимость обработки данных в реальном темпе времени в условия априорной неопределенности о виде статистических свойств измеряемых процессов. Применение широко известных методов квазиобратимого сжатия данных [1,2,3,4] в этом случае является совершенно непригодным из-за невозможности получить приемлемый коэффициент сжатия данных. Решение проблемы возможно, если использовать методы сжатия данных на основе информационного пространства инверсий.

Понятие инверсии определяется как разность  $u(\Delta y)$  значений ординат  $y_i$  и  $y_j$  измеряемого процесса при  $i < j$ . При этом, если  $u(\Delta y) > k$  ( $k$  – некоторое наперед заданное число), то образуется статистика  $T_{ij}$ , называемая элементарной инверсией (ЭИ); если же  $u(\Delta y) \leq k$ , то инверсия не образуется. Как правило,  $k = 0$ , а  $T_{ij} = 1$ , но можно использовать и другие значения этой статистики.

Характерной особенностью ЭИ является возможность их вычисления как для временной последовательности измерений  $y_i$  и  $y_j$ , так и для структурной совокупности одинаковомерных значений  $x_i$  и  $y_i$ . Первые будем называть временными элементарными инверсиями (ВЭИ), а вторые – структурными элементарными инверсиями (СЭИ). Для некоторых случаев может выполняться сравнение  $y_i$  с  $y_i$ , т.е. с самим собой, путем использования петлевой связи. Такую ЭИ будем называть вырожденной элементарной инверсией.

Таким образом, ЭИ – это логически неделимый элемент любой сложной информационной совокупности, соотносимый с определенным свойством отображаемого через измерения объекта, процесса или явления. Из ЭИ формируются более сложные информационные конструкции.

Информация отражает реальный мир с характерной для него взаимосвязью и взаимообусловленностью явлений. Поэтому подобные свойства могут наблюдаться у нескольких различных по существу явлений. Отсюда следует, что одно и то же значение ЭИ может быть получено для различных по характеру данных измерений (ДИ): технических, технологических, экономических, медицинских и т.д.

Каждой ЭИ присуще некоторое множество значений в зависимости от характеристик того свойства процесса, которое информационно отображает данная ЭИ. Это множество значений ЭИ назовем областью определения ЭИ в информационном пространстве инверсий (ИПИ). Значения («веса») ЭИ, а, следовательно, и обобщенных единиц информации не зависят от форм предоставления и типов выражения исходных ДИ. Среди форм представления и типов выражения отметим цифровые, графические, текстовые, логические и т.д.

Понятие о количестве информации связано с понятием многообразия сообщений, аналогично количество ЭИ зависит от разнообразия исходных ДИ. В случае упорядоченных разнообразий, ранжированных по убыванию и возрастанию ординат отсчетов, имеем экстремальные выражения для ЭИ.

### Методология исследования

*Информационное пространство инверсий.* Основным свойством элементарных инверсий является фундаментальное свойство сохранения постоянства весов ЭИ, независимо от значений измеряемых величин на входе инверсионного преобразователя.

Правило формирования ЭИ можно записать в следующем виде:

$$T_{ij} = u(\Delta y) = \begin{cases} 1, & y_i > y_j, i < j \\ 0, & y_i \leq y_j, i < j \end{cases} \quad (1)$$

Для случая центрированной статистики ЭИ правило инверсионного преобразования будет следующим:

$$T_{ij} = \begin{cases} +0.5, & y_i > y_j, i < j \\ 0, & y_i = y_j, i < j \\ -0.5, & y_i < y_j, i < j \end{cases} \quad (2)$$

При этом видно, что для любых несоизмеримых величин отсчетов на входе знаковой функции ЭИ соизмеримы на ее выходе. Одинаковость представления через ЭИ бесконечно больших и бесконечно малых величин обеспечивает устойчивость к помехам инверсионной процедуры преобразования, которая также повышает достоверность обработки данных.

Вес ЭИ остается постоянным независимо от того, производится ли сравнение ординат отсчетов в макро- или микромире. Отсюда вытекает важное свойство инверсионного преобразования: с одной стороны, это процедура сжатия данных из макромира – по оси ординат, а с другой стороны, на базе этой статистики можно построить процедуру сжатия данных по оси времени.

Отметим, что центрированная статистика используется реже, чем статистика вида (1).

Для отображения информации о свойствах объекта и/или процесса из ЭИ формируются обобщенные инверсии  $k$ -х порядков, где порядок  $k$  связан с числом процедур суммирования ЭИ. Например, знаковая статистика  $T_{ij}^{(1)}$  есть обобщенная инверсия первого порядка:

$$T_{ij}^{(1)} = \sum_{j=i+1}^n u(\Delta y), \quad (3)$$

Через инверсии второго порядка  $T_{ij}^{(2)}$  выражается хорошо известная в литературных источниках [5,6] статистика Кендалла:

$$T_{ij}^{(2)} = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n u(\Delta y). \quad (4)$$

Характерной особенностью статистики Кендалла является постоянный учет всех предыдущих сумм инверсий для любого значения объема  $n$  измерений, что выделяет ее в особую разновидность обобщенных единиц информации. Каждая такая инверсия по существу образует минимальную по своему составу информационную совокупность, сохраняющую информативность и поэтому достаточную для самостоятельных оценок – точечных, интервальных, текущих и комбинированных. В дальнейшем эти оценки могут существовать изолированно, имея свою форму и свои алгоритмы вычислений.

Аналогичным образом формируются инверсии  $T_{ij}^{(3)}, T_{ij}^{(4)}, \dots, T_{ij}^{(k)}$ .

Набор ЭИ, из которого формируются далее все остальные, более сложные информационные конструкции, удобно выражать через соответствующие матрицы  $A(T_{ij}^{(l)})$ .

Матрица ЭИ (или инверсий нулевого порядка)  $A(T_{ij})$  будет иметь вид:

$$A(T_{ij}) = \left\| \begin{array}{ccccc} T_{11} & T_{12} & \dots & T_{1(n-1)} & T_{1n} \\ T_{21} & T_{22} & \dots & T_{2(n-1)} & T_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_{(n-1)1} & T_{(n-1)2} & \dots & T_{(n-1)(n-1)} & T_{(n-1)n} \\ T_{n1} & T_{n2} & \dots & T_{(n-1)(n-1)} & T_{nn} \end{array} \right\| \quad (5)$$

Матрица инверсий первого порядка  $A(T_{ij}^{(1)})$  будет соответственно иметь следующий вид:

$$A(T_{ij}^{(1)}) = \left\| \begin{array}{ccccc} T_{11}^{(1)} & T_{12}^{(1)} & \dots & T_{1(n-1)}^{(1)} & T_{1n}^{(1)} \\ T_{21}^{(1)} & T_{22}^{(1)} & \dots & T_{2(n-1)}^{(1)} & T_{2n}^{(1)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_{(n-1)1}^{(1)} & T_{(n-1)2}^{(1)} & \dots & T_{(n-1)(n-1)}^{(1)} & T_{nn}^{(1)} \\ T_{n1}^{(1)} & T_{n2}^{(1)} & \dots & T_{n(n-1)}^{(1)} & T_{nn}^{(1)} \end{array} \right\| \quad (6)$$

При вычислении инверсий более высокого порядка матрица  $A(T_{ij})$  последовательно преобразуется в  $A(T_{ij}^{(1)}), A(T_{ij}^{(2)}), A(T_{ij}^{(3)}), \dots, A(T_{ij}^{(n)})$ . Полный набор ЭИ, включающий ВЭИ, СЭИ и вырожденные ЭИ удобно выражать через полные матрицы элементарных инверсий



(МЭИ), вид которой из-за громоздкости не будем приводить здесь. Отметим только, что все матрицы  $A(T_{ij}^{(k)})$  являются частью МЭИ, в которой элементы  $T_{ik}$  определяются согласно правилу (1). Значения ЭИ матрицы соответствуют известным связям отношений между  $y_i$  и  $y_k$ : упорядоченность измерений по возрастанию, убыванию и равенства. Тогда вырожденные, структурные и временные ЭИ, есть не что иное, как разности нулевого порядка. Остальные ЭИ образуют разности первого, второго и т.д. вплоть до  $k$ -го порядка, где  $k = n$ . Это дает право использовать для анализа свойств обобщенных инверсий некоторые положения теории конечных разностей [7,8]. В частности, процедуру вычисления ЭИ на примере выборки ДИ с  $n = 4$  можно записать в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Процедура вычисления ЭИ

Порядок разностей по $n$	$\Delta^{(1)}(y) \rightarrow T_{ij}^{(1)}$	$\Delta^{(2)}(y) \rightarrow T_{ij}^{(2)}$	$\Delta^{(3)}(y) \rightarrow T_{ij}^{(3)}$
$n = 2$	$(y_2 - y_1) \rightarrow T_{21}$	-	-
$n = 3$	$(y_3 - y_2) \rightarrow T_{32}$	$(y_3 - y_1) \rightarrow T_{31}$	-
$n = 4$	$(y_4 - y_3) \rightarrow T_{43}$	$(y_4 - y_2) \rightarrow T_{42}$	$(y_4 - y_1) \rightarrow T_{41}$

Для случайных значений ординат отношения между измерениями перераспределяются, что приводит к перемешиванию положительных и отрицательных разностей относительно нулевой диагонали матрицы, которая образует ось антисимметричности и для любых комбинаций на входах МЭИ своего положения не меняет.

В отличие от области изменения элементарной инверсии, размер которой не зависит от объема измерений  $n$  и определяется только видом знаковой функции, область изменения значений обобщенных инверсий полностью зависит от объема измерений и определяется суммарными весами элементарных инверсий. На рисунке 1 показаны предельные границы центрированных областей изменения значений обобщенных инверсий некоторых порядков, образующие информационное пространство инверсий.

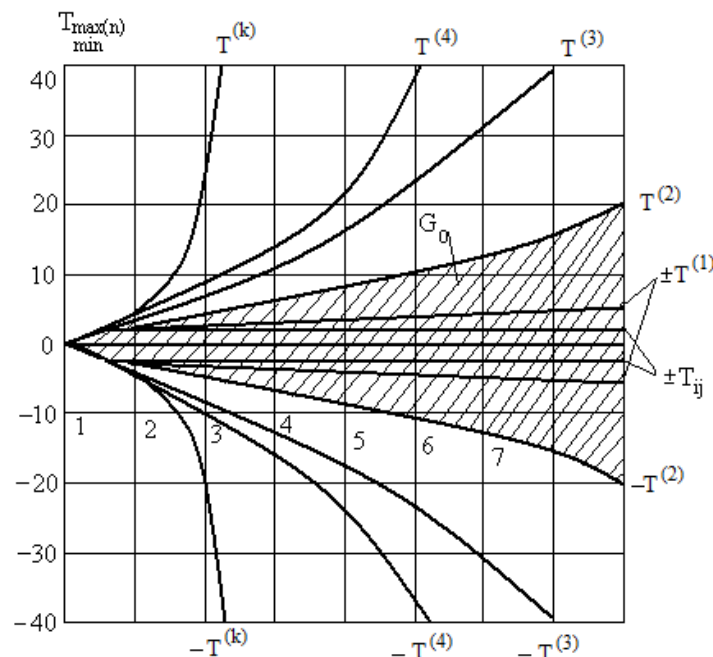


Рисунок 1. Предельные границы центрированных областей изменения обобщенных инверсий  $k$ -х порядков в ИПИ

При решении многих задач обработки данных необходимо решать проблему сокращения объема измерений. В этом случае можно производить измерение не ординат процесса, а тенденцию их изменения, определяющую некоторые свойства измеряемых величин. Другими словами, осуществляется преобразование, позволяющее перейти из информационного пространства метрик (ИПМ), в котором измерения представлены своими размерностями, в новое информационное пространство, где измерения приобретают единую размерность и над ними возможно выполнение различных математических операций, в частности операции сжатия данных. Естественно, это преобразование должно быть обратимым. Примером подобных преобразований являются операции типа нормирования. Таким преобразованием является инверсионное, а пространство, построенное на основе этого преобразования, представляет собой отличное от ИПМ, но, естественно, базирующееся на нем информационное пространство инверсий. Одна из важнейших особенностей ИПИ заключается в том, что все процессы преобразования единиц информации в таком пространстве формализованы и связаны между собой через МЭИ.

*Инверсионные ключи отношений, как эталонные сигналы.*

Анализ свойств ЭИ показывает, что инверсии в большей степени отражают качественные характеристики исходных ДИ и подчеркивают общие для этих измерений признаки. В качестве общих признаков может быть принята тенденция (упорядоченность) изменения значений отсчетов или другая какая-то зависимость в отношениях между измерениями. В этом случае измерения, значения которых упорядочиваются в соответствии с некоторыми правилами отношений в пределах выбранного интервала, образуют в последовательности измерений характерные участки и/или поля на матрицах ЭИ, которые назовем инверсионными ключами отношений (ИКО). Самыми простыми ключами являются ИКО для упорядоченных по убыванию или возрастанию ДИ.

Для части переменных  $y(t)$  на некотором интервале времени будем различать упорядоченность строгую, или полную, и нестрогую, или неполную. Примерами первой группы являются ряды измерений типа вариационных (монотонные функции), их комбинации и т.п. Ко второй группе относятся все остальные ДИ, которые могут включать интервалы с квазиупорядоченностью (немонотонные функции). Структура ИКО может принимать самые разнообразные формы. Если с помощью матрицы ЭИ отыскивается один из конкретных отсчетов исходных ДИ, то за ИКО принимают вектор-строку и/или вектор-столбец матрицы, образующие линейный инверсионный ключ отношений. Такая процедура характерна для обнаружения экстремальных точек, что позволяет строить инверсионные алгоритмы обнаружения сбойных измерений. В случае обобщенных инверсий линейный инверсионный ключ может быть свернут до одного числа, тем самым образуя обобщенный инверсионный ключ следующего порядка обобщения.

Множеству измерений, удовлетворяющих отношениям строго порядка убывания или возрастания, соответствуют квадратные или прямоугольные ИКО. Можно построить ИКО со свойствами внешней упорядоченности относительно заданных подмножеств и т.п. В качестве примера воспользуемся случайными числами  $y_i = \{y_1 = 5, y_2 = 1, y_3 = 4, y_4 = 6, y_5 = 2, y_6 = 3\}$ , полная матрица  $A_y(T)$  для которых имеет вид (для случая центрированной статистики ЭИ):

$$A_y(T) = \begin{array}{c|cccccc|} y_i & 5 & 1 & 4 & 6 & 2 & 3 \\ \hline 5 & 0 & -0.5 & -0.5 & 0.5 & -0.5 & -0.5 \\ 1 & 0.5 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ 4 & 0.5 & -0.5 & 0 & 0.5 & -0.5 & -0.5 \\ 6 & -0.5 & -0.5 & -0.5 & 0 & -0.5 & -0.5 \\ 2 & 0.5 & -0.5 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0.5 \\ 3 & 0.5 & -0.5 & 0.5 & 0.5 & -0.5 & 0 \end{array} \quad (7)$$

Для отношений строгого порядка по возрастанию для трех отсчетов на матрице (7) красным выделен квадратный ИКО. Таким образом, ИКО есть не что иное как эталонные МЭИ, размеры которых меньше или равны размеру исходных матриц. С учетом использования ИКО для решения задач сжатия остановимся на общих правилах перемещения ключа по полю МЭИ. Отметим, что размер ИКО, в отличие от размеров МЭИ, всегда ограничен снизу и сверху. Снизу ограничение связано с минимальным размером матрицы ключа, так как для образования одной ЭИ требуется минимум два отсчета. Сверху ограничение определяется максимальным размером МЭИ.

Для того, чтобы просмотреть все отношения между измерениями, желательно выбрать путь перемещения ИКО по полю МЭИ, близким к оптимальному по трудоемкости (числу вычислительных операций). Таким оказывается путь, соответствующий нулевой диагонали матрицы. Направление перемещения, как правило, ориентировано в сторону увеличения объема  $n$  измерений, хотя это и не является принципиальным. В этом отношении число вычислительных операций конкретного алгоритма, связанного с перемещением ИКО, будет минимальным.

Сама процедура перемещения ключа может считаться повторяющейся стандартной операцией, упрощающей алгоритмы распознавания и сжатия ДИ. Если размер ИКО не оговорен, то вычислительная процедура будет адаптивной, а сам ключ, размеры которого корректируются в соответствии с изменениями в МЭИ, назовем адаптивным ИКО (АИКО). Наличие АИКО позволяет реализовать адаптивные и даже интеллектуальные алгоритмы сжатия, как квазиобратимые относительно исходных данных процесса и отдельных его составляющих, так и необратимые.

Таким образом, если ключ-эталон перемещается по нулевой диагонали без остановок, то можно считать, что на поле МЭИ, отображающем полный набор отношений между исходными ДИ, отсутствуют участки, совпадающие с полем ключа. Это первый путь перемещения, и размер ключа в этом случае сохраняется постоянным. Второй путь возможен, если на поле МЭИ имеются области совпадения с ключевыми значениями, которые «включают» механизм адаптации ключа, когда размер ключа меняется, что дает право говорить о первом шаге на пути создания алгоритмов сжатия с «интеллектом».

Укажем некоторые общие свойства интеллектуальных методов:

1) способность организовать ДИ в упорядоченные информационные структуры и оперировать с ними при выполнении конкретных действий. Так, если перевести ДИ из ИПМ в ИПИ, можно достаточно просто упорядочить информационные структуры в минимально возможное число классов. Последнее определяется видом знаковой функции (1);

2) способность устанавливать прямые и обратные связи с внешней средой и приспособляться к ее изменениям. Это выполняется с помощью АИКО, которые автоматически отслеживают изменения самого контролируемого процесса и соответственно адаптируются к ним;

3) способность быстро и организованно реагировать на изменения процесса путем рационального выбора и осуществления соответствующих вычислительных операций. Динамические свойства ИПИ определяются порядком степени обобщения ЭИ: чем выше порядок, тем инерционнее линия инверсий. Из этого следует, что ИПИ имеет области с разнообразными динамическими свойствами, которые могут быть элементами адаптации, однозначно связанные с технологическим процессом обработки данных;

4) способность к прогнозированию изменений контролируемого процесса с целью выбора эффективной стратегии обработки. Учитывая, что ИПИ можно считать пространством тенденций, сама структура ИПИ способствует решению задач прогнозирования. Порядок обобщения инверсий есть своего рода шкала прогноза, автоматически задающая шаг прогноза и его точность. С этим связана возможность построения на базе ИПИ единообразных методов сжатия, распознавания, идентификации, контроля как для макро-, так и для микро-данных и их комбинаций.

## Результаты исследования

*Инверсионные методы сжатия. Методы сжатия нестационарной составляющей.*

Свойства ИПИ привели к возможности построения методов сжатия, которые базируются на способах приведения нестационарных ДИ к стационарным путем деления их на последовательность интервалов стационарности. Некоторые из таких методов описаны в [9,10]. Эти интервалы стационарности  $n_{st}$  практически во всех алгоритмах являются интервалами сжатия. Усредняя ординаты отсчетов на интервале стационарности можно определить ординату одной существенной (передаваемой в канал связи) точки в пределах каждого из интервалов как оценку среднего значения:

$$m_l = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s y_i, \quad (8)$$

где  $m_l$  – оценка среднего значения на  $l$  – ом интервале стационарности  $s$  – количество отсчетов на  $l$  – ом интервале стационарности,  $y_i$  – значения (ординаты) отсчетов на интервале стационарности.

При передаче на приемную сторону в качестве информации о процессе оценок среднего  $m_l$  получим коэффициент сжатия  $k_{сж_l}$  на каждом интервале стационарности

$$k_{сж_l} = s \quad (9)$$

Таким образом, измеряемый нестационарный процесс  $y(t)$  преобразуется в оценку  $y^*(t)$ , представляющей собой значения  $m_l$  на каждом интервале стационарности. Оценка вида (8) есть оценка ординат тренда, значения которых могут быть присвоены всем отсчетам соответствующих интервалов. Привязка ординаты  $y_l^*$  проводится в любой момент времени в пределах того интервала стационарности  $l$ , на котором она вычислена. Свойство свободного перемещения ординаты существенного отсчета на  $n_{st_l}$  во многих случаях оказывается чрезвычайно полезным. Число существенных ординат  $y_l^*$  равно количеству интервалов стационарности  $l$ . Тем самым проведена аппроксимация одной из составляющих ДИ, т.е. восстановлен тренд с заданной погрешностью, величина которой является постоянной с вероятностью  $p = 1 - \alpha$ , где  $\alpha$  – уровень значимости или вероятность того, что интервал стационарности на самом деле не является стационарным. Вопросы зависимости погрешности восстановления от  $\alpha$  подробно рассмотрены в [11].

*Помехоустойчивые инверсионные методы сжатия данных.*

При обработке в информационных системах огромных потоков данных отдельные их измерения или целые группы измерений могут быть искажены или утеряны вследствие разных причин, например, ввиду выхода за пределы шкалы измерений. Поэтому возникает необходимость обеспечения достоверности данных измерений на всех этапах преобразования данных, в том числе на этапе сжатия.

Апертурные методы сжатия данных при наличии в составе ДИ сбойных отсчетов не эффективны, так как практически все сбои фиксируются в качестве существенных отсчетов, что приводит к искажениям результатов при их восстановлении [12,13,14].

Для обработки и сжатия ДИ вида

$$y(t) = x(t) + F(t) + \eta(t), \quad (10)$$

где  $y(t)$  – измеряемый процесс,  $x(t)$  – случайная стационарная составляющая,  $F(t)$  – нестационарное среднее (тренд),  $\eta(t)$  – составляющая, которая характеризует ординаты сбойных точек, можно предложить несколько групп методов:

- классические методы с обнаружением, отбраковкой сбойных точек и восстановлением пропущенных отсчетов;

- помехоустойчивые инверсионные методы деления ДИ на интервалы сжатия и непараметрические методы вычисления оценок вероятностных характеристик;
- инверсионные методы обнаружения;
- методы, сочетающие преимущества всех перечисленных методов.

По сравнению с ними предлагаемые инверсионные методы дают существенно лучшие результаты как по коэффициенту сжатия, так и по точностным характеристикам восстановления и трудоемкости вычислительных операций. Главное их достоинство заключается в устойчивости методов к различного рода шумам. Суть алгоритма можно пояснить с помощью следующего метода.

Простейшая модель нестационарного процесса имеет вид (рис.2):

$$y(t) = D(t)x(t) + F(t), \quad (11)$$

где  $y(t)$  – измеряемый процесс,  $x(t)$  – случайная стационарная составляющая,  $D(t)$  – нестационарная дисперсия случайной составляющей,  $F(t)$  – нестационарное среднее (тренд).

Такую модель в литературных источниках принято называть аддитивно-мультипликативной [2]. Для анализа этой модели для простоты примем  $D(t) = 1$ .

Процедура обработки заключается в разделении исходной реализации  $y(t)$  на две составляющие в соответствии с выше приведенным выражением. Основные этапы алгоритма следующие. Исходная реализация делится на последовательность отрезков  $n_{st}$ , на которых она стационарна по математическому ожиданию. Степень стационарности на отрезке регулируется априори задаваемым уровнем значимости  $\alpha$ , величина которого показывает, что на данном отрезке математическое ожидание меняется не более, чем на  $\pm \varepsilon$  отклонение. Выход его за границы  $\varepsilon$  отклонения соответствует концу текущего отрезка стационарности и началу нового отрезка стационарности  $n_{st}$ . Вычислим на каждом из  $n_{st}$  оценку его среднего значения по формуле (8) и, соединяя одним из способов аппроксимации или интерполяции [1,15] эти оценки, значения которых присвоены серединам отрезков стационарности, получим оценку тренда  $F^*(t)$ . Случайный стационарный остаток  $x^*(t)$  может быть получен как

$$x^*(t) = y(t) - F^*(t).$$

Для исследования процедуры используем нестационарные модели вида

$$y(t) = \exp(t/100) + \xi(t) \quad (12)$$

$$y(t) = 5 \sin(0.049t) + \xi(t) \quad (13)$$

где  $\xi(t)$  – нормированный к шкале измерений нормальный шум.

Составляющие, взятые в качестве тренда в этих моделях, описываются монотонными и колебательными функциями. На рис.2 приведены результаты операции выделения нестационарной составляющей для монотонного тренда. Пользуясь терминами сжатия данных, за существенные точки можно принять номера отсчетов, соответствующие серединам отрезков стационарности (иногда за существенные точки принимают номера отсчетов, соответствующие границам отрезков – правым или левым).

Таким образом, если сокращается избыточность, заключенная в исходном нестационарном процессе  $y(t)$ , и в качестве существенных точек передаются значения ординат, характеризующие тренд, то имеем квазиобратимое сжатие. В случае, если необходимо иметь информацию о стационарном остатке, то передаются его статистические характеристики; при этом имеем квазиобратимое и необратимое сжатие.

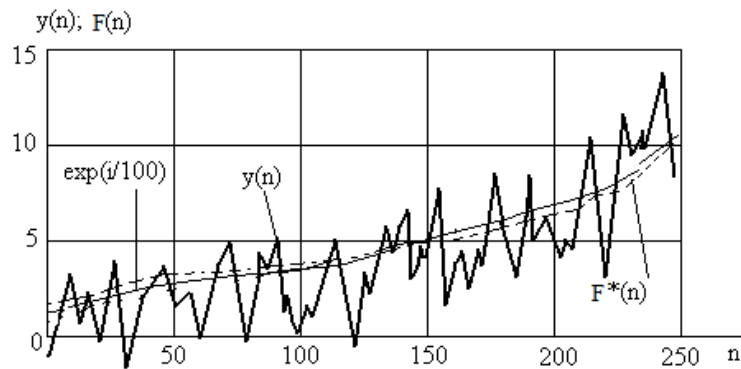


Рисунок 2. Выделение нестационарной составляющей для монотонного тренда

Анализ инверсионных методов сжатия выявляет следующие его преимущества перед апертурными методами. Сравнение по величине коэффициентов сжатия и среднего квадратического отклонения оценки тренда от истинного его значения проводилось на вышеуказанных моделях с десятипроцентным уровнем шума. Для апертурных методов в качестве априорных данных выступает апертюра  $\pm \varepsilon$ . Обычно оптимальной по коэффициенту сжатия и характеристикам восстановления считается апертюра, соответствующая уровню шума по отношению к сигналу. На рисунках 3 и 4 приведено сравнение коэффициентов сжатия для разных моделей процессов и методов сжатия. На рисунках приведены следующие обозначения: 0 – стационарная составляющая, 1 – модель без сбоев, 2 – модель с 30% сбоев, 3 – модель с 50% сбоев, 4 – модель без сбоев и аппроксимацией полиномом И0-И1, 5 – модель без сбоев и аппроксимацией полиномом И1.

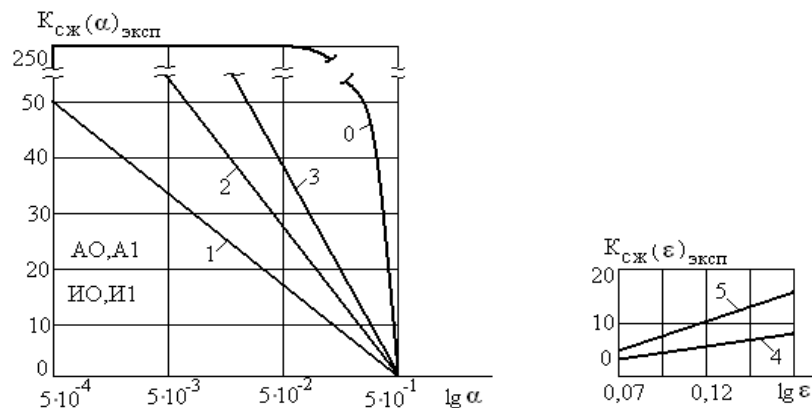


Рисунок 3. Сравнение коэффициентов сжатия для экспоненциальной модели

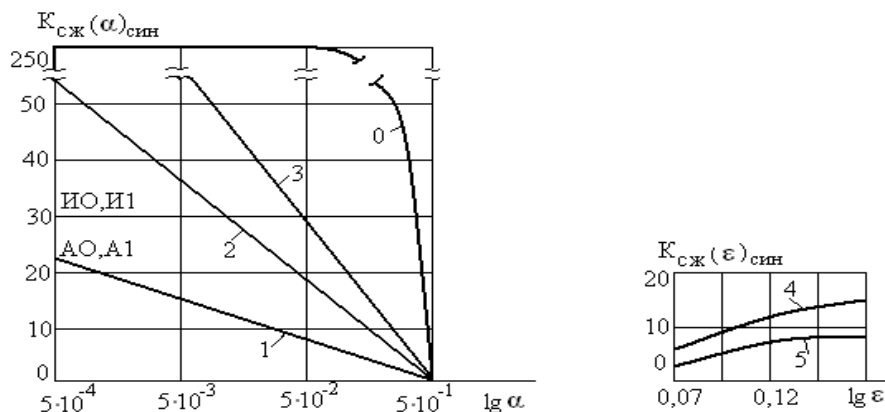


Рисунок 4. Сравнение коэффициентов сжатия для синусоидальной модели

При незначительном отклонении величины апертуры от оптимальной существенно изменяются как коэффициент сжатия (рисунки 3-4), так и среднее квадратическое отклонение (СКО)  $\delta$  (рисунки 5 - 8). Кривые 4,5 на рисунках 5 и 7 даны для алгоритма И1, а на рисунках 6 и 8 – для И0-И1. С особенностями алгоритмов квазиобратимого сжатия А0, А1, И0, И1, И0-И1 и других можно подробно ознакомиться в [16].

На рисунках 5 – 8 кривые 5 в отличие от кривых 4 характеризуют СКО восстановленной оценки тренда от исходных данных измерений.

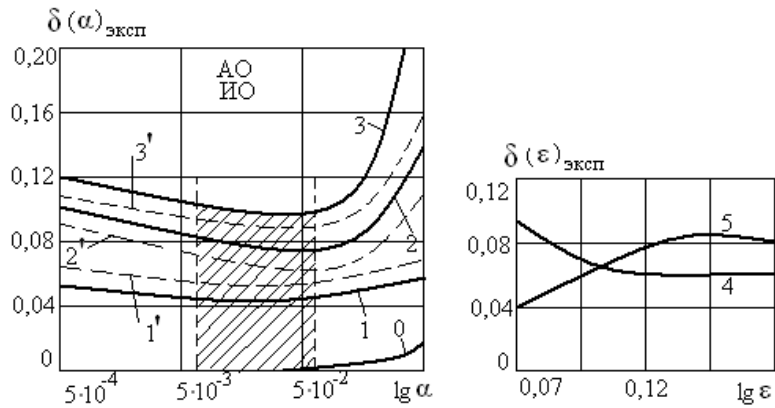


Рисунок 5. Сравнение среднее квадратического отклонения для экспоненциальной модели и полиномов А0 и И0

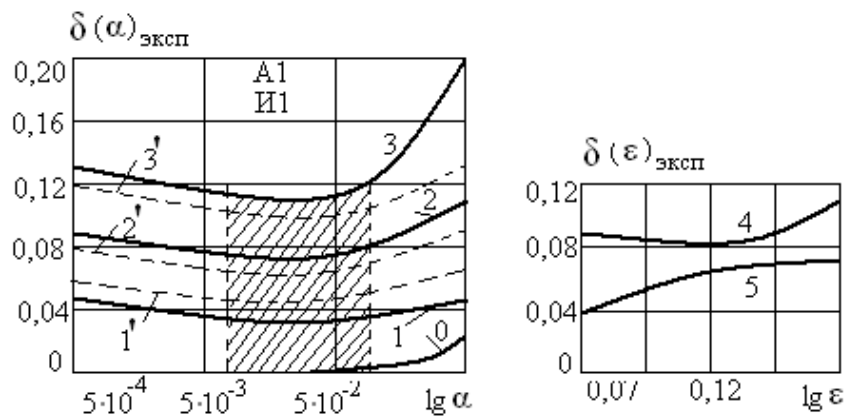


Рисунок 6. Сравнение среднее квадратического отклонения для экспоненциальной модели и полиномов А1 и И1

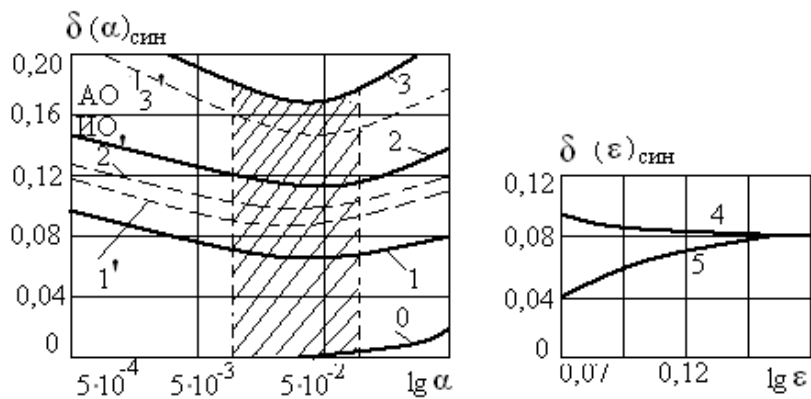


Рисунок 7. Сравнение среднее квадратического отклонения для синусоидальной модели и полиномов А0 и И0

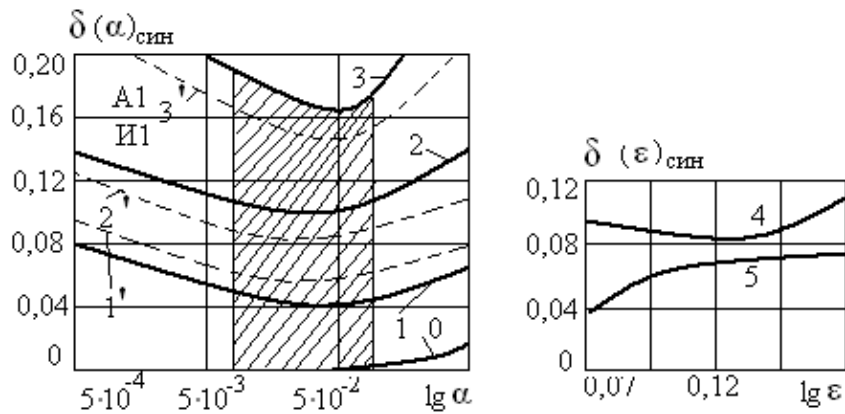


Рисунок 8. Сравнение среднеквадратического отклонения для синусоидальной модели и полиномов A1 и II1.

Заметим, что минимум СКО при выборе оптимальной апертуры наблюдается, во-первых, не для всех классов данных, и, во-вторых, не для всех алгоритмов сжатия (кривые 4), а для СКО восстановленной оценки тренда практически минимум отсутствует (кривые 5). В предлагаемом методе коэффициент сжатия  $K_{сж}$  зависит от уровня значимости  $\alpha$  (рисунки 3,4) и не зависит от выбранного метода аппроксимации для восстановления оценки тренда.

### Дискуссия

Для сопоставимости результатов по характеристикам восстановления аппроксимация существенных отсчетов проводилась одними и теми же полиномами A0 и A1, IO и II1.

Зависимость СКО от  $\alpha$  имеет всегда выраженный минимум, соответствующий оптимальному по точности восстановления уровню значимости  $\alpha_{опт}$ , но не зависящий от класса ДИ и от типа тренда. При изменении отношения сигнал/шум в широких пределах величина минимума по оси  $\alpha$  практически не смещается, что позволяет сделать вывод о том, что для обработки данных можно пользоваться одним постоянным значением  $\alpha_{опт}$ , выбранным из области квазиоптимальных значений  $\alpha$  (заштрихованные области). Исходя из этих соображений за оптимальный уровень значимости можно принять  $\alpha_{опт} = 0.05$ .

Другой важной характеристикой работы алгоритмов является их помехоустойчивость не только к наличию шумовой составляющей, но и к сбойным точкам  $\eta$ , поступающим на вход системы обработки данных. Этот вопрос исследовался экспериментальным путем на тех же моделях сигналов. В ходе эксперимента уровень шума  $\xi(t)$  оставался постоянным, но к составляющим модели добавлялись (в виде третьей составляющей) сбойные точки  $\eta$ , число и значения которых менялись случайным образом по соответствующей программе.

Апертурные методы сжатия данных абсолютно неприемлемы для обработки при наличии в измерениях помех сбойного характера. Предлагаемая процедура сжатия оказалась достаточно устойчивой по отношению к сбойным точкам, если иметь в виду точность восстановления тренда. Для вычисления оценки тренда использовано среднее значение на интервале стационарности. Но статистические параметры случайной составляющей  $x(t)$  безусловно изменяются, поскольку сбойные точки отойдут в остаток, т.е. дисперсия  $D(t)$  возрастет.

Если закон распределения сбойных точек заметно отличается от симметричного, то погрешность оценки тренда относительно исходного возрастает.

Кроме того, для данных, описываемых моделями (12) и (13) и имеющих различный процент сбойных точек  $\eta$ , на рис. 2 и 3 показана зависимость  $K_{сж} = f(\alpha)$ , где прямая 1 соответствует отсутствию в ДИ сбойных точек; прямая 2 соответствует  $\eta = 30\%$ , а прямая 3 -  $\eta = 50\%$  сбойных точек от общего объема выборки данных  $n = 256$  (кривая 0 характеризует стационарную случайную составляющую  $x(t)$ ). Оценка коэффициента сжатия  $K_{сж}$  в отличие от апертурных методов сжатия растет с увеличением числа сбойных точек или, что



аналогично, с уменьшением отношения сигнал/шум. Другими словами, нестационарные ДИ, имеющие сбойные точки, стационаризуются, и чем больше сбойных точек, тем данные становятся как бы более стационарными. При этом коэффициент стационарности  $Q_{st}$  вычисляется по выражению  $Q_{st} = 1/n_{st}$ . Величина  $Q_{st}$  изменяется в пределах 0 – 1, граничные значения которых соответствуют стационарному - 1 и нестационарному - 0 процессам.

Заметим, что коэффициенты  $K_{сж}$  и  $Q_{st}$  связаны через объем  $n$  выборки ДИ выражением

$$K_{сж} = nQ_{st} , \quad (14)$$

которое является полезным при обработке и анализе данных в ИИС.

Для определения точности восстановления оценки тренда  $F^*(t)$ , вычисляемой через среднее значение на интервалах стационарности, получена зависимость  $\delta = f(\alpha)$  (рисунки 5-8). Отметим, что в этом случае СКО увеличивается, но выраженный минимум с ростом числа сбоев незначительно смещается в сторону уменьшения значений  $\alpha$ . Из анализа полученных результатов следует, что и в случае наличия сбойных точек можно рекомендовать использовать для практических целей квазиоптимальную по точности восстановления величину  $\alpha_{опт} = 0.05$ .

### Заключение

По сравнению с апертурными методами предлагаемые инверсионные методы сжатия имеют большую эффективность по коэффициенту сжатия и оценкам характеристик восстановления. Достоверность результатов обеспечивается устойчивостью инверсионных методов сжатия к уровню шума, присутствующего в процессе, и защищенностью от сбойных точек. В связи с этим предварительные процедуры обнаружения, отбраковки сбойных точек и фильтрации, необходимые для повышения эффективности апертурных методов, для инверсионных методов не обязательны.

Для работы алгоритма сжатия не требуется априорной информации о свойствах процесса и его составляющих. Рабочая величина уровня значимости  $\alpha$  определяется из некоторой ограниченной области квазиоптимальных значений  $\alpha_{опт}$ , для которых коэффициенты сжатия и характеристики восстановления изменяются незначительно.

Для практических целей обработки донных при наличии сбойных измерений рекомендуется квазиоптимальная величина уровня значимости  $\alpha_{опт} = 0.05$ . Погрешности восстановления, выраженные через СКО оценки тренда при отсутствии в ДИ сбойных точек, составляют максимально 5%, а при наличии до 55% сбойных точек эта погрешность увеличивается в 3 раза.

### Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность ученым и специалистам кафедр «Радиоэлектронные системы и устройства», «Информационные системы и телекоммуникации» Московского государственного технического университет имени Н. Э. Баумана, консультации и советы которых были приняты во внимание, при проведении научного исследования, результаты которого представлены в этой статье.

### Список использованных источников

[1] Ольховский Ю.Б., Новоселов О.Н., Мановцев А.П. Сжатие данных при телеизмерениях. - М.: Советское радио, 1971. - 303с.

[2] Назаров А.В., Козырев Г.И., Шитов И.В., Обрученков В.П., Древин А.В., Краскин В. Б., Кудряков С.Г., Петров А.И., Соколов С.М., Якимов В.Л. и др. Современная телеметрия в теории и на практике. Учебный курс. – СПб: Наука и техника, 2007. – 667 с.

- [3] Авдеев Б.Я., Антонюк Е.М., Долинов С.Н., Журавин Л.Г., Семенов Е.М., Фремке А.В. *Адаптивные телеизмерительные системы*. - Л.: Энергия, 1981. - 248 с.
- [4] Kendall M.G. *Rank Correlation Methods*. - London: Griffin, 1962. - 199 p.
- [5] Тарасенко Ф.П. *Непараметрическая статистика*. – Томск: Издательство Томского университета, 1976. – 293с.
- [6] Есмагамбетов Б.-Б.С. *Статистическая обработка данных в радиотелеметрических системах*. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. №1. - М., 2015. - С.13-21.
- [7] Дегтярев А.А. *Метод конечных разностей*. Электронное учебное пособие. – Самара: СГАУ, 2011. - 83 с.
- [8] Токарева А.Н., Литвинов В.Н., Панченко С.В., Демченко М.С. *Решение задач нестационарной теплопроводности в многослойных конструкциях методом конечных разностей*. Методические указания. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт, 2021. – 22с.
- [9] Yesmagambetov B.-B.S., Inkov A. *Fast changing processes in radiotelemetry systems of space vehicles*. *Journal of Systems Engineering and Electronics*. Vol. 26, No. 5. Beijing. - 2015. – P. 941 – 945.
- [10] Yesmagambetov B.-B.S. *Determination of the Characteristics of Non-Stationary Random Processes by Non-Parametric Methods of Decision Theory*. *Computation 2023, Volume 11, Issue 11, 219, Basel*. - 2023. <https://doi.org/10.3390/computation11110219>
- [11] Yesmagambetov B.-B.S., Ajmenov Zh., Inkov A., Ismailov S., Saribaev A. *Statistical data processing in rocket-space technology*. *Modern Applied Science, Vol.9, №8. Canadian Center of Science and Education*. - 2015. - P317-334.
- [12] *Random Processes and Linear Systems. Statistical Signal Processing in Engineering [Internet]*. John Wiley & Sons, Ltd. – 2017. – P. 63–82. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119294016.ch4>
- [13] Ivanov VG, Lyubarskiy MG, Lomonosov JV. *Compression of Text Image Based on Selection of Characters and Their Classification*. *Journal of Automation and Information Sciences [Internet]*. Begell House. – 2010. – P. 46–57. <http://dx.doi.org/10.1615/jautomatinfscien.v42.i11.50>
- [14] Horan S. *Compression of Telemetry. Lossless Compression Handbook [Internet]*. Elsevier. – 2003. – P. 247–253. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-012620861-0/50012-7>
- [15] Виленкин С.Я. *Статистическая обработка результатов исследований случайных функций*. - М.: Энергия, 1979. – 320 с.
- [16] Свириденко В.А. *Анализ систем со сжатием данных*. - М.: Связь, 1977. - 184 с.

#### References

- [1] Ol'hovskij Ju.B., Novoselov O.N., Manovcev A.P. (1971). *Szhatie dannyh pri teleizmerenijah. [Data compression for tele-measurements]*. М.: Sovetskoe radio, 303s. (In Russian)
- [2] Nazarov A.V., Kozyrev G.I., Shitov I.V., Obruchenkov V.P., Drevin A.V., Kraskin V. B., Kudrjakov S.G., Petrov A.I., Sokolov S.M., Jakimov V.L. i dr. (2007). *Sovremennaja telemetrija v teorii i na praktike. Uchebnyj kurs [Modern telemetry in theory and in practice. The training course]*. SPb: Nauka i tehnika, 667 s. (In Russian)
- [3] Avdeev B.Ja., Antonjuk E.M., Dolinov S.N., Zhuravin L.G., Semenov E.M., Fremke A.V. (1981). *Adaptivnye teleizmeritel'nye sistemy. [Adaptive tele-measurement systems]*. L.: Jenergija, 248 s. (In Russian).
- [4] Kendall M.G. *Rank Correlation Methods*. - London: Griffin, 1962. - 199 p.
- [5] Tarasenko F.P. (1976). *Neparametricheskaja statistika. [Nonparametric statistics]*. Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo universiteta, 293s. (In Russian)
- [6] Esmagambetov B.-B.S. (2015). *Statisticheskaja obrabotka dannyh v radiotelemetricheskix sistemah. [Statistical data processing in radio telemetry systems.] Vestnik MGTU im. N.Je. Baumana. Ser. Priborostroenie. №1. M., S.13-21. (In Russian)*
- [7] Degtjarev A.A. (2011). *Metod konechnyh raznostej. [The finite difference method]*. Jelektronnoe uchebnoe posobie. Samara: SGAU, 83 s.
- [8] Tokareva A.N., Litvinov V.N., Panchenko S.V., Demchenko M.S. (2021). *Reshenie zadach nestacionarnoj teploprovodnosti v mnogoslojnyh konstrukcijah metodom konechnyh raznostej. [Solving problems of non-stationary thermal conductivity in multilayer structures by the finite difference method]*. Metodicheskie ukazanmija. Zernograd: Azovo-Chernomorskij Inzhenernyj Institut, 22s. (In Russian).
- [9] Yesmagambetov B.-B.S., Inkov A. *Fast changing processes in radiotelemetry systems of space vehicles*. *Journal of Systems Engineering and Electronics*. Vol. 26, No. 5. Beijing. - 2015. – P. 941 – 945.

[10] Yesmagambetov B.-B.S. *Determination of the Characteristics of Non-Stationary Random Processes by Non-Parametric Methods of Decision Theory*. *Computation* 2023, Volume 11, Issue 11, 219, Basel. - 2023. <https://doi.org/10.3390/computation11110219>

[11] Yesmagambetov B.-B.S., Ajmenov Zh., Inkov A. Ismailov S., Saribaev A. *Statistical data processing in rocket-space technology*. *Modern Applied Science*, Vol.9, №8. Canadian Center of Science and Education. - 2015. - P317-334.

[12] *Random Processes and Linear Systems. Statistical Signal Processing in Engineering* [Internet]. John Wiley & Sons, Ltd. – 2017. – P. 63–82. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119294016.ch4>

[13] Ivanov VG, Lyubarskiy MG, Lomonosov JV. *Compression of Text Image Based on Selection of Characters and Their Classification*. *Journal of Automation and Information Sciences* [Internet]. Begell House. – 2010. – P. 46–57. <http://dx.doi.org/10.1615/jautomatinfscien.v42.i11.50>

[14] Horan S. *Compression of Telemetry. Lossless Compression Handbook* [Internet]. Elsevier. – 2003. – P. 247–253. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-012620861-0/50012-7>

[15] Vilenkin S.Ja. (1979). *Statisticheskaja obrabotka rezul'tatov issledovanij sluchajnyh funkcij*. [Statistical processing of random function research results]. M.: Jenergija, 320 s. (In Russian).

[16] Sviridenko V.A. (1977). *Analiz sistem so szhatiem dannyh*. [Analysis of data compression systems]. M.: Svjaz', 184 s. (In Russian).

**Б.О. Жумартова<sup>1\*</sup>, А.А. Утемисова<sup>1</sup>, Р.С. Ысмағұл<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Костанайский региональный университет им. А.Байтұрсынұлы, г. Костнай, Казахстан

\*e-mail: balzhan.zhumartova@mail.ru

## **МЕТОД НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ**

### *Аннотация*

Человечество во все времена тесно взаимодействует с различными вирусами, бактериями, грибами, некоторым из них мы обязаны жизнью, некоторые являются для нас опасными, они источники инфекции. Во второй декаде 21 века мир столкнулся с невидимым «врагом» коронавирусной инфекцией, которая требовала быстрых, решительных действий от мирового сообщества не только в борьбе с ней, но и в поиске методов и способов прогнозирования ее распространения. Чтобы рассчитать максимальную нагрузку на сферу здравоохранения и скорректировать меры сдерживания инфекции необходимо математическое моделирование. Как и любое явление в нашей жизни, так и распространение инфекционных заболеваний можно смоделировать с помощью математического аппарата. Который в свою очередь позволит спрогнозировать темпы распространения инфекции, предвидеть будущий сценарий заражения населения. С этой целью в статье был рассмотрен метод наименьших квадратов (МНК) для прогнозирования эпиддинамики коронавирусной инфекции на территории Костанайской области.

*Ключевые слова:* метод наименьших квадратов, моделирование, коронавирусная инфекция.

**Б. О. Жумартова<sup>1</sup>, А. А. Утемисова<sup>1</sup>, Р. С. Ысмағұл<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>А. Байтұрсынұлы атындағы Қостанай Өңірлік университеті, Қостанай қ., Қазақстан

## **ЭПИДЕМИОЛОГИЯЛЫҚ ДИНАМИКАНЫ ҚЫСҚА МЕРЗІМДІ БОЛЖАУ ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ ЕҢ КІШІ КВАДРАТТАР ӘДІСІ**

### *Аңдатпа*

Адамзат барлық уақытта әртүрлі вирустармен, бактериялармен тығыз қарым-қатынас жасайды, олардың кейбіреулері біздің өміріміз үшін маңызды, кейбіреулері біз үшін қауіпті. 21 ғасырда әлем коронавирустық инфекциясымен бетпе-бет келді, ол әлемдік қауымдастықтан онымен күресуде ғана емес, сонымен бірге оның таралуын болжаудың әдістерін іздеуді талап етті. Денсаулық сақтау саласына максималды жүктемені есептеу және инфекцияны болдырмау шараларын түзету үшін математикалық модельдеу қажет. Біздің өміріміздегі кез-келген құбылыс сияқты, жұкпалы аурулардың таралуын математикалық аппараттың көмегімен модельдеуге болады. Бұл өз кезегінде инфекцияның таралу қарқынын болжауға, халықтың инфекциясының болашақ сценарийін болжауға мүмкіндік береді. Осы мақсатта мақалада Қостанай облысының аумағында коронавирустық инфекцияның эпидемиологиясын болжау үшін ең кіші квадраттар әдісі қарастырылды.

*Түйін сөздер:* ең кіші квадраттар әдісі, модельдеу, коронавирус инфекциясы.

**B. O. Zhumartova<sup>1</sup>, A. A. Utemisova<sup>1</sup>, R. S. Ysmagul<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>kostanay Regional University Named After A.Baitursynyly, Kostnai, Kazakhstan

## **THE LEAST SQUARES METHOD AS A TOOL FOR SHORT-TERM FORECASTING OF EPIDEMIOLOGICAL DYNAMICS**

### *Abstract*

Humanity at all times closely interacts with various viruses, bacteria, fungi, some of them we owe our lives, some are dangerous for us, they are sources of infection. In the second decade of the 21st century, the world faced an invisible "enemy" coronavirus infection, which required rapid, decisive action from the world community not only in the fight against it, but also in the search for methods and ways to predict its spread. In order to calculate the maximum burden on the healthcare sector and adjust infection containment measures, mathematical modeling is necessary. Like any phenomenon in our life, the spread of infectious diseases can

be modeled using mathematical apparatus. Which, in turn, will make it possible to predict the rate of infection, to anticipate the future scenario of infection of the population. To this end, the article considered the least squares method (OLS) for predicting the epiddynamics of coronavirus infection in the territory of Kostanay region.

*Keywords:* least squares method, modeling, coronavirus infection.

### **Введение**

Начало применению математических методов при изучении эпидемий было положено Даниилом Бернулли в ещё середине XVII века Он впервые применил простейший математический аппарат для оценки эффективности профилактических прививок против натуральной оспы. После него в данной области был значительный перерыв, который прервал своими работами английского ученого Уильяма Фара в XIX веке, который изучал и моделировал статистические показатели смертности населения Англии от эпидемии натуральной оспы. Он впервые получил математические модели показателей «движения» эпидемии натуральной оспы в виде статистических закономерностей, что позволило ему в итоге составить прогностическую модель этой эпидемии.

Таким образом, человечество всегда боролось с инфекционными заболеваниями и хотело понять принципы и закономерности их развития, а также борьбы с ними. Коронавирусная инфекция, которая является причиной пандемии XXI века – серьезный вызов для всех сфер жизнедеятельности человечества, она уже унесла много жизней, а экономические последствия еще предстоит посчитать. И роль математического инструментария в этой «борьбе» всегда была весомой и со времен будет лишь возрастать. В эпидемиологии применяются многие математические вычисления, теория вероятности и математическая статистика, но самым главным математическим инструментом является математическое моделирование.

Моделирование в научных исследованиях стало применяться еще в глубокой древности и постепенно захватывало все новые области научных знаний [1]. Потому что благодаря ей можно предположить поведение того или иного инфекционного заболевания.

В настоящее время большинство моделей нацелены на краткосрочное прогнозирование, данная тенденция определяется тем, что в мире большое внимание уделяется проведению профилактических мер. Для того чтобы «сражаться» с эпидемией, вовремя использовать карантинные меры, вакцинацию, надо сравнить их эффективность, а это возможно лишь тогда, когда мы смоделируем эпидситуацию. Из этого и следует потребность построения математической модели.

### **Методология исследования**

В данной статье для прогнозирования волн коронавирусной инфекции на территории Костанайской области рассматривается метод наименьших квадратов (МНК). Данный метод был разработан давно и используется до сих пор о многих областях, в статье [2] обсуждаются вопросы истории возникновения технологии метода наименьших квадратов. В следующих работах [3-4], представлены методика обработки результатов измерений с использованием данного метода, основываясь на данных работах, которые описывают общий механизм применения данного метода в технических задачах, в данной работе применим этот метод и для медицины. С помощью метода наименьших квадратов можно обрабатывать любые экспериментальные данные, однако, надо отметить, что оптимальность данного метода доказывается только для нормального распределения. В нашей работе используются статистические данные по заражению COVID-ом – 19 на территории Костанайской области.

Исследование темы началось с поиска и сбора этих данных [5-7], составили таблица 1, в которой указано количество инфицированных и выздоровевших от COVID-19 за период с 1 по 7 сентября 2021 года, при этом обозначив, число инфицированных как  $I(t)$ , а выздоровевших –  $R(t)$ .

Таблица 1. Динамика COVID-19 в Костанайской области

Дата	t/ день	Инфицированные I(t)	Выздоровевшие R(t)
01.09.2021	1	237	283
02.09.2021	2	232	349
03.09.2021	3	231	104
04.09.2021	4	227	196
05.09.2021	5	215	73
06.09.2021	6	203	73
07.09.2021	7	187	162

Следующий шаг, используя данные таблицы 1, мы применяем метод наименьших квадратов, и преобразуем нашу таблицу 1 в таблицу 2.

Таблица 2. Метод наименьших квадратов для уравнения прямой инфицирования

$\sum t = 28$	t = 1	t = 2	t = 3	t = 4	t = 5	t = 6	t = 7	$\sum_{t=1}^7$
$t^2$	1	4	9	16	25	36	49	140
I(t)	237	232	231	227	215	203	187	1532
I(t)t	237	464	693	908	1075	1218	1309	5904
(I(t)) <sup>2</sup>	56169	53824	53361	51529	46225	41209	34969	337286

Вычислим значения коэффициентов b и c, если n=7 дней.

$$b = \frac{n \sum_{t=1}^7 I(t)t - \sum_{t=1}^7 t \sum_{t=1}^7 I(t)}{n \sum_{t=1}^7 (t)^2 - (\sum_{t=1}^7 t)^2} = \frac{7 * 5904 - 28 * 1532}{7 * 140 - 28^2} = \frac{-1568}{196} = -8 \quad (1)$$

$$c = \frac{\sum_{t=1}^7 I(t) - b \sum_{t=1}^7 t}{n} = \frac{1532 - (-8) * 28}{7} = 250,857 \quad (2)$$

Затем подставим наши коэффициенты в уравнение прямой инфицирования, которое будет под знаком модуля, так как количество инфицированных не может быть отрицательным, таким образом рассчитаем темп развития эпидемии, будет ли и или убывать количества инфицированных. Искомое уравнение имеет вид:

$$y = |-8t + 250,857| \quad (3)$$

Для определения погрешности рассчитали коэффициент несоответствия Гейла по формуле:

$$K_T = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^7 (I(t) - \bar{I(t)})^2}{\sum_{t=1}^7 (I(t))^2}} = \sqrt{\frac{1996,857143}{337286}} = \sqrt{0,00592} \approx 0,07 \quad (4)$$

где  $\overline{I(t)}$  это среднее значение  $I(t)$ , которое в нашем случае равно 218,857.

Показатель Тейла принимает значение от 0 до 1, чем ближе значение к 0, тем лучше результат прогнозирования, в нашем случае он составляет примерно 0,07, значит, модель должна быть достаточно точной. Чтобы проверить это, построим соответствующие кривую инфицирования, основанную есть статистических данных изменение числа инфицированных людей по дням [5], и согласно уравнению (3), на 7 дней, на 14 дней и на месяц, рисунки 1,2,3 соответственно.

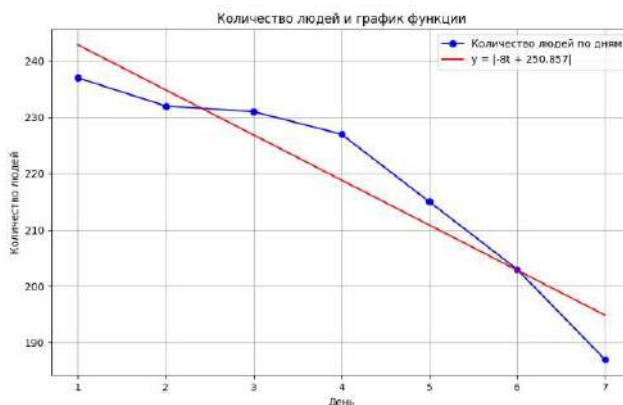


Рисунок 1. Кривые инфицирования в Костанайской области за 7 дней согласно официальным данным и согласно расчету выведенному уравнению

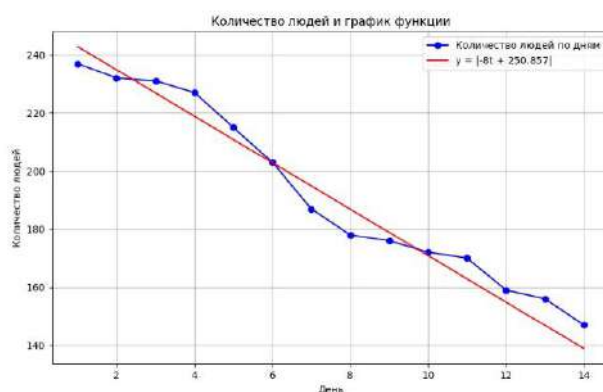


Рисунок 2. Кривые инфицирования в Костанайской области за 14 дней согласно официальным данным и согласно расчету выведенному уравнению

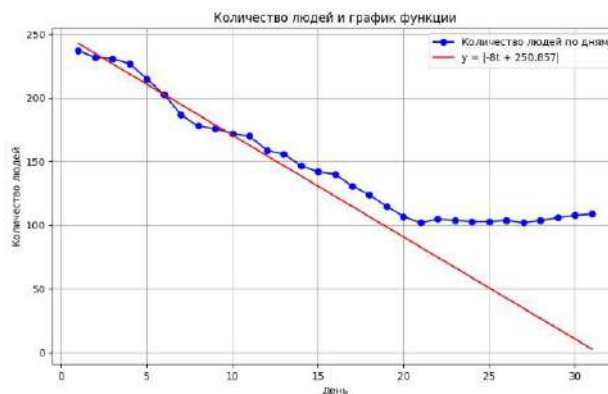


Рисунок 3. Кривые инфицирования в Костанайской области за 30 дней согласно официальным данным и согласно выведенному уравнению

Из рисунков можно заметить, что данным способом можно определить в каком направлении будет изменяться число инфицированных для территории Костанайской области. Итак, главную цель моделирования на основе МНК мы достигли – верно спрогнозировали снижение роста заболеваемости на предстоящую неделю, при этом имея данные всего семи предыдущих дней. Далее, когда был взят более продолжительный период времени – 1 месяц, видим, что примерно на 20 день число новых инфицированных остается примерно на уровне 100 человек на каждый день, и наша модель это не учитывает.

Далее по уже известному принципу составим уравнение прямой выздоровления, то есть  $R(t)$ , именно анализируем число выздоровевших людей, потому что за этот отрезок времени в Костанайской области не было зафиксировано летальных исходов от ковид. Пользуясь данными таблицы 1, составим таблицу 3.

Таблица 3. Метод наименьших квадратов для уравнения прямой выздоровления

$\sum t = 28$	$t = 1$	$t = 2$	$t = 3$	$t = 4$	$t = 5$	$t = 6$	$t = 7$	$\sum_{t=1}^7$
$t^2$	1	4	9	16	25	36	49	140
$R(t)$	283	349	104	196	73	73	162	1240
$R(t)t$	283	698	312	784	365	438	1134	4014
$(R(t))^2$	80089	121801	10816	38416	5329	5329	26244	288024

Вычислим значения коэффициентов  $b$  и  $c$ ,  $n=7$ .

$$b = \frac{n \sum_{t=1}^7 R(t)t - \sum_{t=1}^7 t \sum_{t=1}^7 R(t)}{n \sum_{t=1}^7 (t)^2 - (\sum_{t=1}^7 t)^2} = \frac{7 * 4014 - 28 * 1240}{7 * 140 - 28^2} = \frac{-6622}{196} = -33,786 \quad (5)$$

$$c = \frac{\sum_{t=1}^7 R(t) - b \sum_{t=1}^7 t}{n} = \frac{1240 - (-33,786) * 28}{7} = 312,287 \quad (6)$$

Далее составили уравнение, которое будет под знаком модуля, так как количество выздоровевших не может быть отрицательным. Получаем уравнение вида:

$$y = |-33,786t + 312,287| \quad (7)$$

Для определения размеров погрешности или точности прогноза показателя рассчитаем коэффициент несоответствия Тейла по формуле:

$$K_T = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^7 (R(t) - \overline{R(t)})^2}{\sum_{t=1}^7 (R(t))^2}} = \sqrt{\frac{68366,857143}{288024}} = \sqrt{0,237365} \approx 0,5 \quad (8)$$

где  $\overline{R(t)}$  - это среднее значение  $R(t)$ , которое в нашем случае равно 177,143. Показатель Тейла принимает значение от 0 до 1, чем ближе значение к 0, тем лучше результат



прогнозирования, в нашем случае он составляет примерно 0,5, можно судить, что модель недостаточно точна и будут большое отклонение от статистических данных. Построим кривые выздоровления, опираясь на статистические данные с сайта [5], и на уравнение (7), рис.4.

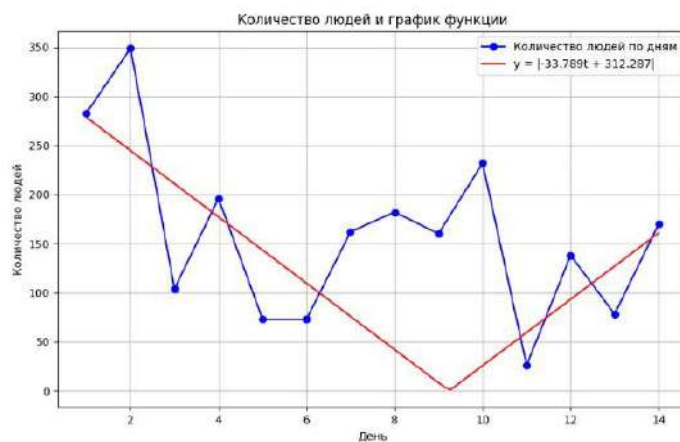


Рисунок 4. Кривые выздоровления за 14 дней в Костанайской области согласно официальным данным и согласно нашему уравнению

На рисунке 4 можем наглядно увидеть расхождение.

### Результаты исследования

Итак, так как показатель Тейла составляет примерно 0,07, и подчеркивая, что только в случае краткосрочного прогнозирования метода наименьших квадратов может быть использован. Очень тяжело построить модель для прогнозирования эпидемиологической ситуации в регионе, которая могла бы применяться в долгосрочном прогнозировании. Это связано со сложностью самого эпидемиологического процесса, который зависит от многих факторов. Однако, в данной статье, обладая небольшими статистическими данными, нам все же удалось спрогнозировать эпидситуацию на несколько дней вперед для Костанайской области. Следует подчеркнуть, что ведутся работы в совершенствовании МНК примером служат следующие работы [8,9]. Но, к сожалению, нет отечественных работ и литературы на данную тему.

Второй наш вывод заключается в том, что МНК нельзя применять для расчета темп выздоровления людей это вытекает и из графиков, где кривые совершенно не похожи, и даже противоположны, и из показателя Тейла, который равен 0,5. Это связано с тем, что выздоровление зависит от многих факторов, например, индивидуальные характеристики организма людей, их иммунитета, времени заражения, своевременного обращения к медицинской помощи и так далее.

### Дискуссия

Правильно сформированная математическая модель позволяет все разложить по составляющим эпидемиологического процесса и является предпосылкой для поиска и осуществления санитарных мер. Благодаря ей можно оценить количество контактов, установить уровень риска заражения, изучить возрастное и региональное распространение заболевания. Важная функция модели – это профилактике эпидемиологических заболеваний, потому что, опираясь на данные моделирования, можно распланировать противозидемические мероприятия, которые способствуют подбору оптимальных способов борьбы с заболеваниями. Поэтому в данном направлении ведутся работы, существует множество методов и моделей, применяемых в эпидемиологии.

Также следует отметить, что несмотря на все преимущества метода наименьших квадратов и его широкое использование в технических, инженерных и экономических науках, он имеет

ряд недостатков, в свою очередь мы продолжаем работать в данной сфере, изучая и рассматривая другие подходы и методы для прогнозирования эпидемиологической ситуации на примере нашей страны, выпущены следующие работы [10-15].

### Заключение

В данной статье приведена лишь часть исследования, и в данном направлении продолжается работа, конечно, данный метод имеет свои достоинства и недостатки, которые наглядно приведены в [3], однако мы не исключает применение МНК на практике и для моделирования столь сложного биологического процесса, как развитие эпидемиологии.

В мире появляются новые возбудители болезней, которые могут привести к эпидемии, есть также множество инфекционных заболеваний, которые человечеству еще предстоит победить, но и наука не стоит на месте, развивается, появляются новые методы выявления и борьбы с инфекционными заболеваниями, здесь велика роль математики и математического моделирования. Данная тема является очень обширной и актуальной, особенно в контексте нашего времени, когда человечество столкнулось от коронавирусной инфекции [11].

### Список использованных источников

- [1] Алымова Г.Н. Моделирование как метод научного познания сложных технических систем с электронным блоком управления // <https://dspace.enu.kz/handle/data/1694?show=full>
- [2] Мазуров Б.Т., Падве В.А. Метод наименьших квадратов (статика, динамика, модели с уточняемой структурой) // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Том 22, № 2. Новосибирск. – с.22-3.
- [3] Легеяда Е.П. Особенности использования метода наименьших квадратов в статистических задачах // 59- научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. 2023. Минск. с.111-113.
- [4] Чурухин В.А. Применение метода наименьших квадратов для аппроксимации периодических процессов при построении прогнозов // Записки Горного института. – 2014. – Том 208. Санкт-Петербург. – с.197-202.
- [5] Статистика по коронавирусу в Казахстане: <https://findhow.org/4268-karta-koronavirusa-covid-19-v-kazahstane.html>
- [6] Информационный портал: <https://yandex.ru/covid19/stat#development>. Коронавирус: статистика
- [7] Сервис визуализации и анализа данных: <https://datalens.yandex> Коронавирус: дашборд
- [8] Mengqiu Kong, Dongsheng Li, Daofang Zhang. Research on the Application of Improved LeastSquare Method in Linear Fitting // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Volume 252, Issue 5. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/252/5/052158>
- [9] Hasan Halit Tali, Ceren Çelti. An Approach Towards the Least-Squares Method for Simple Linear Regression. – 2022. - Vol. 2 (No. 2), pp. 38-44. <http://dergipark.org.tr/en/doi/10.54569/aaair.1032607>
- [10] Жумартова Б.О., Ысмагул Р.С. Применение SIR модели в моделировании эпидемий // международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2021. - № 12-2 (63). Новосибирск. – с.6-8. DOI <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sir-modeli-v-modelirovanii-epidemi>
- [11] Жумартова Б.О., Ысмагул Р.С. Применение SIRS и SEIR-HCD моделей в моделировании эпидемий // Вестник Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева. – 2022. – Выпуск 1 (53). Петропавловск. – с.18-23. DOI <https://vestnik.nku.edu.kz/jour/article/view/643>
- [12] Жумартова Б.О. Математическая модель безыммунной эпидемии // XVIII международная научная конференции студентов, магистрантов и молодых ученых «Ломоносов – 2023». – 2023. – 1 часть. Астана. – с.52-54.
- [13] Жумартова Б.О. Ысмагул Р.С. Математическое моделирование инфекционных заболеваний: прошлое, настоящее, будущее // Международная научно-практической конференции «Байтурсыновские чтения – 2023». – 2023. Костанай. – с.164-166.
- [14] Жумартова Б.О. Ысмагул Р.С. Применение систем дифференциальных уравнений в эпидемиологии // VII Всемирном Конгрессе математиков тюркского мира. 2023. Туркестан. с.219-225.

[15] Жумартова Б.О., Ысмагул Р.С., Утемисова А.А. Элементы корреляционного анализа для взаимосвязи жесткости карантинных мер и числа заражений коронавирусом и корью в странах Центральной Азии // IV Международный научно-исследовательский конкурс. -2023. Пенза. – с.7-10.

#### References

[1] Alymova G.N. (2012) Modelirovanie kak metod nauchnogo poznaniya slozhnykh tehnikeskikh sistem s jelektronnym blokom upravlenija [Modeling as a method of scientific knowledge of complex technical systems with an electronic control unit] <https://dspace.enu.kz/handle/data/1694?show=full> (In Russian)

[2] Mazurov B.T., Padve V.A. (2017) Metod naimen'shikh kvadratov (statika, dinamika, modeli s utochnjaemoj strukturoj) [The method of least squares (statics, dynamics, models with a specified structure)]. Vestnik SGUGiT, Tom 22, № 2, Novosibirsk, 22-3. (In Russian)

[3] Legejda E.P. (2023) Osobennosti ispol'zovaniya metoda naimen'shikh kvadratov v statisticheskikh zadachah [Features of using the method of least squares in statistical problems]. 59- nauchnaja konferenciya aspirantov, magistrantov i studentov BGUIR, Minsk, 111-113. (In Russian)

[4] Chiruhin V.A. (2014) Primenenie metoda naimen'shikh kvadratov dlja approksimacii periodicheskikh processov pri postroenii prognozov [Application of the least squares method for approximation of periodic processes in the construction of forecasts]. Zapiski Gornogo instituta, Tom 208, Sankt-Peterburg, 197-202. (In Russian)

[5] Statistika po koronavirusu v Kazahstane [Statistics on coronavirus in Kazakhstan]: <https://findhow.org/4268-karta-koronovirusa-covid-19-v-kazahstane.html> (In Russian)

[6] Informacionnyj portal [Information Portal]: <https://yandex.ru/covid19/stat#development>. Koronavirus: statistika (In Russian)

[7] Servis vizualizacii i analiza dannyh [Data visualization and analysis service]: <https://datalens.yandex> Koronavirus: dashboard (In Russian)

[8] Mengqiu Kong, Dongsheng Li, Daofang Zhang. (2019) Research on the Application of Improved LeastSquare Method in Linear Fitting. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 252, Issue 5. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/252/5/052158>

[9] Hasan Halit Tali, Ceren Çelti. (2022) An Approach Towards the Least-Squares Method for Simple Linear Regression, Vol. 2 (No. 2), 38-44. <http://dergipark.org.tr/en/doi/10.54569/aair.1032607>

[10] Zhumartova B.O., Ysmagul R.S. (2021) Primenenie SIR modeli v modelirovanii jepidemij [Application of the SIR model in epidemic modeling]. Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk. № 12-2 (63), Novosibirsk, 6-8. DOI <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sir-modeli-v-modelirovanii-epidemiy> (In Russian)

[11] Zhumartova B.O., Ysmagul R.S. (2022) Primenenie SIRS i SEIR-HCD modelej v modelirovanii jepidemij [Application of SIRS and SEIR-HCD models in epidemic modeling]. Vestnik Severo-Kazahstanskogo universiteta im. M. Kozybaeva, Vypusk 1 (53), Petropavlovsk, 18-23. DOI <https://vestnik.nku.edu.kz/jour/article/view/643> (In Russian)

[12] Zhumartova B.O. (2023) Matematicheskaja model' bezymunnoj jepidemii [Mathematical model of an immune epidemic]. XVIII mezhdunarodnaja nauchnoj konferencii studentov, magistrantov i molodyh uchenyh «Lomonosov – 2023», 1 chast', Astana., 52-54. (In Russian)

[13] Zhumartova B.O., Ysmagul R.S. (2023) Matematicheskoe modelirovanie infekcionnyh zabolevanij: proshloe, nastojashhee, budushhee [Mathematical modeling of infectious diseases: past, present, future]. Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskoy konferencii «Bajtursynovskie chteniya – 2023», Kostanaj, .164-166. (In Russian)

[14] Zhumartova B.O., Ysmagul R.S. (2023) Primenenie sistem differencial'nyh uravnenij v jepidemiologii [Application of systems of differential equations in epidemiology]. VII Vsemirnomyj Kongress matematikov tjurkskogo mira, Turkestan, 219-225. (In Russian)

[15] Zhumartova B.O., Ysmagul R.S., Utemisova A.A. (2023) Jelementy korreljacionnogo analiza dlja vzaimosvjazi zhestkosti karantinnyh mer i chisla zarazhenij koronavirusom i kor'ju v stranah Central'noj Azii [Elements of correlation analysis for the relationship between the severity of quarantine measures and the number of coronavirus and measles infections in Central Asian countries]. IV Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij konkurs, Penza, 7-10. (In Russian)

**Ш.Д. Махмудова<sup>1</sup>, А.Д. Махмудов<sup>2</sup>, А. Н. Уразгалиева<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Западнo-Казакштанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, г. Уральск, Казакштан

<sup>2</sup> Западнo-Казакштанский инновационно-технологический университет, г. Уральск, Казакштан

\*e-mail: urazgalieva.akmaral@mail.ru

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОСВОБОЖДЕНИЯ ОТ СВЯЗЕЙ К ЧАСТНЫМ ПОСТАНОВКАМ ЗАДАЧ**

#### *Аннотация*

Динамические системы, приводящие к задачам оптимального управления, протекающие в зависимости от времени представляют значительный интерес. Исследования различных процессов в сложных системах, в том числе информационных, характеризуются конфликтным характером принятия решения или условиями неопределенности. В качестве сложных систем можно рассматривать реальные системы: в экономике – это предприятия и отрасли, в социальной жизни – это различные коллективы, группы, сообщества. При исследовании сложных систем достаточно широко применяется теория игр. В условиях неопределенности, принимающий решение «игрок» располагает лишь информацией о множестве возможных стратегий (ситуаций), которые он может принять и о количественной мере «выигрыша», который он может получить, при выборе той ситуации, в которой он находится в данный момент. Данная статья дополняет и дает более полное представление о методе освобождения от связей на примере некоторых постановок задач. В частности, будет проведено исследование дифференциальных игр с фазовыми ограничениями.

*Ключевые слова:* дифференциальная игра; динамические системы; равновесная ситуация; оптимальное управление; принцип аналитической механики; дельта-функция Дирака; принцип максимума Понтрягина; тета-функция Хевисайда; функция Понтрягина.

**Ш.Д. Махмудова<sup>1</sup>, А.Д. Махмудов<sup>2</sup>, А.Н. Уразгалиева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті, Орал қ., Қазақстан

### **БАЙЛАНЫСТАРДАН ҚҰТЫЛУ ӘДІСІН ЕСЕПТЕРДІҢ ДЕРБЕС ҚОЙЫЛЫМДАРЫНА ҚОЛДАНУ**

#### *Аңдатпа*

Уақыт функциясы ретінде пайда болатын оңтайлы басқару есептеріне әкелетін динамикалық жүйелер маңызды қызығушылық тудырады. Күрделі жүйелердегі, соның ішінде ақпараттық жүйелердегі әртүрлі процестерді зерттеу шешім қабылдаудың қақтығыс сипатымен немесе белгісіздік жағдайларымен сипатталады. Нақты жүйелерді күрделі жүйелер ретінде қарастыруға болады: экономикада бұл кәсіпорындар мен салалар, әлеуметтік өмірде бұл әртүрлі ұжымдар, топтар, қауымдастықтар. Ойын теориясы күрделі жүйелерді зерттеуде кеңінен қолданылады. Белгісіздік жағдайында шешім қабылдаушы «ойыншы» тек қана өзі қабылдай алатын ықтимал стратегиялар (жағдайлар) жиыны мен қазіргі уақытта орналасқан жағдайды таңдау кезінде ала алатын «жеңістің» сандық өлшемі туралы ақпаратқа ие болады. Бұл мақала кейбір есептердің қойылу мысалдарын пайдалана отырып, байланыстардан құтылу әдісін толықтырады және толық түсінік береді. Атап айтқанда, фазалық шектеулері бар дифференциалды ойындарды зерттеу жүргізіледі.

*Түйін сөздер:* дифференциалды ойын; динамикалық жүйелер; тепе-теңдік жағдайы; оңтайлы басқару; аналитикалық механика принципі; Дирактың дельта функциясы; Понтрягиннің максималды принципі; Хевисайдтің тета функциясы; Понтрягин функциясы.

Sh.D. Makhmudova<sup>1</sup>, A.D. Makhmudov<sup>2</sup>, A.N. Urazgalieva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zhangir Khan West Kazakhstan agrarian-Technical university, Uralsk, Kazakhstan

<sup>2</sup>West Kazakhstan Innovation and Technological University, Uralsk, Kazakhstan

## APPLICATION OF THE METHOD OF LIBERATION FROM CONNECTIONS TO PARTICULAR STATEMENTS OF PROBLEMS

### Abstract

Dynamic systems leading to optimal control problems occurring as a function of time are of significant interest. Studies of various processes in complex systems, including information systems, are characterized by the conflict nature of decision-making or conditions of uncertainty. Real systems can be considered as complex systems: in economics these are enterprises and industries, in social life these are various teams, groups, communities. Game theory is widely used in the study of complex systems. Under conditions of uncertainty, the decision-making “player” only has information about the set of possible strategies (situations) that he can adopt and the quantitative measure of “winning” that he can receive when choosing the situation in which he is currently located. This article complements and gives a more complete understanding of the method of freeing from connections using the example of some problem statements. In particular, a study of differential games with phase constraints will be carried out.

*Keywords:* differential game; dynamic systems; equilibrium situation; optimal control; principle of analytical mechanics; Dirac's delta function; Pontryagin's maximum principle; Heaviside's theta function; Pontryagin's function.

### Введение

По определению Н.Н. Воробьева «Теория игр – теория математических моделей принятия оптимальных решений в условиях конфликтов и неопределенности» [1-3].

Об актуальности задач динамического программирования в экономических и технических задачах, где изменение моделирующего процесса проходит в зависимости от времени и о влиянии времени на критерий оптимальности, говорится в работе [4-5].

В игровых задачах ограничения (связи) можно включать в целевой функционал, тем самым релаксируя ограничения. Исследование подобных задач было приведено в работах [6-8].

Для полноты изложения и более полного представления о предлагаемом подходе (методе освобождения от связей) в этой статье рассмотрим различные частные постановки задач теории дифференциальных игр. Исследование этих задач будем проводить, опираясь на рассуждения двух статей [6,8]. Здесь будет проведено исследование дифференциальных игр с фазовыми ограничениями, дифференциальных игр с «расщепляющимися» [9] функциями, определяющих дифференциальную игру, дифференциальные игры двух игроков с противоположными интересами и в заключении статьи приведем примеры, иллюстрирующие предложенный метод исследования необходимых условий существования ситуации равновесия в бескоалиционных дифференциальных играх нескольких лиц.

### Методология исследования

В дифференциальной игре  $N$  лиц, состояние которой характеризуется в каждый момент времени  $t$  фазовым вектором  $x(t) = (x^{(1)}(t), \dots, x^{(n)}(t))$  пространства  $R^n$  ( $R^n$  –  $n$ -мерное евклидово пространство с нормой  $\|x\|_{R^n} = (\sum_{j=1}^n x_j^2)^{\frac{1}{2}}$ ), изменяющимся в соответствии с дифференциальным уравнением (связями) в векторной форме:

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t), u_1(t), \dots, u_i(t), \dots, u_N(t)), t \in [t_0, t_f] \quad (1)$$

При заданных начальных условиях

$$x(t_0) = x_0 \quad (2)$$

Программная стратегия  $u_i(t)$ ,  $t \in [t_0, t_f]$   $i$ -го участника называется допустимой, если  $u_i(t)$  – кусочно-непрерывная функция, а значения стратегии  $u_i(t)$  в каждый момент времени  $t$  принадлежит некоторому заданному компактному множеству  $U_i(t)$  в евклидовом пространстве  $R^{r_i}$  (удовлетворяет «геометрическому» ограничению):

$$u_i(t) \in U_i(t), t \in [t_0, t_f], i = \overline{1, N}. \quad (3)$$

Определим множество

$$D = \{u_i(\cdot) / u_i(t) \in U_i(t), i = \overline{1, N}, t \in T, u(\cdot) \mapsto x(\cdot)\}, \quad (4)$$

На множестве  $D$  зададим функционал

$$I_i(u(\cdot)) = g_i(x(t_f)) + \int_{t_0}^{t_f} h_i(t, x(t), u_1(t), \dots, u_i(t), \dots, u_N(t)) dt, \quad (5)$$

который примем за функцию выигрыша  $i$ -го игрока [6].

Здесь в качестве ограничений рассматривались ограничения только в стратегии  $u_i(t)$ ,  $i = \overline{1, N}$  игроков (3). На возможные значения фазовых переменных  $x(t)$  ограничения не накладывались (если не считать ограничений типа  $g_0(x(t_f)) = 0$ , т.е. область изменения фазовой переменной совпадала со всем пространством  $R^n$ ).

В данной статье рассмотрим игру, в которой ограничены не только области возможных значений игроков, но и область возможных значений фазовой переменной  $x(t)$  (траекторий дифференциальной игры [10]).

Условия ограниченности фазовой переменной может интерпретироваться как ограничение на запасы механической прочности объекта, на его термическую прочность, нежелания попасть в «опасную» зону и т.д.

Итак, определим бескоалиционную дифференциальную игру  $N$  лиц с фазами ограничениями. Будем рассматривать случай автономной системы, т.е. неявной зависимости всех функций, определяющих игру от переменной  $t$  (для упрощения преобразований). Пусть дифференциальная игра определяется следующей системой дифференциальных уравнений в векторной форме:

$$\dot{x}(t) = f(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)), t \in T = [t_0, t_f] \quad (6)$$

с фиксированными начальным и конечным моментами времени  $t_0, t_f$  и заданным начальным условием (2). И ограничениями на стратегии игроков (3).

Пусть траектория (фазовая переменная)  $x(t) = (x^{(1)}(t), \dots, x^{(n)}(t))$  системы (6), при начальных условиях (2) принадлежит некоторой замкнутой области  $B$ , определяемой условием:

$$b(x(t)) \leq 0. \quad (7)$$

Область  $B$  - ограничена с гладкой границей  $b(x) = 0$ . Скалярная функция  $b(x)$  имеет частные производные по  $x^{(j)}$ ,  $j = \overline{1, n}$  до второго порядка и вектор:

$$\text{grad } b(x) = \frac{\partial b(x)}{\partial x} = \left( \frac{\partial b(x)}{\partial x^{(1)}}, \dots, \frac{\partial b(x)}{\partial x^{(n)}} \right)$$

нигде на границе области  $B$  не обращается в нуль. Если область совпадает со всем пространством  $R^n$ , то получим дифференциальную игру (1) – (5)

Функция  $f(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)) = (f^{(1)}(*), \dots, f^{(n)}(*))$ , скалярные функций  $f^{(j)}(*), j = \overline{1, n}$  – непрерывны, непрерывно-дифференцируемы по координатам векторов  $x(t)$  на  $B \times U_1(t) \times \dots \times U_N(t)$ . Определим множество

$$\widehat{D} = \{u_1(\cdot), \dots, u_N(\cdot) | u_i(t) \in U_i(t), i = \overline{1, N}, t \in T, u(\cdot) \xrightarrow{B} x(\cdot)\}.$$

Здесь и далее символ  $u(\cdot) \xrightarrow{B} x(\cdot)$  означает, что стратегия  $u(\cdot)$  порождает в соответствии с условиями (6), при начальных условиях (2) траекторию  $x(\cdot)$ , удовлетворяющую ограничению (7). На множестве  $\widehat{D}$  введем функционал

$$I_i(u_1(\cdot), \dots, u_N(\cdot)) = g_i(x(t_f)) + \int_{t_0}^{t_f} h_i(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)) dt, i = \overline{1, N}, \quad (8)$$

который прием за функцию выигрыша  $i$ -го игрока. Здесь  $g_i(x(t_f)), h_i(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t))$  – скалярные функции, непрерывно-дифференцируемые по всем координатам векторов  $x(t)$  и  $u_1(t), \dots, u_N(t)$  на  $B$  и  $B \times U_1(t) \times \dots \times U_N(t)$  соответственно.

Условия, наложение на функции  $g_i(x(t_f)), h_i(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)), (i = \overline{1, N})$  обеспечивают существование, ограниченность функционала (8). Определим множество

$$\widehat{D}_i(u^p(\cdot) | u_i(\cdot)) = \{u_i(\cdot) | (u^p(\cdot) // u_i(\cdot)) \in \widehat{D}\}, i = \overline{1, N}.$$

*Определение 1.* Допустимую ситуацию назовем равновесной ситуаций и обозначим  $u^p(\cdot) = u_1^p(\cdot), \dots, u_N^p(\cdot)$ , если справедливо соотношение:

$$I_i(u^p(\cdot)) = \max_{u_i(\cdot) \in \widehat{D}_i(u^p(\cdot) | u_i(\cdot))} I_i(u^p(\cdot) // u_i(\cdot)), i = \overline{1, N}. \quad (9)$$

Траекторию  $x^p(\cdot)$  удовлетворяющую (7) и такую, что  $u^p(\cdot) \xrightarrow{B} x^p(\cdot)$ , назовем равновесной траекторией игры.

В оптимальном управлении [10], при исследовании задач с фазовыми ограничениями, обычно отдельно определяют условия существования участков оптимальной траекторий, лежащих внутри области допустимых значений фазовой переменной, отдельно – для участков траектории, целиком лежащих на границе области, затем производить их стыковку. При этом, естественно возникает необходимость задания определенной структуры траектории, что ограничивает круг задач.

Рассматриваемый подход лишен указанных недостатков: он не требует каких-либо дополнительных ограничений на структуру траектории. В работе получены условия – единые как для внутренних, так и для граничных участков траектории, но из которых можно выделить отдельно условия для различных отрезков траектории.

По предположению функция  $b(x)$ , определяющая область  $B$ , дифференцируема всюду, т.е. существует

$$\frac{d}{dt} b(x(t)) = \sum_{j=1}^n \frac{\partial b(x(t))}{\partial x^{(j)}} f^{(j)}(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)). \quad (10)$$

Введем обозначение

$$p(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)) = \sum_{j=1}^n \frac{\partial b(x(t))}{\partial x^{(j)}} f^{(j)}(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)), \quad (11)$$

будем считать функцию  $p(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t))$  – дифференцируемой по переменной  $x$ .

Очевидно, что функция  $p(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t))$ , обращается в нуль для той части траектории  $x(\cdot)$  системы (6), при условиях (2), которая целиком лежит на границе  $b(x(t)) = 0$  области  $V$ .

Ограничение (7) можно представить в другом виде с использованием введенного обозначения (11), и через тета-функцию Хевисайда [11-13] следующим образом:

$$\theta(b(x))_{p(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t))} = 0 \quad (12)$$

По принципам аналитической механики и условиям равновесия, составим для каждого игрока функционал типа

$$S_i^{u_i(\cdot)}(x(\cdot), u_1(\cdot), \dots, u_N(\cdot), \psi_i(\cdot)) = g_i(x(t_f)) + \int_{t_0}^{t_f} \{ \psi_i(t) [f(t, x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)) - \dot{x}(t)] + h_i(t, x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)) \} dt, i = \overline{1, N},$$

в который помимо ограничений (6), наложенных на фазовые переменные, включим и ограничение (12), т.е. применим метод освобождения от связей:

$$S_i^{u_i(\cdot)}(x(\cdot), u_1(\cdot), \dots, u_N(\cdot), \psi_i(\cdot)) = g_i(x(t_f)) + \int_{t_0}^{t_f} \left\{ \psi_i(t) [f(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)) - \dot{x}(t)] + h_i(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)) + \lambda_i \theta(b(x))_{p(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t))} \right\} dt, i = \overline{1, N}. \quad (13)$$

Здесь сопряженные переменные  $\psi_i(t) = (\psi_i^{(1)}(t), \dots, \psi_i^{(n)}(t))$  – кусочно-непрерывные вектор-функции,  $\lambda_i, i = \overline{1, N}$  – ненулевые множители.

Преобразуем подинтегральное выражение в функционале (13), применив к нему правило интегрирования по частям, а затем поварьируем по фазовой переменной. Вариацию функционала  $S_i^{u_i(\cdot)}(*)$  будем проводить на ситуаций равновесия  $u^p(\cdot)$  и при этом используем правило дифференцирования функции Хевисайда [11-13]. Тогда получим:

$$\delta_x S_i^{u_i(\cdot)}(x(\cdot), u^p(\cdot), \psi_i(\cdot)) = \left[ \frac{\partial g_i(x(t_f))}{\partial x} - \psi_i(t_f) \right] \delta x(t_f) + \int_{t_0}^{t_f} \left\{ \psi_i(t) + \frac{\partial f(*)}{\partial x} \psi_i(t) + \frac{\partial h_i(x)}{\partial x} + \lambda_i \frac{\partial p(x(t), u_i^p(t), \dots, u_N^p(t))}{\partial x} \theta(b(x)) + \lambda_i p(x(t), u_i^p(t), \dots, u_N^p(t)) \frac{\partial b(x)}{\partial x} \tilde{\delta}(b(x)) \right\} \delta x dt, i = \overline{1, N}.$$

где  $\tilde{\delta}(t)$  – дельта-функция Дирака[11-13].

Рассуждая, придем к тому, что вариация функционала по (13) по фазовой переменной на равновесной ситуации  $u^p(\cdot)$ , вдоль равновесной траекторий системы  $x^p(\cdot)$  (6), (2), равна нулю, т.е.

$$\delta_x S_i^{u_i(\cdot)}(x^p(\cdot), u_i^p(\cdot), \dots, u_N^p(\cdot), \psi_i(\cdot)) = 0, i = \overline{1, N}$$

Из последнего равенства, в силу произвольности выбора сопряженных переменных  $\psi_i(t)$ , ( $i = \overline{1, N}$ ), множителей  $\lambda_i$  ( $i = \overline{1, N}$ ), вариаций (виртуальных смещений)  $\delta x$ , получим систему условий, которой удовлетворяют сопряженные:



$$\begin{aligned} \dot{\psi}_i(t) = & -\frac{\partial f(x^p(t), u^p(t))}{\partial x} \psi_i(t) - \frac{\partial h_i(x^p(t), u^p(t))}{\partial x} + \lambda_i \frac{\partial p(x^p(t), u^p(t))}{\partial x} \theta(b(x)) - \\ & - \lambda_i p(x^p(t), u^p(t)) \tilde{\delta}(b(x)), t \in [t_0, t_f], \\ \psi_i(t_f) = & \frac{\partial g_i(x(t_f))}{\partial x}, i = \overline{1, N} \end{aligned} \quad (14)$$

$\tilde{\delta}(x)$  – дельта-функция Дирака.

Согласно принципу виртуальных перемещений на любых малых вариаций равновесной стратегии  $i$ -го игрока, согласованных с ограничениями (3), при фиксированных  $u_j^p(\cdot)$ ,  $j = \overline{1, N}$ ,  $j \neq i$  на равновесной траектории, справедливо условие:

$$\delta_{u_i} S_i^{u_i(\cdot)}(x^p(\cdot), u^p(\cdot), \psi_i(\cdot)) \leq 0, i = \overline{1, N}$$

которое равносильно следующему:

$$\max_{u_i(\cdot) \in U_i} S_i^{u_i(\cdot)}(x^p(\cdot), u^p(\cdot) // u_i(\cdot), \psi_i(\cdot)) = S_i^{u_i(\cdot)}(x^p(\cdot), u^p(\cdot), \psi_i(\cdot)), i = \overline{1, N}.$$

Расписав функционал  $S_i^{u_i(\cdot)}(*)$  по формуле (13) и применив (1), аналогично принципу максимума Понтрягина

$$\Pi_i(t, x^p(t), u^p(t), \psi_i(t)) = \max_{u_i(t) \in U_i(t)} \{ \Pi_i(t, x^p(t), u^p(t) // u_i(t), \psi_i(t)),$$

получим условие:

$$\begin{aligned} \Pi_i(x^p(t), u^p(t), \psi_i(t)) + \lambda_i \theta(b(x)) \sum_{j=1}^n \frac{\partial b(x)}{\partial x^{(j)}} \cdot f^{(j)}(x^p(t), u^p(t), \psi_i(t)) = \\ = \max_{u_i(t) \in U_i(t)} \{ \Pi_i(x^p(t), u^p(t) // u_i(t), \psi_i(t)) + \\ + \lambda_i \theta(b(x)) \sum_{j=1}^n \frac{\partial b(x)}{\partial x^{(j)}} \cdot f^{(j)}(x^p(t), u^p(t) // u_i(t)) \}, t \in T. \end{aligned} \quad (15)$$

### Результаты исследования

Таким образом, справедлива следующая теорема.

*Теорема 1.* Для того чтобы ситуация  $u^p(\cdot)$  и соответствующая траектория  $x^p(\cdot)$  в дифференциальной игре (6) – (8) были равновесными, необходимо существования кусочно-непрерывных сопряженных функций  $\psi_i(\cdot)$ ,  $i = \overline{1, N}$ , удовлетворяющих условиям (14) и в каждый момент времени отрезка  $[t_0, t_f]$  выполнение соотношения (15).

Сформулированная теорема содержит условия, которым удовлетворяют сопряженные переменные, соответствующие равновесным траекториями и условия типа принципа максимума Понтрягина, выполнимые как на границе области  $B$ , так и в открытом ядре области  $B$ . Напомним, что ядром (открытым ядром) области (множества) называется совокупность всех внутренних точек области (множества) [14].

Теперь будем рассматривать траектории специальной структуры: траектории, которые можно разбить на конечное число участков, каждый из которых целиком лежит либо на границе  $b(x) = 0$  области  $B$ , либо внутри ядра области  $B$ , за исключением, быть может, своих концов. Для траекторий с такой структурой, из полученных выше условий (14) и (15) можно выделить системы необходимых условий для участков траекторий, целиком лежащих на границе  $b(x) = 0$  области  $B$ , для участков траекторий, целиком лежащих в открытом ядре области  $B$  и получить условия в точках стыка [10].

*Определение 2.* Под точкой стыка будем понимать такую точку  $x(\tau)$  траектории  $x(\cdot)$  системы (6), при начальных условиях (2), лежащую на границе  $b(x) = 0$  области  $B$ , если  $t_0 < \tau < t_f$  и существует бесконечно малая константа  $\varepsilon > 0$ , такая, что один из участков траектории  $x(t)$  при  $\tau - \varepsilon < t < \tau$  или при  $\tau < t < \tau + \varepsilon$  лежит в открытом ядре области  $B$ . Момент времени  $\tau$  называют моментом стыка.

Из условий (12) можно выделить условия, определяющие ядро области  $B$ :

$$\begin{cases} b(x) < 0 \\ p(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)) = 0 \end{cases} \quad (16)$$

и условия, определяющие границу области  $B$ :

$$\begin{cases} \theta(b(x)) = 1 \\ p(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)) = 0 \end{cases} \quad (17)$$

Согласно (16) внутри области  $B$   $\theta(b(x))$  – тета-функция Хевисайда,  $\delta(b(x))$  – дельта-функция Дирака равны нулю, функция  $p(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t))$  отлична от нуля. Тогда из системы (14) получим условия, которым удовлетворяют непрерывные вектор функции  $\psi_i(t)$ ,  $i = \overline{1, N}$  внутри открытого ядра области  $B$ :

$$\begin{aligned} \dot{\psi}_i(t) &= -\frac{\partial f(x^p(t), u^p(t))}{\partial x} \psi_i(t) - \frac{\partial h_i(x^p(t), u^p(t))}{\partial x}, t \in [t_0, t_f], \\ \psi_i(t_f) &= \frac{\partial g_i(x(t_f))}{\partial x}, i = \overline{1, N} \end{aligned}$$

и которые совпадают с условиями

$$\dot{\psi}_i(t) = -\frac{\partial f(t, x^p(t), u^p(t))}{\partial x} \psi_i(t) - \frac{\partial h_i(t, x^p(t), u^p(t))}{\partial x}$$

и с граничным условием

$$\psi_i(t_f) = -\frac{\partial g_i(x(t_f))}{\partial x}, i = \overline{1, N}.$$

Из условий (15) следует, что на ситуации равновесия  $u^p(\cdot)$  вдоль отрезка равновесной траектории  $x^p(\cdot)$ , целиком лежащей в открытом ядре области  $B$ , функция Понтрягина  $i$ -го игрока достигает своего максимума, т.е. справедливо условие

$$\Pi_i(t, x^p(t), u^p(t), \psi_i(t)) = \max_{u_i(t) \in U_i(t)} \{\Pi_i(t, x^p(t), u^p(t) // u_i(t), \psi_i(t))\}.$$

Тем самым мы показали, что внутри ядра области  $B$  выполняется следующая теорема.

*Теорема 2.* Пусть функции  $f(t, x(t), u_1(t), \dots, u_N(t))$ ,  $h(t, x(t), u_1(t), \dots, u_N(t))$  имеют производные по переменной  $x$  и непрерывны вместе с этими производными по совокупности аргументов  $(t, x^p(t), u^p(t), \psi_i(t)) \in T \times R^N \times U_1(t) \times \dots \times U_N(t)$ ;  $g_i(x(t_f))$ ;  $i = \overline{1, N}$  – непрерывно-дифференцируемые функции  $x$ .

Если  $(u_1^p(\cdot), \dots, u_N^p(\cdot), \psi_i(\cdot))$  – ситуация равновесия в игре (1) – (5),  $x^p(\cdot)$  – соответствующая равновесная траектория системы, тогда существуют непрерывные функции  $\psi_i(\cdot), i = \overline{1, N}$ , соответствующие равновесной ситуации  $u^p(\cdot)$  и равновесной траектории  $x^p(\cdot)$ , которые являются решениями сопряженной системы

$$\dot{\psi}_i(t) = -\frac{\partial f(t, x^p(t), u^p(t))}{\partial x} \psi_i(t) - \frac{\partial h_i(t, x^p(t), u^p(t))}{\partial x}$$

с граничным условием

$$\psi_i(t_f) = -\frac{\partial g_i(x(t_f))}{\partial x}, i = \overline{1, N},$$

и при каждом  $t \in T$  имеет место условие

$$\Pi_i(t, x^p(t), u^p(t), \psi_i(t)) = \max_{u_i(t) \in U_i(t)} \{ \Pi_i(t, x^p(t), u^p(t) // u_i(t), \psi_i(t) \}.$$

Далее выделим из системы условий (14) и (15) необходимые условия существования ситуации равновесия  $u^p(\cdot)$  и соответствующего отрезка равновесной траектории  $x^p(\cdot)$ , который целиком лежит на границе  $b(x) = 0$  области  $B$ . А также получим условия сопряжения равновесных отрезков траектории, т.е. условия, которым удовлетворяют участки равновесной траектории, один из которых лежит в открытом ядре области  $B$ , а другой – на ее границе. Такие условия называются условиями скачка в момент стыка [10].

В дальнейшем изложении, для упрощения рассуждений, будем предполагать, что на отрезке времени  $[t_0, t_f]$ , имеется конечное число точек, в которых происходит выход траектории  $x(\cdot)$  системы (6), при начальных условиях (2) на границу  $b(x) = 0$  области  $B$  и сход с нее, т.е. рассмотрим случай с конечным числом моментов стыка. Пусть отрезок времени  $[t_0, t_f]$  содержит один момент  $t'$  выхода траектории  $x(\cdot)$  на границу  $b(x) = 0$  области  $B$  и один момент  $t''$  схода траектории с нее.

Траектория  $x(t), t \in (t', t'')$  системы (6) удовлетворяет уравнению  $b(x) = 0$ , т.е. целиком лежит на границе области  $B$ .

Для этого отрезка времени из условия (17) и по определению тета-функция  $\theta(b(x))$  Хевисайда отлична от нуля и принимает всюду значение равное единице. Функция  $p(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t))$  из (11) обращается в нуль, для траектории  $x(t), t \in (t', t'')$ . Используя определения

$$\Pi_i(t, x(t), u_1(t), \dots, u_N(t), \psi_i(t)) = h_i(t, x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)) + \psi_i(t) f(t, x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)),$$

$i = \overline{1, N}$  функции Понтрягина  $\Pi_i(*)$  для  $i$ -го игрока из условия (16) получим систему

$$\dot{\psi}_i(t) = -\frac{\partial \Pi_i(x^p(t), u^p(t), \psi_i(t))}{\partial x} \psi_i(t) - \lambda_i \frac{\partial p(x^p(t), u^p(t))}{\partial x}, t \in (t', t''), i = \overline{1, N} \quad (18)$$

Из условия (15) следует, что на границе  $b(x) = 0$  области  $B$  выполняются условия аналогичные принципу максимума Понтрягина:

$$\begin{aligned} \Pi_i(x^p(t), u^p(t), \psi_i(t)) + \lambda_i \sum_{j=1}^n \frac{\partial b}{\partial x^{(j)}} \cdot f^{(j)}(x^p(t), u^p(t), \psi_i(t)) = \\ = \max_{u_i(t) \in U_i(t)} \{ \Pi_i(x^p(t), u^p(t) // u_i(t), \psi_i(t)) + \\ + \lambda_i \sum_{j=1}^n \frac{\partial b}{\partial x^{(j)}} \cdot f^{(j)}(x^p(t), u^p(t) // u_i(t), \psi_i(t)) \}, i = \overline{1, N} \end{aligned} \quad (19)$$

Теперь из системы (14) выделим условия скачка, т.е. условия, которые выполняются в момент времени  $t$ , совпадающего со значением  $t'$  либо с  $t''$ . Для определённости, предположим, что  $t$  совпадает с моментом  $t'$  выхода траектории на границу области  $B$ .

В силу наличия в первом равенстве системы (14) слагаемого с дельта-функции Дирака, переменные  $\psi_i(t)$ ,  $i = \overline{1, N}$  терпят разрыв (имеют скачок). Функцию  $b(x)$  в момент  $t'$  представим через функцию  $p(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t))$ , используя правило разложения в ряд Маклорена [15] в виде:

$$b(x(t)) = p(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t))(t - t') + 0(t - t').$$

Тогда с учетом свойств дельта-функции Дирака  $\delta(b(x))$  выражение

$$\lambda_i p(x(t), u_1(t), \dots, u_N(t)) \frac{\partial b(x)}{\partial x} \delta(b(x))$$

преобразуем к виду  $\lambda_i \frac{\partial b(x)}{\partial x} \delta(t - t')$ , поэтому скачок функции  $\psi_i(t)$ ,  $i = \overline{1, N}$  в момент времени  $t'$  будет равен  $\lambda_i \frac{\partial b(x)}{\partial x}$ . Отсюда получим условие скачка для сопряженной переменной в виде:

$$\psi_i(t' + 0) - \psi_i(t' - 0) = \lambda_i \frac{\partial b(x)}{\partial x}, i = \overline{1, N} \quad (20)$$

### Заключение

Сформулируем результат данной статьи, объединив полученные выше результаты.

*Теорема 3.* Если  $u^p(\cdot)$  – равновесная ситуация,  $x^p(\cdot)$  – соответствующая равновесная траектория в дифференциальной игре (6) – (8), то существуют сопряженные вектор-функции  $\psi_i(t)$ ,  $i = \overline{1, N}$  такие, что:  $\forall t \in [t_0, t_f] \cup (t', t'')$  функции  $\psi_i(t)$ ,  $i = \overline{1, N}$  – непрерывно-дифференцируемые функции удовлетворяющие условиям

$$\dot{\psi}_i(t) = - \frac{\partial f(t, x^p(t), u^p(t))}{\partial x} \psi_i(t) - \frac{\partial h_i(t, x^p(t), u^p(t))}{\partial x}$$

с граничным условием

$$\psi_i(t_f) = - \frac{\partial g_i(x(t_f))}{\partial x}, i = \overline{1, N},$$

и выполняются условия

$$\Pi_i(t, x^p(t), u^p(t), \psi_i(t)) = \max_{u_i(t) \in U_i(t)} \{ \Pi_i(t, x^p(t), u^p(t) // u_i(t), \psi_i(t)) \};$$

$\forall t \in (t', t'')$  функции  $\psi_i(t)$ ,  $i = \overline{1, N}$  – непрерывно дифференцируемые функции, удовлетворяют условиям (18) и выполняются соотношения (19).

В точке  $t'$  (или  $t''$ ) справедливо условие (20).

Отметим, что исследованию необходимых условий существования ситуации равновесия в дифференциальных играх с фазовыми ограничениями типа (7) практически не уделено внимания в литературе.

#### Список использованных источников

- [1] Воробьев, Н. Н. Основы теории игр. Бескоалиционные игры / Н. Н. Воробьев. - М.: Наука, 1984. – 496 с.
- [2] Воробьев, Н. Н. Современное состояние теории игр / Н. Н. Воробьев // Успехи мат. наук. - 1970. - Т. 25, № 2. - С. 81-140.
- [3] Сорокин В. А. Сравнение принципов оптимальности для кооперативных игр на графах / Сорокин В. А., Сизов Н. А., Дурандин Д. П., Боган М. В. // Молодой ученый. - 2019. - №26(264). - С. 14-16.
- [4] Нуралин, Б.Н. Методы математического моделирования и параметрической оптимизации технологических процессов в инженерных расчетах. Учебное пособие / Б.Н. Нуралин, В.С. Кухта // Алматы: Альманахъ. – 2019. - 286 с.
- [5] Гордин В. А. Дифференциальные и разностные уравнения. Какие явления они описывают и как их решить / В. А. Гордин. - М.: Учебники Высшей школы экономики. - 2016. – 235 с.
- [6] Махмудова Ш.Д. Главная функция Гамильтона и необходимые условия существования ситуации равновесия в форме уравнений Гамильтона-Якоби / Ш.Д. Махмудова, А.Н. Уразгалиева // Вестник КазНПУ им.Абая. - 2021. - №1. - С. 31.
- [7] Махмудова Ш.Д. Достаточные условия существования ситуации равновесия в форме уравнений Гамильтона-Якоби / Ш.Д. Махмудова, А.Д. Махмудов, А.Н. Уразгалиева // Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. -2022. - № 2(84). - С. 183-194.
- [8] Махмудова Ш.Д. Принцип Кротова и равновесные ситуации в дифференциальных играх / Ш.Д. Махмудова, А.Д. Махмудов, Уразгалиева А.Н. // Вестник КазНПУ имени Абая - серия «физико-математические науки». - №4 – 2022 - С. 26-33
- [9] Вайсборд Э.И. Введение в дифференциальные игры нескольких лиц и их приложения / Вайсборд Э.И., Жуковский В.И. - М.: Советское радио. - 1980. - 304 с.
- [10] Понтрягин Л.С. К теории дифференциальных игр / Понтрягин Л.С. // Успехи математических наук. - 1966. - Т.21. №4. - С.219-274
- [11] Владимиров В.С. Обобщенные функции в математической физике / Владимиров В.С. – М.: Наука. - 1976. – 280 с.
- [12] Ландау Л.Д. Теоретическая физика в 10 томах. т.1. Механика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. // М.: Физматлит. - 2018. - 224 с.
- [13] Бертяев В.Д. Теоретическая и аналитическая механика. Учебно-исследовательская работа студентов: Учебное пособие / В.Д. Бертяев, В.С. Ручинский. // СПб.: Лань. - 2019. - 424 с.
- [14] Малафеев О.А. Достаточные условия равновесности в дифференциальных играх со многими участниками / Малафеев О.А. // Математические методы оптимизации. – Калинин. - 1985. - С. 37-45
- [15] Никольский М.С. Нестационарные линейные дифференциальные игры / Никольский М.С. // Кибернетика. - 1970. - №6. С. 98-101.

#### References

- [1] Vorob'ev, N. N. (1984) *Osnovy teorii igr. Beskoalicionnyye igry* [Fundamentals of game theory. Non-cooperative games] M.: Nauka (in Russian).
- [2] Vorob'ev, N. N. (1970) *Sovremennoe sostojanie teorii igr* [Current state of game theory] *Uspehi mat. Nauk*, 2, 81-140 (in Russian).
- [3] Sorokin, V. A., Sizov, N. A., Durandin, D. & P., Bogan, M. V. (2019) *Sravneniye printsipov optimal'nosti dlya kooperativnykh igr na grafakh* [Comparison of the principles of optimality for cooperative games on graphs] *Young scientist*, 26, 14-16 (in Russian).
- [4] Nuralin, B.N., & Kuhta, V.S. (2019) *Metody matematicheskogo modelirovaniya i parametricheskoy optimizacii tehnologicheskikh processov v inzhenernyh raschetah. Uchebnoe posobie* [Methods of mathematical

modeling and parametric optimization of technological processes in engineering calculations. Tutorial] Almaty. Al'manah (in Russian).

[5] Gordin, V. A. (2016). *Differencial'nye i raznostnye uravnenija. Kakie javlenija oni opisывajut i kak ih reshit* [Differential and difference equations. What phenomena do they describe and how to solve them]. M.: Uchebniki Vysshej shkoly jekonomiki (in Russian).

[6] Makhmudova, Sh.D. & Urazgalieva, A.N. (2021). *Osnovnaya funktsiya Gamil'tona i neobkhodimyye usloviya sushchestvovaniya situatsii ravnovesiya v vide uravneniy Gamil'tona-Yakobi* [Hamilton's principal function. Necessary conditions for the existence of equilibrium in the form of hamilton-jacobi equations] *Vestnik KazNPU imeni Abaya*, 1, 31 (in Russian).

[7] Makhmudova Sh.D. & Urazgalieva, A.N. (2022) *Dostatochnyye usloviya sushchestvovaniya situatsii ravnovesiya v forme uravneniy Gamil'tona-Yakobi* [Sufficient conditions for the existence of an equilibrium situation in the form of the Hamilton-Jacobi equations] *Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan*, 2, 183-194 (in Russian).

[8] Makhmudova Sh.D. & Urazgalieva, A.N. (2022) *Princip Krotova i ravnovesnye situatsii v differencial'nyh igrakh* [Krotov's principle and equilibrium situations in differential games] *Vestnik KazNPU imeni Abaya*, 4, 26-33 (in Russian).

[9] Vajsbord, Je.I. & Zhukovskij, V.I. (1980). *Vvedenie v differencial'nye igry neskol'kih lic i ih prilozhenija* [Introduction to Multiple Person Differential Games and Their Applications] M.: Sovetskoe radio (in Russian).

[10] Pontrjagin, L.S. (1966). *K teorii differencial'nyh igr* [On the theory of differential games] *Uspehi matematicheskikh nauk*, Vol. 21, 4, 219-274 (in Russian).

[11] Vladimirov V.S. (1976). *Obobshhennyye funktsii v matematicheskoy fizike* [Generalized functions in mathematical physics] M.: Nauka (in Russian).

[12] Landau, L.D. & Livshic E.M. (2018). *Teoreticheskaja fizika v 10 tomah. t.I. Mehanika* [Theoretical physics in 10 volumes] Vol.I. M.: Fizmatlit. (in Russian).

[13] Bertjaev, V.D. & Ruchinskij V.S. (2019). *Teoreticheskaja i analiticheskaja mehanika. Uchebno-issledovatel'skaja rabota studentov: Uchebnoe posobie* [Theoretical and analytical mechanics. Educational and research work of students: Textbook]. SPb.: Lan. (in Russian).

[14] Malafeev, O.A. (1985). *Dostatochnyye uslovija ravnovesnosti v differencial'nyh igrakh so mnogimi uchastnikami* [Sufficient conditions for equilibrium in differential games with many participants] *Matematicheskie metody optimizacii. – Kalinin* (in Russian).

[15] Nikol'skij, M.S. (1970). *Nestacionarnyye linejnye differencial'nye igry* [Nonstationary linear differential games] *Kibernetika*, 6, 98-101 (in Russian).

М.Ж. Сақыпбекова<sup>1\*</sup>, Ф.Р. Гусманова<sup>1</sup>, С.А. Адилжанова<sup>1</sup>,  
Н.А. Тойганбаева<sup>1</sup>, Л.Ш. Черикбаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

\*e-mail: sakypbekova.meruyert@gmail.com

## КАВЕРНАДАҒЫ ЦИРКУЛЯЦИЯЛЫҚ СЫҒЫЛМАЙТЫН ТҰТҚЫР АҒЫНДАРДЫ ШЕШУ ҮШІН ЖОҒАРЫ ӨНІМДІ ЕСЕПТЕУ

### Аңдатпа

Компьютерлік технологияның қарқынды дамуымен есептеу гидродинамикасы аэродинамикалық өнімділікті талдауда, күрделі ағын механизмін тиімді жобалауда және зерттеуде маңызды рөл атқарады. Кавернадағы сығылмайтын тұтқыр ағымның есебі қарастырылады. Осы есеп CFD-шешушілерін бағалау үшін кеңінен қолданылды, өйткені Рейнольдс санына, тор өлшеміне және қажетті уақыт қадамдарына байланысты мәселені шешу егжей-тегжейлі белгілі болғандықтан, мәселені шешу айтарлықтай есептеу ресурстарын қажет етеді. Осы есептің негізінде Re саны 100, 400 болғандағы және әртүрлі торлар өлшемдерін қолдана отырып, графикалық процессорда оңтайлы нәтижесі алынды. Орталық процессорлар мен графикалық процессорлар өнімділіктерінің салыстырмалы талдауы жасалып, графикалық процессорда бағдарламаның орындалу уақыты айтарлықтай артқанын көрсетті. Есептеу уақытын салыстыру графикалық процессор технологиясының қарқынды сандық есептеулерді қажет ететін инженерлік мәселелерді шешудегі артықшылығын көрсіп тұр.

*Түйін сөздер:* есептеу гидродинамикасы, CUDA, GPU, CPU, каверна, Навье-Стокс теңдеуі.

М.Ж. Сақыпбекова<sup>1</sup>, Ф.Р. Гусманова<sup>1</sup>, С.А. Адилжанова<sup>1</sup>, Н.А. Тойганбаева<sup>1</sup>, Л.Ш. Черикбаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казакстан

## ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЙ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НЕСЖИМАЕМЫХ ВЯЗКИХ ТЕЧЕНИЙ В КАВЕРНЕ

### Аннотация

В условиях быстрого развития компьютерных технологий вычислительная гидродинамика играет важную роль в анализе аэродинамических характеристик, эффективном проектировании и исследовании сложного механизма течения. Рассмотрена задача о течении несжимаемой вязкой жидкости в каверне. Эта задача широко используется для оценки CFD-решателей, поскольку подробно известно решение задачи в зависимости от числа Рейнольдса, размера сетки и необходимых временных шагов, решение задачи требует значительных вычислительных ресурсов. На основе этого расчета оптимальный результат был получен на графическом процессоре при числах Re 100, 400 и использовании разных размеров сетки. Проведен сравнительный анализ производительности центральных и графических процессоров и показано, что время выполнения программы на графическом процессоре значительно увеличилось. Сравнение времени вычислений показывает преимущество технологии графических процессоров при решении инженерных задач, требующих интенсивных численных вычислений.

*Ключевые слова:* вычислительная гидродинамика, CUDA, GPU, CPU, каверна, уравнение Навье-Стокса.

M. Sakypbekova<sup>1</sup>, F. Gusmanova<sup>1</sup>, S. Adilzhanova<sup>1</sup>, N. Toiganbaeyeva<sup>1</sup>, L. Cherikbayeva<sup>1</sup>

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

## HIGH-PERFORMANCE COMPUTING FOR SOLUTIONS OF CIRCULATING INCOMPRESSIBLE VISCOUS FLOWS IN A CAVITY

### Abstract

With the rapid development of computer technologies, computational fluid dynamics plays an important role in the analysis of aerodynamic characteristics, efficient design and study of complex flow mechanism. The problem of incompressible viscous fluid flow in a cavern is considered. This problem is widely used to

evaluate CFD solvers, since the solution of the problem is known in detail depending on the Reynolds number, mesh size and required time steps, the solution of the problem requires significant computational resources. Based on this calculation, the optimum result was obtained on the graphics processor at Re numbers of 100, 400 and using different grid sizes. A comparative analysis of the performance of central and graphics processors has been carried out and it is shown that the program execution time on the graphics processor has increased significantly. The comparison of computation time shows the advantage of graphics processor technology in solving engineering problems requiring intensive numerical calculations.

*Keywords:* computational fluid dynamics, CUDA, GPU, CPU, cavity, Navier-Stokes equation.

### Кіріспе

Сығылмайтын сұйықтық үшін Навье-Стокс теңдеулері сығылмайтын және тұтқыр сұйықтықтың ағынын модельдеді. Сығылмайтын ағында қысымға байланысты тығыздықтың өзгеруі еленбейді, сондықтан тығыздықты тұрақты деп санауға болады. Бұл сұйықтық ағыны су, май және ауа ағынында төмен жылдамдықпен түзіледі. Сығылмайтын сұйықтық ағыны сызықтық емес дербес дифференциалдық теңдеулер жүйесімен ұсынылған және массаны сақтау және қозғалыс мөлшерін сақтау теңдеулерінен тұрады. Бұл теңдеуді сандық түрде шешу қиын, өйткені қысым өрісін айнаымалы жылдамдықпен байланыстыратын күй теңдеуі жоқ. Жоғарыда аталған қиындықты жеңу үшін сандық шешудің бірнеше тәсілдері бар, олардың біріншісі - ток және құйын функциясы арқылы қысым өрісін жою [1, 2]. Екінші тәсіл қарапайым айнаымалыларға негізделген, бұл тәсіл мыналарды қамтиды: маркерлер мен ұяшықтар әдісі (MAC) [3], бөлшек қадам әдісі [4], қысым теңдеулерінің жартылай айқын әдісі (SIMPLE) [5] және жасанды сығымдау әдісі [6]. Маркерлер мен ұяшықтардың әдістері, бөлшек қадам әдісі және қысым теңдеулерінің жартылай айқын әдісі Пуассон теңдеуін шешу арқылы қысым өрісін алады. Жасанды қысу әдісі массаның сақталу теңдеуіне уақыт қысымының туындысын қосады, сондықтан қысымды тікелей алуға болады.

Навье-Стокстың (N–S) сығылмайтын теңдеулерін шешудің тұрақтандырылған әдісі ақырлы элементтерді зерттеудің маңызды саласында қолданылады. Шешім әдістеріне негізделген соңғы элементті тұрақтандыру екі компоненттен тұрады: рейнольдстың үлкен сандарындағы конвекция мүшелерін таңдау нәтижесінде пайда болатын кеңістіктік тербелістерді тұрақтандыру және қысымды тұрақтандыру. Конвекция мүшесінің стандартты центрге тартқыш іріктеуінен туындаған кеңістіктік тербелістерді айналып өту үшін Галеркиннің стандартты емес соңғы элемент әдісін жасау үшін айтарлықтай күш жұмсалды. Тұрақтандырудың кейбір танымал және жалпы әдістеріне Петров-Галеркин (Pranowo және т.б., 2018), ең кіші квадраттардың ақырлы элемент әдісі (LSFEM) (Shui және т. б., 2018; Castelo және т. б., 2021) және сипаттамалық бөлу (CBS) [7] жатады.

Кавернадағы екі өлшемді сығылмайтын тұтқыр ағынның сандық жүзеге асуын ұсынамыз. Бұл эталонды есеп есептеу гидродинамикасы (CFD) шешушілерін бағалау үшін кеңінен қолданылды, өйткені Рейнольдс санына, тор өлшеміне және қажетті уақыт қадамдарына байланысты мәселені шешу егжей-тегжейлі белгілі болғандықтан, мәселені шешу айтарлықтай есептеу ресурстарын қажет етеді. Қақпақпен басқарылатын кавернадағы ағын мәселесін шешуде авторлардың көпшілігі жылдамдық – ағын функциясының тұжырымдамасын қолданды, өйткені белгісіз екеуі ғана, ал үздіксіздік теңдеуі автоматты түрде орындалады. Екі өлшемді декарттық жүйеде қысылмайтын Навье-Стокс теңдеулері қызығушылық тудыратын қақпақпен басқарылатын кавернадағы ағын мәселесін модельдеу үшін қолданылады. Бұл сызықтық емес, уақытқа тәуелді дифференциалдық теңдеулердің жиынтығы:

$$1) \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial P}{\partial x} + \nu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$



$$2) \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{\partial P}{\partial y} + \nu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

$$3) \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

мұндағы  $p$  – қысым,  $(x, y)$  – координаттар,  $t$  – уақыт,  $(u, v)$  – жылдамдықтар компоненттері,  $Re$ -Рейнольдс саны.

Тапсырманы дұрыс қою үшін бастапқы және шекаралық шарттар қою керек. Бастапқы шарттар:

$$u(x, y, 0) = 0, \quad (4)$$

$$v(x, y, 0) = 0, \quad (5)$$

шекаралық шарттар:

$$\begin{aligned} u(0, y, t) = 0, & \quad u(1, y, t) = 0, \\ u(x, 0, t) = 0, & \quad u(x, 1, t) = 1, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} v(0, y, t) = 0, & \quad v(1, y, t) = 0, \\ v(x, 0, t) = 0, & \quad v(x, 1, t) = 0, \end{aligned}$$

### Зерттеу әдіснамасы

Сандық шешімдер үшін қолданылатын жалпы дискреттеу әдістері - ақырлы айырымдық, ақырлы көлем және ақырлы элементтер әдістері. Бұл әдістер торға негізделген және сандық дискреттеу үшін торды қажет етеді. Элементтер мен түйіндердің байланыс топологияларын құру салыстырмалы түрде күрделі міндетке айналады. Сонымен қатар, торсыз әдісті әзірлеу ұсынылады. Бұл әдіс торды қажет етпейді, тек тарату түйіндерін, Навье-Стокс теңдеулерінің жуықталған шешімдерін алудың бірқатар торсыз әдістерін қажет етеді [8, 9].

Теңдеулерді шешу үшін қысымды түзету нұсқасы үшін бөлшек қадам әдісі [4, 1 б.] қолданылады. Бірінші қадам үшін (4.1) және (4.2) теңдеуіндегі қысым шарттарын төмендету арқылы аралық жылдамдық компоненттерін ( $u^*$ ,  $v^*$ ) айқын емес түрде есептейміз:

$$\begin{aligned} u_{ij}^* = \Delta t \left( -u_{ij}^n \frac{u_{ij}^n - u_{i-1j}^n}{\Delta x} - v_{ijk}^n \frac{u_{ij}^n - u_{ij-1}^n}{\Delta y} + \right. \\ \left. + \frac{1}{Re} \left( \frac{u_{i+1j}^n - 2u_{ij}^n + u_{i-1j}^n}{\Delta x^2} + \frac{u_{ij+1}^n - 2u_{ij}^n + u_{ij-1}^n}{\Delta y^2} \right) \right) + u_{ij}^n \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} v_{ij}^* = \Delta t \left( -u_{ij}^n \frac{v_{ij}^n - v_{i-1j}^n}{\Delta x} - v_{ij}^n \frac{v_{ij}^n - v_{ij-1}^n}{\Delta y} + \right. \\ \left. + \frac{1}{Re} \left( \frac{v_{i+1j}^n - 2v_{ij}^n + v_{i-1j}^n}{\Delta x^2} + \frac{v_{ij+1}^n - 2v_{ij}^n + v_{ij-1}^n}{\Delta y^2} \right) \right) + v_{ij}^n \end{aligned} \quad (8)$$

Жылдамдықтың аралық компоненттері үздіксіздік теңдеуін қанағаттандырмайды, яғни (4.3) теңдеуді. Сондықтан  $u_{ij}^{n+1}$ ,  $v_{ij}^{n+1}$  жылдамдықтардың дұрыс компоненттерін алу үшін оларды келесідей реттеу керек:

$$u_{ij}^{n+1} = -\Delta t \frac{P_{ij}^n - P_{i-1j}^n}{\Delta x} + u_{ij}^* \quad (9)$$

$$v_{ij}^{n+1} = -\Delta t \frac{P_{ij}^n - P_{i-1j}^n}{\Delta y} + v_{ij}^* \quad (10)$$

Жылдамдық пен қысым арасындағы байланысы үздіксіздік теңдеуін қысым үшін Пуассон теңдеуімен ауыстыруға әкеледі:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = \frac{1}{\Delta t} \left( \frac{\partial u^*}{\partial x} + \frac{\partial v^*}{\partial y} \right) \quad (11)$$

Бес нүктелі схема көбінесе екі өлшемді Пуассон теңдеуінің ақырлы айырымдық аналогын құру үшін қолданылады. Мәселені шешу үшін біз Якоби әдісін қолданамыз. Туындыларды ақырлы айырымдықтармен жуықтау келесідей болады:

$$P_{ij}^{n+1} = \frac{1}{2} \left( \frac{P_{i+1j}^n + P_{i-1j}^n}{\Delta x^2} + \frac{P_{ij+1}^n + P_{ij-1}^n}{\Delta y^2} - \frac{1}{\Delta t} \left( \frac{u_{ij}^* - u_{i-1j}^*}{\Delta x} + \frac{v_{ij}^* - v_{ij-1}^*}{\Delta y} \right) \right) \left( \frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right) \quad (12)$$

Шарт орындалғанша көрсетілген процедураны орындаймыз:

$$\max_{ij} |P_{ij}^{n+1} - P_{ij}^n| < \varepsilon$$

#### Есептің шешу жолдары

Графикалық процессорда (GPU) параллелизация алгоритмі берілген. Біз параллель алгоритмдердің өнімділігін арттыруға ерекше назар аударамыз. CUDA платформасында жұмыс істейтін кодтар күтілетін нәтиже беретіні байқалды. GPU-дағы сынақтарымызды орталық процессорда (CPU) бірдей модельдеудің тізбектей кодын іске қосу арқылы алынған сынақтармен салыстырсақ, GPU-дағы модельдеу CPU қарағанда әлдеқайда жылдамырақ жұмыс істейді. GPU барлық есептеулерді орындайды және CPU тек GPU бағдарламалық жасақтамасын басқаруға, файлдарды енгізу-шығаруға және деректерді тасымалдауға жауап береді. Бұл код C++ және CUDA C/C++ көмегімен жазылған.

Қолданылатын айқын ақырлы айырымдық схемасы әр түйінде тәуелсіз есептеулер жүргізуге мүмкіндік береді, сондықтан параллелизация схемасының әр түрлі мүмкіндіктері бар. Түйіндер тобын ағындар блогымен өңдеуге болады, онда әр ағын сәйкес түйіндегі ақырлы айырымдық әдісін бағалайды. Блок ағындары бірдей ағындық процессормен (SM) өңделеді, ал параллелизация SM-дегі ядролардың санына байланысты. GPU архитектурасында блоктағы ағындар санына шектеу бар. Бұл жұмыста NVIDIA GeForce GTX 1050 картасы бір блокқа 1024 ағынға дейін қолданылды. Дегенмен, бір блок санына көбірек ағындар әдетте жоғары өнімділікті білдірмейді. Әр түрлі блоктарды бір уақытта әр түрлі SM-де өңдеуге болады, содан кейін блоктардың параллелизациясы GPU-дағы SM санына байланысты болады. Бір блокқа ағындардың саны (ағындар) 32 мәніне бекітілген. Содан кейін блоктар Саны blocks = Nodes/Threads болды. Шешім тек ауқымды жадты қолдану арқылы жүзеге асырылды. Бұл тәсілде баяу ауқымды жадтың әрбір ағыны соңғы айырмашылықтар үлгісін бағалау үшін қажетті мәндерді оқуы керек. Әр түйіннің айналасындағы мәндер тиісті ағынмен жүктелуі керек. Нәтижесінде әр түйін бірнеше рет оқылады, бұл өнімділікке әсер етеді. Бұл мәселенің шешімі деректерді қайта пайдалану деп аталатын тәсіл болып табылады, онда деректер

жиынтығы тезірек ортақ жадқа жүктеледі және түйіндер тобы бағаланады. Деректер жиынтығы неғұрлым көп болса, соғұрлым көп оқылым аз болады және осылайша өнімділік жақсарады.

1-алгоритм GPU-да параллелизация алгоритмін көрсетеді. CUDA коды деректерді GPU ғаламдық жадына тасымалдаудан, CUDA ядросын іске қосудан және деректерді GPU жадынан орталық процессор жадына тасымалдаудан тұрады. Бұл есепті шешу үшін біз 16x16 өлшемді блоктарды қолданамыз және тор өлшемі мына формуламен анықталады:

$$\dim3 \dimGrid((N - 1) / \dimBlock.x + 1, (N - 1) / \dimBlock.y + 1).$$

---

Алгоритм 1. Кавернадағы екі өлшемді сығылмайтын тұтқыр тоқты жүзеге асыру

---

compute initial function matrix  $u, v$

from initial condition (4.4), (4.5) we get  $u_n \leftarrow u, v_n \leftarrow v$

do {

    call function  $u(d_{un}, d_u, d_v, N, h, dt)$ ;

$d_{un} \leftarrow d_u$ ;

    call function  $v(d_{vn}, d_v, d_u, N, h, dt)$ ;

$d_{vn} \leftarrow d_v$ ;

    call function  $f(d_u, d_v, d_f, N, h, dt)$ ;

    call function  $P(d_{Pn}, d_p, d_f, N, h, d_{max})$ ;

$d_{Pn} \leftarrow d_P$

$k++$ ;

} while ( $k < nIterations$ );

---

Соңғы екі итерацияның мәндері арасындағы ауытқу үшін 2 алгоритмде көрсетілгендей параллель редукция қолданылады.

---

Алгоритм 2. Соңғы екі итерация мәндерінің арасындағы ауытқулар

---

unsigned int  $s \leftarrow blockDim.x / 2$ ;

    while ( $s \neq 0$ ) {

        if ( $tid < s$ ) {

            if ( $shArrr[tid + s] > shArrr[tid]$ )

$shArrr[tid] \leftarrow shArrr[tid + s]$ ;

        }

        \_\_syncthreads();

$s \leftarrow s / 2$ ;

    }

    if ( $tid == 0$ ) {

$d_{max}[index] \leftarrow shArrr[0]$ ;

    }

$sData_P[d_{ti}][d_{tj}] \leftarrow output_{Pn}[index]$ ;

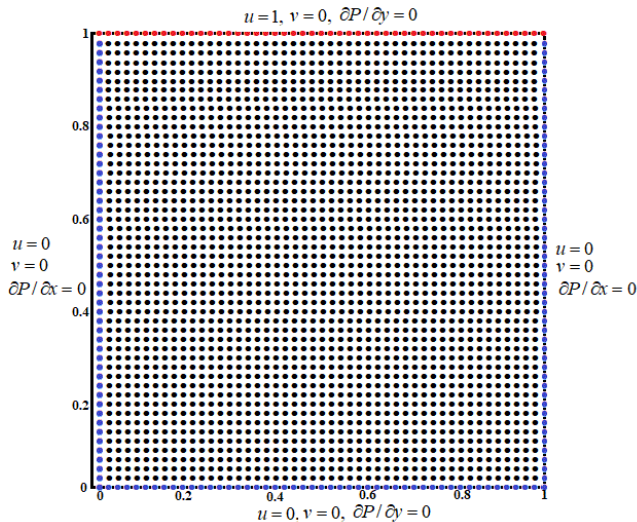
---

Осыдан кейін біз  $cudaMemcpy(resultOnHost, nb, cudaMemcpyDeviceToHost)$  көмегімен құрылғыдан есептелген деректерді хостқа көшіреміз.

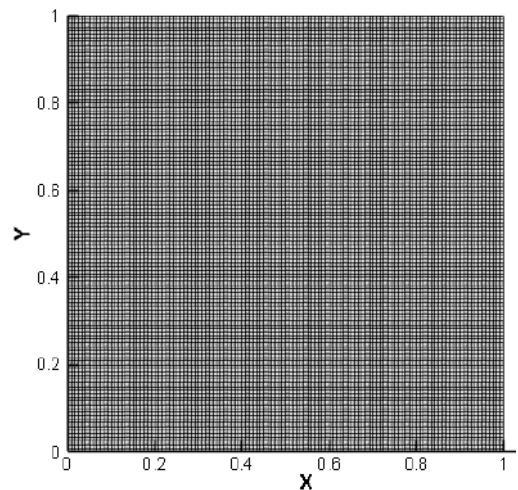
### Зерттеу нәтижелері

Қақпақпен басқарылатын кавернадағы ағын-бұл есептеу гидродинамикасы саласындағы ең танымал міндеттердің бірі. Burggraf (1966) алғашқы жұмысынан бастап көптеген зерттеулер басқарылатын кавернадағы ағынның динамикасын зерттеді. Геометрия қарапайым болғанымен, бұл модель кавернадағы күрделі ағын режимдерін жақсы түсінуге мүмкіндік береді. Осы модельдің көмегімен  $h$  индексі  $1/(N-1)$  белгіленген қақпақпен басқарылатын

кавернадағы екі өлшемді ағынның сандық шешімдерінің сериясы алынды. 1-суретте көрсетілгендей, қуыстың өлшемсіз өлшемі  $1 \times 1$ . Өлшемсіз жылдамдықтар  $u = 1$  және  $v = 0$  жоғарғы қабырғаға беріледі, ал қалған үш жағы  $u = 0$  және  $v = 0$  шекаралық шарттары берілген қабырғалар. Біз 2-суретте көрсетілген  $129 \times 129$  тордан тұратын біртекті торды қолданамыз. Таңдалған тор өлшемі тәуелсіз тор сынағы негізінде оңтайлы болып табылады.

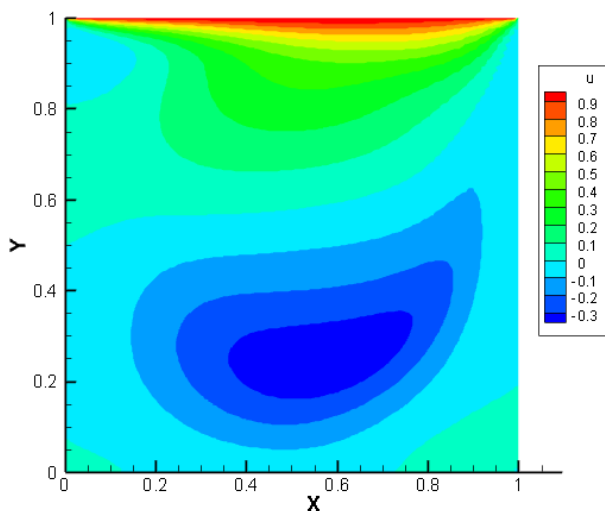


Сурет 1. Кавернадағы сығылмайтын тұтқыр есебі

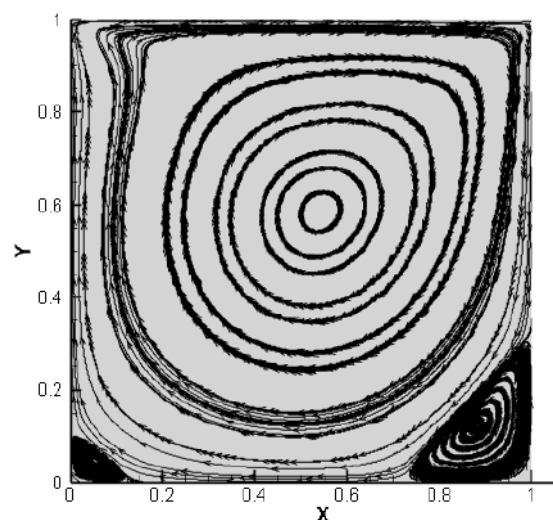


Сурет 2.  $129 \times 129$  тор өлшемін білдіретін схемалық диаграмма

3-суретте қақпақпен басқарылатын кавернаны модельдеу нәтижесі көрсетілген. 4-суретте кавернаның орталығына жақын жерде пайда болатын бастапқы құйын көрсетілген, екінші реттік құйындыларға үлкен назар аударылады, қарқынды ағын сызықтарымен белгіленген бұрыштарда пайда болатын шағын жергілікті айналымдар.



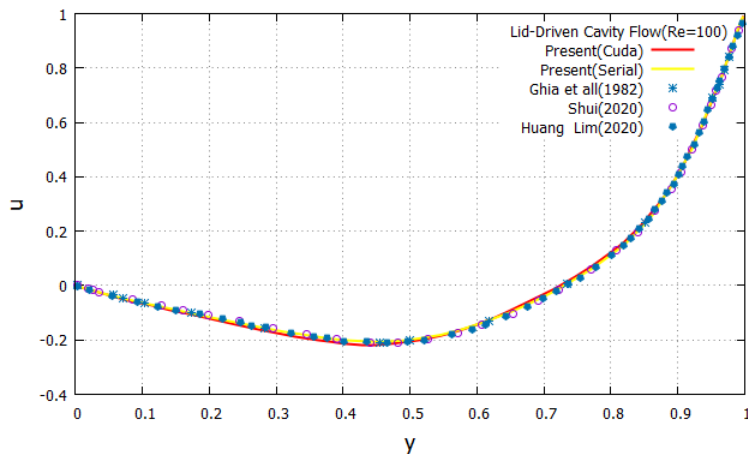
Сурет 3. Контурлар мен жылдамдықтар



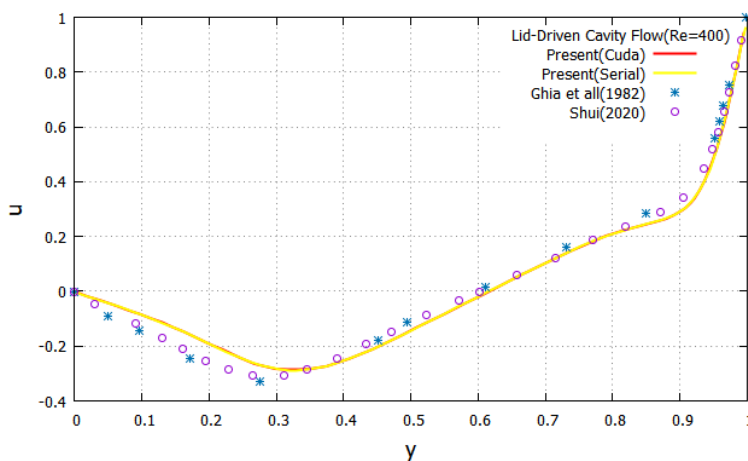
Сурет 4. Кавернаға арналған ағын сызықтары

5, 6, 7, 8-суреттерде осьтік сызықтардағы параллель сандық шешімнің жылдамдық компоненттерін дәл салыстыру үшін көлденең жылдамдықтардың осьтік сызықтар бойымен тік таралуы көрсетілген. Әр суретте  $x$  және  $y$  координаттары сәйкес осьтерді, ал  $u$  және  $v$  сәйкесінше  $x = 0,5$  және  $y = 0,5$  кезінде көлденең және тік жылдамдықтардың компоненттерін білдіреді. Рейнольдстың әр түрлі сандарында қақпақпен басқарылатын екі

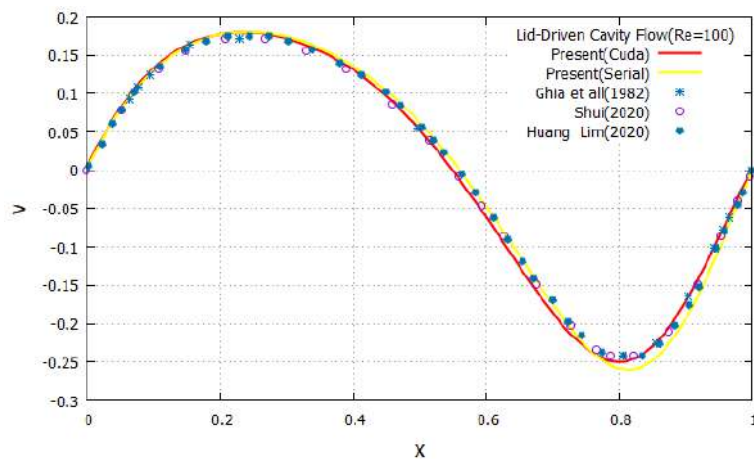
өлшемді есеп туралы Shui (2020), Ghia (1982), Huang & Lim (2020) және басқалардың салыстырмалы нәтижелері алынды.  $Re=100$  және  $Re=400$  болғанда торлар саны  $64 \times 64$ ,  $128 \times 128$ ,  $512 \times 512$ .  $Re$  жоғарылаған сайын максималды көлденең жылдамдықтың мәні артады, ал максималды шыңның нүктесі қабырғаға қарай жылжиды. Нәтижелерден көрініп тұрғандай, модельдеу қолданыстағы зерттеулердің нәтижелеріне сәйкес келеді [7, 10, 11].



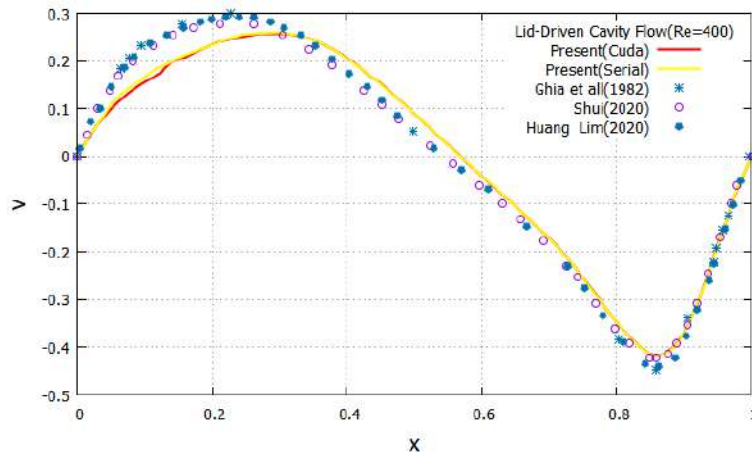
Сурет 5. Көлденең жылдамдықпен геометриялық центр арқылы өтетін сызықтар бойындағы жылдамдықтар,  $Re=100$



Сурет 6. Көлденең жылдамдықпен геометриялық центр арқылы өтетін сызықтар бойындағы жылдамдықтар,  $Re=400$



Сурет 7. Тік жылдамдықпен геометриялық центр арқылы өтетін сызықтар бойындағы жылдамдықтар,  $Re=100$



Сурет 8. Тік жылдамдықпен геометриялық центр арқылы өтетін сызықтар бойындағы жылдамдықтар,  $Re=400$

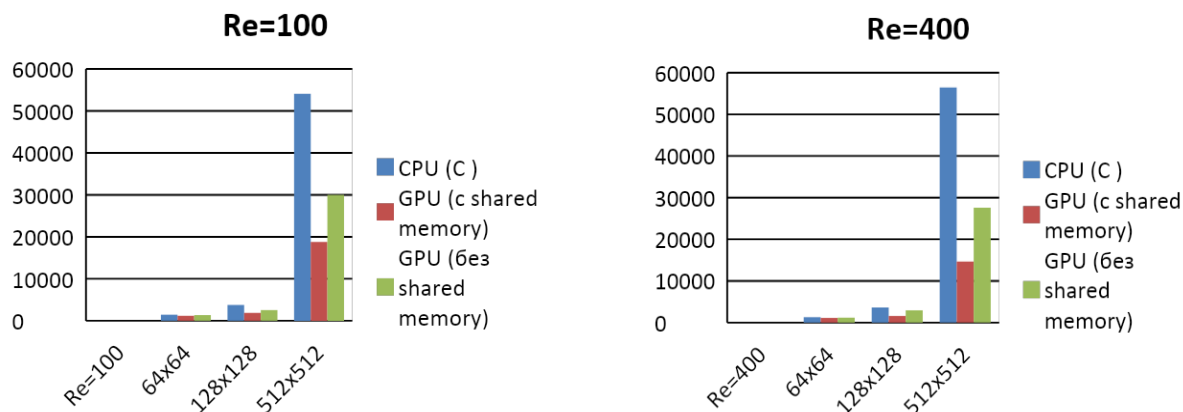
### Дискуссия

Салыстырмалы түрде арзан GPU CFD есептеулерін айтарлықтай жылдамдата алады. Графикалық процессорлардың жаппай өндірісі соңғы тұтынушыға шығындарды қысқартты, ал өндірушілердің зерттеулері мен инновациялары есептеу қуатын күрт арттырып, энергияны пайдалануды жақсартты. Маңызды қасиет-масштабтау, өйткені өңдеу қуатын арттыру үшін бірнеше құрылғыларды біріктіруге болады. Сонымен қатар, бағдарламалық жасақтама үнемі жетілдіріліп отырады, оның ішінде тіл мен кітапхананың жаңа мүмкіндіктері бар. Сәйкесінше, GPU технологиясы инженерлік есептеулерді жылдамдатудың қызықты және қол жетімді нұсқасы болып табылады.

1-кестеде CPU мен GPU уақытын салыстыру көрсетілген, бұл жылдамдықтың айтарлықтай өсуін көрсетеді, GPU көмегімен есептеулерді көрсететін өнімділікті талдауға мүмкіндік берді. Есептеу уақытын салыстыру (9-сурет) қарқынды сандық есептеулерді қажет ететін инженерлік есептерді шешуде GPU технологиясының артықшылығын көрсетеді. Бұл нәтиже қарапайым, бірақ қуатты CUDA оңтайландыру әдісі болып табылады, ол жалпы өңдеу уақытына айтарлықтай әсер етеді.

Кесте 1. Есептеу жылдамдығын арттыру

Орындалу уақыты					
Торлар өлшемі	CPU(C)	GPU (shared memory)	GPU (global memory)	u-velocity (shared memory) v-velocity (global memory)	v-velocity (shared memory) u-velocity (global memory)
<i>Re=100</i>					
64x64	1436,53	1082,4	1345,5	1235,8	1237,6
128x128	3663,23	1266,15	2538,4	1756,4	1698,9
512x512	54101,6	13163,4	30012,8	2583,4	2678,9
<i>Re=400</i>					
64x64	1598,01	1122,6	1485,9	1356,8	1345,7
128x128	3831,09	1590,4	2945,6	2236,6	2348,3
512x512	56450,5	14685,8	37604,8	30696,3	29456,4



Сурет 9.  $Re=100$  и  $Re=400$  болғанда бағдарламаның орындалу уақыты

### Қорытынды

Кавернадағы сығылмайтын тұтқыр ағынның есебі қарастырылады. Процессор уақыты мен графикалық жұмыс процессорының салыстырмалы талдауы жасалды, бұл графикалық процессордың жылдамдығының едәуір өсуін көрсетті. Бұл есептеу уақытын салыстыру қарқынды сандық есептеулерді қажет ететін инженерлік есептерді шешуде GPU технологиясының артықшылығын көрсетіп тұр. Бұл нәтиже қарапайым, бірақ қуатты CUDA оңтайландыру әдісі болып табылады, ол жалпы өңдеу уақытына айтарлықтай әсер етеді.

#### Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

- [1] Kamel A. G., Haraz E. H., Hanna S. N. Numerical simulation of three-sided lid-driven square cavity // *Engineering Reports*. – 2020. – Vol. 2, Issue 4. DOI: 10.1002/eng2.12151
- [2] Сақынбекова М.Ж. Екі өлшемді ағынды модельдеуде гидродинамиканың негізгі теңдеуін сандық шешу // *ҚазҰТЗУ Хабаршысы*. – 2018. – №3. – С. 482-486.
- [3] Shobha A., Lakshmi C. V., Venkatadri K., Prasad V. R. Comparative numerical simulation of lid-driven cavity flow problem with pressure term handling methods // *International conference on mathematical sciences and applications (ICMSA-2019)*. – 2020. DOI:10.1063/5.0014568
- [4] Moon H., Hong S. and You D. Application of the parallel diagonal dominant algorithm for the incompressible Navier-Stokes equations // *Journal of Computational Physics*. – 2020. – Vol. 423. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2020.109795>
- [5] He W., Qin G., Wang Y. and Bao Z. A segregated spectral element method for the 2D transient incompressible Navier-Stokes equations // *Computers & Fluids*. – 2020. – Vol. 216. – 104643. <https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2020.104643>
- [6] Shi X., Agrawal T., Lin C.-A., Hwang F.-N. and Chiu T.-H. A parallel nonlinear multigrid solver for unsteady incompressible flow simulation on multi-GPU cluster // *Journal of Computational Physics*. – 2020. – Vol. 414. – 109447. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2020.109447>
- [7] Shui Q. Penalty and characteristic-based operator splitting with multistep scheme finite element method for unsteady incompressible viscous flows // *Progress in Computational Fluid Dynamics, an International Journal*. – 2020. – Vol. 20, №3. – P. 125-142. DOI:10.1504/PCFD.2020.10029278
- [8] Zhan N., Chen R. and You Y. Meshfree method based on discrete gas-kinetic scheme to simulate incompressible/compressible flows // *Physics of Fluids*. – 2021. – Vol. 33, №1. – 017112. <https://doi.org/10.1063/5.0033770>
- [9] Zamolo R., Nobile E. Numerical analysis of advection-diffusion problems on 2D general-shaped domains by means of a RBF Collocation Meshless Method // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2019. – Vol. 1224. DOI: 10.1088/1742-6596/1224/1/012013
- [10] Ghia U., Ghia K.N., Shin C.T. High-Re solutions for incompressible flow using the Navier-Stokes equations and a multigrid method // *J. Comput. Phys*. – 1982. – Vol. 48. – P. 387–411. [https://doi.org/10.1016/0021-9991\(82\)90058-4](https://doi.org/10.1016/0021-9991(82)90058-4)

[11] Huang T., Lim H.-C. *Simulation of Lid-Driven Cavity Flow with Internal Circular Obstacles* // *Applied Sciences*. – 2020. – Vol. 10, №13. – P. 4583. <https://doi.org/10.3390/app10134583>

#### References

[1] Kamel A. G., Haraz E. H., Hanna S. N. *Numerical simulation of three-sided lid-driven square cavity* // *Engineering Reports*. – 2020. – Vol. 2, Issue 4. DOI: 10.1002/eng2.12151

[2] Sakypbekova M.Zh.(2018) *Eki əlshemdi əzyndy model'deude gidrodinamikanyñ negizgi teñdeuin sandyq sheshu* [Numerical solution of the basic equation of hydrodynamics in two-dimensional flow simulation]. *KazҰTZU Habarshysy*. –2018. – №3. – S. 482-486. (in Kazakh)

[3] Shobha A., Lakshmi C. V., Venkatadri K., Prasad V. R. *Comparative numerical simulation of lid-driven cavity flow problem with pressure term handling methods* // *International conference on mathematical sciences and applications (ICMSA-2019)*. – 2020. DOI:10.1063/5.0014568

[4] Moon H., Hong S. and You D. *Application of the parallel diagonal dominant algorithm for the incompressible Navier-Stokes equations* // *Journal of Computational Physics*. – 2020. – Vol. 423. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2020.109795>

[5] He W., Qin G., Wang Y. and Bao Z. *A segregated spectral element method for the 2D transient incompressible Navier-Stokes equations* // *Computers & Fluids*. – 2020. – Vol. 216. – 104643. <https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2020.104643>

[6] Shi X., Agrawal T., Lin C.-A., Hwang F.-N. and Chiu T.-H. *A parallel nonlinear multigrid solver for unsteady incompressible flow simulation on multi-GPU cluster* // *Journal of Computational Physics*. – 2020. – Vol. 414. – 109447. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2020.109447>

[7] Shui Q. *Penalty and characteristic-based operator splitting with multistep scheme finite element method for unsteady incompressible viscous flows* // *Progress in Computational Fluid Dynamics, an International Journal*. – 2020. – Vol. 20, №3. – P. 125-142. DOI:10.1504/PCFD.2020.10029278

[8] Zhan N., Chen R. and You Y. *Meshfree method based on discrete gas-kinetic scheme to simulate incompressible/compressible flows* // *Physics of Fluids*. – 2021. – Vol. 33, №1. – 017112. <https://doi.org/10.1063/5.0033770>

[9] Zamolo R., Nobile E. *Numerical analysis of advection-diffusion problems on 2D general-shaped domains by means of a RBF Collocation Meshless Method* // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2019. – Vol. 1224. DOI: 10.1088/1742-6596/1224/1/012013

[10] Ghia U., Ghia K.N., Shin C.T. *High-Re solutions for incompressible flow using the Navier-Stokes equations and a multigrid method* // *J. Comput. Phys*. – 1982. – Vol. 48. – P. 387-411. [https://doi.org/10.1016/0021-9991\(82\)90058-4](https://doi.org/10.1016/0021-9991(82)90058-4)

[11] Huang T., Lim H.-C. *Simulation of Lid-Driven Cavity Flow with Internal Circular Obstacles* // *Applied Sciences*. – 2020. – Vol. 10, №13. – P. 4583. <https://doi.org/10.3390/app10134583>



Д.О. Тамабай<sup>1,2\*</sup>, Б.Т. Жумагулов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Национальная инженерная академия Республики Казахстан, г. Алматы, Казахстан

\*e-mail: dtamabay@gmail.com

## УСТОЙЧИВОСТЬ ТРЕХШАГОВОЙ СХЕМЫ РАСЩЕПЛЕНИЯ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ-СТОКСА В КОНТЕКСТЕ МЕТОДА КРУПНЫХ ЧАСТИЦ

### Аннотация

В исследовании проанализированы вопросы устойчивости разностных методов типа "крупных частиц" для уравнений Навье-Стокса. Предложен модифицированный подход в виде трехшаговой схемы расщепления по физическим процессам, отличающийся от классической схемы использованием неявных разностных схем на первом и втором этапах. Показано, что этот подход эффективен для численной реализации и обеспечивает априорные оценки второй производной вектора скорости и градиента давления, что обеспечивает устойчивость схемы. Получены оценки устойчивости предложенной схемы, сформулирована соответствующая теорема. Результаты исследования подчеркивают важность предложенного подхода для более точного численного моделирования различных физических процессов. Рассмотренная модифицированная схема расщепления по физическим процессам для уравнений Навье-Стокса может быть применена для различных вычислительных экспериментов и для моделирования физических процессов.

*Ключевые слова:* уравнение Навье-Стокса, метод конечных разностей, схема расщепления по физическим процессам, устойчивость, неявная схема.

Д.О. Тамабай<sup>1,2</sup>, Б.Т. Жумагулов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, г. Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Қазақстан Республикасының Ұлттық инженерлік академиясы, г. Алматы, Қазақстан

## ІРІ БӨЛШЕКТЕР ӘДІСІ КОНТЕКСТІНДЕГІ НАВЬЕ-СТОКС ТЕНДЕУЛЕРІ ҮШІН ҮШ САТЫЛЫ БӨЛІНУ СХЕМАСЫНЫҢ ОРНЫҚТЫЛЫҒЫ

### Аңдатпа

Бұл зерттеуде Навье-Стокс тендеулері үшін "ірі бөлшектер" типті айырымдық әдістерінің тұрақтылығы мәселесі талданады. Физикалық процестер бойынша үш сатылы бөлу схемасы түрінде өзгертілген тәсіл ұсынылды, ол бірінші және екінші кезеңдерде айқыне емес айырымдық схемаларын қолданудың классикалық схемасынан ерекшеленеді. Бұл тәсіл сандық есептеу жағынан іске асырылу үшін тиімді және тізбектің тұрақтылығын қамтамасыз ететін жылдамдық векторы мен қысым градиентінің екінші туындысының априорлық бағалауын қамтамасыз етеді. Ұсынылған схеманың тұрақтылығының бағалауы алынды, сәйкес теорема тұжырымдалды. Зерттеу нәтижелері әртүрлі физикалық процестерді дәлірек сандық модельдеу үшін ұсынылған тәсілдің маңыздылығын көрсетеді. Навье-Стокс тендеулеріне арналған физикалық процестерді бөлудің қарастырылған модификацияланған схемасын әртүрлі есептеу эксперименттері үшін және физикалық процестерді модельдеу үшін қолдануға болады.

*Түйін сөздер:* Навье-Стокс тендеуі, ақырлы айырымдық әдісі, физикалық процестердің бөліну схемасы, тұрақтылық, айқын емес схема.

D.O. Tamabay<sup>1,2</sup>, B.T. Zhumagulov<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>National Engineering Academy of Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

## STABILITY OF THE THREE-STEP SPLITTING SCHEME FOR THE NAVIER-STOKES EQUATIONS IN THE CONTEXT OF THE LARGE PARTICLE METHOD

### Abstract

In this study, the issues of stability of "large particle" type difference methods for the Navier-Stokes equations are analyzed. A modified approach is proposed in the form of a three-step splitting scheme for physical processes, which differs from the classical scheme by using implicit difference schemes at the first and second stages. It is shown that this approach is effective for numerical implementation and provides a priori estimates of the second derivative of the velocity vector and pressure gradient, which ensures the stability of the scheme. Estimates of the stability of the proposed scheme are obtained, and the corresponding theorem is formulated. The results of the study emphasize the importance of the proposed approach for more accurate numerical modeling of various physical processes. The considered modified splitting scheme for physical processes for the Navier-Stokes equations can be applied for various computational experiments and for modeling physical processes.

*Keywords:* Navier-Stokes equation, finite difference method, splitting scheme by physical processes, stability, the implicit scheme.

### Введение

Для изучения двумерных задач гидродинамики вязкой несжимаемой жидкости широко используются уравнения Навье-Стокса в переменных скорость-давление.

На протяжении многих десятилетий для решения уравнений Навье-Стокса (N-S) разрабатывались различные численные методы, такие как методы конечных разностей [1,2], конечных элементов [3, 4] и конечных объемов [5, 6]. Один из наиболее распространенных и эффективных численных методов - метод конечных разностей (МКР) на разнесенных сетках, также известный как метод маркеров и ячеек (МАС) [7].

Метод конечных разностей на шахматных сетках был предложен Харлоу и Уэлш в 1960-х годах как устойчивая схема для несжимаемых потоков, активно применявшаяся в инженерных приложениях [8, 9]. Анализ сходимости МКР на разнесенных сетках был проведен для различных моделей несжимаемой жидкости, описываемых уравнениями N-S [10, 11].

В [12] работе представлена упрощенная техника МАС для расчетов потока несжимаемой жидкости. Авторы описывают метод, который использует маркеры и ячейки для эффективного моделирования поведения жидкости при сохранении массы и учете вязкости.

В [13] работе демонстрируется существование решения неявной схемы МАС для сжимаемых уравнений Навье-Стокса. Оценки погрешности для этой схемы выводятся на основе дискретной версии метода относительной энергии. Важно отметить, что оценка погрешности не требует предположений о стабильности численной схемы при ее реализации.

Николайдес и коллеги доказали сходимость порядка  $O(h)$  для уравнений N-S как для завихренности, так и для давления [14]. Для скорости сходимость порядка  $O(h^2)$  была доказана Самельсоном и соавторами [15], а для температуры - сходимость  $O(h^4)$  [16]. Более того, оценка сходимости полностью дискретной схемы была получена для метода коррекции давления N-S, основанного на дискретизации по времени с чисто явным учетом нелинейных конвективных членов и МКР на шахматной сетке [17].

В обзорной статье рассмотрены три вида разностных схем, включая линейную неявную схему на разнесенной сетке по пространству, схему коррекции давления на разнесенной сетке и схему стабилизации давления [18]. Обзорная статья охватывает 157 источников литературы, посвященных весовым существенно неосцилирующим конечно-разностным схемам (WENO) [19]. Авторы разработали эффективный алгоритм реализации метода фиктивных областей для уравнений Навье-Стокса в областях со сложной геометрией [20, 21].

В работе [22] уравнение

$$\begin{aligned}\vec{u}^{n+1} + \tau \nabla_h P^{n+1} &= \vec{u}^{n+1/2}, \\ \operatorname{div}_h \vec{u}^{n+1} &= 0\end{aligned}$$

путем введения новой переменной  $\psi$ -функция тока в узлах  $(x_{1,i+1/2}, x_{2,j+1/2})$  приводится к уравнению для функции тока. Данный подход позволяет избежать решение задачи Неймана для давления.

В работе [23] рассматриваются итерационные методы с тремя параметрами, используемые для решения сеточных уравнений Навье-Стокса, описывающих течения вязкой несжимаемой жидкости. Основное внимание уделено анализу трехпараметрических итерационных методов, направленных на эффективное решение уравнений Навье-Стокса.

В ходе исследования были изучены вопросы устойчивости и сходимости разностных методов типа "крупных частиц" для уравнений Навье-Стокса. Предложен модифицированный подход – трехшаговая схема расщепления по физическим процессам. Основное отличие данной схемы от классической заключается в использовании на первом и втором шаге неявных разностных схем.

Этот подход является эффективным для численной реализации и обеспечивает априорные оценки второй производной вектора скорости и градиента давления, что обеспечивает устойчивость схемы. В работе получена оценка устойчивости предложенной трехшаговой разностной схемы расщепления по физическим процессам, сформулирована соответствующая теорема.

### Методология исследования

Предположим, что область  $\Omega \in R^2$  есть единичный квадрат. В области  $\Omega$  рассмотрим систему уравнений Навье-Стокса

$$\begin{aligned}\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} + \nabla p &= \nu \Delta \vec{V} + f, \\ \operatorname{div} \vec{V} &= 0\end{aligned}\tag{1}$$

со следующими начальными и краевыми условиями

$$\begin{aligned}\vec{V}(x_1, x_2, 0) &= \vec{V}_0(x_1, x_2) \\ \vec{V}|_{\partial\Omega} &= 0.\end{aligned}\tag{2}$$

### Аппроксимация задачи

Аппроксимация задачи (1), (2) на шахматной сетке  $\Omega_h = \Omega_{0h} \cup \Omega_{1h} \cup \Omega_{2h}$ ,

$$\begin{aligned}\Omega_{0h} &= \{(x_{1i}, x_{2j}) | i = 1, \dots, N_1, j = 1, \dots, N_2; \\ & x_{1i} = ih_1, x_{2j} = jh_2, h_1 = 1/N_1, h_2 = 1/N_2\}, \\ \Omega_{1h} &= \{(x_{1i+1/2}, x_{2j}) | i = 0, \dots, N_1, j = 1, \dots, N_2; \\ & x_{1i+1/2} = (i + 1/2)h_1, x_{2j} = jh_2, h_1 = 1/N_1, h_2 = 1/N_2\}, \\ \Omega_{2h} &= \{(x_{1i}, x_{2j+1/2}) | i = 1, \dots, N_1, j = 0, \dots, N_2; \\ & x_{1i} = ih_1, x_{2j+1/2} = (j + 1/2)h_2, h_1 = 1/N_1, h_2 = 1/N_2\},\end{aligned}\tag{3}$$

Как и в монографии [8], компоненты вектора скорости  $\bar{V}$  определены в узлах сетки  $\Omega_{1h}$  и  $\Omega_{2h}$  соответственно, т.е.  $u_{i+1/2,j} \in \Omega_{1h}, v_{i,j+1/2} \in \Omega_{2h}$  давление определено в  $\Omega_{0h}$ .

Дифференциальные уравнения (1) аппроксимируются следующей разностной схемой с использованием метода интегро-интерполяции. Первое уравнение интегрируется по  $x_1$  от  $x_{1,i}$  до  $x_{1,i+1}$ ; по  $x_2$  от  $x_{2,j-1/2}$  до  $x_{2,j+1/2}$ , второе уравнение аналогично по  $x_1$  от  $x_{1,i-1/2}$  до  $x_{1,i+1/2}$ ; по  $x_2$  от  $x_{2,j}$  до  $x_{2,j+1}$ , а третье уравнение по  $x_1$  от  $x_{1,i-1/2}$  до  $x_{1,i+1/2}$ ; по  $x_2$  от  $x_{2,j-1/2}$  до  $x_{2,j+1/2}$ .

$$\begin{aligned} & \frac{u_{i+1/2,j}^{n+1} - u_{i+1/2,j}^n}{\tau} + \frac{1}{4h_1} [(u_{i+3/2,j}^n + u_{i+1/2,j}^n)^2 - (u_{i+1/2,j}^n + u_{i-1/2,j}^n)^2] + \\ & + \frac{1}{4h_2} [(u_{i+1/2,j+1}^n + u_{i+1/2,j}^n)(v_{i+1/2,j+1/2}^n + v_{i,j+1/2}^n) - \\ & - (u_{i+1/2,j}^n + u_{i+1/2,j-1}^n)(v_{i+1,j-1/2}^n + v_{i,j-1/2}^n)] + \frac{P_{i+1,j}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1}}{h_1} = \\ & = v \left( \frac{u_{i+3/2,j}^n - 2u_{i+1/2,j}^n + u_{i-1/2,j}^n}{h_1^2} + \frac{u_{i+1/2,j+1}^n - 2u_{i+1/2,j}^n + u_{i+1/2,j-1}^n}{h_2^2} \right) + f_{ij}^{(1)}, \end{aligned} \quad (4)$$

для  $i = 1, \dots, N_1 - 1, j = 2, \dots, N_2 - 1$ ,

$$\begin{aligned} & \frac{v_{i,j+1/2}^{n+1} - v_{i,j+1/2}^n}{\tau} + \frac{1}{4h_1} [(u_{i+1/2,j+1}^n + u_{i+1/2,j}^n)(v_{i+1,j+1/2}^n + v_{i,j+1/2}^n) - (u_{i-1/2,j+1}^n + \\ & + u_{i-1/2,j}^n)(v_{i,j+1/2}^n + v_{i-1,j+1/2}^n)] + \\ & + \frac{1}{4h_2} [(v_{i,j+3/2}^n + v_{i,j+1/2}^n)^2 - (v_{i,j+1/2}^n + v_{i,j-1/2}^n)^2] + \frac{P_{i,j+1}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1}}{h_2} = \\ & = v \left( \frac{v_{i,j+3/2}^n - 2v_{i,j+1/2}^n + v_{i,j-1/2}^n}{h_2^2} + \frac{v_{i+1,j+1/2}^n - 2v_{i,j+1/2}^n + v_{i-1,j+1/2}^n}{h_1^2} \right) + f_{ij}^{(2)}, \end{aligned} \quad (5)$$

для  $i = 2, \dots, N_1 - 1, j = 1, \dots, N_2 - 1$ ,

$$\frac{u_{i+1/2,j}^{n+1} - u_{i-1/2,j}^{n+1}}{h_1} + \frac{v_{i,j+1/2}^{n+1} - v_{i,j-1/2}^{n+1}}{h_2} = 0. \quad (6)$$

Для численной реализации разностной схемы (4)-(6) мы используем схему расщепления для физических процессов. Первая половина шага является неявной

$$\frac{u_{i+1/2,j}^{n+1/2} - u_{i+1/2,j}^n}{\tau} + L_{1h}(u^n, v^n) + (P_{ij}^n)_{x_1} = v((u_{i+1/2,j}^{n+1/2})_{x_1 \bar{x}_1} + (u_{i+1/2,j}^n)_{x_2 \bar{x}_2}) + f_{i+1/2,j}^{(1)},$$

для  $i = 1, \dots, N_1 - 1, j = 2, \dots, N_2 - 1$ ,

$$\frac{v_{i,j+1/2}^{n+1/2} - v_{i,j+1/2}^n}{\tau} + L_{2h}(u^n, v^n) + (P_{ij}^n)_{x_2} = v((v_{i,j+1/2}^{n+1/2})_{x_1 \bar{x}_1} + v_{i,j+1/2}^n)_{x_2 \bar{x}_2}) + f_{i,j+1/2}^{(2)} \quad (7)$$

для  $i = 2, \dots, N_1 - 1, j = 1, \dots, N_2 - 1$ .

На втором полшаге решаются следующие уравнения

$$\frac{\bar{u}_{i+1/2,j}^{-n+1/2} - u_{i+1/2,j}^{n+1/2}}{\tau} = v(\bar{u}_{i+1/2,j}^{-n+1/2})_{x_2\bar{x}_2} - v(u_{i+1/2,j}^n)_{x_2\bar{x}_2},$$

для  $i = 1, \dots, N_1 - 1, j = 2, \dots, N_2 - 1,$

$$\frac{\bar{v}_{i,j+1/2}^{-n+1/2} - v_{i,j+1/2}^{n+1/2}}{\tau} = v(\bar{v}_{i,j+1/2}^{-n+1/2})_{x_2\bar{x}_2} - v(v_{i,j+1/2}^n)_{x_2\bar{x}_2}, \quad (8)$$

для  $i = 2, \dots, N_1 - 1, j = 1, \dots, N_2 - 1.$

На третьем полушаге решаются следующие уравнения

$$\frac{u_{i+1/2,j}^{n+1} - \bar{u}_{i+1/2,j}^{-n+1/2}}{\tau} + (P_{ij}^{n+1} - P_{ij}^n)_{x_1} = 0$$

для  $i = 1, \dots, N_1 - 1, j = 2, \dots, N_2 - 1,$

$$\frac{v_{i,j+1/2}^{n+1} - \bar{v}_{i,j+1/2}^{-n+1/2}}{\tau} + (P_{ij}^{n+1} - P_{ij}^n)_{x_2} = 0 \quad (9)$$

для  $i = 2, \dots, N_1 - 1, j = 1, \dots, N_2 - 1.$

$$\operatorname{div}_h V^{n+1} = \frac{u_{i+1/2,j}^{n+1} - u_{i-1/2,j}^{n+1}}{h_1} + \frac{v_{i,j+1/2}^{n+1} - v_{i,j-1/2}^{n+1}}{h_2} = 0. \quad (10)$$

Схема расщепления (7)-(10) замыкается путем аппроксимации граничных условий (2). Граничные условия задаются на нижней границе

$$u_{i+1/2,1/2}^{n+1} = 0, v_{i,1/2}^{n+1} = 0, i = 1, \dots, N_1. \quad (11)$$

На левой границе дискретные граничные условия имеют вид

$$u_{1/2,j}^{n+1} = 0, v_{1/2,j+1/2}^{n+1} = 0, j = 1, \dots, N_2. \quad (12)$$

На верхней границе квадратной области

$$u_{i+1/2,N_2+1/2}^{n+1} = 0, v_{i,N_2+1/2}^{n+1} = 0, i = 1, \dots, N_1. \quad (13)$$

На правой границе граничные условия имеют вид

$$u_{N_1+1/2,j}^{n+1} = 0, v_{N_1+1/2,j+1/2}^{n+1} = 0, i = 1, \dots, N_2. \quad (14)$$

*Априорная оценка решения разностной схемы*

Априорная оценка решения разностной схемы (7)-(10) с граничными условиями (11)-(14). Из дробных шагов (7), (8) получаем соотношения, содержащие  $\vec{V}^{n+1/2}$  и  $\vec{V}^n$ . Чтобы сделать это, мы суммируем первое уравнение (7) с первым уравнением (8), аналогично мы суммируем второе со вторым

$$\frac{\bar{u}_{i+1/2,j}^{-n+1/2} - u_{i+1/2,j}^n}{\tau} + L_{1h}(u^n, v^n) + (P_{ij}^n)_{x_1} = v[(u_{i+1/2,j}^{n+1/2})_{x_1\bar{x}_1} + (\bar{u}_{i+1/2,j}^{-n+1/2})_{x_2\bar{x}_2}] + f_{i+1/2,j}^{(1)} \quad (15)$$

$$\frac{\bar{v}_{i,j+1/2}^{n+1/2} - v_{i,j+1/2}^n}{\tau} + L_{2h}(u^n, v^n) + (P_{ij}^n)_{x_2} = v[(v_{i,j+1/2}^{n+1/2})_{x_1 \bar{x}_1} + (\bar{v}_{i,j+1/2}^{n+1/2})_{x_2 \bar{x}_2}] + f_{i,j+1/2}^{(2)}$$

Теперь из (8) мы находим

$$\begin{aligned} u_{i+1/2,j}^{n+1/2} &= \bar{u}_{i+1/2,j}^{n+1/2} - \tau v (\bar{u}_{i+1/2,j}^{n+1/2})_{x_2 \bar{x}_2} + \tau v (u_{i+1/2,j}^n)_{x_2 \bar{x}_2}, \\ v_{i,j+1/2}^{n+1/2} &= \bar{v}_{i,j+1/2}^{n+1/2} - \tau v (\bar{v}_{i,j+1/2}^{n+1/2})_{x_2 \bar{x}_2} + \tau v (v_{i,j+1/2}^n)_{x_2 \bar{x}_2}. \end{aligned} \quad (16)$$

В (15) вместо  $u_{i+1/2,j}^{n+1/2}$  и  $v_{i,j+1/2}^{n+1/2}$  подставим (16) и получим

$$\begin{aligned} \frac{\bar{u}_{i+1/2,j}^{n+1/2} - u_{i+1/2,j}^n}{\tau} + L_{1h}(u^n, v^n) + (P_{ij}^n)_{x_1} &= v[(\bar{u}_{i+1/2,j}^{n+1/2})_{x_1 \bar{x}_1} + (\bar{u}_{i+1/2,j}^{n+1/2})_{x_2 \bar{x}_2}] - \\ &- \tau v^2 ((\bar{u}_{i+1/2,j}^{n+1/2})_{x_1 \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_2}) - (u_{i+1/2,j}^n)_{x_1 \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_2} + f_{i+1/2,j}^{(1)}, \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \frac{\bar{v}_{i,j+1/2}^{n+1/2} - v_{i,j+1/2}^n}{\tau} + L_{2h}(u^n, v^n) + (P_{ij}^n)_{x_2} &= v[(\bar{v}_{i,j+1/2}^{n+1/2})_{x_1 \bar{x}_1} + (\bar{v}_{i,j+1/2}^{n+1/2})_{x_2 \bar{x}_2}] - \\ &- \tau v^2 ((\bar{v}_{i,j+1/2}^{n+1/2})_{x_1 \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_2}) - (v_{i,j+1/2}^n)_{x_1 \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_2} + f_{i,j+1/2}^{(2)}. \end{aligned} \quad (18)$$

Рассмотрим (17), (18) с начальными граничными условиями (11)-(14) и (2). В дальнейшем мы опускаем "линию" в (17), (18). Умножаем (17) на  $2\tau u_{i+1/2,j}^{n+1/2} h_1$ , (18) на  $2\tau v_{i,j+1/2}^{n+1/2} h_1$  и суммируем на  $\Omega_{1h}$  и  $\Omega_{2h}$  соответственно, и в результате получаем

$$\begin{aligned} 2 \|\bar{V}^{n+1/2}\|^2 - 2(\bar{V}^{n+1/2}, \bar{V}^n) + 2\tau(L_h \bar{V}^n, \bar{V}^{n+1/2}) + \\ + \tau(\nabla_h P^n, \bar{V}^{n+1/2}) + 2\nu\tau \|\delta_h \bar{V}^{n+1/2}\|^2 + \tau v^2 (\|\bar{V}_{x\bar{x}}^{n+1/2}\|^2 - \|\bar{V}_{x\bar{x}}^n\|^2) + (f^n, \bar{V}^{n+1/2}). \end{aligned} \quad (19)$$

В силу выражения

$$-2(\bar{V}^{n+1/2}, \bar{V}^n) = \|\bar{V}^{n+1/2} - \bar{V}^n\|^2 - \|\bar{V}^{n+1/2}\|^2 - \|\bar{V}^n\|^2, \quad (20)$$

и леммы для нелинейных членов, доказанные в работе Темирбекова А.Н. [24], мы имеем

$$(L_h \bar{V}^n, \bar{V}^n) = 0. \quad (21)$$

С учетом (20) и (21), имеем:

$$\begin{aligned} \|\bar{V}^{n+1/2}\|^2 - \|\bar{V}^n\|^2 + \|\bar{V}^{n+1/2} - \bar{V}^n\|^2 + 2\tau^2(L_h \bar{V}^n, \frac{\bar{V}^{n+1/2} - \bar{V}^n}{\tau}) + \\ + 2\tau(P^n, \text{div}_h \bar{V}^{n+1/2}) + \tau v^2 (\|\bar{V}_{x\bar{x}}^{n+1/2}\|^2 - \|\bar{V}_{x\bar{x}}^n\|^2) + 2\tau\nu \|\nabla_h \bar{V}^{n+1/2}\|^2 = \\ (f^n, \bar{V}^{n+1/2}) \end{aligned} \quad (22)$$

Аналогично, умножая первое уравнение (9) на  $2\tau u_{i+1/2,j}^{n+1} h_1$ , второе уравнение на  $2\tau v_{i,j+1/2}^{n+1} h_2$  и суммируя на  $\Omega_{1h}$  и  $\Omega_{2h}$  соответственно, получаем

$$\| \vec{V}^{n+1} \|^2 - \| \vec{V}^n \|^2 + \| \vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2} \|^2 + 2\tau(\nabla(P^{n+1} - P^n), \vec{V}^{n+1}) = 0. \quad (23)$$

Просуммируем интегральные тождества (22), (23)

$$\begin{aligned} & \| \vec{V}^{n+1} \|^2 - \| \vec{V}^n \|^2 + \| \vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2} \|^2 + \| \vec{V}^{n+1/2} - \vec{V}^n \|^2 + \\ & + 2\tau^2(L_h \vec{V}^n, \frac{\vec{V}^{n+1/2} - \vec{V}^n}{\tau}) + 2\tau(\nabla_h P^n, \vec{V}^{n+1/2}) + 2\tau(\nabla_h(P^{n+1} - P^n), \vec{V}^{n+1}) + \\ & + 2\tau\nu \| \nabla_h \vec{V}^{n+1/2} \|^2 + \tau\nu^2(\| \vec{V}_{x\bar{x}}^{n+1/2} \|^2 - \| \vec{V}_{x\bar{x}}^n \|^2) = (f^n, \vec{V}^{n+1/2}) \end{aligned} \quad (24)$$

Отдельно рассмотрим слагаемые, содержащие градиент давления.

$$\begin{aligned} & 2\tau(\nabla_h P^n, \vec{V}^{n+1/2}) + 2\tau(\nabla_h(P^{n+1} - P^n), \vec{V}^{n+1}) \\ & = -2\tau(\nabla_h P^n, \vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2}) + 2\tau(\nabla_h P^{n+1}, \vec{V}^{n+1}). \end{aligned} \quad (25)$$

Из-за уравнения непрерывности второй член в правой части (25) равен нулю. Далее мы преобразуем

$$\begin{aligned} & 2\tau(\nabla_h P^n, \vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2}) = 2\tau(\vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2}, -\nabla_h(P^{n+1} - P^n) + \nabla_h P^{n+1}) = \\ & = 2\tau(\vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2}, \frac{\vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2}}{\tau} + \nabla_h P^{n+1}) = \\ & = 2 \| \vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2} \|^2 + 2\tau(\vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2}, \nabla_h P^{n+1}) = \\ & = 2 \| \vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2} \|^2 + 2\tau^2(-\nabla_h(P^{n+1} - P^n), \nabla_h P^{n+1}) = \\ & = 2 \| \vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2} \|^2 - 2\tau^2(\nabla_h P^{n+1})^2 + 2\tau^2(\nabla_h P^n, \nabla_h P^{n+1}) = \\ & = 2 \| \vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2} \|^2 - 2\tau^2(\nabla_h P^{n+1})^2 - \tau^2 \| \nabla_h(P^{n+1} - P^n) \|^2 + \\ & \quad + \tau^2 \| \nabla_h(P^{n+1}) \|^2 + \tau^2 \| \nabla_h(P^n) \|^2 = \\ & = 2 \| \vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2} \|^2 - \tau^2(\| \nabla_h(P^{n+1}) \|^2 - \| \nabla_h(P^n) \|^2) - \tau^2 \| \nabla_h(P^{n+1} - P^n) \|^2 = \\ & = \| \vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2} \|^2 - \tau^2(\| \nabla_h(P^{n+1}) \|^2 - \| \nabla_h(P^n) \|^2). \end{aligned} \quad (26)$$

Подставляя (26) в (25)

$$\begin{aligned} & \| \vec{V}^{n+1} \|^2 - \| \vec{V}^n \|^2 + \| \vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2} \|^2 + \\ & \quad \| \vec{V}^{n+1/2} - \vec{V}^n \|^2 + 2\tau^2(L_h \vec{V}^n, \frac{\vec{V}^{n+1/2} - \vec{V}^n}{\tau}) - \\ & \quad - \| \vec{V}^{n+1} - \vec{V}^{n+1/2} \|^2 + \tau^2(\| \nabla_h P^{n+1} \|^2 - \| \nabla_h P^n \|^2) + \\ & + 2\tau\nu \| \nabla_h \vec{V}^{n+1/2} \|^2 + \tau\nu^2(\| \vec{V}_{x\bar{x}}^{n+1/2} \|^2 - \| \vec{V}_{x\bar{x}}^n \|^2) = (f^n, \vec{V}^{n+1/2}). \end{aligned} \quad (27)$$

Сократив те же слагаемые, мы получим следующее неравенство

$$\begin{aligned} & \| \vec{V}^{n+1} \|^2 + \| \vec{V}^{n+1/2} - \vec{V}^n \|^2 + 2\tau\nu \| \nabla_h \vec{V}^{n+1/2} \|^2 + \tau^2 \| \nabla_h P^{n+1} \|^2 + \tau\nu^2 ( \\ & \quad \| \vec{V}_{x\bar{x}}^{n+1/2} \|^2) + \\ & + 2\tau^2 |(L_h \vec{V}^n, \frac{\vec{V}^{n+1/2} - \vec{V}^n}{\tau})| \leq \| \vec{V}^n \|^2 + \tau^2 \| \nabla_h P^n \|^2 + \tau\nu^2 \| \vec{V}_{x\bar{x}}^n \|^2 + \| f^n \|^2. \end{aligned} \quad (28)$$

Для оценки нелинейных членов мы используем неравенство Коши-Буняковского

$$\begin{aligned} 2\tau^2 |(L_h \vec{V}^n, \vec{V}_t^{n+1/2})| & \leq \frac{3\sqrt{2}\tau^2}{h} \left\{ \sum_{\Omega_h} [(u_{i+1/2,j}^n)^2 + v_{i,j+1/2}^n]^2 h_1 h_2 \right\}^{1/2} \| \vec{V}_t^{n+1/2} \| = \\ & = \frac{3\sqrt{2}\tau^2}{h} \| |\vec{V}^n|^2 \| \cdot \| \vec{V}_t^{n+1/2} \|. \end{aligned}$$

Значение  $\| |\vec{V}^n|^2 \|$  оценивается следующим образом [25]

$$\| |\vec{V}^n|^2 \| \leq \sqrt{2} \| \vec{V}^n \| \cdot \| \nabla_h \vec{V}^n \|$$

Тогда

$$\begin{aligned} 2\tau^2 |(L_h \vec{V}^n, \vec{V}_t^{n+1/2})| & \leq \frac{6\tau^2}{h} \| \vec{V}^n \| \cdot \| \nabla_h \vec{V}^n \| \cdot \| \vec{V}_t^{n+1/2} \| \leq \frac{\tau^2}{2} \| \vec{V}_t^{n+1/2} \|^2 + \\ & + \frac{c_1^2}{2} \left(\frac{\tau}{h}\right)^2 \cdot \| \vec{V}^n \|^2 \| \nabla_h \vec{V}^n \|^2. \end{aligned} \quad (29)$$

Далее, на третьем этапе схемы расщепления (9) мы имеем

$$\vec{V}^{n+1/2} = \vec{V}^{n+1} + \tau \nabla (P^{n+1} - P^n) \quad (30)$$

Возьмем вторую производную от (30), тогда

$$\vec{V}_{x\bar{x}}^{n+1/2} = \vec{V}_{x\bar{x}}^{n+1} + \tau \nabla (P_{x\bar{x}}^{n+1} - P_{x\bar{x}}^n) \quad (31)$$

Возводя в квадрат (31) и используя неравенство Юнга, имеем

$$\| \vec{V}_{x\bar{x}}^{n+1/2} \|^2 \leq (1 + \frac{\varepsilon}{2}) \| \vec{V}_{x\bar{x}}^{n+1} \|^2 + \tau(1 + \frac{1}{2\varepsilon}) \| \nabla (P_{x\bar{x}}^{n+1} - P_{x\bar{x}}^n) \|^2 \quad (32)$$

для произвольного  $\varepsilon > 0$ . Тогда из (28), (29) и (32) получаем

$$\begin{aligned} & \| \vec{V}^{n+1} \|^2 + \| \vec{V}^{n+1/2} - \vec{V}^n \|^2 + 2\tau \cdot \nu \| \nabla_h \vec{V}^{n+1/2} \|^2 - \frac{1}{2} \| \vec{V}^{n+1/2} - \vec{V}^n \|^2 - \\ & - \frac{c_1^2}{2} \left(\frac{\tau}{h}\right)^2 \| \vec{V}^n \|^2 \cdot \| \nabla_h \vec{V}^{n+1/2} \|^2 + \tau^2 \| \nabla_h P^{n+1} \|^2 + \tau\nu^2 (1 + \frac{\varepsilon}{2}) \| \vec{V}_{x\bar{x}}^{n+1} \|^2 + \\ & + \tau^2\nu^2 (1 + \frac{1}{2\varepsilon}) \| \nabla (P_{x\bar{x}}^{n+1} - P_{x\bar{x}}^n) \|^2 \leq \| \vec{V}^n \|^2 + \tau^2 \| \nabla_h P^n \|^2 + \tau\nu^2 \| \vec{V}_{x\bar{x}}^n \|^2 + \| f^n \|^2 \end{aligned} \quad (33)$$

Далее, группируя похожие элементы, мы имеем



$$\begin{aligned} & \| \vec{V}^{n+1} \|^2 + \frac{1}{2} \| \vec{V}^{n+1/2} - \vec{V}^n \|^2 + 2\tau(v - \frac{c_1^2}{4} \frac{\tau}{h^2} \| \vec{V}^n \|^2) \| \nabla_h \vec{V}^{n+1/2} \|^2 + \\ & + \tau^2 \| \nabla_h P^{n+1} \|^2 + \tau v^2 (1 + \frac{\varepsilon}{2}) \| \vec{V}_{x\bar{x}}^{n+1} \|^2 + \tau^2 v^2 (1 + \frac{1}{2\varepsilon}) \| \nabla_h (P_{x\bar{x}}^{n+1} - P_{x\bar{x}}^n) \|^2 \leq \\ & \leq \| \vec{V}^n \|^2 + \tau^2 \| \nabla_h P^n \|^2 + \tau v^2 \| \vec{V}_{x\bar{x}}^n \|^2 + \| f^n \|^2. \end{aligned} \quad (34)$$

### Результаты исследования

Предположим, что

$$v - \frac{c_1^2}{4} \frac{\tau}{h^2} \| \vec{V}^n \|^2 \geq 0. \quad (35)$$

Тогда мы получаем

$$\begin{aligned} & \| \vec{V}^{n+1} \|^2 + \frac{1}{2} \| \vec{V}^{n+1/2} - \vec{V}^n \|^2 + \tau^2 \| \nabla_h P^{n+1} \|^2 + \tau v^2 \| \vec{V}_{x\bar{x}}^{n+1} \|^2 \leq \\ & \leq \| \vec{V}^n \|^2 + \tau^2 \| \nabla_h P^n \|^2 + \tau v^2 \| \vec{V}_{x\bar{x}}^n \|^2 + \| f^n \|^2. \end{aligned} \quad (36)$$

Суммируя  $n$  от 0 до  $m$ , мы имеем

$$\begin{aligned} & \| \vec{V}^{m+1} \|^2 + \frac{1}{2} \sum_{n=0}^{m+1} \| \vec{V}^{n+1/2} - \vec{V}^n \|^2 + \tau^2 \| \nabla_h P^{m+1} \|^2 + \\ & + \tau v^2 \| \vec{V}_{x\bar{x}}^{m+1} \|^2 \leq \| \vec{V}^0 \|^2 + \tau^2 \| \nabla_h P^0 \|^2 + \tau v^2 \| \vec{V}_{x\bar{x}}^0 \|^2 + \sum_{n=0}^m \| f^n \|^2. \end{aligned} \quad (37)$$

Таким образом, доказана

**Теорема 1.** Если выполняется условие (35), то для трехэтапной разностной схемы (7)-(10) выполняется априорная оценка (37).

### Дискуссия

При выборе координатной сетки в виде (3) уравнение непрерывности аппроксимируется со вторым порядком точности с помощью  $h$  везде в  $\Omega_{1h} \cup \Omega_{2h}$ , где  $h = \max(h_3, h_2)$ .

Рассмотренная модифицированная трехэтапная схема расщепления по физическим процессам для уравнений Навье-Стокса может быть применена для различных вычислительных экспериментов и для моделирования различных процессов. Благодаря внедрению дополнительного промежуточного этапа, была доказана устойчивость разностной схемы с получением оценки для второй производной вектора скорости и для градиента давления.

### Заключение

В настоящей статье были подробно рассмотрены проблемы устойчивости разностных методов, применяемых для решения уравнений Навье-Стокса в контексте метода "крупных частиц". Основной акцент был сделан на трехшаговой схеме расщепления по физическим процессам, представляющей собой модификацию классической схемы расщепления с использованием неявных разностных схем на первом и втором этапах. Показано, что данный подход является эффективным средством для численной реализации, а также для получения априорных оценок второй производной вектора скорости и градиента давления, обеспечивая при этом устойчивость трехэтапной разностной схемы.

Полученные результаты исследования подчеркивают значимость предложенного подхода для более точного численного моделирования различных физических процессов.

## Благодарности

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства высшего образования и науки Республики Казахстан (грант № BR18574148 "Развитие геoinформационных систем и мониторинга объектов окружающей среды").

### Список использованных источников

- [1] Fasel H. Investigation of the stability of boundary layers by a finite-difference model of the Navier – Stokes equations // *Journal of Fluid Mechanics*. – 1976, – Vol. 78, – № 2, pp. 355-383. <https://doi.org/10.1017/S0022112076002486>
- [2] Li M., Tang T., Fornberg B. A compact fourth-order finite difference scheme for the steady incompressible Navier-Stokes equations // *International Journal for Numerical Methods in Fluids*. – 1995, – Vol. 20, – № 10, – С. 1137-1151. <https://doi.org/10.1002/flid.1650201003>
- [3] Girault V., Raviart P. A. *Finite element methods for Navier-Stokes equations: theory and algorithms* // Springer Science & Business Media, - 2012. – Vol. 5. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-61623-5>
- [4] Glowinski R., Pironneau O. Finite element methods for Navier-Stokes equations // *Annual review of fluid mechanics*. – 1992, – Vol. 24, – № 1, – pp. 167-204. <https://doi.org/10.1146/annurev.fl.24.010192.001123>
- [5] Dalal A., Eswaran V., Biswas G. A finite-volume method for Navier-Stokes equations on unstructured meshes // *Numerical Heat Transfer, Part B: Fundamentals*. – 2008, – Vol. 54, – № 3, – pp. 238-259. <https://doi.org/10.1080/10407790802182653>
- [6] Boivin S., Cayré F., Herard J. M. A finite volume method to solve the Navier–Stokes equations for incompressible flows on unstructured meshes // *International journal of thermal sciences*. – 2000, – Vol. 39, – № 8, – pp. 806-825. [https://doi.org/10.1016/S1290-0729\(00\)00276-3](https://doi.org/10.1016/S1290-0729(00)00276-3)
- [7] McKee S. et al. The MAC method // *Computers & Fluids*. – 2008, – Vol. 37, – № 8, – pp. 907-930. <https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2007.10.006>
- [8] Welch J. E. et al. The MAC method—a computing technique for solving viscous, incompressible, transient fluid-flow problems involving free surfaces // *Los Alamos National Lab.(LANL), Los Alamos, NM (United States)*, - 1965, – № LA-3425.
- [9] Harlow F.H., Welch J.E. Numerical calculation of time-dependent viscous incompressible flow of fluid with free surface // *Phys. Fluids*, - 1965, - Vol. 8, - pp. 2182-2189. <https://doi.org/10.1063/1.1761178>
- [10] Kanschat G. Divergence-free discontinuous Galerkin schemes for the Stokes equations and the MAC scheme. // *Int. J. Numer. Methods Fluids*, -2008, -Vol. 56, - pp. 941-950. <https://doi.org/10.1002/flid.1566>
- [11] Li J., Sun S. The superconvergence phenomenon and proof of the MAC scheme for the Stokes equations on non-uniform rectangular meshes // *J. Sci. Comput.* – 2015, - Vol. 65, - pp. 341-362. <https://doi.org/10.1007/s10915-014-9963-5>
- [12] Amsden A. A., Harlow F. H. A simplified MAC technique for incompressible fluid flow calculations // *Journal of computational physics*. – 1970, – Vol. 6, – № 2, – pp. 322-325. [https://doi.org/10.1016/0021-9991\(70\)90029-X](https://doi.org/10.1016/0021-9991(70)90029-X)
- [13] Gallouët T., Maltese D., Novotny A. Error estimates for the implicit MAC scheme for the compressible Navier–Stokes equations // *Numerische Mathematik*. – 2019, – Vol. 141, – pp. 495-567. <https://doi.org/10.1007/s00211-018-1007-x>
- [14] Nicolaidis R.A., Wu X. Analysis and convergence of the MAC scheme II. Navier-Stokes equations // *Math. Comput.* -1996, - Vol. 65, - pp. 29-44. <https://doi.org/10.1090/S0025-5718-96-00665-5>
- [15] Samelson R., Temam R., Wang C., Wang S. Surface pressure Poisson equation formulation of the primitive equations: numerical schemes. // *SIAMJ. Numer. Anal.* – 2003, - Vol. 41, - pp. 1163-1194. <https://doi.org/10.1137/S0036142901396284>
- [16] Samelson R., Temam R., Wang C., Wang S. A fourth-order numerical method for the planetary geostrophic equations with inviscid geostrophic balance. // *Numer.Math.* – 2007, - Vol. 107, - pp. 669-705. <https://doi.org/10.1007/s00211-007-0104-z>
- [17] Weinen E., Liu J.-G. Gauge method for viscous incompressible flows. // *Commun. Math. Sci.* -2003, - Vol. 1,- pp. 317-332. <https://doi.org/10.4310/CMS.2003.v1.n2.a6>
- [18] Chen H., Sun Sh., Zhang T. Energy Stability Analysis of Some Fully Discrete Numerical Schemes for Incompressible Navier-Stokes Equations on Staggered Grids. // *J. Sci. Comput.* - 2017, – Vol. 75, – № 1, – pp. 427-456. <https://doi.org/10.1007/s10915-017-0543-3>
- [19] Cheng J., Shu C.W. High order schemes for CFD a review. *Chinese J.Comput. Phys.* -2009, -Vol. 26.-

№ 5, -pp. 633-655. <http://www.cjcp.org.cn/EN/Y2009/V26/I5/633>

[20] Temirbekov A.N., Temirbekova L.N., Zhumagulov B.T. Fictitious domain method with the idea of conjugate optimization for non-linear Navier- Stokes equations // *Applied and Computational Mathematics*, - 2023, - Vol. 22(2), - pp. 172-188. <https://doi.org/10.30546/1683-6154.22.2.2023.172>

[21] Temirbekov A., Zhaksylykova Z., Malgazhdarov Y., Kasenov S. Application of the fictitious domain method for Navier-Stokes equations. *Computers, Materials and Continua*. –2022, -Vol.73, - N.1.- pp.2035–2055. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.027830>

[22] Смагулов Ш., Данаев Н.Т., Темирбеков Н.М., Численное решение уравнений Навье-Стокса с разрывными коэффициентами // *Препринт ВЦ СО АН СССР. Красноярск, -1989, - 21 с.*

[23] Данаев Н.Т., Урмашев Б.А. Трехпараметрические итерационные схемы для решения сеточных уравнений Навье-Стокса // *Proceedings of International Conference RDAMM -2001, - Vol. 6, - Pt. 2, Special Issue, - pp. 253-257.*

[24] Temirbekov A.N., Danaev N.T.,Malgazhdarov E.A. Modeling of Pollutants in the Atmosphere Based on Photochemical Reactions // *Eurasian chemico-technological journal. The International Higher Education Academy of Sciences, - 2014, - Vol. 16,- № 1, - pp. 61-71. <https://doi.org/10.18321/ectj170>*

[25] Ладыженская О.А. *Математические вопросы динамики вязкой несжимаемой жидкости. - М.: Наука, - 1970.*

#### References

[1] Fasel H. Investigation of the stability of boundary layers by a finite-difference model of the Navier—Stokes equations // *Journal of Fluid Mechanics*. – 1976, – Vol. 78, – № 2, – pp. 355-383. <https://doi.org/10.1017/S0022112076002486>

[2] Li M., Tang T., Fornberg B. A compact fourth-order finite difference scheme for the steady incompressible Navier-Stokes equations // *International Journal for Numerical Methods in Fluids*. – 1995, – Vol. 20, – No. 10, – pp. 1137-1151. <https://doi.org/10.1002/flid.1650201003>

[3] Girault V., Raviart P. A. Finite element methods for Navier-Stokes equations: theory and algorithms // *Springer Science & Business Media, - 2012. – Vol. 5. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-61623-5>*

[4] Glowinski R., Pironneau O. Finite element methods for Navier-Stokes equations // *Annual review of fluid mechanics*. – 1992, – Vol. 24, – № 1, – pp. 167-204. <https://doi.org/10.1146/annurev.fl.24.010192.001123>

[5] Dalal A., Eswaran V., Biswas G. A finite-volume method for Navier-Stokes equations on unstructured meshes // *Numerical Heat Transfer, Part B: Fundamentals*. – 2008, – Vol. 54, – № 3, – pp. 238-259. <https://doi.org/10.1080/10407790802182653>

[6] Boivin S., Cayré F., Herard J. M. A finite volume method to solve the Navier–Stokes equations for incompressible flows on unstructured meshes // *International journal of thermal sciences*. – 2000, – Vol. 39, – № 8, – pp. 806-825. [https://doi.org/10.1016/S1290-0729\(00\)00276-3](https://doi.org/10.1016/S1290-0729(00)00276-3)

[7] McKee S. et al. The MAC method // *Computers & Fluids*. – 2008, – Vol. 37, – № 8, – pp. 907-930. <https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2007.10.006>

[8] Welch J. E. et al. The MAC method—a computing technique for solving viscous, incompressible, transient fluid-flow problems involving free surfaces // *Los Alamos National Lab.(LANL), Los Alamos, NM (United States), - 1965, – № LA-3425.*

[9] Harlow F.H., Welch J.E. Numerical calculation of time-dependent viscous incompressible flow of fluid with free surface // *Phys. Fluids*, - 1965, - Vol. 8, - pp. 2182-2189. <https://doi.org/10.1063/1.1761178>

[10] Kanschat G. Divergence-free discontinuous Galerkin schemes for the Stokes equations and the MAC scheme. // *Int. J. Numer. Methods Fluids*, -2008, -Vol. 56, - pp. 941-950. <https://doi.org/10.1002/flid.1566>

[11] Li J., Sun S. The superconvergence phenomenon and proof of the MAC scheme for the Stokes equations on non-uniform rectangular meshes // *J. Sci. Comput.* – 2015, - Vol. 65, - pp. 341-362. <https://doi.org/10.1007/s10915-014-9963-5>

[12] Amsden A. A., Harlow F. H. A simplified MAC technique for incompressible fluid flow calculations // *Journal of computational physics*. – 1970, – Vol. 6, – № 2, – pp. 322-325. [https://doi.org/10.1016/0021-9991\(70\)90029-X](https://doi.org/10.1016/0021-9991(70)90029-X)

[13] Gallouët T., Maltese D., Novotny A. Error estimates for the implicit MAC scheme for the compressible Navier–Stokes equations // *Numerische Mathematik*. – 2019, – Vol. 141, – pp. 495-567. <https://doi.org/10.1007/s00211-018-1007-x>

[14] Nicolaidis R.A., Wu X. Analysis and convergence of the MAC scheme II. Navier-Stokes equations // *Math. Comput.* -1996, - Vol. 65, - pp. 29-44. <https://doi.org/10.1090/S0025-5718-96-00665-5>

[15] Samelson R., Temam R., Wang C., Wang S. Surface pressure Poisson equation formulation of the primitive equations: numerical schemes. // *SIAMJ. Numer. Anal.* – 2003, - Vol. 41, - pp. 1163-1194. <https://doi.org/10.1137/S0036142901396284>

[16] Samelson R., Temam R., Wang C., Wang S. A fourth-order numerical method for the planetary geostrophic equations with inviscid geostrophic balance. // *Numer.Math.* – 2007, - Vol. 107, - pp. 669-705. <https://doi.org/10.1007/s00211-007-0104-z>

[17] Weinen E., Liu J.-G. Gauge method for viscous incompressible flows. // *Commun. Math. Sci.* -2003, - Vol. 1,- pp. 317-332. <https://doi.org/10.4310/CMS.2003.v1.n2.a6>

[18] Chen H., Sun Sh., Zhang T. Energy Stability Analysis of Some Fully Discrete Numerical Schemes for Incompressible Navier-Stokes Equations on Staggered Grids. // *J. Sci. Comput.* - 2017, – Vol. 75, – № 1, – pp. 427-456. <https://doi.org/10.1007/s10915-017-0543-3>

[19] Cheng J., Shu C.W. High order schemes for CFD a review. *Chinese J.Comput. Phys.* -2009, -Vol. 26.- № 5, -pp. 633-655. <http://www.cjcp.org.cn/EN/Y2009/V26/I5/633>

[20] Temirbekov A.N., Temirbekova L.N., Zhumagulov B.T. Fictitious domain method with the idea of conjugate optimization for non-linear Navier- Stokes equations // *Applied and Computational Mathematics*, - 2023, - Vol. 22(2), - pp. 172-188. <https://doi.org/10.30546/1683-6154.22.2.2023.172>

[21] Temirbekov A., Zhaksylykova Z., Malgazhdarov Y., Kasenov S. Application of the fictitious domain method for Navier-Stokes equations. *Computers, Materials and Continua.* –2022, -Vol.73, - № 1.- pp.2035–2055. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.027830>

[22] Smagulov Sh., Danaev N.T., Temirbekov N.M. (1989) Chislennoe reshenie uravnenii Navie-Stoksa s razrivnimi koefficientami [Numerical solution of the Navier-Stokes equations with discontinuous coefficients]. Preprint of the CC SB of the USSR Academy of Sciences. Krasnoyarsk, 21 p. (in Russian).

[23] Danaev N.T., Urmashiev B.A. (2001) Trehparametricheskie iteracionnie shemi dlya resheniya setochnih uravnenii Nave\_Stoksa. [Three-parameter iterative schemes for solving Navier-Stokes grid equations]. *Proceedings of International Conference RDAMM Vol. 6, Pt. 2, Special Issue*, pp. 253-257. (in Russian).

[24] Temirbekov A.N., Danaev N.T., Malgazhdarov E.A. Modeling of Pollutants in the Atmosphere Based on Photochemical Reactions // *Eurasian chemico- technological journal. The International Higher Education Academy of Sciences*, - 2014, - Vol. 16, - № 1, - pp. 61-71. <https://doi.org/10.18321/ectj170>

[25] Ladyzhenskaya O.A. (1970) *Mathematical problems of dynamics of a viscous incompressible liquid. [Mathematical problems of dynamics of viscous incompressible fluid].* M.: Nauka (in Russian).

**ФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕР МЕН МЕХАНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ**  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**  
**MODELING OF PHYSICAL PROCESSES AND MECHANICAL SYSTEMS**

МРНТИ 29.05.41; 41.17.41

10.51889/2959-5894.2024.85.1.006

**N.A. Beissen<sup>1</sup>, A. Muratkhan<sup>1\*</sup>, T. Kapar<sup>2</sup>, K. Amanbayeva<sup>2</sup>, T. Yernazarov<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: arai12@mail.ru

**THE INTERNAL STRUCTURE AND GENERAL RELATIVISTIC CALCULATIONS OF COMPACT OBJECTS**

*Abstract*

In this study, we examine dense compact objects, such as white dwarfs and neutron stars, through the lens of Einstein's theory of gravity. Our focus is on understanding these objects when they are not perfectly spherical, using a mathematical description for their gravitational fields. We consider the quadrupole moment as an additional parameter that explicitly enters the equilibrium equations and the geometry of spacetime. In fact, most studies of equilibrium conditions in relativistic astrophysics are limited to the case of spherically symmetric sources. We construct approximate interior and exterior line elements, considering the quadrupole moment up to the first order, to describe static deformed compact objects. We pay particular attention to the interiors of slightly deformed compact objects, applying a specific formula known as the equation of state (EoS). This critical component enables us to understand how these stars balance the force of their own gravity with internal pressure. The EoS is pivotal in determining how matter behaves under the extreme conditions of density and pressure found within these compact objects.

*Keywords:* gravitational field, equations of state, compact objects, quadrupole moment.

**Н.А. Бейсен<sup>1</sup>, А. Муратхан<sup>1</sup>, Т. Капар<sup>2</sup>, К. Аманбаева<sup>2</sup>, Т. Ерназаров<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Казахский национальный женский педагогический университет, Казахстан, г. Алматы

**ВНУТРЕННЯЯ СТРУКТУРА И ОБЩЕРЕЛЯТИВИСТСКИЕ РАСЧЕТЫ КОМПАКТНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*Аннотация*

В исследовании мы рассматриваем плотные компактные объекты, такие как белые карлики и нейтронные звезды, через призму теории гравитации Эйнштейна. Наша цель – понять эти объекты, когда они не являются идеально сферическими, используя математическое описание их гравитационных полей. Мы учитываем квадрупольный момент как дополнительный параметр, который явно входит в уравнения равновесия и геометрию пространства-времени. Фактически, большинство исследований условий равновесия в релятивистской астрофизике ограничивается случаем сферически симметричных источников. Мы строим приближенные внутренние и внешние элементы линии, учитывая квадрупольный момент до первого порядка, чтобы описать статически деформированные компактные объекты. Мы уделяем особое внимание внутренностям слегка деформированных компактных объектов, применяя определенную формулу, известную как уравнение состояния (EoS). Этот критический компонент позволяет нам понять, как эти звезды уравнивают силу собственной гравитации с внутренним давлением. EoS имеет решающее значение для определения поведения материи в экстремальных условиях плотности и давления, которые встречаются в этих компактных объектах.

*Ключевые слова:* гравитационное поле, уравнения состояния, компактные объекты, квадрупольный момент.

Н.А. Бейсен<sup>1</sup>, А. Муратхан<sup>1</sup>, Т. Қапар<sup>2</sup>, К. Аманбаева<sup>2</sup>, Т. Ерназаров<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан  
<sup>2</sup>Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан  
**ЫҚШАМ ОБЪЕКТІЛЕРДІҢ ІШКІ ҚҰРЫЛЫМЫ ЖӘНЕ ЖАЛПЫ  
РЕЛЯТИВИСТІК ЕСЕПТЕУЛЕРІ**

*Аңдатпа*

Бұл жұмыста, Эйнштейннің гравитация теориясы негізінде ақ ергежейлі және нейтрондық жұлдыздар сияқты тығыз жинақы нысандарды қарастырамыз. Біздің мақсатымыз - бұл объектілердің гравитациялық өрістерінің математикалық сипаттамасын пайдалана отырып, олар сфералық симметриялы болмаған жағдайда олардың физикасын түсіну. Тепе-теңдік теңдеулері мен кеңістік-уақыт геометриясына нақты енгізілген қосымша параметр ретінде квадрупольдік моментті ескереміз. Шын мәнінде, релятивистік астрофизикадағы тепе-теңдік жағдайларын зерттеудің көпшілігі сфералық симметриялы көздермен шектеледі. Статикалық деформацияланған ықшам нысандарды сипаттау үшін бірінші ретке дейінгі квадрупольдік моментті ескере отырып, жуықталған ішкі және сыртқы сызық элементтерін пайдаланамыз. Күй теңдеулері үшін (КТ) арнайы формуланы қолдану арқылы мардымсыз деформацияланған ықшам нысандардың ішкі құрылымына назар аударамыз. Бұл маңызды компонент жұлдыздардың өздерінің гравитациялық тартылыс күшін ішкі қысыммен қалай теңестіретінін түсінуге мүмкіндік береді. КТ осы ықшам нысандарда кездесетін тығыздық пен қысымның төтенше жағдайларындағы материяның әрекетін анықтау үшін өте маңызды.

*Түйін сөздер:* гравитациялық өріс, күй теңдеулері, ықшам объектілер, квадрупольдік момент.

## **Introduction**

Studying the universe's dense objects, such as white dwarfs and neutron stars, is fundamental in the exploration of space using Einstein's general theory of relativity. These dense objects range from planets to black holes and are characterized by their significant mass relative to their size. Understanding these objects is crucial for unraveling the mysteries of the cosmos.

In the framework of general relativity, accurately describing the gravitational field in any scenario involving gravity is vital. The metric tensor, which solves Einstein's equations, contains all details of the gravitational field. For compact objects like stars or planets, this entails analyzing both an interior and an exterior solution that encompasses mass, angular momentum, and the quadrupole moment. While the Kerr spacetime represents an exterior solution for objects with mass and angular momentum, discovering a compatible interior solution poses a significant challenge in general relativity. Despite various attempts to find such solutions, including the use of exotic matter and specific equations of state, a definitive solution remains elusive. This situation underscores the necessity of exploring alternative approaches and incorporating additional physical parameters for a more comprehensive description of the gravitational field [1,2].

Recent research efforts, utilizing tools like NICER and LOFT in the electromagnetic spectrum, or Advanced LIGO and the Einstein Telescope for gravitational waves, aim to investigate or constrain further details that reveal the structure of spinning compact objects, including their deformability, known as "Love numbers"[3]. The interaction between spin and orbit in binary pulsars might provide insights into the object's moment of inertia, and studying gravitational waves could reveal tidal Love numbers and shed light on the equation of state [4].

The behavior of compact objects can also be described by relativistic multipole moments. These moments can be determined through experiments involving gyroscopes or particles in orbit, linking various physical aspects of the source with the multipole moments of the surrounding spacetime, assuming a comprehensive solution is available.

The physics of compact objects involves three basic steps: the use of conservation laws representing hydrostatic relativistic equilibrium conditions, the construction of an appropriate equation of state, the matching with the exterior solution, and, finally, the comparison with

observational data [5]. Our focus is on compact objects at the zero temperature, where the force of gravity plays a significant role. We aim to connect models of what's inside these objects, seen as either perfect or imperfect fluids in balance, with how they appear in the emptiness of space, factoring in their spin and shape changes. To tackle Einstein's field equations for these objects, we simplify by assuming they are not moving or changing shape, which makes the mathematical problems easier to solve. This method helps us understand the gravity around these unique space objects, underlining the difficulties and techniques in linking their inside with their outside.

Consider that the internal structure of compact objects features a mass distribution and is characterized by a quadrupole moment. In Einstein's theory, the Schwarzschild solution describes a spherically symmetric gravitational field in a vacuum, and according to Birkhoff's theorem, it is the only solution of its kind. Deviations from spherical symmetry are often explained using multipole moments, with the quadrupole moment being particularly significant. For axially symmetric mass distributions that include a quadrupole, there is no equivalent to Birkhoff's theorem, meaning the gravitational field can be represented by various metrics [5].

A notably simple metric was introduced in [6], suggesting the use of the Zipoy–Voorhees transformation [7,8] to create a quadrupolar vacuum solution. This metric has been referred to as the Zipoy–Voorhees metric,  $\delta$  metric,  $\gamma$  metric, and  $q$  metric in various studies [7-14]. Solutions for interiors containing quadrupoles was discovered in [15], and a technique for producing perfect fluid quadrupolar solutions was developed in [16-17]. Approaches for approximate interior solutions and analyses of the exterior  $q$  metric's properties were explored in [18]. More recently, a study [17] examined six different extensions of the Schwarzschild metric that incorporate quadrupoles, identifying a shared characteristic where the hypersurface  $r=2m$  is singular. It's likely that other precise solutions to Einstein's vacuum equations share these features [19-23].

To find the solutions for the gravitational field of interior structure of slightly deformed compact objects, we follow our previous study, where we embarked on a comprehensive examination of the internal structure of compact astrophysical objects, such as neutron stars and white dwarfs, through the theoretical framework of Einstein's general relativity and we will divide it into several important parts as follows:

Construct the field equations with the quadruple parameter. Building on our established method, we continue to explore the interior solutions to Einstein's equations by incorporating axially symmetric and static spacetimes. The quadrupole moment is considered to first order, serving as a fundamental parameter in our analysis of compact object deformation.

Choosing the appropriate EOSs, particularly relevant for white dwarfs and neutron stars. These EoS provide a more nuanced view of the internal pressures and densities, essential for realistic modeling.

Finding the matching conditions. A critical aspect of our methodology is ensuring that the interior solutions smoothly match the exterior spacetime, maintaining continuity and physical realism. This involves aligning the interior and exterior metrics at the surface of the compact object, a process that requires careful consideration of the boundary conditions dictated by the chosen EoS. The matching conditions are pivotal in validating the feasibility of the interior solutions, ensuring they correspond to observable properties of compact objects.

Numerical Solution of Field Equations: With these EoS as our foundation, we numerically solve the field equations to obtain the interior metrics of compact objects. This step involves detailed computational methods to handle the increased complexity introduced by the new EoS, aiming to find solutions that are both mathematically sound and physically plausible.

## **Research methodology**

### *The line element and field equations*

Numerous ways exist to express the corresponding line element, and theoretically, they should all be equivalent [5]. Nevertheless, specific expressions of the line element prove to be particularly useful

for examining certain issues. Experience with numerical solutions for perfect fluids suggests that for the scenario in question, the line element for the axisymmetric case

$$ds^2 = f dt^2 - \frac{e^{2\gamma}}{f} \left( \frac{dr^2}{h} + d\theta^2 \right) - \frac{\mu^2}{f} d\phi^2, \quad (1)$$

here  $f = f(r, \theta)$ ,  $\gamma = \gamma(r, \theta)$ ,  $\mu = \mu(r, \theta)$ , and  $h = h(r)$ . A redefinition of the coordinate  $r$  leads to an equivalent line element which has been used to investigate anisotropic static fluids [18].

The Einstein equations for a perfect fluid with 4-velocity  $U_\alpha$ , density  $\rho$ , and pressure  $p$  (we use geometric units with  $G = c = 1$ )

$$R_{\alpha\beta} - \frac{1}{2} R g_{\alpha\beta} = 8\pi [(\rho + p)U_\alpha U_\beta - p g_{\alpha\beta}] \quad (2)$$

for the line element (3) can be represented as two second order differential equations for  $\mu$  and  $f$  and the function  $\gamma$  is determined by a set of two first order partial differential equations. Notice also that the pressure  $p$  and the density  $\rho$  must be given *a priori* in order to solve the main set of differential equations for  $\mu$  and  $f$ . In addition, from the conservation law

$$T_{;\beta}^{\alpha\beta} = 0, \quad (3)$$

we obtain two first-order differential equations for the pressure

$$p_{,r} = -\frac{1}{2}(p + \rho) \frac{f_{,r}}{f}, \quad p_{,\theta} = -\frac{1}{2}(p + \rho) \frac{f_{,\theta}}{f}, \quad (4)$$

that can be integrated for any given functions  $f(r, \theta)$  and  $\rho(r, \theta)$ , which satisfy Einstein's equations. Finding physically viable solutions to the aforementioned field equations is challenging due to the highly nonlinear nature of the underlying differential equations and the intense interactions among the metric functions. In [16], some of the authors introduced a novel technique for producing perfect fluid solutions to the Einstein equations, initiating from a selected seed solution. This approach involves adding a new parameter to the metric functions of the seed solution, thereby creating a new solution with physical characteristics distinct from those of the original seed solutions.

To construct the field equations for slightly deformed static objects for interior structure, we can use the approximate line element in [17] as a guide. Following this procedure, an appropriate interior line element can be expressed as

$$ds^2 = e^{2\nu} (1 + qa) dt^2 - (1 + qc + qb) \frac{dr^2}{1 - \frac{2\tilde{m}}{r}} - (1 + qa + qb) r^2 d\theta^2 - (1 - qa) r^2 \sin^2 \theta d\phi^2, \quad (5)$$

where the functions  $\nu = \nu(r)$ ,  $a = a(r)$ ,  $c = c(r)$ ,  $\tilde{m} = \tilde{m}(r)$ ,  $b = b(r, \theta)$ .

The corresponding linearized Einstein equations can be represented as



$$G_{\mu}^{\nu} + q G_{\mu}^{(q)\nu} = 8\pi \left( T_{\mu}^{\nu} + q T_{\mu}^{(q)\nu} \right), \quad (6)$$

where the (0)-terms correspond to the limiting case of spherical symmetry. As for the energy-momentum tensor, we assume that density and pressure can also be linearized as

$$p(r) = p_0(r) + qp_1(r), \quad \rho(r) = \rho_0(r) + q\rho_1(r), \quad (7)$$

in accordance with the conservation law conditions (5). Here,  $p_0(r)$  and  $\rho_0(r)$  are the pressure and density of the background spherically symmetric solution, respectively. The significance of presenting the approximate line elements as mentioned above lies in the fact that it facilitates a simpler process for aligning the interior and exterior metrics.

### Matching conditions

For the exterior gravitational field of slightly deformed objects, the parameter  $q$  in the exterior metric can be considered as small, then we can linearize the line element as [17,18]

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2m}{r}\right) \left[1 + q \ln\left(1 - \frac{2m}{r}\right)\right] dt^2 - r^2 \left[1 - q \ln\left(1 - \frac{2m}{r}\right)\right] \sin^2 \theta d\phi^2 - \left[1 + q \ln\left(1 - \frac{2m}{r}\right) - 2q \ln\left(1 - \frac{2m}{r} + \frac{m^2}{r^2} \sin^2 \theta\right)\right] \cdot \left(\frac{dr^2}{1 - \frac{2m}{r}} + r^2 d\theta^2\right) \quad (8)$$

Furthermore, this line element represents a particular approximate solution to Einstein's equations in vacuum.

Specifically, by examining the boundary conditions at the matching surface  $r=r_{\Sigma}$  and comparing the aforementioned interior metric (6) with the approximate exterior q-metric (9) at the first order in  $q$ , we can derive the conditions for matching as

$$a(r_{\Sigma}) = -\frac{2m}{r_{\Sigma} - m}, \quad c(r_{\Sigma}) = -\frac{2m}{(r_{\Sigma} - m)^2}, \quad b(r_{\Sigma}) = -\frac{4m}{r_{\Sigma} - m} + \alpha \quad (9)$$

$$v(r_{\Sigma}) = \frac{1}{2} \ln\left(1 - \frac{2m}{r_{\Sigma}}\right), \quad m(r_{\Sigma}) = m.$$

we can impose the physically meaningful condition that the total pressure vanishes at the matching surface, i.e.

$$\tilde{m}(\Sigma) = m, \quad p(\Sigma) = 0. \quad (10)$$

From the point of view of a numerical integration, the above matching conditions can be used as boundary values for the integration of the corresponding differential equations. It's important to note that achieving the necessary alignment is done by setting the spatial coordinate to  $r=r_{\Sigma}$  alone. Yet, as highlighted in the preceding section, this does not imply that the matching surface forms a sphere. In reality, the form of the matching surface is shaped by the conditions  $t=const.$  and  $r=r_{\Sigma}$ , which, as

stated by Eq. (11), specify a surface that varies explicitly with  $\theta$ . Consequently, the coordinate  $r$  does not serve as a radial coordinate.

### Discussion

#### *Solving the field equations with the Equation of state*

To find the interior metrics to describe the internal gravitational field of white dwarfs and neutron stars, we should integrate the equation of state (EoSs) together with the field equations. The explicit form of the corresponding field equations is given in [17]. This set of equations can be integrated immediately once the Equation of state is known. In particular, for a constant density of mass distribution i.e.,  $\rho=const.$ , we obtain the interior Schwarzschild metric, which is the zeroth-order solution of Einstein's field equation.

We can provide an analyze to show the possibility of finding physical solutions for the field equations with the additional quadrupole parameter  $q$  for the given EoS.

An interesting class of fluids are the barotropic fluids, which obey the EoS [24]. One of the simplest cases is represented by the barotropic relation

$$p = \omega\rho \tag{11}$$

where  $w$  is the barotropic constant factor.

The behavior of the resulting total density is represented in Fig.1.

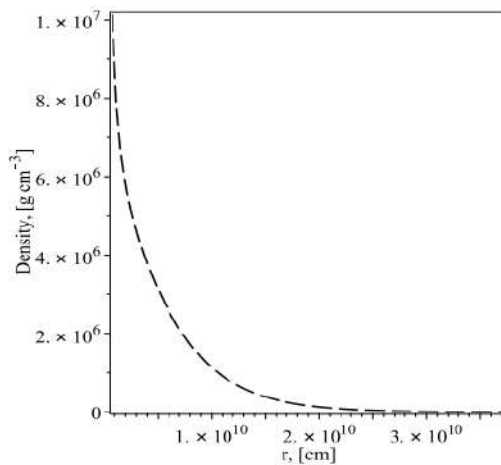


Fig. 1 - Behavior of the total density in terms of spatial coordinate  $r$  in geometrized units with  $G = c = 1$ , where  $\rho_0 = 10^6 \rho / \text{cm}^3$

To proceed with the numerical integration of the field equations in this case, the free parameters as

$$\rho_0 = \frac{3m}{4\pi R^3}, R = 1, m = 0.435, q = \frac{1}{100} \tag{12}$$

An interesting relation on the density and pressure functions of barotropic EoS presented as following

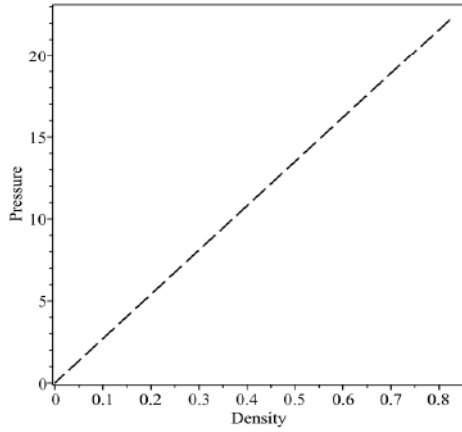


Fig. 2 - Barotropic behavior of pressure  $P$  versus density  $\rho$  in geometrized units, where  $\omega = 27$

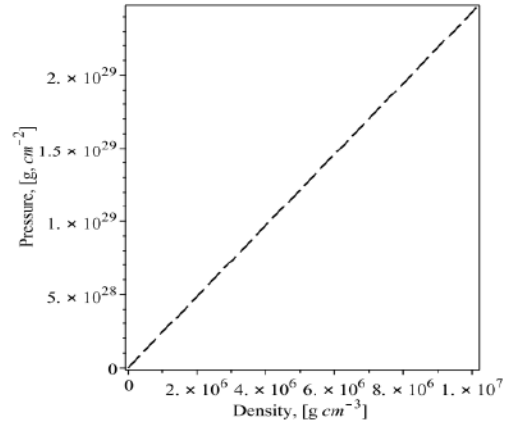


Fig. 3. - Barotropic behavior of pressure versus density  $P(\rho)$  in cgs units, where  $\omega = 27$

Accordingly, we will compare the physical properties of solutions, as expressed at the level of the EoS, with those of realistic compact objects. Consider, for instance, a neutron stars whose interior is described by the Chandrasekhar EoS in parametric form and geometrized units [16,25]:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{e_0}{8} \left[ \left( 2y(x)^3 + y(x) \right) \sqrt{1 + y(x)^2} - \ln \left( y(x) + \sqrt{1 + y(x)^2} \right) \right] \\ p &= \frac{e_0}{24} \left[ \left( 2y(x)^3 - 3y(x) \right) \sqrt{1 + y(x)^2} + 3 \ln \left( y(x) + \sqrt{1 + y(x)^2} \right) \right] \end{aligned} \quad (13)$$

where  $e_0 = m_n^4 c^5 / \pi^2$  is the energy density.

Figure 4 illustrates the behavior of the equation of state (EoS) for pure degenerate neutron gas, which we adopt here for simplicity. We observe behavior comparable to that obtained from the numerical solutions presented above.

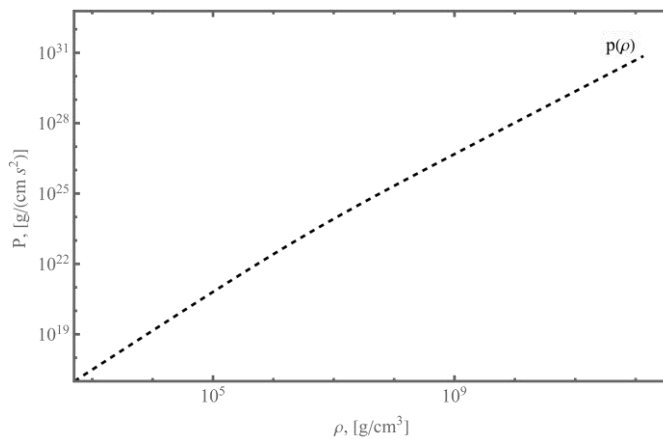


Fig. 4. Behavior of pressure versus density for the Chandrasekhar EoS.

In our analysis, we proposed using a different method that involves finding an effective EoS from the above parametric EoS and plotting the result as an effective EoS of pressure versus density. It was shown that in both cases, the effective EoS can be approximated by a polytropic equation of state, and the appropriate polytropic parameters have been identified. We found that the internal properties

of these compact objects can be effectively represented by a polytropic EoS, which essentially mirrors the behavior observed in the numerical solutions.

The Salpeter EoS is particularly useful for modeling the interior of white dwarfs, where temperatures are relatively low, and electron degeneracy pressure supports the star against gravitational collapse[26,27]. It incorporates the effects of electron degeneracy without considering strong interactions between particles, making it ideal for white dwarfs that do not reach the densities where such interactions become significant. The Feynman-Metropolis-Teller EoS provides insights into the arrangement of atomic nuclei at extreme densities, promising to refine our understanding of the internal structure of compact objects[28]. We obtain numerical solutions that satisfy the matching conditions for the metric functions and the energy conditions for both EoSs.

## Conclusion

In this study, we have focused on the structure of dense objects in space, like white dwarfs and neutron stars, using Einstein's theory of gravity, especially when they are not perfectly spherical. We pay close attention to a property called the quadrupole moment, which helps us better describe their shape and gravity.

To analyze these objects, we constructed field equations that include the quadrupole moment. A significant part of our research involves selecting the right equations of state (EoS), which is important for studying the inner pressures and densities of white dwarfs and neutron stars.

One of the main challenges we addressed is making sure that our solutions for the inside of these objects match well with the solutions for the space outside them. This process, known as matching conditions, is crucial for our solutions to be realistic and reflect what we can observe about these objects in space.

Through computational methods, we solved equations to find out more about the internal structure of compact objects and the results checked with the well-known EoS and verified that these particular solutions can be applied to describe the exterior and interior gravitational field of compact objects. The provided analysis shows that it is possible to find solutions for the internal makeup of white dwarfs and neutron stars using the Salpeter EoS and the Feynman-Metropolis-Teller EoS. Both EoS are foundational for astrophysical models of compact objects, enabling scientists to predict and understand the complex behavior of matter under conditions that are impossible to replicate on Earth. They are instrumental in studying the structure, evolution, and dynamics of white dwarfs and neutron stars, offering insights into the fundamental properties of matter in the universe.

## Acknowledgments

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP14869876)

## References

- [1] Schwarzschild K. *Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie // Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften*. – 1916. – Vol.1. – P.189-196. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1916SPAW.....189S>
- [2] Kerr R.P. *Gravitational Field of a Spinning Mass as an Example of Algebraically Special Metrics // Physical Review Letters*. – 1963. – Vol.11(5). – P.237-238. DOI:10.1103/PhysRevLett.11.237
- [3] Oppenheimer J.R., Volkoff G.M. *On massive neutron cores // Phys. Rev.* – 1939. – Vol.55. – P.374. DOI: 0.1103/PhysRev.55.374
- [4] Pinkanjanarod, Sithichai; Burikham, Piyabut; Ponglertsakul, Supakchai. *Tidal deformation and radial pulsations of neutron star with holographic multiquark core // The European Physical Journal C*. – 2022. – Vol.82, Iss2. DOI: 10.1140/epjc/s10052-022-10106-5
- [5] Stephani H., Kramer D., MacCallum A. H., Hoenselaers C., and Herlt E. *Exact Solutions of Einstein's Field Equations*. – Cambridge: Cambridge University Press, 2003. – 736 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511535185>

- [6] Zipoy, D.M. *Topology of some spheroidal metrics* // *J. Math. Phys.* – 1966. – Vol. 7. – P.1137–1143. DOI: 10.1063/1.1705005
- [7] Voorhees B.H. *Static axially symmetric gravitational fields.* // *Phys. Rev. D.* – 1970. – Vol.2. – P.2119–2122. DOI: 10.1103/PhysRevD.2.2119
- [8] Boshkayev K., Quevedo H., Toktarbay S., Zhami B., Abishev M. *On the equivalence of approximate stationary axially symmetric solutions of the Einstein field equations* // *Grav. Cosmol.* – 2016. – Vol.22. – P.305–311. DOI: 10.1134/S0202289316040046
- [9] Benavides-Gallego C.A., Abdujabbarov A., Malafarina D., Ahmedov B., Bambi C. *Charged particle motion and electromagnetic field in  $\gamma$  spacetime* // *Phys. Rev. D.* – 2019. – Vol.99. – Art.No 044012. DOI: 10.1103/PhysRevD.99.044012
- [10] Quevedo H., Toktarbay S. *Generating static perfect-fluid solutions of Einstein's equations.* // *J. Math. Phys.* – 2015. – Vol.56. – Art.No 052502. DOI: 10.1063/1.4921062
- [11] Abishev M., Beissen N., Belissarova F., Boshkayev K., Mansurova A., Muratkhan A., Quevedo H., Toktarbay S., *Approximate perfect fluid solutions with quadrupole moment* // *International Journal of Modern Physics D.* – 2021. – № 30(13). – Art.No 2150096. DOI: 10.1142/S0218271821500966
- [12] Toktarbay, S.; Quevedo, H.; Abishev, M.; Muratkhan, A. *Gravitational field of slightly deformed naked singularities* // *Eur. Phys. J. C.* – 2022. – Vol.82. – P.382. DOI: 10.1140/epjc/s10052-022-10230-2
- [13] Muratkhan A., Orazymbet A., Zhakipova M., Assylbek M., Toktarbay, S. *A shadows from the static black hole mimickers* // *International Journal of Mathematics and Physics.* – 2023. – №13(2). – P. 44–49. DOI: 10.26577/ijmph.2022. v13.i2.06
- [14] Beissen N., Utepova D., Abishev M., Quevedo H., Khassanov M., Toktarbay S., *Gravitational refraction of compact objects with quadrupoles* // *Symmetry.* – 2023. – № 15(614). DOI: 10.3390/sym15030614
- [15] Beissen N., Utepova D., Muratkhan A., Orazymbet A., Khassanov M., Toktarbay S., *Application of GBT theorem for gravitational deflection of light by compact objects* // *Recent Contributions to Physics.* – 2023. – № 1(84). – P.15-24. DOI: 10.26577/RCPH.2023.v84.i1.02
- [16] Anile M. *Relativistic Fluids and Magneto-Fluids: With Applications in Astro physics and Plasma Physics.* – Cambridge University Press, 1990. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:222078133>
- [17] Zeldovich Y.B. and Novikov I.D. *Relativistic Astrophysics. Stars and Relativity* – University of Chicago Press, 1971. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1971reas.book.....Z>
- [18] Salpeter E.E. and van Horn H.M. *Nuclear reaction rates at high densities* // *Astrophys. J.* – 1969. – Vol.155. – P.183. DOI: 10.1086/149858
- [19] Feynman R.P., Metropolis N. and Teller E. *Equations of state of elements based on the generalized Fermi-Thomas theory* // *Phys. Rev.* – 1949. – Vol.75. – P.1561. DOI: 10.1103/PhysRev.75.1561
- [20] Tremblay P.E., Bergeron P. and Gianninas A. *An improved spectroscopic analysis of DA white dwarfs from the Sloan Digital Sky Survey data release 4* // *Astrophysical Journal* – 2011. – Vol.730. – P.128. DOI:10.1088/0004-637X/730/2/128

М.К. Ибраимов<sup>1</sup>, Б.А. Ханиев<sup>1</sup>, Т.С. Дуйсебаев<sup>1</sup>, А.О. Тілеу<sup>1</sup>, Д.Б. Әлмен<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

\*e-mail: dinara.almen@gmail.com

## СЕЛЕКТИВНЫЙ АММИАЧНЫЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ ПОРИСТЫЙ КРЕМНИЙ - ОКСИД ВОЛЬФРАМА

### Аннотация

В работе был изготовлен газовый сенсор на основе гетероструктурного материала, состоящего из пористого кремния (ПК) и оксида вольфрама (WO<sub>3</sub>). ПК был получен методом электрохимического травления, а гетероструктурный материал ПК/ WO<sub>3</sub> методом магнетронного распыления. С помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Quanta 200i 3D, системы NT-MDT Solver Spectrum, дифрактометра Rigaku Miniflex 600 и модуля NI ELVIS II+ были исследованы электрические и морфологические характеристики полученного гетероструктурного материала, а также его чувствительность к различным газам. Экспериментальные работы показали, что среди нескольких видов газа, полученных в качестве пробы, указанный газовый сенсор обладает высокой чувствительностью к молекулам аммиака, соответственно исследуемый материал может быть использован в качестве селективного сенсора аммиака.

*Ключевые слова:* полупроводник, гетероструктура, пористый кремний, оксид вольфрама, газовый сенсор, аммиак, электрохимическое травление, магнетронное распыление.

М.К. Ибраимов<sup>1</sup>, Б.А. Ханиев<sup>1</sup>, Т.С. Дуйсебаев<sup>1</sup>, А.О. Тілеу<sup>1</sup>, Д.Б. Әлмен<sup>1</sup>

<sup>1</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

## ШАЛАӨТКІЗГІШТІ ГЕТЕРОҚҰРЫЛЫМ НЕГІЗІНДЕГІ СЕЛЕКТИВТІ АММИАК ГАЗ СЕНСОРЫ

### Аңдатпа

Бұл жұмыста кеуекті кремний мен вольфрам оксидінен тұратын гетероқұрылымдық материал негізінде газ сенсоры жасалды. Кеуекті кремний электрохимиялық жеміру арқылы, ал кеуекті гетероқұрылымды кремний/WO<sub>3</sub> материалы магнетронды шашырату арқылы алынды. Quanta 200i 3D сканерлеуші электронды микроскопы (СЭМ), NT-MDT Solver Spectrum жүйесі, Rigaku Miniflex 600 дифрактометрі және NI ELVIS II+ модулі арқылы гетероқұрылымды материалдың электрлік және морфологиялық сипаттамалары, сондай-ақ оның әртүрлі газдарға сезімталдығы зерттелді. Эксперименттік жұмыс аталмыш газ сенсорының үлгі ретінде алынған газдың бірнеше түрлерінің ішінде аммиак молекулаларына жоғары сезімталдыққа ие екенін көрсетті, сәйкесінше зерттелетін материалды аммиактың селективті сенсоры ретінде пайдалануға болады.

*Түйін сөздер:* шалаөткізгіш, гетероқұрылым, кеуекті кремний, вольфрам оксиді, газ сенсоры, аммиак, электрохимиялық жеміру, магнетронды тоздату.

M.K. Ibraimov<sup>1</sup>, B.A. Khaniyev<sup>1</sup>, T.S. Duisebayev<sup>1</sup>, A.O. Tileu<sup>1</sup>, D.B. Almen<sup>1</sup>

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

## SELECTIVE AMMONIA SENSOR BASED ON SEMICONDUCTOR HETEROSTRUCTURE

### Abstract

In this work, a gas sensor was fabricated based on a heterostructural material consisting of porous silicon and tungsten oxide. Porous silicon was obtained by electrochemical etching, and porous silicon/WO<sub>3</sub> material was obtained by magnetron sputtering. Using a Quanta 200i 3D scanning electron microscope (SEM), an NT-MDT Solver Spectrum system, a Rigaku Miniflex 600 diffractometer, and an NI ELVIS II+ module, the electrical and morphological characteristics of the resulting heterostructure material, as well as its sensitivity to various gases, were studied. Experimental work has shown that among several types of gas obtained as a sample, the specified gas sensor has a high sensitivity to ammonia molecules, respectively, the material under study can be used as a selective ammonia sensor.

**Keywords:** semiconductor, heterostructure, porous silicon, tungsten oxide, gas sensor, ammonia, electrochemical etching, magnetron sputtering

## Введение

В настоящее время развитие промышленных технологий и автоматизация процессов, повышенные требования к здоровью человека и охране окружающей среды привели к значительному увеличению спроса на высокочувствительные и селективные газовые сенсоры [1]. К основным областям применения этих устройств относятся промышленные предприятия, фабрики, шахты, службы промышленной безопасности и места массового скопления людей [2].

Обнаружение газообразного аммиака ( $\text{NH}_3$ ) представляет большой интерес в таких областях, как сельское хозяйство, промышленная химия, экологическая ориентация, машиностроение и медицина. Газообразный  $\text{NH}_3$  – очень опасный, горючий, ядовитый газ, который даже в малых концентрациях может повредить кожу, глаза и органы дыхания [3]. В настоящее время полупроводники на основе оксидов металлов широко используются в качестве сенсоров  $\text{NH}_3$  и других газов. Naderi и др. разработали стабильное сенсорное устройство, способное обнаруживать газообразный  $\text{NH}_3$  с концентрацией до 212 ppb при  $150^\circ\text{C}$  из гетероструктуры  $\text{V}_2\text{O}_5/\text{CuWO}_4$ , а также объяснили механизм чувствительности химическими реакциями [4]. Yang и др. показали, что чувствительность и селективность сенсорного устройства к газообразному  $\text{NH}_3$  увеличиваются при высоких температурах при использовании структуры  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  в качестве чувствительного материала и добавлении к ней золота [5]. Хотя эти сенсорные устройства имеют высокий коэффициент чувствительности к газу  $\text{NH}_3$ , обычно сенсоры на основе оксидов металлов имеют высокую рабочую температуру, что может увеличить энергопотребление, а также имеют сложные и дорогие технологии производства.

Большая площадь поверхности, обусловленная фрактальной структурой, химическая активность поверхности материала, несложная технология производства, а также уникальные оптические, электрические и структурные свойства делают пористый кремний (ПК) перспективным материалом для использования в качестве чувствительного элемента в газосенсорной технике [6]. Кроме того, еще одним преимуществом использования кремниевых наноструктур в качестве сенсора газа является совместимость с современной электроникой. Хотя ПК весьма чувствителен к некоторым типам газов, он менее стабилен из-за быстрого закисления его поверхности. Таким образом, характеристики чувствительности и селективности электронных сенсоров газа для труднообнаруживаемых частиц газа могут быть повышены за счет использования материала, состоящего из ПК и металло-оксидных полупроводников, для промышленных применений твердотельной электроники [7].

Результаты экспериментального исследования показали, что испытуемые образцы способны обнаруживать вредные газы до концентрации 0,1 ppm при комнатной температуре. Эти результаты демонстрируют возможность разработки высокочувствительных и экономичных электронных сенсоров для различных вредных и опасных газов.

Целью данной работы является исследование характеристик и изготовление чувствительного и селективного сенсора газа аммиака на основе гетероструктурного материала, состоящего из ПК и оксида вольфрама.

## Методология исследования

Основой материала гетероструктуры является ПК. Его получают из кремния p-типа с удельным сопротивлением  $10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$  и размером  $1 \times 1 \text{ см}^2$  методом электрохимического травления. На рис. 1 представлена схема получения ПК. Электрохимическое травление проводили в специальной фторопластовой ячейке в электролите, содержащем  $\text{HF}$ :спирт = 1:1, при плотности тока  $\text{мА}/\text{см}^2$ , напряжении 30 В и времени 40 мин. Перед электрохимическим травлением кремниевая пластина была очищена в растворе  $\text{HF}$  и промыта деионизированной

водой. Перед помещением кремниевой пластины в ячейку, где проводится процесс электрохимического травления, на нижнюю поверхность кремния необходимо нанести слой металла (в нашем случае никеля). Для этого необходимо рабочую поверхность, то есть поверхность, на которой формируется пористый слой, нужно держать в растворе никеля, нагретым до температуры 50-60 °С в течение 5-7 минут. После закрепления металлического слоя на нижней поверхности, кремниевую пластину помещают в ячейку из фторопластового тефлона и заливают электролитом. На нижней поверхности кремния установлено уплотнительное кольцо, чтобы электролит не проходил. В качестве катода используется платина, так как платина является одним из металлов, не претерпевающих никаких изменений под действием плавиковой кислоты HF. Анод соединяется с поверхностью кремния, на которой нанесен никель. При использовании ячейки такой конструкции ПК полностью формируется на поверхности площадки, контактирующей с электролитом. Преимуществом такой конструкции перед другими технологиями является простота технологии и относительно невысокая цена.

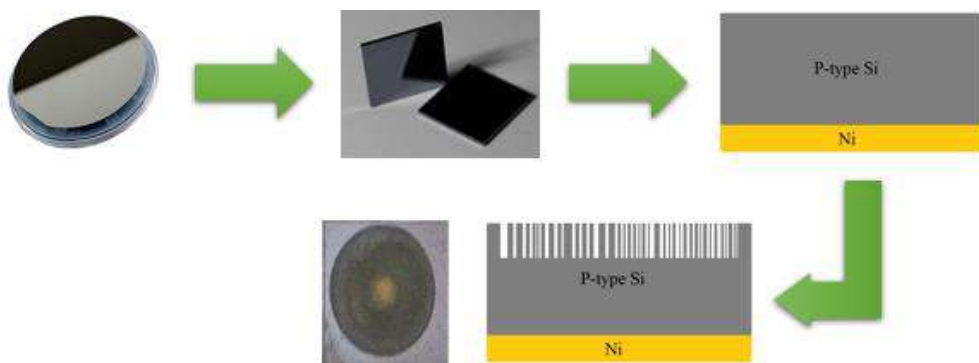


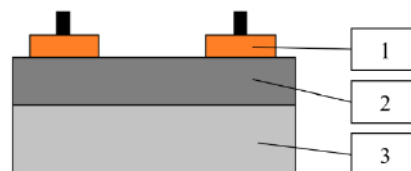
Рисунок 1. Схема получения ПК

Показатель пористости полученного образца ПК определяли гравиметрическим методом по следующему выражению (1):

$$P = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} \times 100\%, \quad (1)$$

где  $m_1$  – масса кремниевой пластины до травления,  $m_2$  – масса ПК,  $m_3$  – масса образца с удаленным пористым слоем.

Для получения электрических характеристик ПК используются различные электронные устройства. Поэтому на поверхность ПК устанавливаются контакты из смеси металлов галлия и индия, обеспечивающие контакт ПК с приборами (рис. 2).



1 – InGa контакт; 2 – слой ПК; 3 – кремний.

Рисунок 2. Металлический контакт, закрепленный на поверхности ПК

Для получения гетероструктуры оксид вольфрама ( $WO_3$ ) напыляли на поверхность ПК методом магнетронного распыления. В таблице 1 приведены параметры метода магнетронного распыления.



Таблица 1. Параметры магнетронного распыления

№	Параметр	Описание
1	Скорость потока Ar, ссст	45
2	Скорость потока O <sub>2</sub> , ссст	5
3	Начальное давление, Торр	6·10 <sup>-7</sup>
4	Рабочее давление, мТорр	5
5	Расстояние до цели, см	13
6	Мощность, Вт	40

Морфологию полученных образцов изучали с помощью изображений сканирующего электронного микроскопа. Кроме того, были получены Рамановский и XRD спектры образцов. Морфологию исследуемых в данной работе материалов изучали по изображениям, полученным на сканирующем электронном микроскопе Quanta 200i 3D. Спектры Рамана анализировались с помощью системы NT-MDT Solver Spectrum и возбуждались лазером с длиной волны 473 нм. Спектры XRD, полученные для фазового анализа образцов, измеряли с помощью дифрактометра Rigaku Miniflex 600. Для определения электрических характеристик и чувствительности гетероструктур ПК/WO<sub>3</sub> были измерены их ВАХ (вольт-амперные характеристики). Чувствительность и ВАХ ПК исследовались в модуле NI ELVIS II+. В среде программирования LabVIEW была собрана специальная схема и получены ВАХ ПК. Схема исследования электрических характеристик образцов ПК представлена на рис. 3.

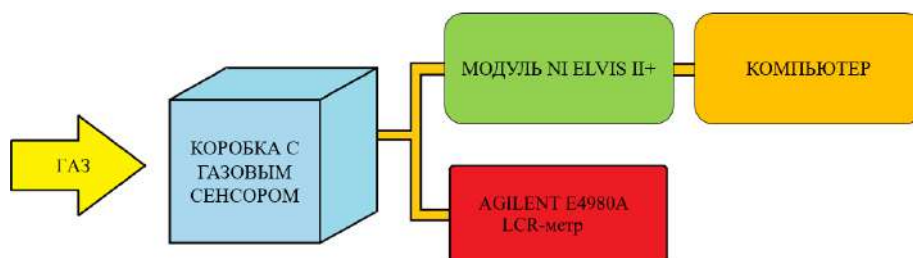


Рисунок 3. Схема исследования чувствительности образцов к видам газа

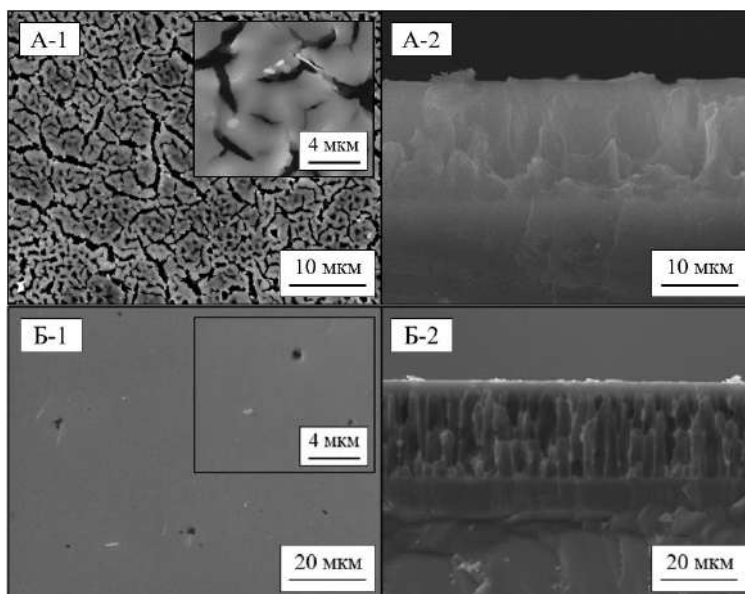
Газовый сенсор помещается в коробку объемом примерно 7 л и размерами 19 см x 19 см x 19 см. Молекулы газа вводятся в коробку в жидком виде, а концентрация газа рассчитывается по формуле (2) [4]:

$$C = \frac{\rho \times T \times V_1 \times R}{M \times V_2 \times P}, \quad (2)$$

где  $C$  – концентрация газа [ppm],  $\rho$  – плотность жидкости [г/см<sup>3</sup>],  $T$  – абсолютная температура [К],  $V_1$  – объем жидкости [мкл],  $R$  – универсальная газовая постоянная [8,31 Дж/моль·К],  $P$  – давление внутри ящика [Па],  $V_2$  – объем ящика [л],  $M$  – молекулярная масса жидкости [г/моль].

### Результаты исследования

На рис. 4 показаны СЭМ-изображения поперечного сечения и вид сверху полученного материала ПК/WO<sub>3</sub>. Из рисунка видно, что полупроводник n-типа WO<sub>3</sub> осаждается на поверхность ПК в виде цельной тонкой пленки, покрывающей пористую поверхность.



А – ПК; Б – ПК/ $WO_3$ ; 1 – вид сверху; 2 – вид в разрезе.  
Рисунок 4. СЭМ-изображения ПК и ПК/ $WO_3$

На рис. 5 показаны спектры XRD и Рамановский спектр, показывающие успешное осаждение материала  $WO_3$  на поверхность ПК.

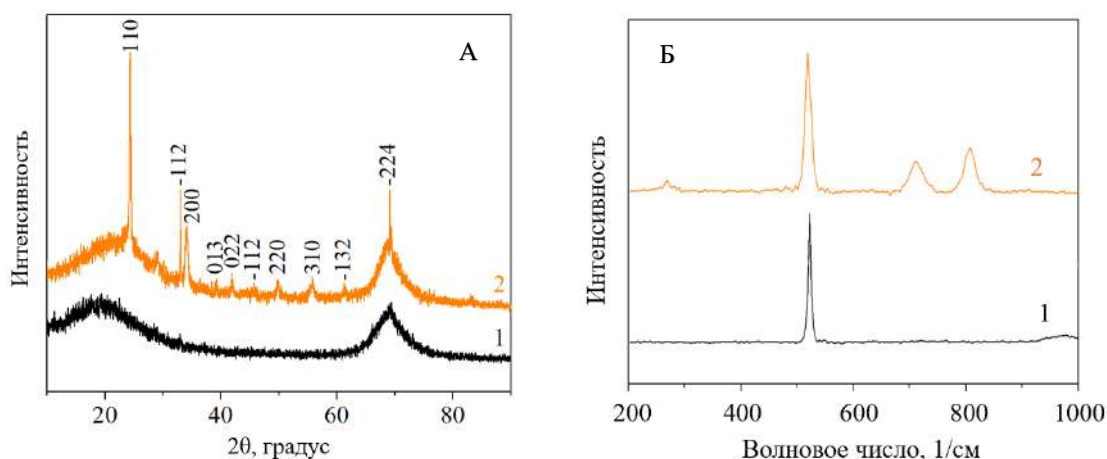


Рисунок 5. XRD (А) и Рамановский (Б) спектры ПК и ПК/ $WO_3$

В Рамановском спектре гетероструктура ПК/ $WO_3$  наблюдаются пики при  $710\text{ см}^{-1}$  и  $807\text{ см}^{-1}$ , соответствующие режиму растяжения связи O-W-O, а также полоса  $270\text{ см}^{-1}$ , соответствующая изгибной моде связи O-W-O [8]. Эти результаты показывают, что  $WO_3$  соответствует моноклинной фазе. На рис. 5, Б помимо пиков, обусловленных нижележащим слоем ПК, имеется несколько пиков, обусловленных слоем  $WO_3$  со значительно более сильными и дополнительными слабыми пиками. На рисунке видны пики с сильной интенсивностью в плоскостях (110), (-112), (112), (-224), соответствующих углам  $24.22^\circ$ ,  $33.39^\circ$ ,  $34.26^\circ$ ,  $70.14^\circ$ . Эта информация поддерживается базой данных JCPDS 01-088-5-0550. Эти пики соответствуют моноклинной фазе  $WO_3$ , в этом случае параметры кристаллической ячейки составляют:  $a = 5.261$ ,  $b = 5.128$ ,  $c = 7.65$  и  $\beta = 92.05$ .

### Дискуссия

Рассмотрим теперь электрические характеристики образца ПК/ $WO_3$  при воздействии различных газов. Когда полупроводник n-типа  $WO_3$  осаждается на поверхности ПК р-типа, образуется р-n переход. На рис. 6 представлены ВАХ материала ПК/ $WO_3$  с таким р-n-гетеропереходом, измеренные в диапазоне напряжений  $U = 1.5 - 1.7$  В при воздействии различных газов. Из рисунка видно, что указанный проводящий материал хорошо реагирует на молекулы аммиака. Он менее чувствителен к парам толуола, этанола и хлороформа, взятых в качестве пробы.

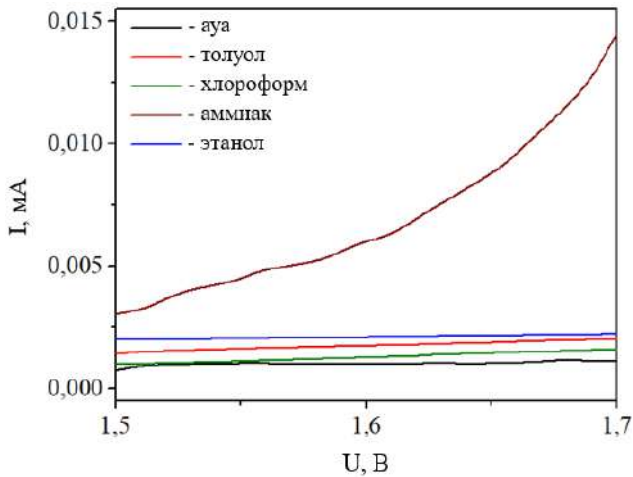


Рисунок 6. ВАХ сенсора на основе гетероструктуры ПК/ $WO_3$  при воздействии различных газов

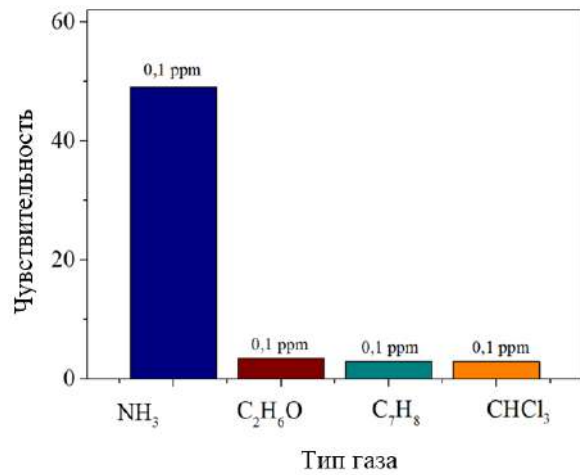


Рисунок 7. Диаграммы чувствительности газовых сенсоров на основе гетероструктуры ПК/ $WO_3$  к различным молекулам газа

Из диаграммы, представленной на рис. 7, можно сделать вывод, что гетероструктура ПК/ $WO_3$  может быть использована при изготовлении газового сенсора со стабильной поверхностью и высокой селективностью к аммиаку. Чувствительность материала к аммиаку увеличилась с 33,25% до 49% по сравнению с ПК. А чувствительность к другим видам газов, взятых для испытания, равна 3%.

Чтобы понять механизм обнаружения частиц газа гетероструктуры ПК/ $WO_3$ , рассмотрим ее диаграмму энергетической зоны (рис. 8).

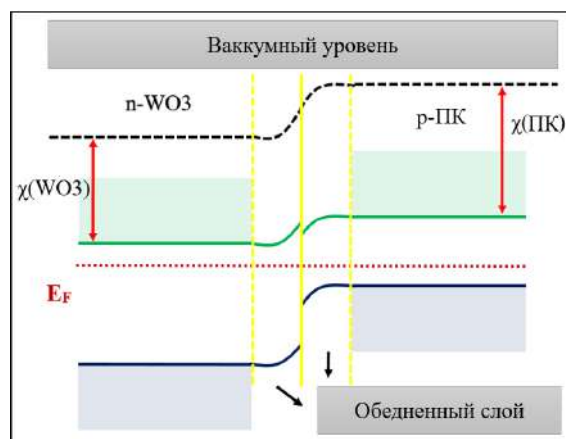


Рисунок 8. Зональная диаграмма гетероструктуры пористый кремний/ $WO_3$  [9]

При этом следует отметить, что  $WO_3$  является полупроводником n-типа, поэтому его зонная диаграмма имеет уровень Ферми, близкий к зоне проводимости. Кроме того, ширина

запрещенной зоны и сродство к электрону (аффинность) полупроводникового материала  $WO_3$  составляют  $E_g = 2.7$  эВ,  $\chi = 3.3$  эВ, соответственно. Зная параметры  $WO_3$  и пористых кремниевых полупроводников, можно построить энергетическую диаграмму, как показано на рис. 8. При магнетронном распылении, когда на поверхность ПК наносится слой  $WO_3$ , электроны, являющиеся основными носителями заряда в  $WO_3$ , движутся в сторону ПК за счет высокого уровня Ферми, а дырки движутся в сторону  $WO_3$ . Этот процесс продолжается до тех пор, пока уровни Ферми двух материалов не сравняются. Когда ПК/ $WO_3$  подвергается воздействию воздуха, молекулы кислорода адсорбируются на поверхности  $WO_3$  и притягивают электроны из зоны проводимости, что приводит к образованию ионов кислорода. И ПК, и  $WO_3$  могут адсорбировать молекулы кислорода благодаря своим поверхностным характеристикам. Это приводит к сужению зоны проводимости и увеличению области обеднения в результате захвата большого количества свободных электронов. По мере того, как захватывается больше свободных электронов, обедненная область увеличивается и формируется инверсионный слой. При воздействии газа на гетероструктуру ПК/ $WO_3$  молекулы газообразного аммиака взаимодействуют с адсорбированными ионами кислорода и возвращают захваченные электроны в область проводимости. Таким образом, уменьшается площадь обеднения электронами, снижается сопротивление материала и, как следствие, увеличивается величина тока. Однако низкую чувствительность к некоторым типам газов можно объяснить небольшим изменением области обеднения электронами из-за большой ширины запрещенной зоны материала  $WO_3$  [9].

### Заключение

Таким образом, в данной работе исследованы электрические и морфологические характеристики высокочувствительного и селективного к парам аммиака при комнатной температуре гетероструктурного материала, состоящего из ПК и  $WO_3$ . Прежде всего, в специальной лаборатории из пластины кристаллического кремния был получен слой ПК. Затем методом магнетронного распыления на поверхность ПК наносился  $WO_3$  для получения полупроводниковой гетероструктуры. На поверхность полученного материала устанавливали металлические контакты для изучения электрических характеристик. Экспериментальные работы показали, что среди нескольких типов газов, чувствительность указанного газового сенсора к молекулам аммиака высока, соответственно исследуемый материал может быть использован в качестве селективного сенсора аммиака. Механизм обнаружения газа был объяснен на основе энергетической зонной диаграммы гетероструктурного материала.

### Благодарности

Работа выполнена при поддержке грантового финансирования научно-технических программ и проектов Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, ИРН AP09058525.

### Список использованных источников

- [1] Alwan A. M., Abed H. R., Rashid R. B. Enhancing the temporal response of modified porous silicon-based CO gas sensor //Solid-State Electronics. – 2021. – Т. 181. – С. 108019. <https://doi.org/10.1016/j.sse.2021.108019>
- [2] Kumar R., Kumar A., Singh R., Kumar R., Kumar D., Sharma S. K., Kumar M. Room temperature ammonia gas sensor using Meta Toluic acid functionalized graphene oxide //Materials Chemistry and Physics. – 2020. – Т. 240. – С. 121922. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.121922>
- [3] Liu I.P., Chang C.H., Chou T.C., Lin K.W. Ammonia sensing performance of a platinum nanoparticle-decorated tungsten trioxide gas sensor //Sensors and Actuators B: Chemical. – 2019. – Т. 291. – С. 148-154. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.04.046>

- [4] Naderi H., Hajati S., Ghaedi M., Dashtian K., Sabzehmeidani M. M. Sensitive, selective and rapid ammonia-sensing by gold nanoparticle-sensitized  $V_2O_5/CuWO_4$  heterojunctions for exhaled breath analysis // *Applied Surface Science*. – 2020. – T. 501. – C. 144270. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.144270>
- [5] Yang B., Wang C., Xiao R., Yu H., Wang J., Liu H., Xia F., Xiao J. High sensitivity and fast response sensor based on sputtering Au tuned  $ZnFe_2O_4$ -SE for low concentration  $NH_3$  detection // *Materials Chemistry and Physics*. – 2020. – T. 239. – C. 122302. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.122302>
- [6] Kareem M. H., Hussein A. M. A., Hussein H. T. Preparation high quality ethanol gas sensor by modifying porous silicon (PS) surface with carbon nanotube (CNTs) // *Optik*. – 2022. – T. 259. – C. 168826. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.168826>
- [7] Thomas T., Kumar Y., Ramón J.A.R., Agarwal V., Guzmán S.S. Reshmi R., Pushpan S., Loredó S.L., Sanal K.C. Porous silicon/ $\alpha$ - $MoO_3$  nanohybrid based fast and highly sensitive  $CO_2$  gas sensors // *Vacuum*. – 2021. – T. 184. – C. 109983. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2020.109983>
- [8] Li M., Hu M., Jia D., Ma S., Yan W.  $NO_2$ -sensing properties based on the nanocomposite of n- $WO_3$ - $\lambda$ /n-porous silicon at room temperature // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 2013. – Vol. 186. – P. 140-147. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2013.05.084>
- [9] Yan D., Li S., Liu S., Tan M., Cao M. Electrodeposited tungsten oxide films onto porous silicon for  $NO_2$  detection at room temperature // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2018. – Vol. 735. – P. 718-727. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.11.175>

#### References

- [1] Alwan A. M., Abed H. R., Rashid R. B. Enhancing the temporal response of modified porous silicon-based  $CO$  gas sensor // *Solid-State Electronics*. – 2021. – T. 181. – C. 108019. <https://doi.org/10.1016/j.sse.2021.108019>
- [2] Kumar R., Kumar A., Singh R., Kumar R., Kumar D., Sharma S. K., Kumar M. Room temperature ammonia gas sensor using Meta Toluic acid functionalized graphene oxide // *Materials Chemistry and Physics*. – 2020. – T. 240. – C. 121922. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.121922>
- [3] Liu I.P., Chang C.H., Chou T.C., Lin K.W. Ammonia sensing performance of a platinum nanoparticle-decorated tungsten trioxide gas sensor // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 2019. – T. 291. – C. 148-154. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.04.046>
- [4] Naderi H., Hajati S., Ghaedi M., Dashtian K., Sabzehmeidani M. M. Sensitive, selective and rapid ammonia-sensing by gold nanoparticle-sensitized  $V_2O_5/CuWO_4$  heterojunctions for exhaled breath analysis // *Applied Surface Science*. – 2020. – T. 501. – C. 144270. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.144270>
- [5] Yang B., Wang C., Xiao R., Yu H., Wang J., Liu H., Xia F., Xiao J. High sensitivity and fast response sensor based on sputtering Au tuned  $ZnFe_2O_4$ -SE for low concentration  $NH_3$  detection // *Materials Chemistry and Physics*. – 2020. – T. 239. – C. 122302. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.122302>
- [6] Kareem M. H., Hussein A. M. A., Hussein H. T. Preparation high quality ethanol gas sensor by modifying porous silicon (PS) surface with carbon nanotube (CNTs) // *Optik*. – 2022. – T. 259. – C. 168826. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.168826>
- [7] Thomas T., Kumar Y., Ramón J.A.R., Agarwal V., Guzmán S.S. Reshmi R., Pushpan S., Loredó S.L., Sanal K.C. Porous silicon/ $\alpha$ - $MoO_3$  nanohybrid based fast and highly sensitive  $CO_2$  gas sensors // *Vacuum*. – 2021. – T. 184. – C. 109983. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2020.109983>
- [8] Li M., Hu M., Jia D., Ma S., Yan W.  $NO_2$ -sensing properties based on the nanocomposite of n- $WO_3$ - $\lambda$ /n-porous silicon at room temperature // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 2013. – Vol. 186. – P. 140-147. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2013.05.084>
- [9] Yan D., Li S., Liu S., Tan M., Cao M. Electrodeposited tungsten oxide films onto porous silicon for  $NO_2$  detection at room temperature // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2018. – Vol. 735. – P. 718-727. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.11.175>

Т.Б. Қоштыбаев<sup>1</sup>, М.Е. Алиева<sup>2\*</sup>, Б.Ә. Камал<sup>2</sup>, Э.О. Құткелдиева<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

\*e-mail: moldir-2008@mail.ru

## ДЕНЕНІҢ БІРҚАЛЫПТЫ ЖӘНЕ БІРҚАЛЫПСЫЗ ҚОЗҒАЛЫСТАРЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕМЕСІ

### Аңдатпа

Мақалада дененің бірқалыпты түзу сызықты қозғалысын дене координаталарының өспелі немесе кемімелі арифметикалық прогрессиясы деп, ал осы қозғалыстың бірқалыпсыз (үдемелі) сипатқа ауысуы прогрессияның бұзылуы (ауытқуы) деп қарастырылған. Координаталардың уақыт бойынша өзгерістері бірқалыпты сипаттан ауытқыған кезде прогрессия жылдамдығы мен дененің секунд сайынға орын ауыстырулары өспелі немесе кемімелі прогрессияға түсетіні көрсетілген. Дене координаталарының сызықтық заңдылықпен өзгеру шарттарына арналған Ньютонның бірінші заңы мен координаталардың параболалық заңдылықпен өзгеруін қарастыратын Ньютонның екінші заңының математикалық тұтастығы айқындалған. Механикалық шамалардың (координатаның, жылдамдықтың, орын ауыстырулардың) уақыт бойынша өзгерістерін (қозғалыс теңдеулерін) сызықтық және сызықтық емес функциялар ретінде қарау, осы шамаларды графикалық және физикалық тұрғыда бағалау арқылы бірқалыпты және бірқалыпсыз қозғалыстардың математикалық (теориялық) негіздемесі берілген.

*Түйін сөздер:* бірқалыпты қозғалыс, үдеу, орын ауыстыру, жылдамдық, координата, прогрессия.

Т.Б. Коштыбаев<sup>1</sup>, М. Е. Алиева<sup>2</sup>, Б.А. Камал<sup>2</sup>, Э.О. Куткельдиева<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстаны

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАВНОМЕРНОГО И НЕРАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА

### Аннотация

В статье равномерное прямолинейное движение рассматривается как растущая или убывающая арифметическая прогрессия координат тела, а его изменение на неравномерное (ускоренное) движение как нарушение (отклонение) прогрессии. Так же показано, что когда изменения координат по времени отклоняется от равномерного механического состояния, то скорость прогрессии и перемещения тела в каждую секунду изменяются по закону растущей или убывающей прогрессией. Определена математическая целостность первого закона Ньютона, описывающий изменения координат тела по линейному закону и второго закона Ньютона, рассматривающий изменение координат по закону параболы. Представлено математическое (теоретическое) обоснование равномерного и неравномерного движения, где изменения механических величин (координат, скорости, перемещений) по времени рассматриваются как линейные и нелинейные функций, в то же время оценивающее этих величин графический и физический.

*Ключевые слова:* равномерное движение, ускорение, перемещение, скорость, координата, прогрессия.

T. Koshtybayev<sup>1</sup>, M. Aliyeva<sup>2</sup>, B. Kamal<sup>2</sup>, E. Kutkeldiyeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

## MATHEMATICAL JUSTIFICATION OF UNIFORM AND UNEVEN MOVEMENT OF THE BODY

### Abstract

In this article, uniform rectilinear motion is considered as an increasing or decreasing mathematical progression of the coordinates of the body, and its change to an uneven (accelerated) movement as a violation (deviation) of the progression. It is also shown that when the time coordinate changes deviate from a uniform

position, the rate of progression and movement of the body in each second become a growing or decreasing progression. The mathematical integrity of the first Newton's law is determined, which is intended to consider changes in the coordinates of the body according to the linear law and the second Newton's law, which considers the change of coordinates according to the law of the parabola. The mathematical justification (theoretical) of uniform and uneven motion is given by graphical and physical representation of these quantities, considering changes in mechanical quantities (coordinates, velocities, displacements) over time as linear and nonlinear functions.

*Keywords:* uniform motion, acceleration, displacement, speed, progression.

### **Кіріспе**

Дененің механикалық қозғалыстарының кинематикалық теориясында бірқалыпты түзу сызықты қозғалыстың сипатына, орындалу тетіктеріне (Ньютонның бірінші заңы) және оның өзгеру (бұзылу) жағдайларына (Ньютонның екінші заңы) жеткілікті дәрежеде теориялық талдаулар жасалынбай қалып жатады. Аталған қозғалыс механикалық орын ауыстырулардың ішіндегі ең қарапайымы болғандықтан көбіне оның анықтамасы ғана беріліп, теңдеуі мен графигі арқылы сипатталып, бірнеше мысалдар келтірумен шектелудеміз. Бұл мақалада бірқалыпты қозғалыстың математикалық құрылымы, оның сақталуы мен бұзылу жағдайларының жүйеленген математикалық негіздемесі ұсынылады. Қозғалыстың теориялық құрылымын жасау үшін ең алдымен оның математикалық алғышарттарын белгілеп алу қажет. Бірқалыпты түзу сызықты қозғалыстың математикалық түптамасы–арифметикалық прогрессия, ал оның табиғаты–сызықтық функция. Қозғалысқа осы тұрғыда қарау оның құрылымдық сипатын, орындалуы мен бұзылу заңдылықтарын (Ньютон заңдарын) жүйелі, әрі бірізділік-тұтастық қағидасында түсінуді жеңілдетеді.

### **Әдебиеттерге шолу**

Механикалық қозғалысты математикалық заңдылықтар тұрғысынан сипаттама жасағандардың алғашқысы–И. Ньютон [1]. Ол арифметикалық амалдарды, сандардың арифметикалық және геометриялық прогрессияларын, дифференциалдау мен интегралдауды жетілдіре отырып механикалық қозғалыстың тұтас бір теориясын жасап шықты. Ол 1680–1687 жылдары аспан денелерінің қозғалысы мен тартылысқа қатысты оптикалық есептерді шығарудан математикалық физика есептері деп аталып кеткен механикалық есептерге түбегейлі ауысты десек болады [2]. Бұл есептердің модельін (құрылымын), мазмұны мен нәтижелерін «Табиғи философияның математикалық бастамалары» атты 3-томдық кітабында жариялап, осы арқылы классикалық механиканың негізін жасады. Аталған кітаптарды физиканың математикалық негіздемесі деуге болады. Кітаптың 1-ші томында механикалық қозғалыстың кинематикалық және динамикалық теориялары ұсынылып, олардың негізгі деген тұжырымдамалары мен қорытындыларын теңдеулер (немесе формулалар) түрінде бекітті (заңдастырды). Басқаша айтқанда, И. Ньютон көптеген математикалық заңдылықтардың өмірдегі (табиғаттағы немесе тіршіліктегі) қолданылу аясын және осы заңдылықтардың практикалық маңызын айқындап берді.

Дененің механикалық қозғалысы деп оның кеңістіктегі орындарына жауапты координаталардың (оң, теріс сандардың) белгілі бір  $t$  секунд уақыт ішінде (аралығында) өзгеруін айтады. Қозғалыстың өту ортасы ретінде ОХУ жазықтығын немесе ОХ осьін алуға болады. Қозғалыс уақыты секундомер арқылы өлшенеді: дененің  $t = 0$  мезетіндегі бастапқы (алғашқы) координатасы мен оның  $t$  секундтан кейінгі координатасының айырымына тең болатын аралықты (қашықтықты, бағытталған кесіндіні) орын ауыстыру қашықтығы немесе механикалық қозғалыстың шамасы деп қарау керек. Қозғалыс кезіндегі көршілес координаталардың арасы дененің қозғалыс қадамдары деп аталып  $S$  арқылы белгіленеді (ағылшынның Step–қадам (шаг) сөзі). Дененің 1 с ішіндегі қадамын координаталардың өзгеру жылдамдығы деп түсіну керек. Олай болса, дененің механикалық қозғалысын қарастыру деп оның кез-келген уақыт мезетіне сәйкес келетін координатасы мен координаталардың осы

уақыт ішіндегі өзгеру жылдамдығын анықтауды айтады. Қозғалыс кезінде дененің координаталары сәт (секунд) сайын бірқалыпты (бірдей шамаға) өзгеріп (артып, кеміп) отырса, онда дене қозғалысының бұл түрі *жылдамдығы тұрақты* немесе *бірқалыпты түзу сызықты қозғалыс* деп аталады.

### Зерттеу әдіснамасы

Мақаланың негізгі материалы–қозғалыстардың кинематикалық және динамикалық теориялары, ал зерттеу әдістері ретінде механикалық шамалар арасындағы пропорциялық тәуелділік пен арифметикалық прогрессия заңдылықтары алынды. Осылайша кинематикалық және динамикалық теориялардың негізгі тұжырымдамалары басқа қырынан қарастырылып, олардың иеялық мазмұны математикалық аппарат арқала негізделді. Кинематика мен динамика арасындағы тұтастық концепциясы белгіленіп, математикалық бірізділік қағидасы бойынша жүйелі заңдылықтар арқылы нақтыланды. Бірқалыпты қозғалыстан бірқалыпсыз қозғалысқа ауысу жағдайларының математикалық негіздемесін жасау – мақаланың басты мақсаты. Ол үшін бірқалыпты өзгеру заңдылығы болып табылатын арифметикалық прогрессия немесе сызықтық функция тәуелділігі негізгі математикалық аппарат ретінде қолданылады. Бір шаманың қалыптылық күйінің бұзылуы өзгермей тұрған екінші бір шаманың бірқалыпты өзгерісіне алып келеді деген идея төңірегінде құрылған механикалық модель бойынша қойылған мақсат ісек асырылады.

### Зерттеу нәтижелері

*Қозғалыстың математикалық негіздемесі.* Дене координаталарының бірқалыпты өзгеру заңдылығы сандардың арифметикалық прогрессиясынан бастау алады (латынның *progressio* – алға қарай қозғалыс деген ұғымы). Прогрессия заңдылықтары дененің бірқалыпты қозғалысының ең негізгі алғышарты болып табылады. Егер  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  сандар қатарындағы (тізбегіндегі) мүшелер бір-бірінен  $\Delta a = a_2 - a_1$  (немесе  $d = a_2 - a_1$ ) шамаға айырмашылықта болса, онда сандардың осы тізбегін арифметикалық прогрессия деп айтады (прогрессия мүшелелерінің бір-бірінен айырмасы  $\Delta$  немесе  $d$  арқылы белгіленіп отыр;  $\Delta$  (дельта)–грек алфавитінің төртінші әріпі ( $\Delta\delta$ );  $d$ –ағылшынның *difference*–*айырма* деген сөзінен алынған).

Сондықтан да,  $d$ –ны прогрессия дифференциялы,  $a$ –ның туындысы ( $a'$ ) немесе прогрессияның өзгеру қадамы деп айтады. Прогрессияның көршілес мүшелердің өзара айырымы *оң* ( $d > 0$ ) немесе *теріс* мәнді ( $d < 0$ ) болуы мүмкін:  $d > 0$  болған кезде прогрессия–өспелі, ал  $d < 0$  шартындағы прогрессия–кемімелі болып табылады.  $d$ –ның шамасына (мәніне) қарап мүшелердің қаншалықты тез өсіп (немесе кеміп) жатқандығына баға бере аламыз.

Олай болса,  $d$ –ны арифметикалық прогрессия мүшелерінің *өзгеру* (*өсу немесе кему*) жылдамдығы ( $v_a$ ) десе де болады, яғни  $d = v_a$ .  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  тізбегінің кез-келген  $n$ –ші мүшесі ( $a_n$ ) мына формуламен анықталады:

$$a_n = a_1 + (n-1)d \quad n = 2, 3, 4, \dots \quad (1)$$

$$a_n = a_0 + v_a n \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

Мұндағы  $a_0$  – прогрессияның  $n = 0$  мәніне сәйкес келетін ең алғашқы мүшесі ( $a_0 = a_1 - d$ ). (1)-формула  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  тізбегі үшін жазылған, ал (2)-формула  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  қатарына сәйкес келеді. (2)–түрдегі прогрессия  $v_a > 0$  шартында–өспелі, ал  $v_a < 0$  шартында–кемімелі болады.  $a_n = a_0 + v_a n$  прогрессиясы  $y = a + bx$  (немесе  $y = y_0 + bx$ ) түрдегі сызықтық функция болып табылады және керісінше, кез-келген  $y = a + bx$  ( $y = y_0 + bx$ ) түрдегі сызықтық



функцияны  $y$ -тің мәндерінің арифметикалық прогрессиясы деп айтуға болады (прогрессия мен сызықтық функция—егіз ұғымдар).

Сызықтық функциядағы бұрыштық коэффициент ролындағы  $b$  – прогрессия жағдайында  $y$ -дің өзгеру жылдамдығы болып табылады:  $b = v_y$ . «Сызықтық» сөзін тура мағынасында түсіну керек, яғни  $v_a > 0$  шартындағы  $a_n = a_0 + v_a n$  өспелі прогрессияның  $a_n = f(n)$  тәуелділік графигі жоғары бағытталған түзу (сызық) болады.

Ал  $v_a < 0$  шартындағы  $a_n = a_0 + v_a n$  кемімелі прогрессияның  $a_n = f(n)$  тәуелділік графигі төмен бағытталған түзумен (сызықпен) сипатталады. Осы келтірілген мәліметтерді негізге ала отырып  $a_n = a_0 + v_a n$  прогрессиясын түзудің теңдеуі немесе сызықтық функция деп есептеуге болады екен [3,4].

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  прогрессиясындағы барлық  $n$  мүшенің қосындысын анықтайтын формуланы жазайық ( $S$  белгісі ағылшынның Summation–қосындылау, қосынды деген сөзінің бас әріпі):

$$S_n = \frac{n}{2}(a_0 + a_n) = \frac{n}{2}[a_0 + (a_0 + nd)] = \frac{n}{2}(2a_0 + nd) = a_0 n + \frac{d}{2} n^2 \quad (3)$$

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  тізбегіндегі сандарды қандай да бір құбылысты сипаттайтын (немесе осы құбылысқа қатысы бар) физикалық шаманың мәндері деп қабылдасақ (немесе оларды осы физикалық шаманың мәндерімен алмастырсақ), онда сандардың көрсетілген прогрессиясын аталған физикалық шаманың бірқалыпты өзгерісі (бірқалыпты артуы немесе бірқалыпты кемуі) деп қарауға болады.

Ньютон  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  сандарды ОХ осының бойымен орын ауыстыратын дененің  $x_0, x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  координаталары деп есептей отырып дененің механикалық қозғалысына оның координаталарының уақыт бойынша өзгеруі деп баға берді (бұл жерде  $n = 1, 2, 3, \dots$  кезектестігі ретінде секундомердің (timer)  $t = 1, 2, 3, \dots$  секунд көрсетулерімен алмастырылады). Осылайша дененің бірқалыпты қозғалысын координаталардың арифметикалық прогрессия деп қарастыру (тану) мүмкіндігі пайда болды. Ньютон  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  прогрессия мүшелерін физикалық шаманың мәндерімен алмастыруды бірқалыпты қозғалып келе жатқан дененің мысалында көрсеткен, яғни прогрессияға түсуші (бірқалыпты өзгеруші) шама–өлшемі метр (м) болатын координата болса, онда оның әрбір секунд сайынға өзгерісі (дифференциялы, туындысы, өзгеріс жылдамдығы) метр/секунд (м/с) болады [5].  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  прогрессияның жылдамдығы тұрақты, яғни ол тізбектің кез-келген көршілес екі мүшесінің айырымы арқылы анықталады:

$$v_a = \frac{a_2 - a_1}{2 - 1} = a_2 - a_1$$

$$v_a = \frac{a_3 - a_2}{3 - 2} = a_3 - a_2$$

Егер  $a_2 > a_1$  болса, онда  $v_a > 0$ , сәйкес прогрессия – өспелі.

Ал егер  $a_2 < a_1$  болса, онда  $v_a < 0$ –, бұл жағдай кемімелі прогрессияға сәйкес келеді.  $n \rightarrow t$ ,  $a \rightarrow x$  алмастыруларын жасау арқылы координаталар прогрессиясының жылдамдығын (координатаның 1 с ішіндегі өзгерісін) анықтайтын теңдікті аламыз:

$$v_x = \left( \frac{\Delta x}{\Delta t} \right) \frac{M}{c} = \left( \frac{\Delta x}{1c} \right) = (\Delta x) \frac{M}{c}$$

$x_0, x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  прогрессияның  $x_0, x_1$  және  $x_1, x_2$  мүшелерін алсақ:

$$v_x = \left( \frac{\Delta x_1}{\Delta t} \right) = \left( \frac{x_1 - x_0}{1 - 0} \right) \frac{M}{c} = (x_1 - x_0) \frac{M}{c} \quad (3c)$$

$$v_x = \left( \frac{\Delta x_2}{\Delta t} \right) = \left( \frac{x_2 - x_1}{2 - 1} \right) \frac{M}{c} = (x_2 - x_1) \frac{M}{c}$$

Дененің әрбір  $t$ -ші секундта (әрбір  $1$  с ішіндегі) жасайтын  $S_{t-ми}$  орын ауыстырулары:

$$S_{t-ми} = \Delta x_t = x_t - x_{t-1} \quad (4)$$

$$S_{1-ми} = (x_1 - x_0)M, \quad S_{2-ми} = (x_2 - x_1)M, \quad S_{3-ми} = (x_3 - x_2)M \quad (5)$$

(5)-теңдіктерге қарап мынадай қорытынды жасауға болады: дене бірқалыпты түзу сызықты қозғалыс жасаған кезде оның әрбір  $1$  с сайынғы орын ауыстырулары [6] (көршілес координаталардың арасы) бірдей болады. (5)-теңдіктерді ескеріп (3с)-қатынастарын былай жазуға болады:

$$v_x = \frac{S_{1-ми}}{\Delta t} = \frac{S_{1-ми}}{1c} = (S_{1-ми}) \frac{M}{c}, \quad v_x = \frac{S_{2-ми}}{\Delta t} = \frac{S_{2-ми}}{1c} = (S_{2-ми}) \frac{M}{c}, \quad v_x = \frac{S_{3-ми}}{\Delta t} = \frac{S_{3-ми}}{1c} = (S_{3-ми}) \frac{M}{c}$$

осылардан

$$S_{1-ми} = v_x \cdot 1c, \quad S_{2-ми} = v_x \cdot 1c, \quad S_{3-ми} = v_x \cdot 1c$$

Бұл орын ауыстырулардың жалпы жазылу түрі:

$$S_{t-ми} = v_x \cdot 1c = v_0 \cdot 1c \quad (4A)$$

Мұндағы  $v_0 = v_x - x_0, x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  – координата прогрессиясының өзгеру жылдамдығы. (4) және (4A) теңдіктерінен дененің кез-келген  $t$  секундтан кейінгі  $x_t$  координатасын анықтауға болады:

$$x_t = x_{t-1} + S_{t-ми} = x_{t-1} + v_0 \cdot 1c \quad (6)$$

$t = 1, 2, 3, \dots$  болған жағдайлар үшін:

$$\begin{aligned} x_1 &= x_{1-1} + v_0 \cdot 1c = x_0 + v_0 \cdot 1c \\ x_2 &= x_{2-1} + v_0 \cdot 1c = x_1 + v_0 \cdot 1c = (x_0 + v_0 \cdot 1c) + v_0 \cdot 1c = x_0 + v_0 \cdot 2c \\ x_3 &= x_{3-1} + v_0 \cdot 1c = x_2 + v_0 \cdot 1c = (x_0 + v_0 \cdot 2c) + v_0 \cdot 1c = x_0 + v_0 \cdot 3c \end{aligned}$$

Осы жазылған өрнектерге қарап отырып бірқалыпты қозғалып келе жатқан дененің кез-келген  $t$  секундтан кейінгі  $x_t$  координатасын анықтайтын өрнектің жалпы түрі төмендегідей болатынын аңғару қиын емес:

$$x_t = x_0 + v_0 t, \quad t = 1, 2, 3, \dots \text{сек} \quad (7)$$

Бұл теңдеуде ( $v_0 t$ )-дененің  $t$  секундта жасаған орын ауыстыруы:  $\Delta x_t = S_t = v_0 t$ . (7)-теңдеу  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  прогрессиясының (сандар қатарының) кез-келген  $n$ -ші мүшесін ( $a_n$ ) анықтайтын  $a_n = a_0 + v_a n$  түрдегі (2)-теңдік секілді, олай болса бірқалыпты қозғалыстағы дененің координаталары арифметикалық прогрессия заңдылығы бойынша өзгереді деп есептеу керек (бірқалыпты сөзі арифметикалық прогрессияның синонимі).  $a_n = a_0 + v_a n$  прогрессиясына  $n \rightarrow t, a \rightarrow x, v_x = x'$  алмастыруларын жасайық. Нәтижеде (7)-теңдік мынадай түрге келеді:

$$x_t = x_0 + x' t \quad (7A)$$

Дененің  $t$  уақыт ішіндегі жасайтын  $S_t$  орын ауыстыруы (жүрген жолы немесе траекториясының ұзындығы) әрбір  $t$ -ші секундта (1 с сайын) жасайтын  $S_{t-iii}$  орын ауыстырулардың қосындысына тең ( $\Sigma$ —қосындылау белгісі):

$$\begin{aligned} S_t = \Sigma S_{t-iii} &= S_{1-iii} + S_{2-iii} + S_{3-iii} + \dots = v_0 \cdot 1c + v_0 \cdot 1c + v_0 \cdot 1c + \dots = \\ &= v_0 (1c + 1c + 1c + \dots) = v_0 t \end{aligned} \quad (8)$$

(8)-теңдікті ескере отырып (7)-ні былай жазуға болады:

$$x_t = x_0 + S_t \quad (7B)$$

(7), (7A) және (7B)-түрдегі теңдіктер дененің бірқалыпты түзу сызықты қозғалысының теңдеулері деп айтылып жүр. Ал, шын мәнісінде оларға дене координаталарының арифметикалық прогрессиясы деп қарау керек.

Бірқалыпты қозғалыстағы дененің координаталарының (7)-түрдегі прогрессиясы  $y = a + bx$  (немесе  $y = y_0 + bx$ ) түрдегі сызықтық функция болып табылады ( $b$ —прогрессия жылдамдығы, яғни  $b = v_0$ ).

«Сызықтық» деген сөзді тура мағынасында түсіну керек, яғни  $v_0 > 0$  шартындағы  $x_t = x_0 + v_0 t$  өспелі прогрессияның  $x_t = f(t)$  тәуелділік графигі жоғары бағытталған түзу, ал  $v_0 < 0$  шартындағы  $x_t = x_0 + v_0 t$  кемімелі прогрессияның  $x_t = f(t)$  тәуелділік графигі төмен бағытталған түзумен сипатталады. Осы келтірілген мәліметтерді негізге ала отырып  $x_t = x_0 + v_0 t$  прогрессиясын түзудің теңдеуі немесе сызықтық функция деп қарауымызға әбден болады.

*Бірқалыпты қозғалыстың орындалу және бұзылу заңдылықтары.*

Кинематикалық теорияда дененің массасы ескерілмейді, денені материялық нүкте деп қарастырамыз деген тұжырым бар. Ол кинематикалық теорияда механикалық қозғалыстың жалпы сипаты ғана берілуіне және қозғалыс теңдеулеріне массаның енбеуіне байланысты айтылған болар. Дененің белгілі бір ортада бірқалапты түзу сызықты қозғалыс жасау шарттары Ньютонның 1-ші заңында баяндалатыны белгілі және оның қолданыстағы нұсқасына назар аударайық: *егер денеге басқа денелер әрекет етпесе немесе олардың әрекеті теңгерілген болса, онда дене не тыныштықтағы күйін сақтайды, не түзусызықты және бірқалыпты қозғалысын жалғастырады*. Иә, мұнда дене координаталарының бірқалыпты өзгеруі, осы өзгеріске ортадағы басқа да (сыртқы) денелердің тигізетін әсері және оларға қойылатын шарттар жөнінде айтылған, бірақ дененің массасы туралы сөз қозғалмаған. Байқап отырсақ, дене өзінің бірқалыпты қозғалысын сақтап қалуы үшін сыртқы денелердің әсері жоқ немесе олар өзара теңгерілген болуы қажет екен [7–9].

Алайда, сыртқы әсерлер өзара теңгерілмесе де дененің бірқалыптылық қозғалысын сақтап қалуға болатындығы айтылмаған. Осы жағдайлардың барлығын қамту үшін Ньютонның бірінші заңын мынадай нұсқаларға бөліп көрсеткен дұрыс.

*Бірқалыпты түзу сызықты қозғалыстағы денеге маңайындағы басқа (сыртқы) денелер тарапынан жасалатын әсерлер ...*

1) *мардымсыз (аз) немесе мүлдем жоқ болса, онда кез-келген массалы дене өзінің байырғы қозғалыс күйінде қала береді;*

2) *едәуір елеулі болғанымен, олар өзара теңгерілсе (жойылса немесе компенсацияланса), онда кез-келген массадағы дене өзінің алғашқы қозғалыс қалпын өзгертпейді;*

3) *өзара теңгерілмесе (жойылмаса немесе компенсацияланбаса), онда тек инертті (массасы едәуір үлкен) денелер ғана өзінің бастапқы қозғалыс сипатын (қалпын) сақтап қалады.*

Бұл нұсқалардың алғашқы екеуі бірінші заңның қолданыстағы нұсқасымен сәйкес келеді, тек денелердің массасына шектеу қойылмайтыны нақты көрсетілген. Кинематикада денелердің массасы ескерілмейді деген тұжырым осы жағдаймен байланысты болса керек. Масса ескерілмейді екен деп ол туралы айтпай кететін болсақ, онда үшінші нұсқада массасы үлкен денелер ғана сыртқы әсерлерге қарсылық көрсете отырып өзінің бірқалыпты қозғалыс күйлерін сақтап қалуға қабілетті екендігі келтірілген.

Сондақтан, бірқалыпты түзу сызықты қозғалыстардың орындалу жағдайларының қай-қайсысын қарастырсақ та дене массасына қойылатын талаптардың қатар жүргені дұрыс. Ньютонның бірінші заңының біз ұсынып отырған үшінші нұсқасының қолданылып жүрген нұсқада болмау себебі мынада: сыртқы әсерлер өзара теңгерілмеген болса, онда дененің бірқалыпты қозғалысы үдемелі қозғалысқа ұласады деп Ньютонның екінші заңы басталып кетіуде. Дене массасын ескермеу қағидасы осындай жағдайлардың орындалуына себепші болып отыр. Керісінше, теңгерілмеген әсерлер жағдайында дененің бірқалыпты күйін сақтап қалуға бірден-бір атсалысатын шама–масса екендігіне мән берілмей келеді. Дененің алғашқы екі нұсқадағы қозғалысы инерциялық қозғалыс болғандықтан Ньютонның 1-ші заңы инерция заңы деп айтылады. Ал үшінші нұсқадағы массасы едәуір үлкен дене өзінің бірқалыпты қозғалысын сыртқы әсерлерге қарсылық көрсете отырып сақтап қалуын инерттілік деп атайды [9]. Ал дененің массасы–оның инерттілігінің өлшемі, олай болса Ньютонның бірінші заңының қолданыста жүрген тұжырымдамасында денелердің инерттілік қасиеті ескерілмей қалған, яғни инертті денелер ғана сыртқы теңгерілмеген әсерлердің ықпалына қарамастан өзінің бастапқы механикалық күйлерін сақтап қалатыны назардан тыс қалып қойған. Ал біз ұсынып отырған нұсқаларда бұл мәселе ескерілген. Сыртқы әсерлердің мақсаты–дененің бірқалыпты түзу сызықты қозғалысын бұзу (өзгерту). Бірқалыптылықтың бұзылу немесе өзгеру ауқымы үдеу ( $a$ ) деп аталатын шама арқылы беріледі (ағылшынның *acceleration*–үдеу деген сөзінен алынған). Ньютонның 1-ші заңының үш нұсқасында да дененің бірқалыпты қозғалыс күйі сақталады (бұзылмайды), олай болса қозғалыстың осы түрі үшін  $a = 0$ , дене координаталары прогрессия заңына бағынады, прогрессия жылдамдығы тұрақты ( $v_x = const$ ).

Егер инертсіз (массасы аз) дене өзара теңгерілмейтін сыртқы әсерлердің ықпалында қозғалатын болса, онда 1-ші заңның үшінші нұсқасы төменде келтірілген 2-ші заңға ауысады: *өзара теңгерілмеген сыртқы әсерлер инертсіз (массасы аз) денеге және оның бірқалыпты қозғалысына үдеу береді.*

Бұл заңды дененің бірқалыпты қозғалысының бұзылуы (өзгеруі) туралы деп қабылдау керек. Халықаралық стандарт (SI) бойынша сыртқы әсерлердің шамасын (сандық мәнін)  $F$  Н (Ньютон) деп белгілеу бекітілген (ағылшынның *Force*–күш деген сөзінен алынған).  $F$  Н–әсердің сандық бағасы, мысалы  $F = 3$  Н секілді. Ал, күш сөзін әсердің күші (шамасы, сандық мәні) деген мағынада қолдануымыз қажет. Көп жағдайда денеге күш әсер етеді деп айту әдетке айналған, бұл – орынсыз.

Қозғалыстағы денеге күш емес маңайындағы басқа денелер тарапынан әсерлер жасалынады, ал осы әсерлердің сандық бағасы (шамасы, күші)  $F = 3\text{ Н}, 5\text{ Н т.с.с}$  белгіленеді.

Бірқалыпты қозғалыстағы массасы  $m$  кг дененің маңайында көптеген сыртқы (басқа да) денелер бар болып, олардың кейбірі қозғалыста, ал қалғандары тыныштықта болуы мүмкін. Біз осындай денелердің ішінен екі денені ғана бірқалыпты қозғалысқа әсерін тигізушілер ретінде таңдап алайық. Мұндай таңдау сыртқы әсерлердің қозғалысқа тигізетін ықпалын есептеуді едәуір жеңілдетеді. Таңдап алынған екі дененің әрқайсысының әсерлерінің мәні (күші, шамасы)  $F_1\text{ Н}, F_2\text{ Н}$  болсын. Екі әсер бірқалыпты қозғалыстағы денеге бірізгілікте жасалатын болғандықтан, олардың қосынды (латынша *summarum*–қорытқы, жиынтық, нәтижелік) мәні есептеледі:

$$F_s = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha} \quad (9)$$

Бұл өрнектегі  $\cos \alpha$ –шамалары  $F_1\text{ Н}, F_2\text{ Н}$  болатын әсерлердің арасындағы бұрыш. Қорытқы  $F_s\text{ Н}$  әсердің қозғалысқа беретін үдеуі

$$a = \frac{F_s}{m} \quad (10)$$

Бұл қатынас Ньютонның 2-ші заңының математикалық көрінісі (формасы) болып табылады. Ньютонның 1-ші заңының 1-ші нұсқасында бірқалыпты қозғалып келе жатқан денеге сыртқы денелердің тигізетін әсері өте мардымсыз аз ( $F_1 \approx 0\text{ Н}, F_2 \approx 0\text{ Н}$ ) немесе мүлдем жоқ ( $F_1 = 0\text{ Н}, F_2 = 0\text{ Н}$ ) болғанда ғана дененің қозғалыс күйінің өзгермейтіндігі айтылған.

(9)-ға осы шарттарды қолдансақ:

$$F_s = \sqrt{0^2 + 0^2 + 2 \cdot 0 \cdot 0 \cos \alpha} = 0\text{ Н}$$

Ал денеге берілетін үдеуі

$$a = \frac{F_s}{m} = \frac{0}{m} = 0$$

1-ші заңның 2-ші нұсқасында сыртқы денелердің тигізетін әсері едәуір елеулі ( $F_1 \neq 0\text{ Н}, F_2 \neq 0\text{ Н}$ ) болғанымен олар өзара теңгерілгенде (жойылғанда немесе компенсацияланғанда) ғана дене өзінің бірқалыпты қозғалысын сақтап қалады делінген.

Әсерлердің теңгерілуі деп олардың шама жағынан бірдей ( $F_1 = F_2 = F\text{ Н}$ , мысалы  $F_1 = F_2 = 5\text{ Н}$ ), ал бағыттарының қарама-қарсы ( $\alpha = 180^\circ$ ) болуын айтады.

Олай болса, (9)-тендіктен:

$$\begin{aligned} F_s &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha} = |F_1 = F_2 = F\text{ Н}| = \sqrt{F^2 + F^2 + 2FF \cos 180^\circ} = \\ &= |\cos 180^\circ = -1| = \sqrt{2F^2 - 2F^2} = 0\text{ Н} \end{aligned}$$

Ал дененің үдеуі

$$a = \frac{F_s}{m} = \frac{0}{m} = 0$$

Олай болса, Ньютонның 1-ші заңының алғашқы екі нұсқасын өзара эквивалент (ұқсас, бір түсініктегі, бір ұғымдағы) нұсқалар деп қабылдауға болады, себебі дененің теңгерілген

әсерлердің ықпалындағы қозғалысы мен ешқандай да әсер жасалынбаған жағдайдағы қозғалысының арасында айырмашылық жоқ. Екі жағдайда да дененің бірқалыпты түзу сызықты қозғалысы өзгермейді (бұзылмайды немесе қозғалысқа үдеу берілмейді) [10–12].

1-ші заңның үшінші нұсқасында дене өзара теңгерілмеген ( $F_1 \neq F_2$ ) әсерлерлердің ықпалында қозғалатын болса, онда (9)-теңдінен  $F_s \neq 0$  Н ( $F_s > 0$  – оң шама немесе  $F_s < 0$  – теріс шама) болуы мүмкін). Бұл жағдайлар  $F_1, F_2$  әсерлердің арасындағы бұрышқа байланысты: егер бұл әсерлер бір бағытта жасалса ( $\alpha = 0$ ), онда (9)-теңдіктен

$$F_s = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2} = \sqrt{(F_1 + F_2)^2} = F_1 + F_2 > 0$$

$F_s > 0$  әсер дененің қозғалыс бағытында жасалып, қозғалысқа оң үдеу береді:

$$a = \frac{F_s}{m} > 0$$

Қозғалыстың үдеу алуы–қозғалыстың өзгергендігінің айғағы. Бірқалыпты қозғалысқа оң үдеудің берілуі деп дене координаталарының аралығы сәт (секунд) сайын көбейетінін (секунд сайын көбірек орын ауыстырулар жасалатынын) айтады. Бұл жағдай дененің оң үдеумен қозғалуы немесе үдемелі қозғалысы деп аталады. Егер  $F_1, F_2$  әсерлер өзара қарама-қарсы бағыттарда жасалса ( $\alpha = 180^\circ$ ), онда (9)-теңдігінен

$$F_s = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2} = \sqrt{(F_1 - F_2)^2} = F_1 - F_2$$

Бұл теңдікте  $F_1 > F_2$  болса, онда  $F_s > 0$  және  $a > 0$ . Ал егер  $F_1 < F_2$  болса, онда  $F_s < 0$  және  $a < 0$ .  $F_s < 0$ –теріс мәнді қорытқы (жиынтық) әсер дененің қозғалысына қарсы бағытта жасалады да, денеге теріс үдеу береді:

$$a = \frac{F_s}{m} < 0$$

Сыртқы қорытқы теріс әсерден теріс үдеу алған дене өзінің бірқалыпты түзу сызықты қозғалысынан сәт сайын (секунд сайын) баяулайтын қозғалысқа ауысады. Бұл жағдай дененің теріс үдеумен қозғалуы немесе дененің тежелуі деп аталады.  $F_1, F_2$  әсерлер өзара перпендикуляр (көлденең) болса ( $\alpha = 90^\circ$ ), онда (9)-теңдігінен

$$F_s = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

Теңгерілмеген  $F_s \neq 0$  Н немесе  $F_s > 0$ ,  $F_s < 0$  әсерлер денені бірқалыпты қозғалыстан шығарып жіберетіндігіне көз жеткіздік. Дененің бірқалыпты қозғалыс қалпын сақтап қалу үшін Ньютонның 1-ші заңының үшінші нұсқасында дененің массасын өте үлкен етіп алу қажеттілігі туындады. Оның мәнісі мынада:  $F_s \neq 0$  Н сыртқы әсердің ықпалындағы дене өзінің бірқалыпты қозғалыс күйін сақтап қалуы үшін (10)-қатынастан дененің үдеуі  $a = 0$  болып шығуы керек. Ал ол үшін дененің массасының сандық мәні қорытқы әсердің сандық мәнінен едәуір үлкен болуы тиіс ( $m \gg F_s$ ). Себебі, бөлшектерге арналған ереже бойынша бөлшектің бөлімі алымынан көп үлкен болса, онда бөлшектің мәні нөл болады:

$$A = \frac{B}{C} = | C \gg B | = 0$$

Дәл осы секілді:

$$a = \frac{F_s}{m} = | m \gg F_s | = 0$$

Осы келтірілген тұжырымдарды мысал келтіру арқылы айқындап өтейік. Массасы  $m = 200\text{кг}$  денеге бір бағытта  $F_1 = 3\text{Н}$ ,  $F_2 = 5\text{Н}$  әсерлер жасалған жағдайда (9)-тендіктен

$$F_s = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2} = \sqrt{(F_1 + F_2)^2} = F_1 + F_2 = 3 + 5 = 8\text{Н}$$

Ал оның денеге беретін үдеуі:

$$a = \frac{F_s}{m} = \frac{8\text{Н}}{200\text{кг}} = 0,04 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \approx 0 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

Олай болса, бірқалыпты қозғалыс жасап келе жатқан массасы 200 кг денеге шамасы 8 Н-ға тең болатын теңгерілмеген әсерлер жасалғанымен дене инертті ( $200 \gg 8$ ) болса, онда ол өзінің бірқалыпты қозғалыстағы күйін сақтап қалады екен ( $a = 0$ ).

Сонымен, үдеу-дененің бірқалыпты қозғалысының өзгергендігін айғақтайтын шама екендігіне көз жеткіздік. Қарастырылған мысалда үдеудің мәні 0,04 Н/кг болды, бұл массасы 200 кг денеге шамасы 8 Н-ға тең қорытқы әсер жасалған кезде әрбір килограмға 0,04 Н-ға тең әсерден келетінін білдіреді (8 Н әсердің 1 килограмға келетін үлесі). Есептеулер кезінде дененің массасы мен оның алған үдеуі белгілі болса, онда денеге жасалатын қорытқы әсердің шамасын анықтау қиын емес:  $F_s = ma$ .

### Дискуссия

Біз сыртқы әсерлердің денеге беретін үдеуін талқыладық, яғни ол шамасы (күші)  $F_s$  болатын сыртқы қорытқы әсердің әрбір килограмға келетін үлесі екен, яғни  $a$  Н/кг.

Осы жерде мынадай заңды сұрақ туындайды: дененің әрбір килограммына  $a$  Н әсерден келуі мен дененің бірқалыпты қозғалысының бұзылуының (өзгеруінің) арасында қандай байланыс бар?

Бұл сұраққа жауап беру үшін біз Ньютонның екінші заңында айтылған *сыртқы әсерлер денеге және оның бірқалыпты қозғалысына үдеу береді* деген тұжырымды еске түсірейік. Дененің  $a$  Н/кг-ға тең болатын үдеу алуын дененің әрбір килограммына  $a$  Н-ға тең әсерден келуімен түсіндірдік. Ал осы үдеудің қозғалысқа берілуі дегенді қалай түсінуге болады?

Денеге берілген үдеудің өлшемі  $\frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ , ал қозғалысқа берілген үдеудің өлшемі  $\frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ , бірақ екеуі

бір ұғым: 
$$\frac{\text{Н}}{\text{кг}} = \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = \frac{\text{М}}{\text{с}}$$

Осыдан үдеу туғызатын сыртқы  $F_s$  әсердің өлшемі Ньютон (Н) болып шығады:  $\text{Н} = \text{кг} \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ .

Олай болса, жоғарыдағы қойылған сұрақтың жауабы табылды және оны келтіріліп өткен мысал аясында көрсетеміз: массасы 200 кг денеге шамасы (+8 Н)-ға тең қорытқы әсер жасалған

кезде дене  $+0,04 \frac{H}{кг}$  тең үдеу алған болатын, бұл дегеніміз дене координаталарының өзгеру жылдамдығы секунд сайын  $0,04 \frac{M}{c}$  - ке артады деген сөз:

$$+0,04 \frac{H}{кг} = +0,04 \frac{M}{c^2} = \frac{+0,04 \frac{M}{c}}{1c}$$

Осылайша дене координаталарының өзгеру жылдамдығы секун сайын  $+0,04 \frac{M}{c}$  жылдамдықпен арта бастайды (өспелі прогрессияға түседі). Жылдамдықтардың өзгеру жылдамдығы немесе жылдамдықтар прогрессиясының өзгеру жылдамдығы ( $v_0$ )—үдеу.

$$v_0 = a = \frac{+0,04 \frac{M}{c}}{1c}$$

Дененің кез-келген  $t$  уақыт мезетіндегі жылдамдығы арифметикалық прогрессия заңдылығы бойынша анықталады:

$$v_t = v_0 + at = v_0; (v_0 + a); (v_0 + 2a); \dots \quad t = 0, 1, 2, 3, \dots c$$

Дене координаталарының өзгеру жылдамдығының секунд сайын  $+0,04 \frac{M}{c}$  жылдамдықпен арта бастауы дененің секунд сайын  $+0,04$  метрге артық орын ауыстыру жасайтындығын білдіреді. Олай болса, дененің әрбір  $t$ -ші секундта жасайтын орын ауыстырулары да прогрессия заңына бағынатын болады:

$$S_{t-iii} = v_0 + \left(\frac{a}{2}\right)(2t-1) = S_{1-iii}, S_{2-iii}, S_{3-iii}, \dots = (v_0 + 0,5a); (v_0 + 1,5a); (v_0 + 2,5a); \dots$$

Дененің бірқалыпты қозғалысының үдемелі қозғалысқа ауысуын (немесе бірқалыпты қозғалыстың үдеу алуын) дене координаталарының  $x_t = x_0 + v_0 t$  түрдегі арифметикалық прогрессиясының (бірқалыпты өзгеру сипатының) бұзылуы деп түсіну керек.

Бұл жағдай координаталардың  $x_t = x_0 + v_0 t$  — бірқалыпты өзгеру заңдылығына  $\left(\frac{a}{2}\right)t^2$  мүшесінің қосылуы арқылы сипатталады:

$$x_t = x_0 + v_0 t + \left(\frac{a}{2}\right)t^2 = x_0 + S_t \quad (11)$$

Қосылған  $\left(\frac{a}{2}\right)t^2$  мүшесі бастапқы  $x_t = x_0 + v_0 t$  сызықтық теңдеуді квадраттық теңдеуге айналдырып жіберді немесе ол  $x_t = x_0 + v_0 t$  түзүін майыстырып параболаға айналдырады. Егер (11)-ді

$$x_t = x_0 + \left(v_0 + \frac{a}{2}t\right)t$$



түрде жазып

$$U = \left( v_0 + \frac{a}{2} t \right)$$

орташа жылдамдық деген шама енгізсек, онда координаталардың (11)-түрдегі үдемелі өзгерісін (параболаны) бірқалыпты өзгеріске (түзуге) қайтадан айналдыруға болады:  $x_t = x_0 + Ut$ . Бұл (11)-түрдегі параболаға  $(x_t; t)$  нүктесінде жүргізілген жанама түзудің теңдеуі деп аталады. (11)-гі  $S_t$ -дененің  $t$  уақыт ішіндегі жасайтын орын ауыстыруы (жүрген жолы немесе траекториясының ұзындығы).

Ол әрбір  $t$ -ші секундта жасайтын қадамдарының (орын ауыстыруларының) (3)-секілді қосындысына тең:

$$S_t = S_{1-ші} + S_{2-ші} + S_{3-ші} + \dots = v_0 t + \frac{a}{2} t^2 = (v_0 + 0,5a) + (v_0 + 1,5a) + (v_0 + 2,5a) + \dots \quad (12)$$

Үдемелі қозғалыстағы дененің  $t$  уақыт ішіндегі орын ауыстыруын орташа жылдамдық арқылы анықтау үшін (12)-ге  $U = \left( v_0 + \frac{a}{2} t \right)$  белгілеуін қолдану керек, нәтижеде  $S_t = Ut$ .

### Қорытынды

Мақалада көтерілген мәселенің нәтижелері мен негізгі тұжырымдамаларына қорытынды жасар болсақ, ең алдымен дененің бірқалыпты түзу сызықты қозғалысы үдемелі қозғалысқа ауысқан кезде дене координаталарының бастапқы  $x_t = x_0 + v_0 t$  түрдегі арифметикалық прогрессиясы бұзылады да прогрессияның  $v_0$  жылдамдығы мен дененің секунд сайынғы жасайтын  $S_{t-ші}$  қадамдары (орын ауыстырулары) прогрессия заңдылығы бойынша өзгере бастайтындығының математикалық дәлелдемесіне қол жеткіздік. Механикалық шамалардың бір бөлігі прогрессияға түсушілер, ал келесі біреулері прогрессия жылдамдығының рөлінде болатындығы көрсетілді. Ньютон заңдары тұтас бір тұжырым түрінде беріліп, олардың дәстүрлі анықтамасына математикалық түсініктемелер жасалып өтілді, яғни бірқалыпты және бірқалыпсыз механикалық қозғалыстар прогрессия арқылы басқарылатыны келтірілді.

### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

- [1] Математические начала натуральной философии. –М.: Наука, 1989. –688 с.
- [2] Кудрявцев П.С. Курс истории физики. –М.: Просвещение, 1982. –448 с.
- [3] Дж. У. Лич. Классическая механика –М.: ИИЛ, 1961. –173 с.
- [4] Голдстейн Г., Чарлз Пуль, Джон Сафко. Классическая механика. К.: ИКИ, 2012. –828 с.
- [5] Яковлев В.И., Остапенко Е.Н. История и методология механики. Пермь, 2109. –218 с.
- [6] Андреев А.Д., Колгатин С.Н., Черных Л.М. Классическая мехнаука. Санкт-Петербург, 2018. – 32 с.
- [7] Ишлинский А.Ю. Классическая механика и силы инерции. УРСС, Ленанд, 2018. –258 с.
- [8] Ворович И.И. Лекции по динамике Ньютона. Физматлит., 2010. –602 с.
- [9] Алмабаева Н.М., Калдарова М., Мадимар А. Механические свойства тел. Альманах мировой науки. № 2–1(2), 2015. Стр. 12–13.
- [10] Джавадов И.Д. За Ньютона обидно. Изобретательство, 2009. Том–9, стр. 47–49.
- [11] Лукашевия С.А., Садовский А.А. Определение фундаментальных понятий физики через законы. Эпохи науки, № 22, 2020. Стр. 56–61. DOI 10.24411/2409–3203–2020–12274.
- [12] Чадов М.С. Ньютон и Гук: приоритетный спор. ВПУ, 2013. Вып. 2 (19). Стр. 102–106.

References

- [1] N'juton I. (1989) *Matematicheskie nachala natural'noj filosofii* [Mathematical principles of natural philosophy]. Moscow: Nauka (in Russian)
- [2] Kudrjavcev P.S. (1982) *Kurs istorii fiziki* [Physics History Course]. Moscow: Prosveshhenie (in Russian)
- [3] Lich Dzh. U. (1961) *Klassicheskaja mehanika* [Classical mechanics]. Moscow: Izdatel'stvo inostranoj literatury (in Russian)
- [4] Goldstejn G., Charlz Pul', Dzhon Safko. (2012) *Klassicheskaja mehanika* [Classical mechanics]. Moscow: Izhevsk: NIC «Reguljarnaja i haoticheskaja dinamika», Izhevskij institut komp'juternyh issledovanij (in Russian)
- [5] Jakovlev V.I., Ostapenko E.N. (2019) *Istorija i metodologija mehaniki. Osnovy klassicheskoj mehaniki* [The history and methodology of mechanics. Fundamentals of classical mechanics]. Perm': Permskij gosudarstvennyj nacional'nyj issledovatel'skij universitet (in Russian)
- [6] Andreev A.D., Kolgatin S.N., Chernyh L.M. *Klassicheskaja mehanika* [Classical mechanics.]. Sankt-Peterburg (in Russian)
- [7] Ishlinskij A.Ju. (2018) *Klassicheskaja mehanika i sily inercii* [Classical mechanics and inertia forces]. URSS, Lenand (in Russian)
- [8] Vorovich I.I. (2010) *Lekcii po dinamike N'jutona* [Lectures on Newton's dynamics.]. Fizmatlit (in Russian).
- [9] Almabaeva N.M., Kaldarova M., Madimar A. (2015) *Mehanicheskie svojstva tel* [Mechanical properties of bodies]. *Al'manah mirovoj nauki*. № 2–1(2), 12–13. (in Russian)
- [10] Dzhavadov I.D. (2009) *Za N'jutona obidno* [It's a shame about Newton]. *Izobretatel'stvo*. No 7, Volume 9, 47–49. (in Russian)
- [11] Lukashevija S.A., Sadovskij A.A. (2020) *Opređenje fundamental'nyh ponjatij fiziki cherez zakony* [Defining fundamental concepts of physics through laws]. *Jepohi nauki*, № 22, 56–61. DOI 10.24411/2409–3203–2020–12274. (in Russian)
- [12] Chadov M.S. (2013) *N'juton i Guk: prioritetnyj spor* [Newton and Hooke: Priority Dispute]. *VPU*, No 2 (19), 102–106. (in Russian)

Д.М. Насирова<sup>1</sup>, А.А. Ғазизова<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан  
\*e-mail: askarkyzy\_94@mail.ru

## НЕЙТРОНДЫҚ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ МОДЕЛЬДЕРІ ТУРАЛЫ

*Аңдатпа*

Бұл шолу мақалада ең өзекті және жұмбақ ғарыш денелерінің бірі және бірегейі – нейтрондық жұлдыздар туралы, олардың ерекшеліктері, сондай-ақ олардың бірегей қасиеттерін ғарыш кеңістігін зерттеу үшін пайдалану мүмкіндігі қарастырылады. Сонымен қатар, мақалада бірнеше авторлардың қатысуымен жүргізілген нейтрондық жұлдызды модельдеу саласындағы зерттеулерге қысқаша шолу жасалды, яғни, нейтрондық жұлдыздардың заманауи модельдері ұсынылып, олардың бақылау көріністері, ядроларының құрылымы, магнит өрістері мен тығыздығы туралы қысқаша қарастырылады. Ұсынылған жұмыстар нейтрондық жұлдыздардың табиғатын түсінуге, сонымен қатар олардың жылдамдығын, тығыздығы мен радиусын анықтауға бағытталған. Сондай-ақ, нейтрондық жұлдыздың ядросының құрылымы мен нейтрондық жұлдыздардың түрлері: пульсарлар, рентгендік пульсарлар, миллисекундтық пульсарлар туралы да қысқаша баяндалып, нейтрондық жұлдыздағы нейтрондардың эффективті массасының қатты нысанды жұлдыздың әртүрлі массалары үшін олардың радиалды координатасына тәуелділігі де көрсетілген. Бұл мақалада тек қана шет ел зерттеулері ғана емес, сонымен қатар, Отандық ғалымдардың нейтрондық жұлдыздар физикасы саласындағы зерттеулеріне де тоқталып өттік. Сондай-ақ, мақалада қатты нысанды жұлдыздағы нейтрондардың эффективті массасының нейтрондық жұлдыздың әртүрлі массалары үшін олардың радиалды координатасына тәуелділік графигі де көрсетілген.

*Түйін сөздер:* нейтрондық жұлдыз, пульсар, ғарыш, нейтрондық жұлдыз модельдері, жеңіл ядро, тығыз жұлдыз.

Д.М. Насирова<sup>1</sup>, А.А. Ғазизова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Казахский Национальный Педагогический Университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

## О МОДЕЛЯХ НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД

*Аннотация*

В обзорной статье рассматривается одно из самых актуальных, уникальных и загадочных космических тел - нейтронные звезды, их характеристики, а также возможности использования их уникальных свойств для освоения космоса. Кроме того, в статье дается краткий обзор исследований в области моделирования нейтронных звезд, кратко рассмотрены их наблюдения, структура ядра, магнитные поля и плотность звезды. Предлагаемые работы направлены на исследование природы нейтронных звезд, а также определение их скорости, плотности и радиусов. Также кратко описаны строение ядра нейтронной звезды и типы нейтронных звезд: пульсары, рентгеновские пульсары, миллисекундные пульсары, а также показана зависимость эффективной массы нейтронов в нейтронной звезде, также зависимость для разных масс нейтронных звезд от их радиальных координат. В данной статье мы сосредоточились не только на зарубежных исследованиях, но и на исследованиях отечественных учёных в области физики нейтронных звёзд. Также в обзорной статье показан график зависимости эффективной массы нейтронов нейтронной звезды от их радиальных координат для разных масс нейтронной звезды и дан анализ на этот график.

*Ключевые слова:* нейтронная звезда, пульсар, космос, модели нейтронных звезд, легкое ядро, плотная звезда.

D.M. Nassirova<sup>1</sup>, A.A. Gazizova<sup>1</sup>

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

## ABOUT NEUTRON STAR MODELS

### Abstract

This review article examines one of the most relevant, unique and mysterious cosmic bodies - neutron stars, their characteristics, as well as the possibility of using their unique properties for space exploration. In addition, the article provides a brief overview of research in the field of modeling neutron stars, briefly discussing their observations, core structure, magnetic fields and stellar density. The proposed work is aimed at studying the nature of neutron stars, as well as determining their speed, density and radii. The structure of the core of a neutron star and the types of neutron stars are also briefly described: pulsars, X-ray pulsars, millisecond pulsars, and the dependence of the effective mass of neutrons in a neutron star is also shown, as well as the dependence for different masses of neutron stars on their radial coordinates. In this article, we focused not only on foreign research, but also on the research of domestic scientists in the field of neutron star physics. The review article also shows a graph of the dependence of the effective mass of neutrons of a neutron star on their radial coordinates for different masses of the neutron star and provides an analysis of this graph.

*Keywords:* neutron star, pulsar, space, neutron star models, light core, dense star.

### Кіріспе

Нейтрондық жұлдыздар – қазіргі таңдағы ғалымдардың қызығушылығын тудырып отырған аспан денелерінің бірі.

Біріншіден, бұл ең кіші жұлдыздар, олардың радиустары шамамен  $R \sim 10$  км болатынына қарамастан, олардың массалары Күннің массасының  $\sim 1,4$  бөлігін құрайды. Сәйкесінше, мұндай масса мен радиустың мәндері үлкен  $\frac{GM^2}{R} \cdot 1053 \text{ erg} \sim 0,2 L/s^2$  гравитациялық энергияға және жер бетіндегі гравитациялық үдеу  $GM/R^2 \sim 2 \cdot 10^{14} \text{ см} \cdot \text{с}^{-2}$ -ге сәйкес келеді. Гравитациялық энергия жұлдыздың тыныштық энергиясының маңызды бөлігі болғандықтан, нейтрондық жұлдыздар релятивистік объектілер болып табылады. Нейтрондық жұлдыздардағы заттың орташа тығыздығы  $\rho \sim 7 \cdot 10^{14} \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$  стандартты ядролық тығыздыққа  $\rho_0 = 2,8 \cdot 10^{14} \text{ г} / \text{см}^3$  қарағанда бірнеше есе жоғары екені анықталған. Жұлдыздың центріндегі тығыздық (10-20)  $r_0$  шамасына жетуі мүмкін. Осылайша нейтрондық жұлдыздардың ядролары қатты сығылған заттардан тұрады. Мұндай қысым үлкен гравитациялық күштерден туындайды және Жер бетінде дәл осындай қысым болған емес. Сондықтан нейтрондық жұлдыздарды аса тығыз материяның «бірегей астрофизикалық зертханалары» ретінде қарастыруға болады. Нейтрондық жұлдыздардың ядролары негізінен протондар мен электрондар қоспасы бар нейтрондардан тұрады деп болжанады, дегенмен басқа бөлшектер де (мюондар, гиперондар, кварктар және т.б.) болуы мүмкін.

Нейтрондық жұлдыздар радиотолқыннан қатты гамма-сәулеленуге дейінгі барлық толқын ұзындығын қамтитын диапазондағы электромагниттік сәулеленудің көзі болып табылады. Олар бақыланатын астрофизикалық объектілердің алуан түрлілігімен байланысты: радиопульсарлар, рентгендік пульсарлар, аномальды рентген пульсарлары (мысалы, Mereghetti et al. 1998, Mereghetti 2001), рентген сәулелері, рентгендік өтпелі кезең (Satrapa et al. 1998), квазипериодтық рентгендік тербелістердің көздері (Psaltis et al. 1998, Kluzniak et al. 1998, Van der Klis 1998), қайталанатын GRB көздері (Cline et al. 2000, Arpitar et al. 2001), т.б. Нейтрондық жұлдыздар да жоғары энергиялы бөлшектердің қуатты үдеткіштері болып табылады. Олардың супернова жарылыстары кезінде туылуы қуатты нейтрино импульсімен бірге жүреді.

Жақында астрономдар мен физиктердің назары тағы да нейтрондық жұлдыздар мәселесіне аударылды. Бұл мәселе өте ертеден келе жатыр: оның шығуы туралы көрнекті физик Л.Д. Ландаудың болжамы бойынша, оның пайда болуына біздің Күннен жарты ғасырдан астам уақыт кеткен-мыс. Ландаудың гипотезасы бойынша табиғатта қатты, сұйық, газ және плазмамен қатар заттың нейтрондық күйі де болуы мүмкін. Сіз нейтрондық материяны тек

кейбір жұлдыздардың тереңдігінде кездестіре аласыз, онда адам өзінің практикасында кездестірген шамасынан бірнеше есе жоғары болатын үлкен қысымдар басым. Нейтрондық жұлдыздарды әлі ешкім бақылаған жоқ. Дегенмен, жақында оларды анықтаудың жаңа мүмкіндіктері пайда болды, соның арқасында ғаламның дамуын түсіну үшін қызықты және маңызды объектілер жұлдыздар каталогында өз орнын алады деп үміттенуге болады.

### Зерттеу әдіснамасы

*Нейтрондық жұлдыздардың құрылымы мен ерекшеліктері туралы.* Нейтрондық жұлдыз – негізінен ауыр атомдық ядролар мен электрондарға ұқсас, салыстырмалы түрде жұқа (шамамен 1 км) зат қыртысымен қапталған нейтрондық ядродан тұратын ғарыштық дене. Нейтрондық жұлдыздардың массасын Күннің массасымен салыстыруға болады, бірақ жоғарыда атап кеткендей, нейтрондық жұлдыздың типтік радиусы бар болғаны 10–20 километрді құрайды. Демек, мұндай заттың орташа тығыздығы атом ядросының тығыздығынан бірнеше есе жоғары (ауыр ядролар үшін орташа есеппен  $2.7 \cdot 10^{17}$  кг/м<sup>3</sup>). Нейтрондық жұлдыздың одан әрі гравитациялық жиырылуы болмайды, оған себеп нейтрондардың өзара әрекеттесуі нәтижесінде пайда болатын ядролық заттың қысымының үлкендігінде екені түсінікті. Көптеген нейтрондық жұлдыздардың осьтік айналу жылдамдығы өте жоғары, секундына бірнеше жүз айналымға дейін. Қазіргі концепцияларға сәйкес нейтрондық жұлдыздар супернованың жарылыстары нәтижесінде пайда болады. Бастапқы массасы Күннің ( $M_{\odot}$ ) массасынан 8 есе асатын кез келген негізгі тізбектегі жұлдыз эволюция процесінде нейтрондық жұлдызға айналуы мүмкін. Жұлдыздың эволюциясы кезінде оның ішкі бөлігіндегі барлық сутегі жанып кетеді де, жұлдыз негізгі тізбектен түседі. Біраз уақыт бойы жұлдыздағы энергияның бөлінуі гелий ядроларынан ауыр ядролардың синтезі арқылы қамтамасыз етіледі, бірақ бұл синтез барлық жеңілдірек ядролардың атомдық нөмірі темірдің атомдық нөміріне жақын ядроларға, яғни ядролық байланыс энергиясы ең жоғары элементтерге айналғаннан кейін аяқталады. Ядроғағы барлық ядролық отын таусылғанда, ядро тек азғындалған электрон газының қысымымен гравитациялық сығылу орындалмайды.

Жұлдыздың термоядролық синтез реакциялары болып жатқан сыртқы қабаттарының одан әрі сығылуы мен жеңіл ядролардың жануы нәтижесінде жұлдыз ядросының қысымы күшейеді. Ал, жұлдыз ядросының массасы Чандрасекар шегінен аса бастайды. Азғындалған электрон газының қысымы гидростатикалық тепе-теңдікті сақтау үшін жеткіліксіз болып, ядро тез конденсациялана бастайды, нәтижесінде оның температурасы  $5 \cdot 10^9$  К-нен жоғары көтеріледі. Мұндай температураларда қатты гамма-сәулеленудің әрекетінен темір ядроларының альфа бөлшектеріне фотодиссоциациялануы пайда болады. Температураның тағы да жоғарылауымен электрондар мен протондар электрондарды ұстау кезінде нейтрондарға қосылады.

Жұлдыздың тығыздығы  $4 \cdot 10^{17}$  кг/м<sup>3</sup> ядролық тығыздыққа жеткенде, Ферми-Дирак газының қысымы сығылуын тоқтатады. Жұлдыздың сыртқы қабығының нейтрондық ядроға түсуі тоқтайды және ол нейтрино ағынының әсерінен жұлдыздың өзегінен кері шыға бастайды. Өйткені құлап жатқан қабықтағы өте жоғары температурадағы жұлдыз суперноваға айналады. Жұлдыздан сыртқы қабық ажырағаннан кейін жұлдыз қалдығы - нейтрондық жұлдыз қалады. Егер бұл қалдықтың массасы ( $3 M_{\odot}$ ) асатын болса, онда жұлдыздың ыдырауы жалғасады да, қара құрдым пайда болады [1]. II, I(b) немесе I(c) типті супернованың жарылысы кезінде массивтік жұлдыздың ядросы жиырылып, нейтрондық жұлдызға құлаған кезде, ол өзінің бастапқы бұрыштық импульсінің көп бөлігін сақтайды. Бірақ жұлдыз қалдығының радиусы өзінің пайда болған жұлдызының радиусынан бірнеше есе аз болғандықтан, қалдықтың инерция моменті күрт төмендейді және бұрыштық импульстің сақталу заңына сәйкес нейтрондық жұлдыз өте үлкен шамаға ие болады. Нейтрондық жұлдыздар 1,4 мс-тен 30 мс-ке дейінгі айналу периодтарымен белгілі. Нейтрондық жұлдыздың шағын өлшемдердегі жоғары тығыздығы оның жер бетіндегіден 1011 есе артық, типтік мәндері 1012-ден 1013 м/с<sup>2</sup>-

қа дейін болатын жер бетіндегі еркін түсу үдеуінен әлдеқайда жоғары болуына байланысты. Осындай жоғары ауырлықпен нейтрондық жұлдыздардың ұшу жылдамдығы 100 000 км/с-тан 150 000 км/с-қа дейін, яғни жарық жылдамдығының үштен бірінің жартысына дейін жетеді. Нейтрондық жұлдыздың ауырлық күші оның үстіне түсетін затты орасан зор жылдамдыққа дейін үдетеді. Оның әсер ету күші құлап жатқан заттың атомдарын жоюға жеткілікті және бұл затты нейтронға дейін айналдырып жіберуі мүмкін.

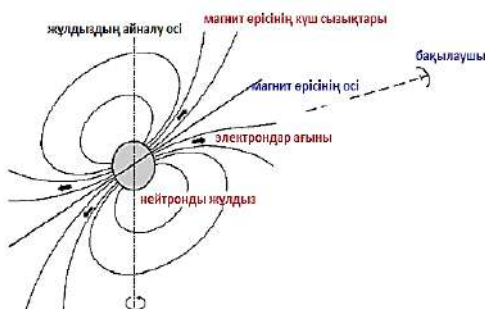
Массалары нақты өлшенген нейтрондық жұлдыздардың көпшілігінің массасы 1,3-тен 1,5-ке дейінгі Күн массасы диапазонында болады, бұл Чандрасекар шегінің мәніне жақын. Теориялық тұрғыдан алғанда, массасы 0,1-ден шамамен 2,16 Күн массасына дейінгі нейтрондық жұлдыздар қолайлы [2]. Белгілі ең массивті нейтрондық жұлдыздар Vela X-1 (1 $\sigma$  деңгейінде кемінде  $1,88 \pm 0,13$  Күн массасына ие, бұл  $\alpha \approx 34\%$  маңыздылық деңгейіне сәйкес келеді) [3], PSR J1614–2230ruen (бар массасының бағасы  $1,97 \pm 0,04$  күн) [4-6], PSR J0348+0432ruen ( $2,01 \pm 0,04$  күннің массалық бағасымен) және ең соңында, PSR J0740 + 6620 (әртүрлі деректердің массалық бағасымен) берілген 2,14 немесе 2,17 күн). Нейтрондық жұлдыздардың гравитациялық сығылуына азғындалған нейтрон газының қысымы кедергі жасайды. Нейтрондық жұлдыз массасының максималды мәні Оппенгеймер-Волков шегімен белгіленеді, ол қазіргі уақытта белгісіз, өйткені ядролық тығыздықтағы зат күйінің теңдеуі әлі де толық зерттелмеген. Ядролық тығыздықтан жоғары тығыздықтың бұдан да жоғары артуымен материяның нейтрондық жұлдыздардан кварк жұлдыздарына ауысуы мүмкін деген теориялық болжамдар бар [7]. Нейтрондық жұлдыздардың бетіндегі магнит өрісі 1012–1013 Г шамасына жетеді (салыстыру үшін Жерде шамамен 1 Г бар). Пульсарлардың радио сәулеленуіне жауап беретін нейтрондық жұлдыздардың магнитосферасындағы процестер болып табылады. 1990 жылдардан бастап кейбір нейтрондық жұлдыздар магнетарларға – магнит өрісі 1014 Г және одан жоғары дәрежелі жұлдыздарға жатқызылды. Магнит өрісінің кернеулігі  $4,414 \cdot 10^{13}$  Г «критикалық» мәннен асатын кезде, электронның магниттік моментінің магнит өрісімен әрекеттесу энергиясы оның тыныштық энергиясынан  $m_e c^2$ , меншікті релятивистік әсерлер, физикалық вакуумның поляризациясы және т.б. 2018 жылға қарай 2600-ден астам нейтрондық жұлдыздар болған. Олардың 90%-ға жуығы жалғыз жұлдыздар, қалғандары көп жұлдызды жүйелердің бөлігі. Жалпы алғанда, біздің Галактикада 108-109 нейтрондық жұлдыз бар, бұл мың қарапайым жұлдызға шамамен бір нейтрондық жұлдыздан келетінін көрсетеді. Нейтрондық жұлдыздар өздерінің қозғалысының жоғары жылдамдығымен сипатталады (әдетте жүздеген км/с). Жұлдызаралық газдың нейтрондық жұлдыздың бетіне аккрециялануы нәтижесінде Жерден нейтрондық жұлдызды әртүрлі спектрлік диапазондарда, соның ішінде оптикалық диапазондарда байқауға болады, ол жұлдыз шығаратын жалпы энергияның шамамен 0,003% құрайды.

Нейтрондық жұлдызда шартты түрде бес қабат болады: атмосфера, сыртқы қабық, ішкі қабық, сыртқы ядро және ішкі ядро. Нейтрондық жұлдыздың атмосферасы – бұл нейтрондық жұлдыздың жылулық сәулеленуі түзілетін плазманың өте жұқа қабаты (ыстық жұлдыздар үшін ондаған сантиметрден, ал суық жұлдыздар үшін миллиметрге дейін) [8]. Сыртқы қабық ядролар мен электрондардан тұрады және қалыңдығы бірнеше жүз метрге жетеді. Нейтрондық жұлдыздың ыстық сыртқы қыртысының бетіне жақын жұқа (бірнеше метрден аспайтын) қабатында электрон газы бұзылмаған күйде болады, ал тереңдеген сайын оның ыдырауы пайда болады, одан тереңірек қабаттарда электрон газы азғындауы релятивистік және ультрарелятивистікке жетеді. Ішкі қыртыс электрондардан, бос нейтрондардан және нейтрондардың артық атомдық ядроларынан тұрады. Тереңдік артқан сайын бос нейтрондардың үлесі артады, ал атом ядроларының үлесі азаяды. Ішкі қыртыстың қалыңдығы бірнеше километрге жетуі мүмкін. Сыртқы ядро протондар мен электрондардың аздаған (бірнеше пайыз) қоспасы бар нейтрондардан тұрады. Массасы аз нейтронды жұлдыздар үшін сыртқы ядро жұлдыздың ортасына дейін жетуі мүмкін [8].

Массивті нейтрондық жұлдыздардың да ішкі ядросы болады. Оның радиусы бірнеше километрге жетуі мүмкін, ядроның центріндегі тығыздық атом ядроларының тығыздығынан 10-15 есе артық болуы мүмкін. Ішкі ядродағы заттың құрамы мен күйі теңдеуі нақты белгісіз. Олар туралы бірнеше гипотеза бар, олардың түрлері келесідей: 1) кварк ядросы, онда нейтрондар өздерінің құрамдас бөлігі жоғары және төмен кварктарға ыдырайды; 2) бариондардың гиперон өзегі, оның ішінде оғаш кварктар; 3) «біртүрлі» (анти)кварктарды қоса алғанда, екі кварк-мезондардан тұратын каон ядросы. Дегенмен, қазіргі уақытта бұл гипотезаларды растау немесе жоққа шығару мүмкін емес [8-9].

### Зерттеу нәтижелері

*Нейтрондық жұлдыздардың түрлері мен модельдері туралы.* Пульсарлар (2-суретте көрсетілген) - өте күшті магнит өрісі бар жылдам айналатын нейтрондық жұлдыздар. Бұл нейтрондық жұлдыздардың ерекше класына жатады, олардың магнит өрісі дененің айналу осіне айтарлықтай бейім. Яғни, пульсарлардың географиялық және магниттік полюстері бір-бірінен біршама алшақ орналасқан. Жұлдыздың бетінен ұшып шыққан бөлшектер магнит өрісінің әсерінен өте жоғары энергияға дейін үдетіледі. Географиялық және магниттік полюстердің сәйкес келмеуі бөлшектердің гравитациялық өрістен белгілі бір бұрышпен шығып, мысалы, біздің планетаға бағытталған сәуле түрінде өтуіне мүмкіндік береді. Алғашқы пульсарды 1967 жылы британдық ғалымдар Джоселин Белл мен Энтони Хьюиш ашты. Алынған сигналдар олардың жүйелілігі мен жоғары жиілігіне байланысты оларды өзге планеталықтар деп ойлап қателескен болатын.



Сурет 1. Пульсарлы модельдер

Бөлшектер полюстер арқылы тар ағынмен өте жоғары жылдамдықпен ұшып, радиосәулелену көзіне айналады. Айналу осьтерінің сәйкес келмеуіне байланысты ағынның бағыты үнемі өзгеріп, маяк эффектісін тудырады. Әрбір маяк сияқты, пульсарлардың да сигналдық жиілігі бар, оны анықтауға болады. Іс жүзінде барлық ашылған нейтрондық жұлдыздар қос рентгендік жүйелерде немесе жалғыз пульсарлар түрінде болады.

Ал, рентгендік пульсарлар тек рентгендік диапазонда сәуле шығарады деп есептейді. Радиация белгілі бір кезеңі бар жарылыстардың нәтижесінде пайда болады. Кейбір нейтрондық жұлдыздар екілік жүйелерде пайда болады немесе олар гравитация өрісінде ұстау арқылы өздеріне серік алады. Мұндай серік өзінің мәнін агрессивті «көршіге» береді. Егер нейтрондық жұлдыздың серігі массасы бойынша Күнмен шамалас болса, онда «жарылыс» сияқты қызықты құбылыстар болуы мүмкін. Бұл секундтар немесе минуттарға созылатын рентгендік жарқылдар. Бірақ олар жұлдыздың жарқырауын 100 мың Күнге дейін арттыра алады. Компаньоннан тасымалданатын сутегі мен гелий жарылғыштың бетіне қойылады. Қабат өте тығыз және қызған кезде термоядролық реакция басталады. Мұндай жарылыстың күші керемет: жұлдыздың әрбір шаршы сантиметрінде бүкіл жердің ядролық эквиваленттің жарылуына тең қуат бөлінеді. Алып серігі болған кезде оған зат жұлдыздық жел түрінде болады, ал нейтрондық жұлдыз оны тартылыс күшімен тартады. Бөлшектер күш сызықтары

бойымен магниттік полюстерге қарай ұшады. Егер магнит осі мен айналу осі сәйкес келмесе, жұлдыздың жарықтығы айнымалы болады. Осыдан рентген пульсары пайда болады.

Пульсарлардың келесі түрі - миллисекундтық пульсарлар екілік жүйелермен байланысты және ең қысқа кезеңдерге ие болады (30 миллисекундтан аз). Олар ең жас деп күтіліп еді, алайда ең «қарты» болып шықты. Ескі және баяу нейтрондық жұлдыз алып серігінің материясын өзіне сіңіреді. Ұстаушының бетіне түсіп, зат оған айналу энергиясын береді, ал жұлдыздың айналуы артады. Бірте-бірте серік массасын жоғалтып, ақ ергежейліге айналады.

Нейтрондық жұлдыздар кәдімгі «Жер» физикасы тұрғысынан да өте қызықты, өйткені оларда түрлі оқиғалар жүзеге асырылады, қазіргі уақытта біздің зертханаларымызда олардың жасалуын елестету мүмкін емес. Нейтрондық жұлдыздардың әлі ашылмағаны олардың өмір сүруіне қарсы дәлел емес. Өйткені нейтрондық жұлдыздарды бақылау өте қиын. Нейтрондық заттың орасан зор тығыздығына байланысты олар ергежейлі: диаметрі небәрі он километр. Бұл кезде жұлдыздың шығаратын энергиясының мөлшері оның бетінің ауданына, яғни диаметрінің квадратына пропорционал. Мұндай жұлдызды, егер қандай да бір ғажайыппен күн жүйесіне жақын орналаспаса, кәдімгі телескоппен байқау мүмкін емес екені анық. Кәдімгі жұлдыздың нейтронға айналуы бірден болатын процесс емес, орасан зор энергияның бөлетін жарылысымен жүреді. Бұл процесс асқын жаңа жұлдыздардың пайда болуына әкеліп соғуы әбден мүмкін. Бұл жағдайда нейтрондық жұлдызды өте жоғары температураға дейін, айталық, Күн бетінің температурасынан мың есе жоғары температураға дейін қыздыруға болады. Бұл кезде жұлдыздың жалпы сәулеленуі қатты жоғарылайды және оның энергиясының көп бөлігін жұлдыз көрінетін жарық түрінде емес, «қатты» рентген сәулесі түрінде шығарады. Бұл сәулеленудің күшінің маңыздылығы соншалықты, бұндай қолданыстағы құралдар мыңдаған жарық жылындағы қашықтықтағы нейтрондық жұлдызды тіркеуге қабілетті.

«Ерекше ауыр немесе жеңіл нейтрондық жұлдыздарды бақылау өте қызықты, өйткені олар бақылаулар арқылы зерттелген орталық тығыздықтардың ауқымын кеңейтеді және осылайша ядролық физиканың болжамдарын ауқымды параметр кеңістігінде сынауға мүмкіндік береді», - деп Джошуа Сокол өз жұмысында көрсетіп өтті [9]. Бұл жұлдыз HESS J1731 – 347 деп аталатын супернованың қалдықтарының ортасында табылған. Алдыңғы зерттеулер оның бізден 10000 жарық жылынан астам қашықтықта екенін анықтады. Алайда, нейтрондық жұлдыздар жағдайында қашықтықты өлшеу (олардың рентгендік сәулеленуіне негізделген) шектеулі, сондықтан жұлдыздың басқа сипаттамаларын дәл анықтау қиын. Дегенмен, жақында HESS J1731 – 347-де жасырылған екінші толқын ұзындықтағы жұлдыз ашылды, бұл жағдай астрономдарға «сенімділік» бергендей болды. Рентген спектрін модельдеу және Gaia жерсерігін бақылаудан алынған нақты қашықтықты бағалау негізінде Германияның Тюбинген қаласындағы Эберхард Карлс университетінің астрономдар тобы HESS J1731 – 347 дейінгі қашықтықты қайта есептеді. Нысан күтілгеннен әлдеқайда жақын болып шықты, шамамен 8150 жарық жылы қашықтықта. Зерттеушілер нейтрондық жұлдыздың басқа сипаттамалары, оның ішінде оның массасы да дұрыс емес болуы мүмкін деген қорытындыға келді. Жаңа есептеулер бойынша нейтрондық жұлдыздың массасы 0,77 Күн массасына тең, ал оның радиусы 10,4 шақырымға бағаланады. «Біздің бағалауымыз бойынша бұл нысан не ең жеңіл нейтрондық жұлдыз немесе күйдің экзотикалық теңдеуі бар «біртүрлі жұлдыз» болып табылады», - деп қорытындылады Nature Astronomy зерттеушілері (2022) [10].

Нейтрондық жұлдыздардың модельдеріне тоқталсақ, 2021 жылдың 19 шілдесінде Британдық Корольдік астрономиялық қоғамының (RAS) астрофизиктері нейтрондық жұлдыздардың интерьерінің жаңа үлгісін жасап, осы типтегі жұлдыздар толығымен дерлік сфералық нысандар болып шыққанын анықтады [11].

Зерттеушілер бұл мәлімдемені нейтрондық жұлдыздардың жинақылығымен және Жерден миллиард есе күшті гравитациялық тартылысымен байланыстырады. Бұл Жер бетіндегі әрбір затты өте аз өлшемдерге дейін қыса алады.

Британдық астрофизиктер LIGO және ViRGO гравитациялық обсерваторияларының деректерін нейтрондық жұлдыздың ішкі бөлігінің жаңа компьютерлік моделін жасау үшін



пайдаланды, бұл оларға жұлдыздың осы түрінің бетіндегі төбешіктердің максималды мүмкін биіктігін дәл өлшеуге мүмкіндік берді. Олардың есептеулері нейтрондық жұлдыздардың толық дерлік сфералық нысандар екенін көрсетеді. Бұған қоса, олар тудыратын гравитациялық толқындарды анықтау бұрын ойлағаннан да қиынырақ болатынын атап өтті. Саутгемптон университетінің зерттеушісі Фабиан Гиттинсін айтуынша, бұл нейтрондық жұлдыздарды олар тудыратын кеңістік-уақыттың ауытқуы арқылы іздеуді айтарлықтай қиындатады [12].

Нейтрондық жұлдыздар – кара құрдымнан кейінгі ғаламдағы ең тығыз нысандар. Шынында да, өзінің тартылуының әсерінен нейтрондық жұлдыз біркелкі сфералық пішінге ие болуы керек. Оның беті серпімді және қозғалмалы, ал «таулар» аздап көтерілуі мүмкін. Олардың биіктігі шар радиусының миллионнан бір бөлігіне жетуге қабілетті деп саналады; орташа нейтрондық жұлдыз үшін бұл максимум 10 сантиметр болады. Алайда, бұл болжам өрескел әсірелеу болып шықты. Нейтрондық жұлдыздардың бетіндегі «таулар» миллиметрден жоғары емес екені анықталды [13]. Британдық астрофизиктердің жүргізген жаңа есептеулері нейтрондық жұлдыздардағы «таулардың» биіктігі максималды миллиметрге жететінін көрсетті. Мұндай нәтижелерді Фабиан Гиттинс және оның Саутгемптон университетіндегі әріптестері 2021 жылғы Ұлттық астрономия жиналысында ұсынды. «Соңғы онжылдықтарда бұл таулар нейтрондық жұлдыздың қыртысы жарылғанға дейін қаншалықты биіктікке көтеріледі және енді оларды көтере алмайды деген сұраққа қызығушылық туындады», - дейді Гиттинс. Алдыңғы есептеулер серпімді қабықтың біркелкі жоғары механикалық кернеу астында болуы және кез келген аймақта бірдей ықтималдықпен сынуы мүмкін екендігіне негізделген. Қазір ғалымдар нейтрондық жұлдыздың жаңа, тазартылған үлгісін қолданды, ол оның сұйық ішкі қабаты, серпімді қабық пен жұқа атмосфера арасындағы өзара әрекеттесуді нақтырақ сипаттайды. Бұл жер қыртысының мінез-құлқын және жарылулардың пайда болуын дәлірек болжауға мүмкіндік берді. Белгілі болғандай, олар бұрын ойлағаннан әлдеқайда ертерек пайда болды және нейтрондық жұлдыздардың «таулары» максималды миллиметр биіктікке көтерілуге үлгереді.

Ұлыбритания ғалымдары нейтрондық гравитациялық толқындарды зерттеудің жаңа моделін жасады, оның арқасында нейтрондық жұлдыздардың құрылымы мен құрамын толығырақ зерттеуге болады [14]. Зерттеушілер атап өткендей, мұндай жұлдыздар екілік жүйені құраған кезде, олар белгілі бір жиілікте гравитациялық толқындар шығарады, олардың ерекшеліктері туралы ақпаратты тасымалдайды. Бір топ ғалымдар әзірлеген модель қос нейтрондық жұлдыздардың гравитациялық толқын сигналының тербеліс жиілігін алғаш рет анықтауға мүмкіндік берді. Астрофизиктердің айтуынша, жаңа толқын детекторларының ашылуымен бұл модельді одан әрі зерттеу және мұндай ғарыш объектілерін классификациялау үшін пайдалануға болады.

Бирмингем университетінің (Ұлыбритания) ғалымдары қос нейтрондық жұлдыздардан шығатын гравитациялық толқындардың бірегей жиіліктерін анықтаудың келесі бір жаңа моделін әзірледі. Бұл туралы Nature Communications (2021) журналында жазылған. Жарық жылдамдығымен таралатын гравитациялық толқындардың Әлемде болуы мүмкін екендігі Альберт Эйнштейн ұсынған жалпы салыстырмалылық теориясында да болжанған. Олар бірнеше жұлдыздардың және кара құрдымның қосылуы сияқты үлкен ғарыштық оқиғалардан туындаған кеңістік-уақыттағы ауытқулар. 1962 жылы кеңес ғалымы Владислав Пустовойт алғаш рет лазерлік интерферометрлердің көмегімен гравитациялық толқындарды тіркеу әдісін қолдануды ұсынды. Алайда, мұндай толқындар алғаш рет 2017 жылы американдық LIGO обсерваториясында эксперименталды түрде тіркелді. Нейтрондық жұлдыздардың табиғаты мен құрылымы әлі күнге дейін аз зерттелген. Бірқатар болжамдарға сәйкес, бұл ғарыштық объектілер асқын жаңа жұлдыздардың жарылуы нәтижесінде пайда болады және шын мәнінде олардың қалдық ядролары болып табылады. Электромагниттік спектрде мыңдаған жалғыз нейтронды жұлдыздар бар, бірақ оларды зерттеу мүмкін емес. Осындай екі жұлдыз тартылып, бір жұлдызға біріктірілген кезде тапсырма жеңілдетіледі. Алынған қос жүйедегі тартылыс

күштердің әсерінен қосылатын екі жұлдыз да созылып, белгілі бір жиілікте гравитациялық толқын тербелістерін тудырады.

«Бір-бірінің маңында айналатын екі жұлдыз серіктерінің тартылыс күшінің әсерінен деформацияланады. Толқындық күштер жұлдыздардың ішінде белгілі бір тербелістерді тудырады, олардан олардың ішкі құрылымы туралы қорытынды жасауға болады. Гравитациялық толқындар сигналының деректеріне негізделген мұндай тербелістердің параметрлерін есептеу арқылы біз осы жұмбақ нысандардың іргелі табиғаты мен құрамы туралы ақпаратты ала аламыз», - деп түсіндірді Бирмингем университетінің гравитациялық толқындарды зерттеу институтының докторы Герайнт Праттен.

Birmingham Science Group әзірлеген модель гравитациялық толқын тербелістерін өлшеуден осындай екілік жүйе туралы бірегей ақпаратты береді. Әзірленген модельді тексеру үшін GW170817 қос нейтрондық жұлдызының қосылуынан алынған толқындар пайдаланылды [15].

«Қос нейтрондық жұлдыздың гравитациялық толқындарын алғашқы бақылаудан кейін үш жылға жуық уақыт өткен соң, біз кіріс сигналдарынан олар туралы қосымша ақпаратты алудың жаңа жолдарын тауып жатырмыз. Неғұрлым күрделі теориялық модельдерді әзірлеу арқылы көп ақпарат жинай алатын болсақ, соғұрлым біз нейтрондық жұлдыздардың шынайы табиғатын ашуға жақындай түсеміз», - деп қосты автор Праттен Патрисия Шмидттің әріптесі. Герайнт Праттен атап өткендей, зерттелген жалғыз оқиғаның нәтижелерінен тек шектеулі ақпарат алынды, өйткені үлкен кедергі салдарынан сигналды оқшаулау мүмкін болмады. Дегенмен, ол неғұрлым жетілдірілген құралдардың көмегімен ғалымдар «тербеліс жиілігін дәлірек өлшеп, өте қызықты ақпарат ала алады» деген сенімде.

### **Дискуссия**

Зерттеушілердің пікірінше, белсенді дамып келе жатқан астросейсмология (жұлдызды тербеліс туралы ғылым) Әлемді зерттеудің ең маңызды құралына айналууда. Астрофизиктердің пайымдауынша, 2030 жылдары ашылуы жоспарланған гравитациялық толқындық обсерваториялардың келесі буыны қос нейтрондық жұлдыздарды көбірек анықтап, оларды қазіргіден әлдеқайда егжей-тегжейлі зерттей алады.

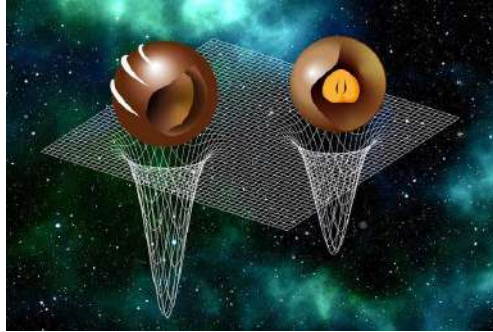
Гёте (Германия) атындағы Франкфурт университетінің физиктері миллионнан астам күй теңдеулерін модельдеп, мынадай қорытындыға келді: «жеңіл» нейтрондық жұлдыздардың жұмсақ мантиясы және қатты ядросы болуы мүмкін, ал «ауыр» нейтрондық жұлдыздар, керісінше, қатты мантияға және жұмсақ өзектің әртүрлі түрлеріндегі сияқты, деп жазған болатын. Жұмыстың нәтижелері *The Astrophysical Journal Letters* журналында жарияланған [16].

Нейтрондық жұлдыздардың ішіндегі экстремалды жағдайлардың үлгісін жасау ең қиын нәрсе, өйткені оларды Жердегі зертханада қайта құру қиын. Сондықтан жұлдыз материясының күй теңдеулері арқылы әртүрлі қасиеттер - тығыздықтан температураға дейін сипатталатын көптеген модельдер бар. Бұл жұмыста ғалымдар бір жағынан теориялық ядролық физикадан алынған деректермен, екінші жағынан астрономиялық бақылаулардан алынған шектеулерді қанағаттандыратын әртүрлі күй теңдеулерін жасады. Бұл теңдеулерде дыбыс жылдамдығы шешуші рөл атқарды. Бұл өлшем дыбыс толқындарының нысанның ішінде қаншалықты жылдам таралатынын сипаттайды және заттың қаншалықты қатты немесе жұмсақ болуына байланысты. Жер бетінде дыбыс жылдамдығын пайдалана отырып, олар планетаның ішін зерттеп, кен орындарын іздейді.

Күй теңдеулерін бағалау кезінде жұмыс тобы күтпеген жаңалық жасады: «жеңіл» нейтрондық жұлдыздар (массалары шамамен 1,7 Күн массасы бар) жұмсақ мантия мен қатты ядроға ие болып көрінеді, ал «ауыр» нейтрондық жұлдыздар (массалары бар) 1,7 Күн массасынан аз) - қатты мантия және жұмсақ ядро.

Жұмыс авторлары бұл заттарды шоколадтармен салыстырады (2-суретті қараңыз): «жеңіл» заттардың ортасында жұмсақ шоколадпен қоршалған фундук, ал «ауыр» заттардың қатты қабаттың ішінде жұмсақ салмасы бар [16].

Физиктер нейтрондық жұлдыздардың бұрын түсіндірілмеген басқа да қасиеттерін аша алды. Зерттеу нәтижелері нейтрондық жұлдыздардың ішіндегі заттың нақты құрылымы мен құрамын ашпайды, бірақ нейтрондық жұлдыздардың центрінің сығылу мүмкіндігінің тікелей өлшемін береді. Сонымен қатар, ашылу қос жүйелердегі нейтрондық жұлдыздардың деформациялану қабілетіне, яғни екі нейтрондық жұлдыздың гравитациялық өрістерімен бір-бірін қаншалықты бұрмалай алатынына жаңа шектеулер қояды. (Ақпарат Ғылыми Ресей порталынан алынды (<https://scientificrussia.ru>)).



Сурет 2. «Жеңіл» және «ауыр» нейтрондық жұлдыздардың иллюстрациясы  
(PETER KIEFER & LUCIANO REZZOLLA) [16]

Жаңа ғылыми жұмыста авторлар теориялық ядролық физикамен де, астрофизикалық бақылаулармен де қойылған шектеулерді қанағаттандыратын 1,7 миллионнан астам әртүрлі күй теңдеулерін құрастырды. Бұл дыбыс жылдамдығының ықтималдық тығыздығының функциясын шығаруға және барлық шектеулерді ескере отырып, нейтрондық жұлдыздардың ішкі бөлігіндегі дыбыс жылдамдығын өзгерту жағдайларының қайсысы ең орынды екенін анықтауға мүмкіндік берді. Барлығы 10 миллионнан астам жұлдыздық модельдер талданды. Нейтрондық жұлдыздардың тереңдігіндегі дыбыс жылдамдығы, ең алдымен, үздіксіз өзгертіні және оның ішіндегі бір жерде жарық жылдамдығына әлдеқайда жақын екендігі анықталды. Біріншіден, тығыздықтар  $n < 0,5 n_0$  үшін біз Beim-Petik-Satherland (BPS) моделінің кестелік нұсқасын қолданамыз. Екіншіден,  $0,5 n_0 < n < 1,1 n_0$  диапазонында біз  $p(n) = K n^\Gamma$  түріндегі монотроптарды тұрғызамыз, мұнда  $K$  BPS SS сәйкестендіру және біркелкі  $\Gamma \in [20]$  сынама алу арқылы бекітіледі. Қысым жұмсақ және қатты болады EOS Hebeler et al. (2013). Үшіншіден,  $1,1 n_0 < n \lesssim 40 n_0$  аралығында біз Annala және т.б. ұсынған параметрлеу әдісін қолданамыз (2020), ол термодинамикалық шамаларды құрудың бастапқы нүктесі ретінде  $\mu$  химиялық потенциалының функциясы ретінде дыбыс жылдамдығын пайдаланады. Сонымен, санның тығыздығын былай көрсетуге болады

$$n(\mu) = n_1 \exp \left( \int_{\mu_1}^{\mu} \frac{d\mu'}{\mu' c_s^2(\mu')} \right) \quad (1)$$

мұндағы  $n_1 = 1,1 n_0$  және  $\mu_1 = \mu(n_1)$  монотроптың сәйкес химиялық потенциалымен бекітілген. (1) интегралдық теңдеу қысымды береді

$$c_s^2(\mu) = \frac{(\mu_{i+1} - \mu) c_{s,i}^2 + (\mu - \mu_i) c_{s,i+1}^2}{\mu_{i+1} - \mu_i} \quad (2)$$

мұндағы  $\mu_i$  және  $\mu$  және  $c_s^2$   $\mu_i \leq \mu \leq \mu_i + 1$  диапазонындағы  $i$ -ші сегменттің параметрлері.  $c_{s,i}^2$  және  $\mu_1$  мәндері монотропшен бекітілген [17].

Процедураның соңғы қадамы ретінде біз қысымы, тығыздығы және  $\mu N + 1 = 2,6$  ГэВ кезіндегі дыбыс жылдамдығы бета тепе-теңдіктегі суық кварк материясы үшін параметрленген пертурбациялық QCD нәтижесіне сәйкес келетін шешімдерді сақтаймыз.

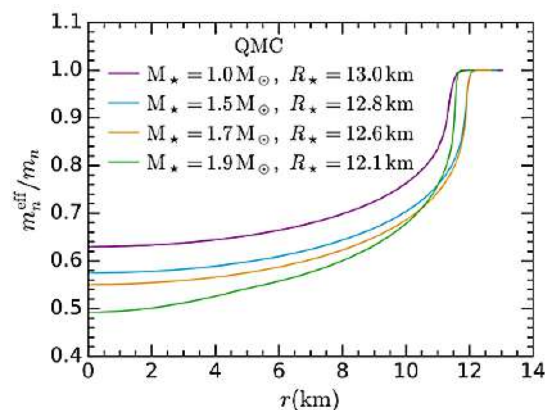
Андрей Фельдман нейтрондық жұлдыздардың қараңғы зат детекторлары ретінде қарастырды [12]. Австралия мен Германиядан келген теориялық физиктер нейтрондық жұлдыздардың гипотетикалық қараңғы материя бөлшектерін басып алу қарқындылығы бұрын болжанғаннан төмен дәрежеде болуы мүмкін деген қорытындыға келді. Ғалымдар нейтронның күңгірт материяның бөлшектерімен әрекеттесетіндіктен оның күрделі ішкі құрылымын ескеретін, сондай-ақ нейтрондардың бір-бірімен әрекеттесуін назардан тыс қалдырмайтын дәлірек теорияны қолданды. Зерттеу Physical Review Letters (2022) журналында жарияланған.

Галактикалардағы жұлдыздардың қозғалысын көптеген астрономиялық бақылаулар қараңғы материяның бар екенін көрсетеді, бірақ жердегі эксперименттерде осы материяны құрайтын элементар бөлшектерді тіркеу әрекеттерінің барлығы әлі сәтті болмай шықты. Бұл ғалымдарды қара материяның аспан денелерімен әрекеттесу нәтижелерін зерттеу керек деген ойға әкелді, олар соншалықты көп бөлшектерден тұрады және соншалықты ұзақ уақыт бойы олардың қараңғы зат бөлшектерімен өзара әрекеттесуінің көптеген актілері орын алуы керек еді. Алдымен қара материяның Күнмен ықтимал әрекеттесуінің салдарын зерттеу ұсынылды, бірақ содан кейін нейтрондық жұлдыздар олардың үлкен тығыздығына байланысты одан да жақсы детекторлар бола алады деген идея алға тартылды.

Егер олар жұлдыздың ішінде жиналып, импульсін нейтрондарға ауыстыратын болса, онда уақыт өте келе бұл нейтрондық жұлдыздың массасының айтарлықтай ұлғаюына әкеліп соғуы керек, ол қара құрдымға құлап кетеді. Егер бөлшектер жойылып, барлық энергиясын нейтрондық жұлдыздың затына аударса, онда ол қызады. Ғалымдардың пайымдауынша, инфрақызыл телескоптардың келесі жаңғыруымен бұл қызу байқалуы мүмкін. Қараңғы материя бөлшектерінің нейтрондық жұлдызбен әрекеттесуін есептегенде, әдетте олардың жұлдыздармен және планеталармен әрекеттесуіндегідей жуықтаулар қолданылады.

Мельбурн университетінен Николь Ф. Белл, Сандра Роблес және Майкл Виргато, Макс Планк ядролық физика институтынан Джорджио Бусони, Тео Ф. Мотта (Тео Ф. Мотта) және Энтони В. Томас (Тео Ф. Мотта) бар теориялық физиктер тобы. Аделаида университетінен Энтони В. Томас) қараңғы материя бөлшектерінің нейтрондық жұлдызбен әрекеттесуінің егжей-тегжейлі есебін жүргізді, онда мұндай жеңілдетулер жасалмаған және дәлірек нәтиже жақыннан өте ерекшеленетіні анықталды.

Нейтрондардың бір-бірімен әрекеттесуін қосу нейтрондық массаны тиімді массамен ауыстыруға дейін төмендетілді, ол тереңдікке қарай өзгертін нейтрондық жұлдыздың тығыздығына байланысты (3-суретті қараңыз).



Сурет 3. Нейтрондық жұлдыздағы нейтрондардың эффективті массасының нейтрондық жұлдыздың әртүрлі массалары үшін олардың радиалды координатасына тәуелділігі [12]

Бұл әсердің қараңғы материяның жұлдызмен өзара әрекеттесу қарқындылығына әсері, егер қараңғы материя бөлшектерінің массасы нейтрондық массадан айтарлықтай асып кетсе, ең күшті болып шықты. Бұл жағдайда өзара әрекеттесу қарқындылығы шамамен 10 есе төмендейді.

Nicole F. Bell және т.б., «Нейтрондық жұлдыздардағы қараңғы материядағы нуклон құрылымы және күшті өзара әрекеттесу», «Физикалық шолу хаттары» (2021) мәліметтері бойынша, нейтрондық жұлдыз, қараңғы материя детекторлары ретінде пайдалану ұсынылатын басқа ғарыштық нысандардан айырмашылығы, жұлдызға түсетін қараңғы материя бөлшектерін жарық жылдамдығымен салыстырылатын жылдамдыққа дейін үдететін өте күшті гравитациялық өріс нейтрондық жұлдызды жасайды. Теоретиктердің есебі көрсеткендей, Егер қараңғы зат бөлшектерінің массасы аз болса (протон массасының 20 пайызынан аз), онда нейтронның нүктелік емес табиғаты әрекеттесу қарқындылығына әсер еткен жоқ. Екі әсерді де есепке алу ауыр қараңғы зат бөлшектерінің нейтрондармен әрекеттесу қарқындылығының (демек, осы бөлшектердің жұлдызмен өзара әрекеттесулерінің санының) шамамен үш есеге төмендеуіне әкелді. Жеңіл бөлшектер үшін, алайда, есептеулердің нәтижелері шамамен алынғандармен өте жақсы сәйкес келді.

Отандық ғалымдардың нейтрондық жұлдыздар физикасы саласындағы зерттеулерінің де өзіндік ерекшеліктері бар. Атай кетсек, профессор Такибаев Нурғали Жабағаевич жетекшілік ететін зерттеушілер тобының жұмысы нейтрондық жұлдыздардың аса тығыз затында қозғалған және аса қозған ядролардың түзілуін теориялық сипаттаумен байланыстырды. Бұл өз кезегінде аса тығыз кристалдың фондық тербелістеріне әкеледі және нейтрондық жұлдыздардың сәулеленуінің (жұлдыз сілкінісінің) модуляциясын түсіндіре алады [18].

### Қорытынды

Қорытындылайтын болсақ, астрофизика - нейтрондық жұлдыздардың өзекті мәселесіне арналған ғылыми мақалаларды талдау осы қызықты астрономиялық объектілердің құрылымы мен сәулеленуінің құпияларын шешу әлі де аяқталмаған деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Мәселе жердегі зертханаларда нейтрондық жұлдыздарға тән экстремалды жағдайларды жасаудың қиындығында жатыр. Ал, нәтижесінде эксперименттік зерттеулер мен теориялық болжамдарды салыстыру мүмкін емес. Осы ықшам нысандардың ішкі бөлігіндегі қызықты және сонымен бірге жұмбақ құбылыстарды түрлі модельдер негізінде түсіндіруге талпыныс жасалуда. Болашақта нейтрондық жұлдыздардың азғындалған материясындағы нейтрондардың резонанстық күйлеріне негізделген [17] ғылыми жұмыста авторлар ұсынған модельді ары қарай дамыту ұсынылады. Бұл өз кезегінде жұлдыздарда болатын әртүрлі үдерістерге әкелуі мүмкін, мысалы, жұлдыздардағы синтез реакциялары мен термоядролық реакцияларды қоздырады.

#### Пайдаланылған әдебиеттер

[1] Bally, John; Reipurth, Bo. (2018) *The Birth of Stars and Planets*. Cambridge University Press, 207-208. ISBN 978-0-521-80105-8.

[2] Трунин Д. *Астрофизики уточнили предельную массу нейтронных звезд* // *Astrophysical Journal Letters*, 2018, № 4, с.17 - 19.

[3] Quaintrell H. (2018) *The mass of the neutron star in Vela X-1 and tidally induced non-radial oscillations in GP Vel* // *Astronomy and Astrophysics*. EDP Sciences, 313—323.

[4] Demorest P. B., Pennucci T., Ransom S. M., Roberts M. S. E. & Hessels J. W. T. (2018) *A two-solar-mass neutron star measured using Shapiro delay* // 1081—1083.

[5] *National Radio Astronomy Observatory (2010) «Astronomers discover most massive neutron star yet known; Discovery has broad implications for astrophysics, nuclear physics»*. 41 - 44.

[6] M. Angeles Perez-Garcia, Joseph Silk, Jirina R. Stone. (2010) *Dark Matter, Neutron Stars, and Strange Quark Matter* // *Physical Review Letters*, V. 105. 141101—04.

- [7] Офенгейм Д., Штернин П., Пиран Ц. Нейтронные звезды с максимальной массой – ключ к физике сверхплотного вещества. // Письма в Астрономический журнал: Астрономия и космическая астрофизика. 2023. Том 49, с.1-4. №1 <https://doi.org/10.31857/S0320010823100054>
- [8] Порожков С.Ю. Вклад нейтронных звезд в скрытую массу // Журнал естественнонаучных исследований, 2022, с. 45-57.
- [9] T. M. Belloni et al. (eds.), *Timing Neutron Stars: Pulsations, Oscillations and Explosions*, *Astrophysics and Space // Science Library* 461, <https://doi.org/10.1007/978-3-662-62110-3>
- [10] Antonios Tsokaros, Milton Ruiz, Lunan Sun, Stuart L. Shapiro (2019) *Dynamically stable ergostars exist!*
- [11] Valery Suleimanov, Gerd Pühlhofer & Andrea Santangelo. (2022) *The lightest neutron star ever discovered intrigues scientists // Nature Astronomy volume 6, 1444–1451*
- [12] Фабиан Г. Нейтронные звезды оказались гладкими сферами, из-за этого их тяжелее отследить // Наука, 2021, №8, с. 14-17
- [13] Бескин В.С., Истомин Я. Н., Филиппов А. А. Радиопульсары. // Успехи физических наук. 2013. Том 183, №-10. с 179—194. <https://doi:10.3367/UFNr.0183.201302e.0179>
- [14] Юдин А.В., Разинкова Т.Л. Блинников С.И. Маломассивные нейтронные звезды с вращением. // Письма в астрономический журнал, Институт космических исследований РАН, Российская академия наук, Отделение физических наук. 2019, с. 893-901 <https://doi:10.1134/S0320010819120076>
- [15] Скрыннико А. Уникальный сигнал: как учёные исследуют нейтронные звёзды с помощью гравитационных волн // *Nature Communications*, 2020
- [16] Christian Ecker & Luciano Rezzolla (2022) *A general, scale-independent description of the sound speed in neutron stars // The Astrophysical Journal Letters* <https://doi:10.3847/2041-8213/ac8674>
- [17] N.Takibayev, D.Nasirova, K.Kato, V.Kurmangaliyeva. *Excited nuclei, resonances and reactions in neutron star crusts. Nuclear Physics in Astrophysics Conference (NPA VII) IOP Publishing. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series Vol. 940 (2018) 012058* <https://doi:10.1088/1742-6596/940/1/012058>
- [18] Sinan Altiparmak, Christian Ecker, and Luciano Rezzolla (2022) *On the Sound Speed in Neutron Stars // American Astronomical Society.* <https://doi:10.3847/2041-8213/ac9b2a>

#### References

- [1] Bally, John; Reipurth, Bo. (2018) *The Birth of Stars and Planets. Cambridge University Press*, 207-208. ISBN 978-0-521-80105-8.
- [2] Trunin D (2018) *Astrofiziki utocnili predel'nuju massu nejtronnyh zvezd [Astrophysicists have clarified the mass limit of neutron stars]. Astrophysical Journal Letters, № 4, 17-19. (In Russian)*
- [3] Quaintrell H. (2018) *The mass of the neutron star in Vela X-1 and tidally induced non-radial oscillations in GP Vel // Astronomy and Astrophysics. EDP Sciences, 313 – 323.*
- [4] Demorest P. B., Pennucci T., Ransom S. M., Roberts M. S. E. & Hessels J. W. T. (2018) *A two-solar-mass neutron star measured using Shapiro delay // 1081—1083.*
- [5] National Radio Astronomy Observatory (2010) «*Astronomers discover most massive neutron star yet known; Discovery has broad implications for astrophysics, nuclear physics*». 41 - 44.
- [6] M. Angeles Perez-Garcia, Joseph Silk, Jirina R. Stone. (2010) *Dark Matter, Neutron Stars, and Strange Quark Matter Physical Review Letters, V. 105. 141101–04.*
- [7] Ofengejm D., Shternin P., Piran C. (2023) *Nejtronnye zvezdy s maksimal'noj massoj – ključ k fizike sverhplotnogo veshhestva [Neutron stars with maximum mass are key to the physics of superdense matter] Pis'ma v Astronomicheskij zhurnal: Astronomija i kosmicheskaja astrofizika. Tom 49, 1-4. (In Russian) https://doi.org/10.31857/S0320010823100054*
- [8] Porojkov S.Ju. (2022) *Vklad nejtronnyh zvezd v skrytuju massu [Contribution of neutron stars to the latent mass] Zhurnal estestvennonauchnyh issledovanij, 45-57. (In Russian)*
- [9] T. M. Belloni et al. (eds.), *Timing Neutron Stars: Pulsations, Oscillations and Explosions*, *Astrophysics and Space Science Library* 461, <https://doi.org/10.1007/978-3-662-62110-3>
- [10] Antonios Tsokaros, Milton Ruiz, Lunan Sun, Stuart L. Shapiro (2019) *Dynamically stable ergostars exist!*
- [11] Valery Suleimanov, Gerd Pühlhofer & Andrea Santangelo (2022) *The lightest neutron star ever discovered intrigues scientists // Nature Astronomy volume 6, 1444–1451*
- [12] Fabian G. (2021) *Nejtronnye zvezdy okazalis' gladkimi sferami, iz-za jetogo ih tjazhelee otsledit' [Neutron stars turned out to be smooth spheres, making them harder to trace] Nauka, №8, 14-17. (In Russian)*

[13] Beskin V. S., Istomin Ja. N., Filippov A. A. (2013) Radiopul'sary [Radio pulsars]. *Uspehi fizicheskikh nauk*. Tom 183, №-10. 179—194. <https://doi:10.3367/UFNr.0183.201302e.0179>

[14] Judin A.V., Razinkova T.L. Blinnikov S.I. (2019) Malomassivnye nejtronnye zvezdy s vrashheniem [Small-mass neutron stars with rotation] *Pis'ma v astronomicheskij zhurnal, Institut kosmicheskikh issledovanij RAN, Rossijskaja akademija nauk, Otdelenie fizicheskikh nauk*. T. 45, № 12, 893-901. <https://doi:10.1134/S0320010819120076>

[15] Skrynniko A. (2020) Unikal'nyj signal: kak uchjonye issledujut nejtronnye zvjozdy s pomoshh'ju gravitacionnyh voln [A unique signal: how scientists study neutron stars using gravitational waves] // *Nature Communications (In Russian)*

[16] Christian Ecker & Luciano Rezzolla (2022) A general, scale-independent description of the sound speed in neutron stars // *The Astrophysical Journal Letters* <https://doi:10.3847/2041-8213/ac8674>

[17] N.Takibayev, D.Nasirova, K.Kato, V.Kurmangaliyeva. Excited nuclei, resonances and reactions in neutron star crusts. *Nuclear Physics in Astrophysics Conference (NPA VII) IOP Publishing, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series Vol. 940 (2018) 012058* <https://doi:10.1088/1742-6596/940/1/012058>

[18] Sinan Altiparmak, Christian Ecker, and Luciano Rezzolla (2022) *On the Sound Speed in Neutron Stars* American Astronomical Society. <https://doi:10.3847/2041-8213/ac9b2a>

ИНФОРМАТИКА  
COMPUTER SCIENCE

IRSTI 28.23.02

10.51889/2959-5894.2024.85.1.010

**A.A. Abibullayeva<sup>1\*</sup>, G.N. Kazbekova<sup>1</sup>, N.M. Zhunisov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan

\*e-mail: aiman.abibullayeva@ayu.edu.kz

**KEYWORD EXTRACTION FROM KAZAKH TEXT WITH MACHINE LEARNING ALGORITHMS**

*Abstract*

Browsing information on the internet in daily life has become a common activity for computer users. Since thousands of Internet news are published on the Internet every day, it is difficult to effectively retrieve and summarize the relevant documents. Therefore, the keyword or keyphrase extraction technique is used to provide the main content of a particular web page. Due to such needs, the use of keywords allows the reader to access the sought-after information easily and quickly. In this article, Random Forest and XgBoost (Extreme Gradient Boosting) algorithms, which are machine learning algorithms, were tested. The results were obtained on the 500N-KPCrowd dataset, which consists of English-language news content widely used in the literature, and compared with the results obtained from the Kazakh language datasets. For the Kazakh data set, the highest result in the literature was achieved with the best F<sub>1</sub> score of 0.97. For the 500N-KPCrowd data set, the best F<sub>1</sub> score of 0.70 was obtained.

*Keywords:* keyword extraction, machine learning, Random Forest, XgBoost, statistical features, graphical features.

А.А.Абибуллаева<sup>1</sup>, Г.Н.Казбекова<sup>1</sup>, Н.М.Жунисов<sup>1</sup>

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

**МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІНІҢ КӨМЕГІМЕН ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ МӘТІННЕН ТҮЙІН СӨЗДЕРДІ АЛЫП АЛУ**

*Аңдатпа*

Күнделікті өмірде интернеттегі ақпаратты шолу компьютер пайдаланушылары үшін әдеттегі әрекетке айналды. Интернетте күн сайын мыңдаған интернет жаңалықтары жарияланатындықтан, тиісті құжаттарды тиімді түрде алу және қорытындылау қиын. Сондықтан белгілі бір веб-беттің негізгі мазмұнын қамтамасыз ету үшін кілт сөзді немесе түйінді фразаны алу әдісі қолданылады. Осындай қажеттіліктерге байланысты түйінді сөздерді қолдану оқырманға қажетті ақпаратқа оңай және жылдам қол жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл мақалада машиналық оқыту алгоритмдері болып табылатын Кездейсоқ орман және Градиентті күшейту алгоритмдері тексерілді. Нәтижелер әдебиетте кеңінен қолданылатын ағылшын тіліндегі жаңалықтар мазмұнынан тұратын 500N-KPCrowd деректер жинағында алынды және қазақ тіліндегі деректер жинақтарынан алынған нәтижелермен салыстырылды. Қазақ деректер жинағы үшін әдебиеттегі ең жоғары нәтиже 0,97 ең жақсы F<sub>1</sub> ұпайымен қол жеткізілді. 500N-KPCrowd деректер жинағы үшін 0,70 ең жақсы F<sub>1</sub> ұпайы алынды.

*Түйін сөздер:* кілт сөзді шығару, машиналық оқыту, Кездейсоқ орман, XgBoost, статистикалық ерекшеліктер, графикалық ерекшеліктер.



А.А. Абибуллаева<sup>1</sup>, Г.Н. Казбекова<sup>1</sup>, Н.М. Жунисов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави,  
г.Туркестан, Казахстан

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ ИЗ КАЗАХСКОГО ТЕКСТА С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

### Аннотация

Просмотр информации в Интернете в повседневной жизни стал обычным занятием для пользователей компьютеров. Поскольку каждый день в Интернете публикуются тысячи интернет-новостей, эффективно найти и обобщить соответствующие документы сложно. Таким образом, метод извлечения ключевых слов или ключевых фраз используется для предоставления основного содержимого конкретной веб-страницы. В связи с такими потребностями использование ключевых слов позволяет читателю легко и быстро получить доступ к необходимой информации. В этой статье были протестированы алгоритмы Случайного леса и Экстремального повышения градиента, являющиеся алгоритмами машинного обучения. Результаты были получены на наборе данных 500N-KPCrowd, который состоит из новостного контента на английском языке, широко используемом в литературе, и сравнивались с результатами, полученными на наборах данных на казахском языке. Для казахстанского набора данных самый высокий результат в литературе был достигнут с лучшим показателем  $F_1$  равным 0,97. Для набора данных 500N-KPCrowd был получен лучший показатель  $F_1$  равный 0,70.

*Ключевые слова:* извлечение ключевых слов, машинное обучение, Случайный лес, XgBoost, статистические особенности, графические особенности.

### Introduction

The amount of digital data produced, consumed and stored all over the world is rapidly increasing. While the digital data produced in 2015 was approximately 15 zettabytes, it is estimated that this rate will be approximately 180 zettabytes in 2025. In Figure 1, digital data production has followed an increasing trend over the years [1].

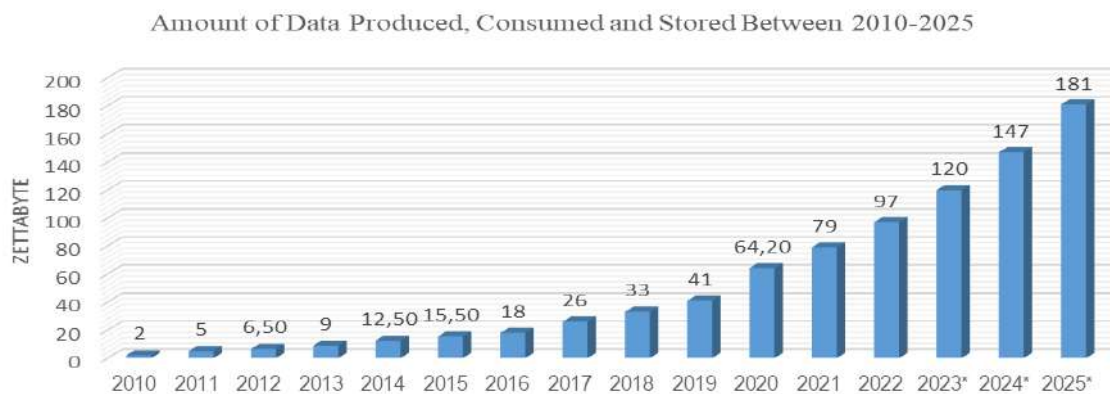


Figure 1. Estimated data growth over the years

With the rapid increase in digital content, finding the information sought among textual data masses has become a problem that needs to be solved. In order to access the desired information quickly and easily, keywords must be assigned to textual content. However, the keyword extraction problem is the main problem that needs to be solved in order to develop systems such as summarization, document linking and clustering. Keyword extraction can be done manually or automatically. Manual keyword extraction takes a long time and is not cost-effective for a mass of digital text. Therefore, researchers in the field of Natural Language Processing (NLP) have continuously focused on developing methods to automate this process.

When we look at the literature, the keyword is:

- index terms containing the most important information [2],

- a set of terms that provide summary information about the content for the reader [3],
- words that capture the main headings of a document [4],
- small pieces that capture the main idea or title of the text [5],
- words or groups of words that show the text in the clearest way [6],
- expressions that capture the main topic discussed in a document [7],
- words expressing all important aspects of the content of the document [8],
- words that give information about the content of the text [9].

Many models have been proposed for keyword extraction in the literature. However, when looking at the performance results of the proposed models, their problem solving performance is still far below expectations. These models are basically grouped under two headings: supervised and unsupervised. While supervised models require a pre-labeled training set, unsupervised methods do not require a pre-compiled dataset. Most unsupervised algorithms perform the task of keyword extraction using a single input document rather than a corpus. Previously, keyword extraction was solved with statistical methods or Natural Language Processing (NLP) techniques. With the emergence of machine learning technology in recent years, it has started to be solved with deep learning algorithms and artificial neural networks and better results have been obtained. Unsupervised models were first developed using statistical features such as Term Frequency (TF) and Inverse Document Frequency (TDF) [10]. In the same years, the problem of keyword extraction was addressed using linguistic features such as Part of Speech (PoS) and n-gram [11], [12]. Statistical and linguistic models provide powerful linguistic and statistical information about input terms. However, these methods cannot describe the semantic relationship between words and sentences. Graph-based [13], [14], [15]) and embedding-based [16], [17], [18], [19] models have been proposed to describe the semantic relationship between words and sentences. Graph-based Text Rank [13], Page Rank [14] and Graph-Based Technique for Extracting Keyphrases in a Single-Document (GTEK) [15] models extract attributes by drawing the word co-occurrence graph of the input text. These graphs count the number of times words co-occur as edges in a sliding window and aim to capture semantic information by calculating centralities. When examined in terms of the Kazakh language, although a limited number of natural language processing studies have been carried out with machine learning and deep learning methods, the issue of keyword extraction in the Kazakh language has not yet been addressed except for a study by Abibullayeva and Çetin [20].

Models were created using algorithms for keyword extraction in the literature, and the prediction performances of the obtained models were compared and it was examined which algorithm created more successful models in the data source used. Although there have been many studies on keyword extraction in English and other languages to date, the situation is different for the Kazakh language. The issue of keyword extraction in the Kazakh language has not yet been addressed. Machine learning and deep learning methods and natural language processing studies are limited to the Kazakh language. There is no model trained with deep learning yet for keyword extraction from Kazakh texts. For these reasons, it is important to conduct studies and make suggestions in the field of extracting keywords from news texts. It is known that the Kazakh people have been using the alphabet system based on Arabic graphics for centuries. From 1929 to 1940, the alphabet based on the Latin alphabet was included in the writing system, and since 1940 the Cyrillic alphabet has been used. In 2017, the new Latin alphabet of the Kazakh language was approved by the decree of the President of the Republic of Kazakhstan on October 26. It is planned to switch to a new alphabet between 2017-2025.

Currently, the issue of switching from Cyrillic to Latin is widely discussed in society. The transition to the Latin alphabet, which has become the language of all advanced technologies, is important for Kazakh art and culture. Kazakhstan's transition to the Latin alphabet is important both socio-economically and politically, as well as raising the Kazakh language to its deserved position in world civilization. The most important problem of the alphabet change is forgetting the old heritage. When the alphabet changes, access to the texts written in that alphabet becomes difficult and the connection with the past begins to decrease over time. Since there has been no previous study on keyword extraction in the Kazakh language, it is thought that this research will not only contribute to

the academic literature but also facilitate access to works written in the Cyrillic alphabet in the Kazakh language, thus supporting the preservation of cultural heritage. After the transition from the Cyrillic alphabet to the Latin alphabet, the derivation of keywords will enable connections between documents. In this way, accessing documents and searching for content will be easier.

### Research methodology

With the rapid increase in the amount of data produced, consumed and stored, the problem of filtering information from big data has emerged. To solve this problem, automatic keyword assignment is made. The difficulty of the keyword extraction problem arises from the variable characteristics of different data sets. In Figure 2, data was first collected from the news sites zhasalash.kz, aikyn.kz, bilimdinews.kz using the "data scraping" method using BeautifulSoup and Request libraries.

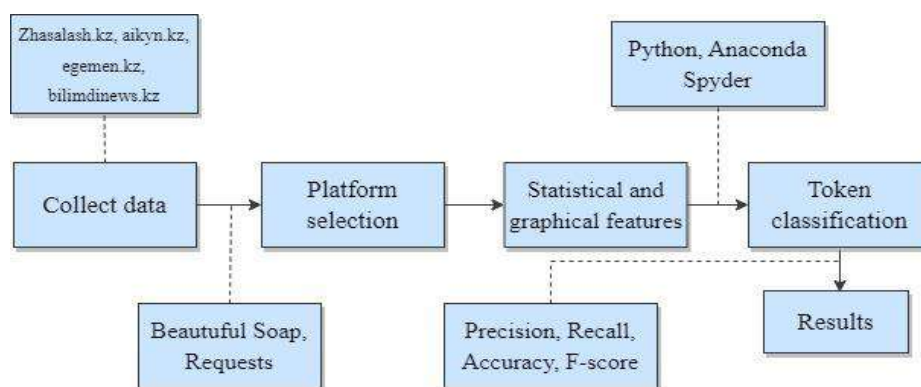


Figure 2. Process followed in model development

The KazakhNews dataset was compiled from web pages originally published in Kazakh language. Later, the Anaconda Spyder environment, which was widely used by researchers, was chosen as the platform because it had strong scientific features. Statistical and graphical attributes were calculated for each content text of the newly compiled data sets. These calculated features were passed through the Community classification module one by one and the sequence labeling task was completed. In the Token Classification module, Random Forest and Extreme Gradient Boosting (XgBoost) classification algorithms were trained and tested separately for each data set. In addition, the model was trained for the 500N-KPCrowd dataset, which consists of English-language news content frequently used in the literature, and the tested results are presented in a table. Summary statistics of the data sets are shown in Table 1, Token Classification module Random Forest and XgBoost classification algorithms were trained and tested separately for each dataset.

Table 1. Dataset summary statistics

Dataset	Language	Field	Title	#document	#keyword
KazakhNews	Kazakh	News website	Politics, literature, etc.	1000	5
500N-KPCrowd	English	News website	art and culture, crime, fashion, business, health, world politics, politics, sports, science, and technology	400	49

We made the KazakhNews dataset publicly available at [https://github.com/Aiman128792/Kazakh\\_News](https://github.com/Aiman128792/Kazakh_News).

Random forest algorithm is a managerial machine learning method that consists of multiple decision trees. Each decision tree reaches the bottom leaf of the tree by visiting all random nodes according to the input given in the training set and depending on the conditions in these nodes. Within the scope of this study, each tree was trained with words and word groups in the nodes of the decision trees, and with the class of the Internet page in the leaf node.

During this training, criterion variables such as tree depth, number of trees, gini-entropy, which are the parameters of the random forest algorithm, were optimized with grid search. It was used to solve the multi-class classification problem. The attributes used as input for the Random Forest algorithm are grouped under statistical attributes and word graph attributes.

### Results of the study

In the Token Classification module, Random Forest and XgBoost ensemble classification algorithms were trained and tested separately for each dataset.

Table 2 shows the performance results of the proposed model for the KazakhNews dataset. When the table is examined, with the combination of statistical features and graphical features, Extreme Gradient Boosting gives a F1-score of 0.88 for the Kazakh data set, while the Random Forest model has the best results with an F1-score of 0.97.

Table 2. Performance results for the KazakhNews dataset

Token Classification	Metrics	Statistical Features	Graphical Features	Statistical Features + Graphical Features
Random Forest	Accuracy	0,994	0,987	0,995
	Precision	0,978	0,904	0,988
	Recall	0,956	0,956	0,958
	F <sub>1</sub> -score	<b>0,967</b>	<b>0,929</b>	<b>0,973</b>
XgBoost	Accuracy	0,978	0,958	0,981
	Precision	0,919	0,838	0,936
	Recall	0,821	0,641	0,847
	F <sub>1</sub> -score	<b>0,867</b>	<b>0,726</b>	<b>0,889</b>

### Evaluation Metrics

In order to accurately evaluate the performance of the model, in addition to the accuracy value, the so-called F1 score was also monitored. The success of the algorithms used is evaluated using criteria such as accuracy, precision, sensitivity and f-criterion (F-Score), which determine the degree of performance of the created models. True Positive (TP), False Positive (FP), True Negative (TN) and False Negative (FN) values are used in calculating the F1 score. In this case, TP and TN are considered correct results, and FP and FN are considered incorrect results. The accuracy value is calculated by the ratio of the TP and TN values correctly predicted by the model to all predicted TP, TN, FP, FN values.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

The precision value is the ratio of the number of TP values predicted by the model to the number of TP and FP values, which are all positive results produced by the model.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

Recall - Calculates the proportion of positive values that are correctly predicted.

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \tag{3}$$

To evaluate the performance of the model, the F1-score, which is the harmonic mean between accuracy and precision, is measured.

$$F_1 = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \tag{4}$$

F<sub>1</sub>-score criterion is used in evaluating keyword extraction algorithms. In calculating this score, the confusion matrix created by looking at the actual value/predicted value numbers of the predicted values is used. Figure 3, shows the complexity matrix.

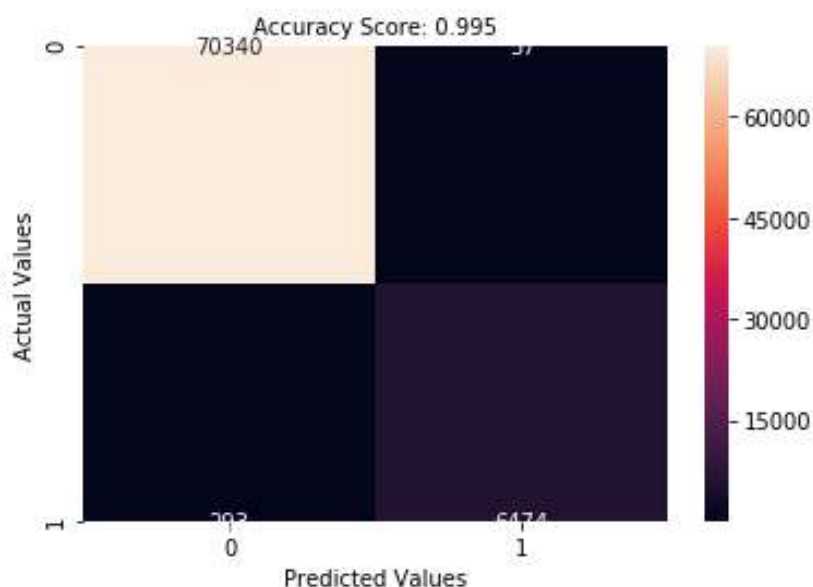


Figure 3. Confusion matrix of Random Forest model for Kazakh dataset

There is the Confusion matrix in Table 2 The matrix contains TP values, which are actually keywords and are predicted as keywords, FP, which are not actually keywords but are predicted as keywords, FN, which are not actually keywords but are marked as keywords, and finally TN, which are not actually keywords but are marked as not keywords.

Table 2. Confusion matrix for Kazakh data set

	Positive	Negative
Positive	GN= 70340	YP=57
Negative	YN= 293	GP=6474

Table 3 shows the performance results of my model for the 500N-KPCrowd dataset. For this dataset, the highest F1-score of XgBoost of 0.57 and Random Forest of 0.70 were obtained. For the 500N-KPCrowd dataset, the Random Forest algorithm used both feature groups together to increase the performance [21].

Table 3. Performance results for the 500N-KPCrowd dataset

Token Classification	Metrics	Statistical Features	Graphical Features	Statistical Features + Graphical Features
Random Forest	Accuracy	0,791	0,738	0,803
	Precision	0,725	0,643	0,779
	Recall	0,688	0,638	0,643
	F <sub>1</sub> -score	<b>0,706</b>	<b>0,641</b>	<b>0,705</b>
XgBoost	Accuracy	0,746	0,706	0,750
	Precision	0,754	0,714	0,763
	Recall	0,451	0,322	0,456
	F <sub>1</sub> -score	<b>0,565</b>	<b>0,444</b>	<b>0,571</b>

Figure 4 shows the labeling result of the model for an example from the KazakhNews dataset. By simulating tagged keywords for a summary from the KazakhNews dataset, true positives are in green and false negatives are in red. Purple represents keys that are false positives.

БАҚ өкілі де бақ сынауда – «Праймериз 2020»

«Nur Otan» партиясының праймериз науқаны қыза түсті. Жамбылда өтінім берушілердің қарасы күн санап артуда. Кеше көпбалалы ана, мүмкіндігі шектеулі азамат, өзге ұлт өкілдері құжаттарын тапсырса, бүгін әріптесіміз Мадияр Қарабаев та тәуекел етті. Мадияр Бақытбекұлы Жамбыл облысы Қордай ауданындағы «Қордай шамшырағы» газетінің тілшісі. Жасы 26-да. Ол аудандық деңгейде бақ сынап жатыр.– Бала кезден депутат болуды армандадым. Ал «Nur Otan» партиясының праймеризі осы арманымға қол жеткізуге жол ашып отыр. Мәслихат депутаттығына өзімнің туып-өскен Кенен ауылынан түскім келеді. Себебі ол елді мекеннің тау-тасына дейін жақсы білемін. Егер көздеген мақсатыма жетіп жатсам, ең бірінші ауылдың ауызсу мәселесін шешсем деймін. Одан кейін жол сынды түйткілдерге де көңіл бөлім келеді. Ал ең бастысы ауылдан шыққан жастарды өнер мен спортқа итермелеуді мақсат тұтып отырмын. Тіркеудің бірінші күні 1000-нан астам адам өтініш берді – Байбек Елім деген азаматтар белсенді қатысқаны дұрыс – Серікбай Трұмов Праймериз – мықты кандидаттарды анықтауға берілген мүмкіндік – Бақытжан Сағынтаев Әрине бәрі бірден бола қалмайтынын түсінемін. Алайда журналистика саласында жинаған тәжірибеммен өзекті мәселелерді биік мінберлерде көтеріп, ел үшін қызмет еткім келеді, – дейді Мадияр. Біз де әріптесіміздің арманы орындалсын деп тілейміз. Ал ең бастысы праймеризге БАҚ өкілдері де өзіндік үнін қосып жатқаны қуантады. Саятхан Сатылған, Жамбыл облысы

Figure 4. Labeling result of the model for an example for KazakhNews

## Discussion

Experimental results show that the proposed model can label independently of the domain and other characteristic features of the dataset.

## Conclusion

In this article, Random Forest and XgBoost algorithms were tested for keyword extraction from Kazakh news texts. In the study, the statistical and graphical features of the text were tested both separately and in combination with each other. Two new data sets, KazakhNews, using the Cyrillic alphabet, were created to use in training and testing the model and to compare the performance of the model in different languages. In addition to the data set, the performance results of the model were obtained for the Latin 500N-KPCrowd data set, which is widely used in the literature and contains news texts. The model was trained separately for each language with different ML algorithms and different data sets. In the study, it was seen that the Random Forest algorithms had very similar performance for the two data sets. The highest result (0.97 f-score) for the KazakhNews dataset was obtained by using Random Forest together with statistical and graphical features.

References

- [1] Reinsel, D., Gantz, J., & Rydning, J. *The digitization of the World*, IDC, 2018. 1-28.
- [2] Kaur, J., Gupta, V. *Effective approaches for extraction of keywords*. *International Journal of Computer Science Issues*, 2010, (IJCSI), 7(6), 144.
- [3] Liu, Z., Huang, W., Zheng, Y., and Sun, M. *Automatic keyphrase extraction via topic decomposition*. In *Proceedings of the 2010 conference on empirical methods in natural language processing*, 2010, October. - pp. 366-376. Association for Computational Linguistics.
- [4] Kim, S. N., Medelyan, O., Kan, M. Y., and Baldwin, T. *Automatic keyphrase extraction from scientific articles*. *Language Resources and Evaluation*, 2013, 47(3), 723-742.
- [5] Awajan, A. A. *Unsupervised Approach for Automatic Keyword Extraction from Arabic Documents*. In *Proceedings of the 26th Conference on Computational Linguistics and Speech Processing (ROCLING 2014)*, 2014, October. - pp. 175-184.
- [6] Birdevrim, A. S., Boyacı, A., and S Al Thani, D. A. *İyileştirilmiş otomatik anahtar kelime çıkarımı BHO-AKÇ*. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 2018. 1(1), 11-19.
- [7] Basaldella, M., Antolli, E., Serra, G., and Tasso, C. *Bidirectional lstm recurrent neural network for keyphrase extraction*. In *Italian Research Conference on Digital Libraries*, 2018, January. pp. 180-187. Springer, Cham.
- [8] Papagiannopoulou, E., Tsoumakas, G. *A review of keyphrase extraction*. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 2020. 10(2), e1339. 1-59.
- [9] Kılıç Ünlü, H., & Çetin, A. *Keyword extraction as sequence labeling with classification algorithms*. *Neural Computing and Applications*, 2023. 35(4), 3413-3422.
- [10] Ramos, J. *Using tf-idf to determine word relevance in document queries*. In *Proceedings of the first instructional conference on machine learning*. 2003, December. Vol. 242, No. 1, pp. 29-48.
- [11] Tomokiyo, T., & Hurst, M. *A language model approach to keyphrase extraction*. In *Proceedings of the ACL 2003 workshop on Multiword expressions: analysis, acquisition and treatment*, 2003, July. - pp. 33-40.
- [12] Haddoud, M., Mokhtari, A., Lecroq, T., & Abdeddaïm, S. *Accurate Keyphrase Extraction from Scientific Papers by Mining Linguistic Information*. In *CLBib@ ISSI*, 2015, June. - pp. 12-17.
- [13] Mihalcea, R., Tarau, P. *TextRank: Brining order into texts*. In *Proceedings of EMNLP 2004*, Association for Computational Linguistics, Barcelona, Spain, 2004. – p 404-411.
- [14] Zhao, W. X., Jiang, J., He, J., Song, Y., Achananuparp, P., Lim, E. P., & Li, X. *Topical keyphrase extraction from twitter*. In *Proceedings of the 49th annual meeting of the association for computational linguistics: Human language technologies-volume 1*, June (pp. 379-388). Association for Computational Linguistics. 2011, p 1-10.
- [15] Alfarra, M. R., & Alfarra, A. *Graph-Based Technique for Extracting Keyphrases in a Single-Document (GTEK)*. In *2018 International Conference on Promising Electronic Technologies (ICPET)*, 2018, October. (pp. 92-97). IEEE.
- [16] Benani-Smires, K., Musat, C., Hossmann, A., Baeriswyl, M., & Jaggi, M. *Simple unsupervised keyphrase extraction using sentence embeddings*. *arXiv preprint arXiv:1801.04470*, 2018. p 1-9.
- [17] Sun, Y., Qiu, H., Zheng, Y., Wang, Z., & Zhang, C. *SIFRank: A New Baseline for Unsupervised Keyphrase Extraction Based on Pre-Trained Language Model*. *IEEE Access*, 8, 2020, 10896-10906.
- [18] Liang, X., Wu, S., Li, M., & Li, Z. *Unsupervised keyphrase extraction by jointly modeling local and global context*. *arXiv preprint arXiv:2109.07293*, 2021.p 1-10.
- [19] Ajallouda, L., Fagroud, F. Z., Zellou, A., & Lahmar, E. B. *KP-USE: An Unsupervised Approach for Key-Phrases Extraction from Documents*. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2022. 13(4). 283-289.
- [20] Abibullayeva, A., & Çetin, A. *Keyword Extraction from Kazakh News Dataset with BERT*. *El-Cezeri*, 9(4), 2022, pp 1193-1200.
- [21] Abibullayeva, A. *A novel ensemble keyword extraction model in the kazakh language with machine learning // Ph. D. Thesis, Gazi university, Turkey. – 2023. 1-106.*

**Г.Т. Балақаева<sup>1</sup>, Д.К. Даркенбаев<sup>1\*</sup>, Д.С. Кулачар<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

\* e-mail: dauren.kadyrovich@gmail.com

## **DATA MINING ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНЫП ДЕРЕКТЕРДІ ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕ ӘЗІРЛЕУ**

### *Аңдатпа*

Мақалада DataMining технологиясын қолдана отырып, деректерді өңдеудің ақпараттық жүйесін жобалау және әзірлеу ұсынылған. Деректерді өңдеуде DataMining әдістері: логистикалық регрессия, кездейсоқ орман, шешім ағаштары, тірек векторлары әдісі, жасанды нейронды желі қолданылды және нәтижелері салыстырыла талданып кестеге салынып көрсетілді. Әзірленген ақпараттық жүйе құрылымданған, құрылымданбаған және жартылай құрылымданған емделуші азаматтардың деректерін өңдеу арқылы медицина қызметкерлеріне емделуші азаматтардың денсаулығына қатысты нақты болжам жасауға мүмкіндік береді. Машиналық оқыту алгоритмдерін пайдаланылып жобаланған ақпараттық жүйе, бірнеше жекелеген деректерді негізге алып өңдеу жұмыстарын жүргізеді. Дерекқордан алдыңғы деректерді алып, оларды талдайды, әрі қарай өңдейді ал жақсы нәтиже көрсеткен алгоритм нәтижесін салыстырып, жақсы нәтиже көрсеткен алгоритм таңдалады. Деректерді өңдеуге арналған ақпараттық жүйе қолданушыларға нақты уақыт режимінде болжам нәтижелерін алуға мүмкіндік береді. Авторлар құрылған ақпараттық жүйені өндіріске енгізуді және әрі қарай зерттеу жұмыстарын жалғастыруды жоспарлап отыр. Деректерді өңдеуге арналған ақпараттық жүйені білім саласында білім алушылардың білім деңгейлеріне болжамдар жасауда қолдануға болады.

*Түйін сөздер:* ақпараттық жүйе, деректер, алгоритм, өңдеу әдістері, data mining, машиналық оқыту.

**Г.Т.Балақаева<sup>1</sup>, Д.К.Даркенбаев<sup>1</sup>, Д.С.Кулачар<sup>1</sup>**

Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

## **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ DATA MINING**

### *Аннотация*

В статье представлено проектирование и разработка информационной системы обработки данных с использованием технологии DataMining. При обработке данных использовались методы DataMining: логистическая регрессия, случайный лес, деревья решений, метод опорных векторов, искусственная нейронная сеть, результаты сравнивались, анализировались и представлялись в таблице. Разработанная информационная система за счет обработки структурированных, неструктурированных и полуструктурированных данных пациентов позволяет медицинским работникам делать точные прогнозы относительно состояния здоровья пациентов. Информационная система, разработанная с использованием алгоритмов машинного обучения, выполняет обработку на основе нескольких отдельных данных. Предыдущие данные берутся из базы данных, анализируются, далее обрабатываются, сравнивается алгоритм с лучшими результатами и выбирается алгоритм с лучшими результатами. Информационная система обработки данных позволяет пользователям получать результаты прогнозов в режиме реального времени. Авторы планируют запустить созданную информационную систему в производство и продолжать дополнять исследовательскую работу в дальнейшем. Информационная система обработки данных может быть использована для прогнозирования уровня знаний обучающихся в сфере образования.

*Ключевые слова:* информационная система, данные, алгоритмы, обработка, методы, datamining, машинное обучение.



G.T.Balakayeva<sup>1</sup>, D.K.Darkenbayev<sup>1</sup>, D.S.Kulachar<sup>1</sup>

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

## DEVELOPMENT OF A DATA PROCESSING INFORMATION SYSTEM USING DATA MINING TECHNOLOGY

### Abstract

The article presents the design and development of a data processing information system using DataMining technology. When processing the data, DataMining methods were used: logistic regression, random forest, decision trees, support vector machine, artificial neural network, the results were compared, analyzed and presented in a table. The developed information system, by processing structured, unstructured and semi-structured patient data, allows medical professionals to make accurate predictions regarding the health status of patients. An information system developed using machine learning algorithms performs processing based on several individual data. Previous data is taken from the database, analyzed, further processed, the algorithm with the best results is compared, and the algorithm with the best results is selected. The data processing information system allows users to obtain forecast results in real time. The authors plan to put the created information system into production and continue to supplement the research work in the future. An information processing system can be used to predict the level of knowledge of students in the field of education.

*Keywords:* information system, data, algorithms, processing, methods, data mining, machine learning.

### Кіріспе

Қазіргі кезде деректердің өсуімен қатар оларды өңдеу де өзекті мәселелерге айналды. Технологияның дамуымен қатар интеллектуалды жүйелерде дамып қоғамның қажеттілігін өтеп отыр. Түрлі салаларда болжам жасауға арналған ақпараттық жүйелер көбейіп, қолданушылардың қажеттілігіне қарай дамып жатыр. Мақаланың негізгі мақсатына сай Data Mining технологияларын қолданып, жеке адамдардың медициналық деректері негізінде қоғамда белең алған дерт қант диабетіне болжам жасалды. Құрылған ақпараттық жүйе басқада қолданыстағы жүйелер сияқты болжам жасауға арналған [1].

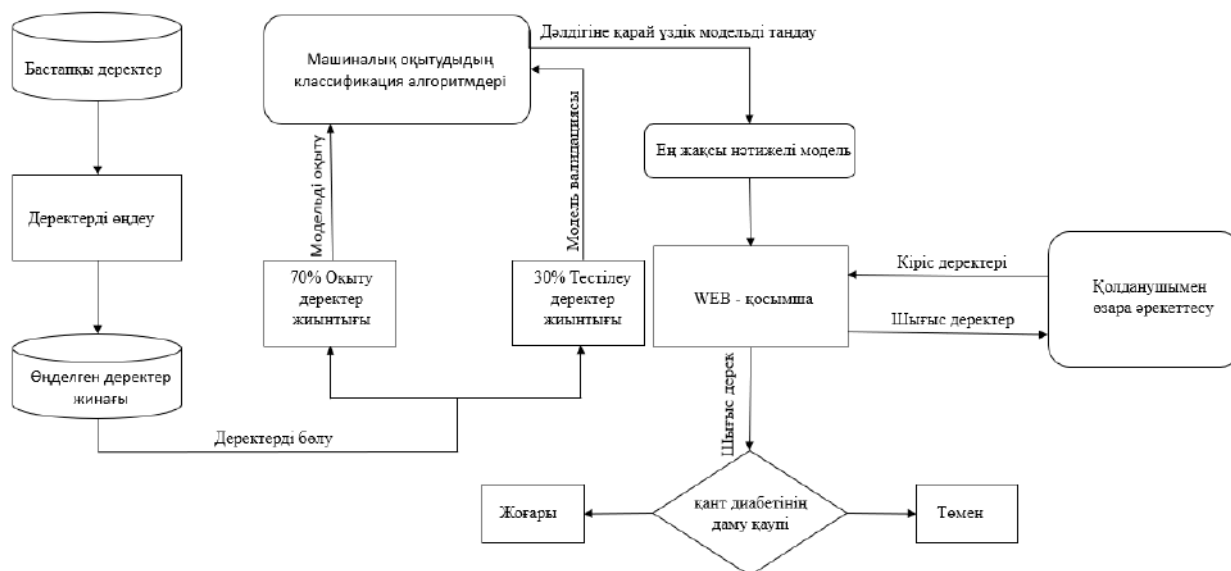
Қант диабеті-бұл бүкіл әлемдегі көптеген адамдарды қамтитын созылмалы метаболикалық ауру. Қант диабетін ерте анықтау және тиімді алдын алу оның таралуы мен ауырлығын төмендетуде маңызды рөл атқарады. Осыны ескере отырып, data mining әдістеріне негізделген болжамды модельдеу жүйелерін әзірлеу осы ауруды диагностикалау және емдеу саласында айтарлықтай пайда әкелуі мүмкін [2].

Бұл зерттеудің мақсаты деректерді data mining әдістерін қолдануға назар аудара отырып, нақты уақыттағы қант диабетін болжау медициналық жүйесінің архитектурасы мен әзірлеуін сипаттау болып табылады. Осы зерттеу аясында ұсынылған жүйені дамыту үшін кең контекст ұсыну үшін қант диабетін болжау жүйелері мен data mining әдістеріне арналған өзекті әдебиеттерге шолу жасалды. Деректер көздерін таңдауды, ақпаратты алдын ала өңдеу әдістерін және болжамды модельдеу тәсілдерін қоса алғанда, жүйені әзірлеу әдістемесі қарастырылады. Алынған болжамды модельдердің нәтижелері келтірілген және алынған нәтижелердің клиникалық практика үшін маңыздылығын көрсете отырып, қолданыстағы жүйелермен салыстырмалы талдау жүргізіледі. Нәтижесінде, жүргізілген зерттеу негізінде клиникалық тәжірибені одан әрі зерттеу және дамыту үшін маңызды қорытындылар мен ұсыныстар жасалады [3].

### Зерттеу әдіснамасы

*Ақпараттық жүйені жобалау және машиналық оқыту алгоритмдері.* Нақты уақыттағы болжам жасап, нақты нәтижелер алуға ұсынылған ақпараттық жүйе архитектурасы жүйенің әлеуетті компоненттері мен жұмыс істеу принциптерін сипаттайтын құрылымдық тұжырымдама болып табылады. Бұл архитектура жүйені клиникалық тәжірибеде ыңғайлы және тиімді пайдалануды қамтамасыз етуге арналған. Жүйе пациенттерде қант диабетінің даму ықтималдығын болжау үшін қажетті әртүрлі деректерді жинауды және талдауды қамтиды. Деректер көздері демография, ауру тарихы және зертханалық нәтижелер туралы ақпаратты

қамтитын пациенттің электронды жазбалары болып табылады. Жүйе осы деректерге нақты уақытта қол жеткізуді қамтамасыз етеді және оларды алдын ала өңдеуді, соның ішінде жетіспейтін мәндерді жоюды, ауытқуларды өңдеуді және деректерді қалыпқа келтіруді жүзеге асырады[4]. Жүйеде болжам жасау үшін машиналық оқыту алгоритмдері қолданылатын болады. Бұл алгоритмдер әр пациенттің клиникалық деректеріне сүйене отырып, қант диабетінің даму ықтималдығын болжай алатын модель жасау үшін қолданылады. Ақпараттық жүйені жобалау үшін қолданылатын әдістемелер блок-схема түрінде төменде 1-ші суретте берілген.



Сурет 1. Ақпараттық жүйені жасау үшін қолданылатын әдістеменің блок-схемасы

Модельді алдыңғы деректер негізінде оқытуға болады, бұл жүйеге болжамдардың дәлдігі мен сенімділігін жақсартуға мүмкіндік береді. Жүйенің барлық компоненттері қауіпсіздік, құпиялылық және медициналық этика стандарттарына сәйкестік қағидаттарын ескере отырып әзірленуі керек. Жүйе медицина мамандарына онымен өзара әрекеттесуге және пациенттердегі қант диабетін диагностикалауға және басқаруға көмектесетін нақты уақыттағы болжамдар мен түсініктерді алуға мүмкіндік беретін интерфейсті қамтамасыз етеді. 1-ші суретте медициналық жүйенің жұмыс жасау блок-схемасы көрсетілген. Берілген құрылымдық тұжырымдама тек жалпы модельді білдіреді және одан әрі дамыту мен іске асыруды қажет етеді. Алайда, бұл нақты уақыт режимінде қант диабетін болжау жүйесінің дамуының ықтимал бағытын білдіреді.

Ақпараттық жүйелерді қолданып қант диабетін диагностикалау және болжау үшін қолдануға болатын машиналық оқыту алгоритмдерінің бірнеше түрі бар, соның ішінде [5]:

1. Логистикалық регрессия.
2. Кездейсоқ орман.
3. Тірек векторлары әдісі (SVM).
4. Шешімдер ағашы.
5. Жасанды нейронды желілер.

Data mining әдістері медициналық зерттеулер мен тәжірибеде ауруларды диагностикалау, болжау және емдеуді жоспарлау үшін кеңінен қолданылады. Қант диабеті жағдайында бірнеше зерттеулер пациенттер туралы ақпараттың үлкен массивтерін талдау және аурудың дамуы мен өршуінің тиісті қауіп факторларын анықтау үшін деректерді өндіру әдістерін қолдануды зерттеді. Khan және басқа зерттеушілер (2019) зерттеулерінің бірінде бірнеше демографиялық факторлар мен өмір салтына негізделген 2 типті қант диабетінің даму қаупін

болжау үшін шешім ағашы алгоритмі қолданылды. Нәтижелер шешім ағашының үлгісі қант диабетінің даму қаупін 80% дәлдікпен дәл болжай алатынын көрсетті. Басқа зерттеуде Zolbanin және басқа зерттеушілер. (2020) тірек векторлық машина алгоритмін қолдана отырып, қант диабетін диагностикалаудың болжамды моделі жасалды. Модель клиникалық және зертханалық айнымалылардың тіркесімін қолданды және нәтижелер тірек векторлық машинаның алгоритмі қант диабетін 84% сезімталдықпен және 87% спецификамен дәл анықтай алатынын көрсетті.

*Деректер жиынтығы.* Бұл мәліметтер жиынтығы Ұлттық қант диабеті және ас қорыту және бүйрек аурулары институтынан алынды. Мақсат - диагностикалық өлшеулер негізінде пациенттің қант диабеті бар-жоғын болжау. Бұл екілік (2-класс) классификация тапсырмасы. Әр класс үшін бақылаулар саны теңдестірілмеген. 8 кіріс айнымалысы және 1 шығыс айнымалысы бар 768 бақылау бар (сурет 2). Айнымалы атаулар келесідей.

	Pregnancies	Glucose	BloodPressure	SkinThickness	Insulin	BMI	DiabetesPedigreeFunction	Age	Outcome
0	6	148	72	35	0	33.6	0.627	50	1
1	1	85	66	29	0	26.6	0.351	31	0
2	8	183	64	0	0	23.3	0.672	32	1
3	1	89	66	23	94	28.1	0.167	21	0
4	0	137	40	35	168	43.1	2.288	33	1

Сурет 2. Қант диабеті туралы мәліметтер жиынтығы[6]

Pregnancies: Жүктілік саны

Glucose: глюкозаға төзімділік сынағы кезінде 2 сағаттан кейін қан плазмасындағы глюкозаның концентрациясы.

BloodPressure (қан қысымы): диастолалық қан қысымы (мм сын.бағ.) ст.)

SkinThickness: трицепс тері қатпарының қалыңдығы (мм)

Insulin: 2 сағаттық сарысулық инсулин (mu Ed/мл)

BMI: дене салмағының индексі (салмағы кг / (биіктігі м)<sup>2</sup>)

DiabetesPedigreeFunction: отбасылық тарих негізінде 2 типті қант диабетінің даму қаупін анықтайтын функция; функция неғұрлым көп болса, 2 типті қант диабетінің даму қаупі соғұрлым жоғары болады.

Age: жасы (жылдар)

Outcome: класс айнымалысы (0 немесе 1)

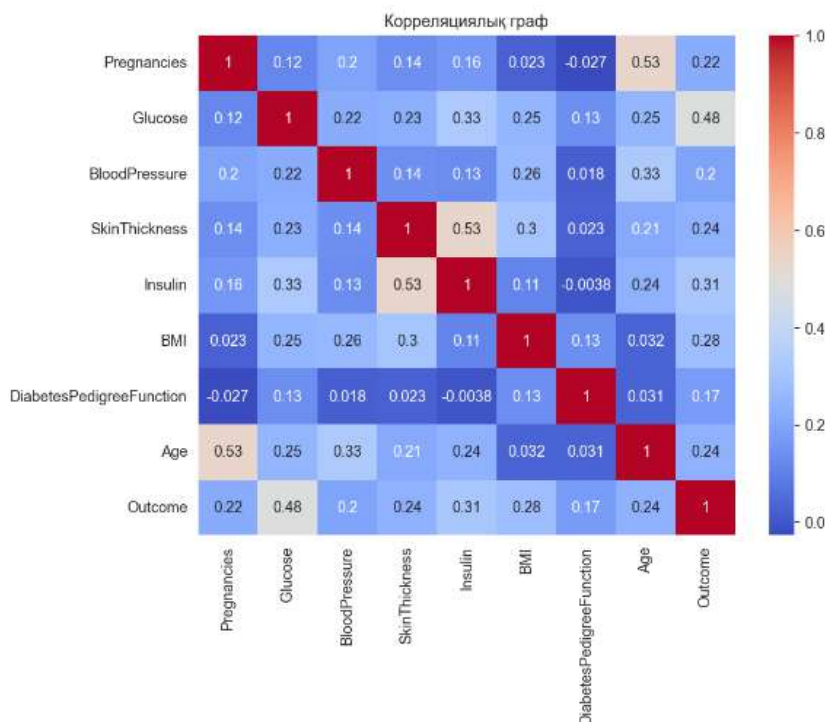
Ақпараттық жүйені қолданып қант диабетінің даму ықтималдығын болжау үшін, шешім ағашы алгоритмі қолданылады. Бұл алгоритм қант диабетінің ең маңызды болжаушыларын анықтауға және оларды клиникалық дәлелдеріне сүйене отырып, белгілі бір пациенттің қаупін болжау үшін қолдануға мүмкіндік береді.

*Деректерді талдау.* Деректерді талдаудың жаңа жобасын бастағанда, деректерді тексеру, түсіну және тазарту маңызды [7]. Деректердің алғашқы он жолын зерттегенде, инсулин деңгейі үшін де, терінің қалыңдығы үшін де өлшемдер нөлге тең болады. Егер пациенттің инсулин деңгейі мен терінің қалыңдығы нөлге тең болса, бұл үлкен медициналық мәселе болар еді. Осылайша, осы деректер жиынтығында нөл саны жетіспейтін немесе нөлдік деректерді көрсету үшін қолданылады деген қорытынды жасауға болады. Мұнда біз жолдардың жартысында деректер жетіспейтін бағандар бар екенін көреміз. Дегенмен, ешкім айтпайтын немесе жиі айтпайтын бір нәрсе бар - терінің қалыңдығы мен инсулин деңгейі үшін өткізіп алған мәндердің жоғары жиілігі, терінің қалыңдығы үшін 215 мән (28,8%), ал инсулин үшін 359 өткізіп алған мән (48,2%). Түсінікті болу үшін жетіспейтін мәндер нөлдер ретінде жазылады.

Деректерді алдын ала өңдеу. Жетіспейтін мәндерді келесі жолдармен өңдеуге болады [8]:

- жетіспейтін мәндерді осы бағанның орташа немесе медианасымен ауыстыру.
- өткізіп алған мәндердің атрибуттарын жою.
- жоқ мәндерді нөлге ауыстырыңыз.

Мұнда бірінші әдіс қарастырылады, өйткені сапалы атрибуттарды жою маңызды деректердің ықтимал жоғалуына әкеледі, ал жетіспейтін қасиеттерді нөлдермен ауыстыру нашар жіктеуге әкеледі. Жетіспейтін мәндер жаһандық деректер жиынындағы сәйкес атрибуттардың медианалық мәнімен ауыстырылады. Деректерді өңдеп болғаннан кейінгі корреляциялық матрица (сурет 3) бағандар арасындағы қатынастарды көре аламыз.



Сурет 3. Деректер жиынтығының корреляциялық матрицасы[9]

### Зерттеу нәтижелері

Деректер жиынтығы демографиялық ақпаратты, клиникалық өлшемдерді және зертханалық зерттеулердің нәтижелерін қамтыды. Біз қант диабеті қаупін болжау үшін бес машиналық оқыту алгоритмін қолдандық: логистикалық регрессия, шешім ағашы, кездейсоқ орман, тірек векторлық машина және нейрондық желі. Біз әр алгоритмді 70% деректер жиынтығында оқыттық және оның тиімділігін 30% деректер жиынтығында бағаладық. Біз әрбір алгоритмді деректер жиынында үйреттік және олардың тиімділігін accuracy, precision және F1 score сияқты көрсеткіштер арқылы бағаладық. Біз сондай-ақ қант диабеті қаупін болжау үшін ең маңызды айнымалыларды анықтау үшін белгілерді таңдадық.

Шешімдер ағашы. шешімдердің ағаш үлгісін және олардың салдарын, соның ішінде оқиғалардың кездейсоқ нәтижелерін, ресурстардың шығындарын және пайдалылығын пайдаланатын шешімдерді қолдау құралы [10]. Бұл тек шартты басқару операторларын қамтитын алгоритмді көрсетудің бір жолы. Сонымен қатар, шешім ағашы-бұл блок-схемаға ұқсас құрылым, онда әрбір ішкі түйін атрибуттың "сынағы" болып табылады және әрбір тармақ Сынақ нәтижесін білдіреді. Әрбір жапырақ түйіні сынып белгісін білдіреді (қант диабеті мысалындағыдай барлық атрибуттарды есептегеннен кейін қабылданған шешім). Тамырдан жапыраққа дейінгі жолдар жіктеу ережелерін білдіреді. Шешім ағашын жіктеу үшін де, регрессия үшін де қолдануға болады. Біздің тәуелді "нәтиже" айнымалысы жіктеу

айнымалысы болғандықтан, категориялық шешім ағашы әдісін қолдану Пима үндістерінің деректер жиынтығы үшін қолайлы алгоритмдердің бірі болды.

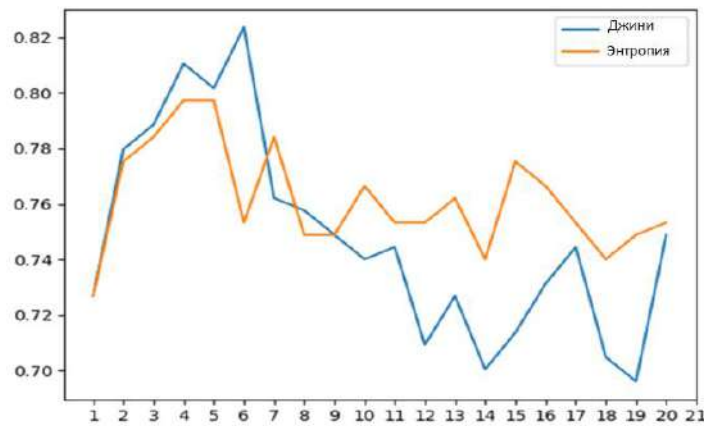
Шешім ағашы алгоритмін қолданғанды ағаш қай метриkanı қолданғанда дәлдік жоғары болатынын анықтау үшін ағаштың тереңдігі мен *gini* және *entropy* метрикаларының арасындағы тәуелділікті анықтап көрдік. “Giniimpurity” метрикасы (1) *C* класстарының жиынтығы және берілген *Q* деректер жиынтығы үшін:

$$G(Q) = \sum_{c \in C} p_c(1-p_c) \quad (1)$$

$p_c$  – *C* классының пайда болу ықтималдығы (2).  $N_Q$

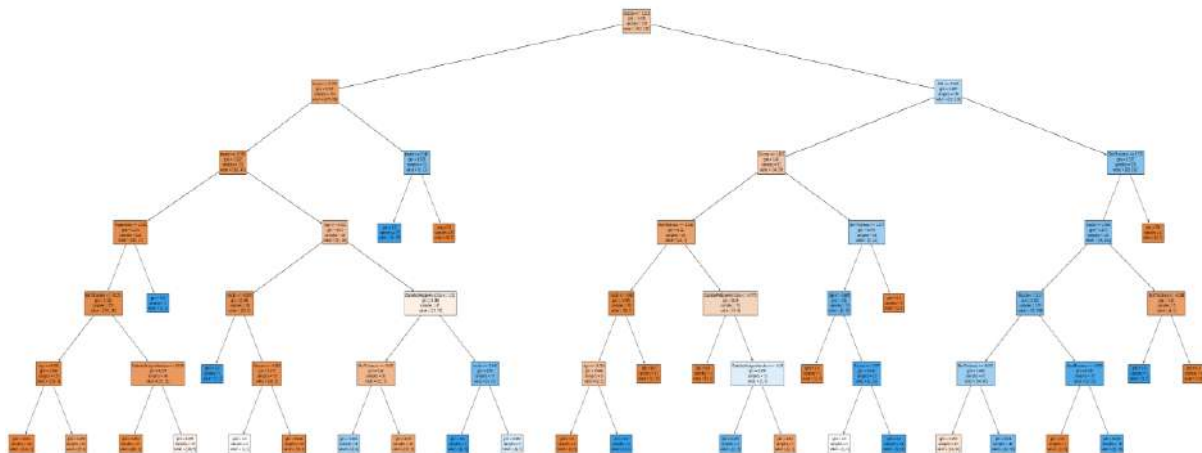
$$p_c \frac{1}{N_Q} \sum_{x \in Q} y_{class} = c \quad (2)$$

Нәтижелер көрсеткендей, *gini* метрикасы *entropy* метрикасынан асып, ағаштың тереңдігі 6 болғанда шамамен 82% дәлдікке қол жеткізді, ал *entropy* метрикасы ағаштың тереңдігі 5-ке тең болғанда шамамен 80% дәлдікке жетті және болжау дәлдіктері төменде 4-ші суретте берілген.



Сурет 4. Шешім ағашы алгоритмінің ағаш тереңдігіне байланысты болжау дәлдігі

Бұл нәтижелер шешім ағашы алгоритмдерінде метриkanı таңдаудың маңыздылығын көрсетеді және қант диабетін болжау саласындағы зерттеушілер мен тәжірибешілерге құнды ақпарат береді. Шешім ағашының визуалды түрі төменде 5-ші суретте берілген.



Сурет 5. Шешімдер ағашының визуалды түрдегі көрсетілімі [11]

Ақпараттық жүйені қолдану арқылы пациенттердің деректерін енгізу және машиналық оқыту алгоритмдерін қолдану арқылы қант диабетінің даму қаупіне болжам нәтижелері төменде 1-ші кестеде берілген.

Кесте 1. Болжау алгоритмдерінің көрсеткіштер бойынша салыстырмалы тиімділігі

Модель/Метрика	Шығыс мәні	Дәлдік	Кері шақыру	f1-ұпайы	Қолдау көрсету	Дәлдік
Шешім ағашы	0	0.85	0.88	0.87	152	81.9%
	1	0.74	0.69	0.72	75	
Логистикалық регрессия	0	0.78	0.88	0.82	152	74.8%
	1	0.66	0.49	0.56	75	
Кездейсоқ орман	0	0.82	0.87	0.85	152	77.9%
	1	0.70	0.63	0.66	75	
Тірек векторлары әдісі	0	0.80	0.75	0.86	152	78%
	1	0.69	0.68	0.63	75	
Жасанды нейронды желілер	0	0.81	0.80	0.80	152	75.2%
	1	0.65	0.68	0.66	75	

Жүйе нақты уақыт режимінде жұмыс істейтін болады, бұл медицина қызметкерлеріне қауіптілігі жоғары пациенттерді жедел анықтауға және тиісті алдын алу шараларын қабылдауға мүмкіндік береді. Осы зерттеуде сипатталған медициналық жүйе әлі әзірленбеген және сынақтан өтпегенімен, оны қолдану қант диабетінің диагностикасы мен болжамын айтарлықтай жақсартып, осы созылмалы ауруды тиімдірек басқаруға әкелуі мүмкін деп болжануда.

### Дискуссия

Соңғы жылдары зерттеушілердің назары машиналық оқыту алгоритмдері негізінде болжамдар жасауға аударылды [12]. Мұндай жүйелерде деректерді талдаудың әртүрлі әдістері қолданылады, соның ішінде шешім ағаштары, жасанды нейрондық желілер, логистикалық регрессия және тірек векторлық машиналар. Бұл әдістердің мақсаты қант диабетінің ең маңызды болжаушыларын анықтау және оларды белгілі бір науқаста қант диабетінің даму ықтималдығын болжау үшін пайдалану болып табылады.

Бірқатар зерттеулер сонымен қатар денсаулық сақтау мамандарына пациенттің нақты уақыттағы жағдайы туралы деректерді беру үшін глюкозаны үздіксіз бақылау сияқты нақты уақыттағы бақылау жүйелерін пайдалануды зерттеді. Мысалы, зерттеуде Charleer және басқа зерттеушілер (2018) 1 типті қант диабетімен ауыратын науқастар үшін глюкозаның үздіксіз мониторингін инсулин сорғысы терапиясымен біріктіретін нақты уақыттағы бақылаудың ақпараттық жүйесі жасалды. Нәтижелер жүйенің глюкозаны бақылауды жақсартқанын және гипогликемиялық оқиғалардың жиілігін төмендететінін көрсетті [13].

Deu және басқа зерттеушілер қант диабеті ауруларын болжауға арналған веб-қосымшаны ұсынды. Тірек векторлық машина (SVM), K – nearest neighbors (KNN), Naive Bayes, логистикалық регрессия және жасанды нейрондық желі (ANN) сияқты әртүрлі Машиналық оқыту алгоритмдері қолданылды. Бұл зерттеу жасанды нейрондық желімен (ANN) біріктірілген Min-Max масштабтау дәлдігі әдісі ең жоғары дәлдікке ие екенін көрсетті [14].

Kumarі және басқа зерттеушілер, ауруларды жіктеу және диагностикалау моделін ұсынды, әр түрлі кішірейту алгоритмдері мен жіктеу алгоритмдері қолданылды. Оның денсаулық сақтауда қолдану аясы кең, мысалы, медициналық бейнелер алу, медициналық білім алу, медициналық шешімдерді қолдау, пациенттерді жалпы басқару және ақуыз-ақуыздың өзара әрекеттесуі.

Chauhan және басқа зерттеушілер веб-формада қант диабетін болжау үшін үш жіктеу моделін қолданды. Бұл модельдер шешім ағашынан, нейрондық желіден және байестен тұрды. Әр модельдің сенімділігін тексеру үшін дәлдік пен ROC қисығы есептелді, олар басқалармен салыстырылды [14].

### Қорытынды

Data mining әдістерін қолдана отырып, нақты уақыт режимінде ауру түрлерін болжаудың ақпараттық жүйесін жобаланды. Машиналық оқыту алгоритмдерін қолданып түрлі ауруларға болжам жасау тиімділігін едәуір арттыру қазіргі заманғы өзекті мәселелердің бірі болып отыр. Зерттеу нәтижелері машиналық оқыту алгоритмдерінің жоғары дәлдігін көрсетеді, бұл құрылған ақпараттық жүйені қолданып науқастарға медициналық көмек көрсету сапасын жақсарту мүмкіндігінің жоғары екенін көрсетеді. Дегенмен, бұл салада нақты болжамдар әлі де үлкен зерттеулерді қажет етеді. Мақала авторлары машиналық оқыту алгоритмдері негізінде түрлі болжамдар жасау жұмыстары бойынша тәжірибелері бар және зерттеу жұмыстарын әрі қарай жалғастыруды жоспарлауда.

Тұтастай алғанда, Data Mining технологиясы негізінде әзірленген ақпараттық жүйені нақты уақыт режимінде медицина саласында қант диабеті ауруына болжам жасап, алдын алу мақсатында қолдануға болады. Ақпараттық жүйені қолдану арқылы жасалған болжамдар науқастардың ауруларының алдын алуға және емдеу процестерінің тиімділігін айтарлықтай арттыруы мүмкін. Авторлардың пайымдауынша аталмыш ақпараттық жүйені медицина, білім, үлкен көлемді құрылымданбаған деректерді өңдеуде және несиелік скорингте болжамдар жасауға пайдалануға болады.

### Пайдаланылған дереккөздер тізімі

- [1] *Machine Learning-Based Application for Predicting Risko fType 2 Diabetes Mellitus (T2DM) in Saudi Arabia: A Retrospective Cross-Sectional Study* / A.Syed; T. Khan - *IEEE Access* 30 October 2020 <https://ieeexplore.ieee.org/document/9245498>
- [2] *A data analytics approach to building a clinical decision support system for diabetic retinopathy: Developing and Deploying a model ensemble* / M. Zolbanin, S. Piri, D. Delen, T. Liu - *Decision Support Systems Volume 101*, September 2017, Pages 12-27 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167923617300908>
- [3] *Quality of Life and Glucose Control After 1 Year of Nationwide Reimbursement of Intermittently Scanned Continuous Glucose Monitoring in Adults Living With Type 1 Diabetes (FUTURE): A Prospective Observational Real-World Cohort Study* / S. Charleer, B. Broos, S. Fieuws - *Diabetes Care* 2020;43(2):389–397 <https://diabetesjournals.org/care/article/43/2/389/36133/Quality-of-Life-and-Glucose-Control-After-1-Year>
- [4] *Implementation of a Web Application to Predict Diabetes Disease: An Approach Using Machine Learning Algorithm* / S. Dey, A. Hossain, Md. Rahman - *Published in 2018 21st International Conference of Computer and Information Technology (ICIT)* <https://ieeexplore.ieee.org/document/8631968>
- [5] *Classification Of Diabetes Disease Using Support Vector Machine* / V. Anuja Kumari, R.Chitra - *March - April 2013 International Journal of Engineering Research and Applications*
- [6] *Improve Classification Performance In Diabetes Prediction* / C. Chauhan, S. Karvande - [http://www.oaijse.com/VolumeArticles/FullTextPDF/449\\_8.Improve\\_classification\\_performance\\_in.pdf](http://www.oaijse.com/VolumeArticles/FullTextPDF/449_8.Improve_classification_performance_in.pdf)
- [7] *Real-time crash prediction on freeways using data mining and emerging techniques* / J. You, J. Wang, J. Guo - *Journal of Modern Transportation volume 25*, pages 116–123 (2017) <https://link.springer.com/article/10.1007/s40534-017-0129-7>
- [8] Кондрашов Ю.Н. *Анализ данных и машинное обучение на платформе MS SQL Server: учебное пособие* / Ю.Н. Кондрашов. – Москва : РУСАЙНС, 2020. – 304 б.
- [9] Robert L. *Learning Data mining with Python.* / L. Robert. – Birmingham : Packt Publishing, 2015. – 317 б.
- [10] Burns A. *Real-Time Systems and Programming Language Ada, Real-Time Java and C, Real-Time POSIX* / A. Burns, A. - Wellings University of Yor, 2009. – 602 б.
- [11] Williams R. *Real-Time Systems Development* / R. Williams - Waltham: Elsevier, 2006. – 450 б.
- [12] Ian H. *Data mining Practical Machine Learning Tools and Techniques.* / H. Ian, F. Eibe, H. Mark, P. Christopher – Изд. 4-е – Cambridge : Todd Green, 2017. – 622 б.
- [13] Jared D. *Big Data, Data mining and Machine Learning* / D. Jared Hoboken : John Wiley & Sons, 2014. – 265 б.
- [14] Darius M. *Data mining for genomics and proteomics Analysis of Gene and Protein Expression Data* / M. Darius - Hoboken: John Wiley & Sons, 2010. – 349

References

- [1] *Machine Learning-Based Application for Predicting Risk of Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) in Saudi Arabia: A Retrospective Cross-Sectional Study* / A. Syed; T. Khan - *IEEE Access* 30 October 2020 <https://ieeexplore.ieee.org/document/9245498>
- [2] *A data analytics approach to building a clinical decision support system for diabetic retinopathy: Developing and deploying a model ensemble* / M. Zolbanin, S. Piri, D. Delen, T. Liu - *Decision Support Systems Volume 101*, September 2017, Pages 12-27 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167923617300908>
- [3] *Quality of Life and Glucose Control After 1 Year of Nationwide Reimbursement of Intermittently Scanned Continuous Glucose Monitoring in Adults Living With Type 1 Diabetes (FUTURE): A Prospective Observational Real-World Cohort Study* / S. Charleer, B. Broos, S. Fieuws - *Diabetes Care* 2020;43(2):389–397 <https://diabetesjournals.org/care/article/43/2/389/36133/Quality-of-Life-and-Glucose-Control-After-1-Year>
- [4] *Implementation of a Web Application to Predict Diabetes Disease: An Approach Using Machine Learning Algorithm* / S. Dey, A. Hossain, Md. Rahman - *Published in 2018 21st International Conference of Computer and Information Technology (ICCIT)* <https://ieeexplore.ieee.org/document/8631968>
- [5] *Classification Of Diabetes Disease Using Support Vector Machine* / V. Anuja Kumari, R. Chitra - *March - April 2013 International Journal of Engineering Research and Applications*
- [6] *Improve Classification Performance In Diabetes Prediction* / C. Chauhan, S. Karvande - [http://www.oaijse.com/VolumeArticles/FullTextPDF/449\\_8.Improve\\_classification\\_performance\\_in.pdf](http://www.oaijse.com/VolumeArticles/FullTextPDF/449_8.Improve_classification_performance_in.pdf)
- [7] *Real-time crash prediction on freeways using data mining and emerging techniques* / J. You, J. Wang, J. Guo - *Journal of Modern Transportation* volume 25, pages 116–123 (2017) <https://link.springer.com/article/10.1007/s40534-017-0129-7>
- [8] *Kondrashov Yu.N. (2020) Analiz dannykh i mashinnoe obuchenie na platforme MS SQL Server [Data analysis and machine learning on the MS SQL Server platform: textbook]. Yu.N. Kondrashov. Moscow: RUSAINS, 304. (In Russian)*
- [9] *Robert L. Learning Data mining with Python.* / L. Robert. – Birmingham : Packt Publishing, 2015. – 317 б.
- [10] *Burns A. Real-Time Systems and Programming Language Ada, Real-Time Java and C, Real-Time POSIX* / A. Burns, A. - *Wellings University of Yor*, 2009. – 602 б.
- [11] *Williams R. Real-Time Systems Development* / R. Williams - *Waltham: Elsevier*, 2006. – 450 б.
- [12] *Ian H. Data mining Practical Machine Learning Tools and Techniques.* / H. Ian, F. Eibe, H. Mark, P. Christopher – *Изд. 4-e* – Cambridge : *Todd Green*, 2017. – 622 б.
- [13] *Jared D. Big Data, Data mining and Machine Learning* / D. Jared – *Hoboken : John Wiley & Sons*, 2014. – 26 p.
- [14] *Darius M. Data mining for genomics and proteomics Analysis of Gene and Protein Expression Data* / M. Darius - *Hoboken: John Wiley & Sons*, 2010. – 349.



**D.M. Nurgazina<sup>1\*</sup>, S.A. Kudubayeva<sup>1</sup>, A.U. Bekbauova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup> K.Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan

\*e-mail: nurgazina.d@gmail.com

## **CREATING AN ANIMATED CHARACTER FOR A COMPUTERIZED DEAF TRANSLATION SYSTEM**

### *Abstract*

The article explores the diversity of sign languages using 3D avatars in the context of deaf translation. The research aims to develop algorithms and a 3D avatar based on the visual characteristics of sign language. Special attention is given to the formalization of algorithms and the development of code for 3D avatars, serving as visual demonstrators in sign language translation. Differences between post-Soviet languages using Russian sign language and Kazakhstan, which employs its sign language, are analyzed. The results of the research on the 3D avatar for Turkish sign language are presented, including code development and efficiency evaluation, considering the possibility of algorithm formalization. The research methodology involves analyzing and comparing Kazakh sign language with Turkish attempts or the potential adoption of the Latin script in Kazakhstan. Using a Turkish 3D demonstrator, an animated character model has been created for a computerized sign language translation system into Kazakh Sign Language. The creation of the model utilized the cross-platform graphical package Unity3D. The concluding part emphasizes the significance of such innovations in sign language and their potential application in improving communication for individuals with hearing impairments.

*Keywords:* computer translation, computational linguistics, 3D avatar, sign language, sign language interpreter, dactyl, visual demonstrator.

*Д.М. Нұрғазина<sup>1</sup>, С.А. Кудубаева<sup>1</sup>, А.У. Бекбауова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

<sup>2</sup> Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан

## **КОМПЬЮТЕРЛІК СУДРОАУДАРМА ЖҮЙЕСІ ҮШІН АНИМАЦИЯЛЫҚ КЕЙІПКЕРДІ ҚҰРУ**

### *Аңдатпа*

Бұл мақала сурдоаударма контекстінде 3D аватарларын қолданатын ым тілдерінің әртүрлілігін зерттейді. Зерттеудің мақсаты – ым тілінің визуалды ерекшеліктеріне негізделген алгоритмдер мен 3D аватарын жасау. Алгоритмдерді ресімдеуге және сурдоаудармада көрнекі демонстранттар ретінде қызмет ететін 3D аватарларына арналған кодты әзірлеуге ерекше назар аударылады. Орыс ым тілін қолданатын посткеңестік тілдер мен өз ым тілін қолданатын Қазақстан арасындағы айырмашылықтар талданады. Мақалада түрік ым тіліне арналған 3D аватарын зерттеу нәтижелері, оның ішінде алгоритмдерді формализациялау мүмкіндігін ескере отырып, кодты әзірлеу және өнімділікті бағалау берілген. Зерттеу әдісі ретінде қазақ ым тілін түрік тілімен немесе Қазақстанда латын әліпбиін енгізу мүмкіндігімен салыстыру және талдау негізге алынды. Түрік 3D демонстраторының көмегімен қазақ ым тіліне арналған компьютерлік сурдоаударма жүйесі үшін анимациялық кейіпкердің үлгісі жасалды, модельді құру үшін Unity3D графикалық пакеті пайдаланылды. Қорытынды бөлімде ым тіліндегі осындай инновациялардың маңыздылығы және олардың есту қабілеті нашар адамдар үшін коммуникацияны жақсартудағы әлеуетті қолданбалары көрсетіледі.

*Түйін сөздер:* компьютерлік аударма, компьютерлік лингвистика, 3D аватар, ым тілі, сурдоаудармашы, дактил, визуалды демонстрация.

Д.М. Нургазина<sup>1</sup>, С.А. Кудубаева<sup>1</sup>, А.У. Бекбауова<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г.Актобе, Казахстан

## РАЗРАБОТКА АНИМИРОВАННОГО ПЕРСОНАЖА ДЛЯ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО СУРДОПЕРЕВОДА

### Аннотация

В статье исследуется разнообразие жестовых языков с использованием 3D-аватаров в контексте сурдоперевода. Целью исследования является разработка алгоритмов и 3D-аватара на основе визуальных особенностей жестового языка. Особое внимание уделяется формализации алгоритмов и разработке кода для 3D-аватаров, которые служат визуальными демонстраторами в переводе жестового языка. Проанализированы различия между постсоветскими языками, использующими русский жестовый язык, и Казахстаном, который использует свой жестовый язык. В статье представлены результаты исследования 3D-аватара для турецкого жестового языка, включая разработку кода и оценку эффективности, с учетом возможности формализации алгоритмов. Как метод исследования в основу взят анализ и сравнение казахского жестового языка с турецким, попытками или возможностью внедрения латиницы в Казахстане. С помощью турецкого 3D-демонстратора создана модель анимированного персонажа для системы компьютерного сурдоперевода под казахский жестовый язык. Для создания модели были использованы кроссплатформенный графический пакет Unity3D. Заключительная часть подчеркивает важность таких инноваций в области жестового языка и их потенциальное применение в улучшении коммуникации для лиц с нарушениями слуха.

*Ключевые слова:* компьютерный перевод, компьютерная лингвистика, 3D аватар, жестовый язык, сурдопереводчик, дактиль, визуальный демонстратор.

### Introduction

According to WHO, more than 5% of the world's population, or 430 million people (including 34 million children), require rehabilitation to address disabling hearing loss. By 2050, this number is estimated to increase to over 700 million people, representing 10% of the global population. "Disabling" refers to hearing loss in the better ear exceeding 35 decibels (dB). Nearly 80% of individuals with disabling hearing loss reside in low- and middle-income countries. The prevalence of hearing loss rises with age, affecting over 25% of individuals over 60 years old [1].

As of the end of 2023, the Ministry of Labor and Social Protection of the Population reports that in Kazakhstan, 724,982 people are registered as disabled. The largest group of disabled individuals in Kazakhstan falls under the third disability category (individuals with hearing impairments belong to this group) [2].

Sign language, as a form of visual communication, presents unique challenges and opportunities for exploration. This study is focused on developing algorithms and 3D avatars to facilitate effective visual representation of sign language, particularly in the context of deaf interpreters. The formalization of algorithms and the development of corresponding code play a pivotal role in creating visual demonstrators for sign language translation [3,4].

The literature review emphasizes the diversity of sign languages and their peculiarities in different countries. The insufficient exploration of local sign languages, especially in post-Soviet countries, remains a pertinent issue. Turkish sign language serves as the subject of detailed study and comparison with Kazakh and other sign languages [5,6].

The aim of the research is to develop algorithms and 3D avatars for visual representation of sign language in Kazakhstan. Key objectives include the formalization of algorithms, the development of relevant software code, and the analysis of the effectiveness of the developed visual demonstrators. The study utilizes the results of the analysis of a 3D avatar for Turkish Sign Language, including code analysis and effectiveness evaluation using developed algorithms. The analysis of Turkish Sign Language reveals limitations in the vocabulary of the 3D avatar, underscoring the need for expanding the word base. Additionally, active development of a 3D avatar for Kazakh Sign Language is highlighted, incorporating new words and gestures.

Dynamic and static gestures are thoroughly discussed, emphasizing the importance of three-dimensional avatars in learning and preserving sign language. The use of algorithms for optimizing the process of translating gestures into visual demonstrations is examined [7,8].

This study underscores the importance of algorithms and code in developing 3D avatars for efficient visualization of sign language, especially in the realm of deaf interpretation. The research proposes prospective directions for advancing this field, emphasizing the role of educational tools in preserving sign language in contemporary society.

The relevance of this article is determined by several key aspects:

1. **Advancement in Deaf Translation Technologies:** In the context of rapid technological development, especially in the fields of artificial intelligence and visualization, the creation of 3D avatars for sign language represents an innovative and promising approach in the field of deaf translation technologies.

2. **Exploration of Sign Language Diversity:** The diversity of sign languages in different countries and cultures is a pressing issue, as it influences the effectiveness of communication for individuals with hearing impairments. Comparing and analyzing such languages through 3D avatars provides a unique perspective.

3. **Issues in Studying Local Sign Languages:** The insufficient study of local sign languages, especially in post-Soviet countries, is noted. This opens up opportunities for the research and development of new methods for studying and preserving such languages.

4. **Active Technological Development in Education:** 3D avatars serve as effective tools for learning sign language. By utilizing algorithms and code, the article emphasizes their role in optimizing the process of learning and preserving sign language.

5. **Prospects for Integration with Public Services:** The development of 3D avatars for sign language can be beneficial for integration into social services, polyclinics, and hospitals, streamlining processes for serving individuals with hearing impairments.

Thus, the article provides current research in the field of sign language, deaf translation technologies, and their potential applications in contemporary society.

### **Research methodology**

In contemporary society, deaf individuals face various challenges in the realms of communication and education, emphasizing the need for the development and improvement of sign languages. This literature review examines current trends in the evolution of sign languages in post-Soviet countries and explores new technological solutions, such as 3D translators, in the context of enhancing learning and communication for deaf individuals.

Within the post-Soviet space, including countries like Kyrgyzstan, Uzbekistan, Tajikistan, and others, there is a significant ongoing process of learning sign languages within deaf communities. It is essential to note that each of these countries is developing its unique sign language with distinctive words and gestures. However, the question of naming these languages remains open, and research and standardization of national sign languages represent a pertinent task [9].

The Turkish Sign Language, studied since the Ottoman period, garners attention due to its extensive linguistic foundation and the utilization of 3D avatars on the Unity platform. The project incorporates interesting features, such as the ability to view signs from various perspectives, adjust playback speed, and translate entire sentences. However, as noted in the review, limitations in vocabulary and the use of a dactylic alphabet in some cases pose challenges that require further research and development [10, 11].

Kazakhstan, transitioning to the Latin alphabet, is also exploring opportunities to enrich its sign language. Optimizing text-to-sign language translators, similar to the Turkish project, facilitates an effective learning and communication process. A significant advancement in technology for the deaf community is the 3D translator, offering dynamic gestures and the ability to display entire sentences. This innovative approach provides new perspectives for education and service for the deaf in various fields, including social services and medicine.

Contemporary research in sign language development and sign language translation technologies reflects crucial steps toward ensuring equal access and communication for deaf individuals. The implementation of innovative solutions, such as 3D translators with databases of Kazakh signs and words, significantly enhances the quality of education and communication, making them more accessible and efficient for deaf communities.

Kyrgyzstan, Uzbekistan, and Tajikistan (post-Soviet countries) use Russian Sign Language. Since 2019, these countries have also intensely begun studying sign language. They have distinctive words and corresponding gestures, indicating the need for their own signs. However, the question of officially naming it the Uzbek Sign Language remains open [12].

Turkish politicians actively use sign language interpreters in pre-election campaigns, aiming to convey their plans to all categories of citizens. This makes sense, considering that Turkey has around 90,000 deaf and 60,000 hard-of-hearing individuals.

The Ukrainian Sign Language belongs to the family of French Sign Languages. Awareness of the Ukrainian Sign Language sharply increased in 2014. In USL, like in other sign languages, dactylogy serves as a form of borrowing from Ukrainian. It is used for proper names, technical terms without USL equivalents, abbreviations of longer Ukrainian words, and some colloquial Ukrainian words. Fingerpelling may also be used for emphasis instead of a synonymous sign [13].

Kazakh sign language is based on the Russian language. However, they have different gestures for different words. Since the syntax and grammar of the Kazakh verbal language differ from the Russian language, sign language also has its own peculiarities. Since 2017, the sign language in Kazakhstan has been studied from all sides, an electronic dictionary surdo.kz has been invented and is currently developing more and more. The syntax of sign language is quite different from the Russian sign language. There are certain words that are not found in Russian sign language, and due to this, new gestures appear that are used only among users of Kazakh sign language.

If we consider the similarity with the Turkic-speaking sign languages, only the Turkish sign language has its own dactylic alphabet and a research base on sign languages. Kazakh and Turkish have more similarities in verbal language than in sign language. Many words and pronunciation of letters are quite similar. But they differ in sign language, one of the reasons is that the Kazakh dactylic alphabet is based on Cyrillic, and the Turkish dactylic alphabet is based on Latin.

Fig. 1 shows that post-Soviet countries take their basis from the Russian sign language.

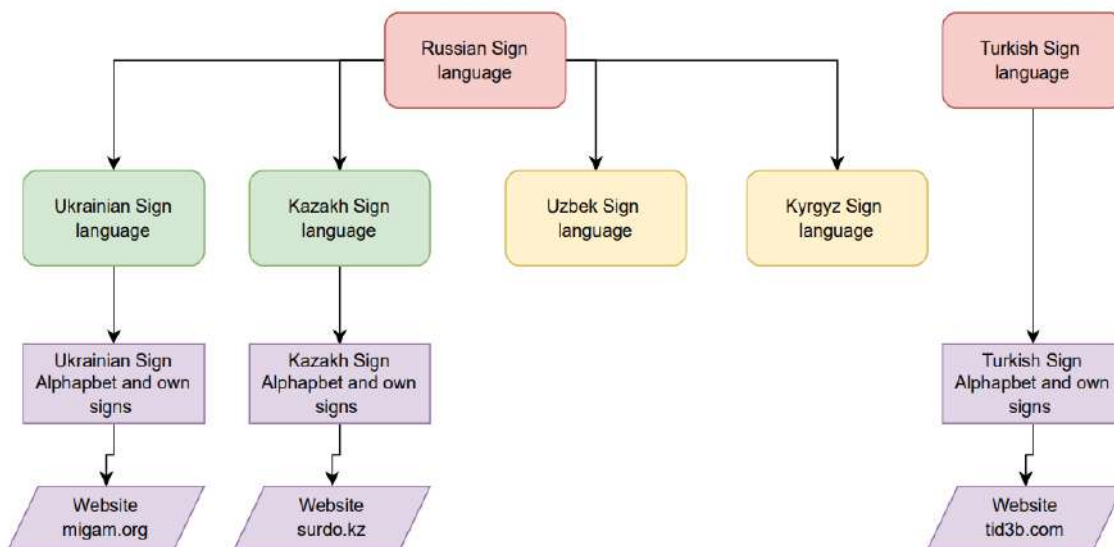


Figure 1. Comparative analysis of sign languages of some countries  
 Note - compiled by the author based on the source [14]

Among them, Kazakh and Ukrainian sign languages have their own alphabet, that is, converted from the Russian sign language, and already have their own unique gestures, according to certain words that are found only in their culture, traditions, etc. This means that these two countries are going further in the development of sign language and are developing on all fronts, as proof we can cite websites that are already functioning and require further development. But many other post-Soviet countries still use Russian sign language. But some sources give information that they also have changes in gestures, because new words appear, and some old gestures lose relevance and gesture users come up with new gestures. But do scientists study their sign language? Are they added to some kind of database? Are tutorials being created? Many news articles say that they do not have research as such and hearing-impaired people need specialized schools.

The research aims to develop algorithms and a 3D avatar based on the visual characteristics of sign language.

Among the Turkic languages, Turkish sign language has achieved a lot, they have their own alphabet, their own gestures, and even not one, but several sites for learning sign language, some sites make it possible to show words and sentences with the help of a virtual assistant.

Communication between the Turkic-speaking countries will reach a level with the gradual transition of Kazakhstan from Cyrillic to Latin from 2023. In 2017, the first President of Kazakhstan, Nursultan Nazarbayev, signed a decree on the transition of the Kazakh alphabet from Cyrillic to Latin. Following this, the National Alphabet Commission was established and work began on the transition to a new alphabet throughout the country. Since then, the practice of writing the names of streets, shops, pharmacies and especially state institutions in the Kazakh language in the Latin alphabet has spread widely in the country.

Soon Kazakhstan will switch to the Latin alphabet, with a high probability we can say that some changes will be required in the Kazakh sign language. If the main alphabet of Kazakhstan changes to the Latin alphabet completely, it will be relevant to change the alphabet of the sign language. At the same time, the Turkic sign language can be taken as a basis. One of the reasons is the similarity of many letters [14].

The new Kazakh alphabet corresponds to the international phonetic alphabet (it has 107 letters and 52 diacritics) and the UNICODE system. The Kazakh Latin alphabet borrowed all this. The new alphabet is developed according to the same principles as the Turkish, Azerbaijani and Gagauz Latin alphabet. This means that deeper integration between the Turkic peoples is possible. The new version of the Latin alphabet is similar to the unified Turkic alphabet, adopted back in 1991. In addition, there are several letters that are identical in the Kazakh and Turkish alphabets, such as Y, Ø, but not found in the Russian alphabet (Fig. 2) [15].

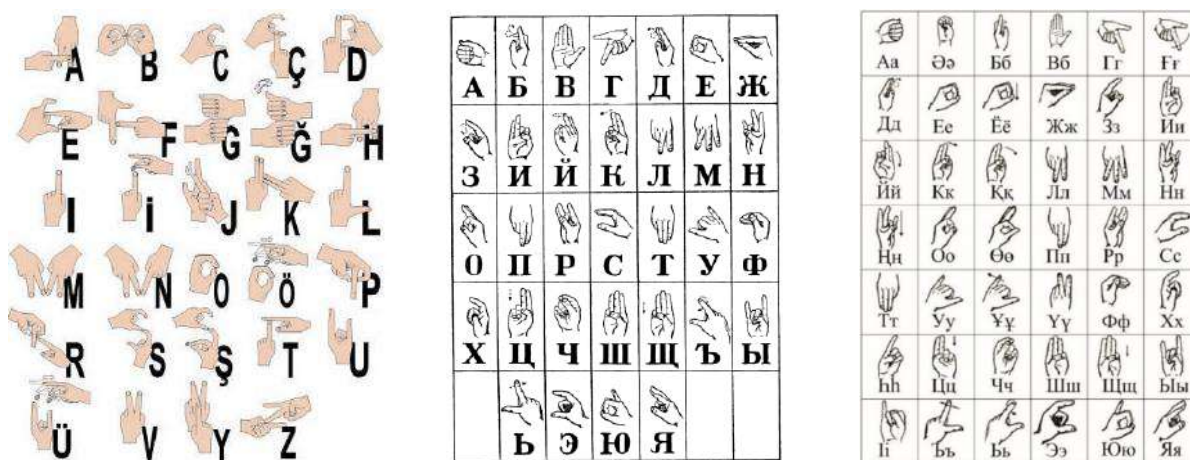


Figure 2. Turkish, Russian, Kazakh sign alphabet [16]

It should be noted that there are a lot of words in the Kazakh language that are similar in sound to the Turkish language. Both languages belong to the Turkic language group, so the grammatical and lexical construction of sentences is also similar.

**Character Design Method.** Specialized programs such as MakeHuman and Blender were employed for creating the animated character. The steps involved defining physical characteristics, appearance, and adjusting the character's movements.

**Animation Method.** Unity3D and other software tools were utilized for character animation. The process included adding a skeleton, configuring movements, and creating animation libraries.

**Character Modeling.** Parameters in MakeHuman were set for creating the basic model, and Blender was employed for detailed adjustments to appearance, clothing, and textures.

**Sign Database.** The process of querying a database to find corresponding signs was described. It detailed how the system was trained and how it associated words with signs [17].

These methods and materials not only provide insight into the technical aspects of creating an animated character but also offer readers a foundation for replication and further research in this field.

### **Results of the study**

A prototype is being made to create an automated translator from the text of the Kazakh language into sign language. In the development of such an application, several words in the Kazakh language have been collected. At a certain stage of this study, it was found that sign language does not use prefixes, suffixes and prepositions.

Starting the creation of an avatar involves designing a human model first. MakeHuman, a free interactive open-source modeling tool for creating custom 3D characters, was utilized for this purpose. Additionally, the 3D graphics program Blender was employed. Photoshop was used for configuring clothing textures. Animation setup and the creation of "clips" were done in the Unity3D graphics engine. When creating the human model, we begin by specifying gender characteristics for our future avatar in the MakeHuman program, including gender, age, muscle structure, weight, height, proportions, and even racial identity. The MakeHuman avatar model is then exported in .obj format. Working in Blender, we import the avatar model created in MakeHuman, stored in a .obj file. Working with the polygon mesh model, we define the contours of the avatar's clothing, grouping polygons for each type of clothing. Clothing can be textured on both a 2D plane and the 3D model itself. The 2D model can be saved as an image and further textured in Photoshop. In Blender, by adding a skeleton to the avatar model, we can more precisely position joints on the arms and fingers, crucial for gesture displays. Before exporting the avatar model from Blender to Unity3D, it is necessary to set the appropriate scale. In Unity3D, all textures related to our avatar model are imported – clothing, shoes, hair, eyebrows, and eyes. The functionality of the Unity3D package satisfies all requirements for working with the avatar: it allows the creation of clip libraries and the customization of animations based on gesture notation components, utilizing the gesture notation dictionary we created for the Sign Language Notation System (SLNS) [17, 18].

The figure 3 shows an example of how you can use synonyms and translate words into the infinitive. For example, words such as КӨМЕКТЕСЕ - КӨМЕК - КӨМЕКТИ = Word\_Komek, is the process of grouping single-root words that help formalize the Kazakh text language.

During the syntactic and semantic analysis of a sentence (text), many phrases and phrases are revealed, of course, all these compounds have a semantic meaning. And in this regard, it is necessary to optimize a lot of phrases (F). As well as all semantic relationships between the meanings of words in the text can be reduced to a minimum number of semantic relationships (Formula 1).

$$F = f_i \cap f_j$$

```

ebug
1 extends Spatial
2 |
3 onready var animation_player : AnimationPlayer = $untitled/AnimationPlayer
4 var entered_words_arr : Array = []
5 var dictionary_animations = {
6   "А": "Letter_A",
7   "В": "Letter_V",
8   "Д": "Letter_D",
9   "Н": "Letter_N",
10  "М": "Letter_M",
11  "О": "Letter_O",
12  "Ө": "Letter_O_kz",
13  "СӘЛЕМ": "Word_Salem",
14  "САЛЕМ": "Word_Salem",
15  "КОН": "Word_KON",
16  "МЕНІН": "Word_Men",
17  "МЕН": "Word_Men",
18  "ҚАЛАЙ": "Word_Kalai",
19  "КӨМЕКТЕСЕ": "Word_Konek",
20  "КӨМЕК": "Word_Konek",
21  "КӨМЕКТІ": "Word_Konek",
22  "АЛУ": "Word_Istei_alu",
23  "АЛАМЫН": "Word_Istei_alu",
24  "АТЫМ": "Word_Name",
25  "АТ": "Word_Name",
26  "ЕСІМ": "Word_Name",
27  "ЕСІМІМ": "Word_Name"
28 }
29
30 var complex_words = {
31  "СӘЛЕМЕТСІЗ БЕ": "СӘЛЕМ",
32  "КӨРСЕТЕ АЛАМЫН": "АЛУ"
33 }

```

Figure 3. The process of grouping single-root words  
 Note - compiled by the author based on the source [19]

For visualization, it is necessary to conduct a semantic analysis and create semantic relationships, which will translate the text into a metalanguage for further processing:

«Сәлеметсіз бе! Қалай көмектесе аламын? Менің атым Дана» (Hello! How can I help? My name is Dana)

«Сәлем. Қалай Көмек Алу. Мен Есім Д-А-Н-А» (Hello. How can help? My name D-A-N- A)

$$F_1 := \{A_{sem}(inj)\}$$

$$F_2 := \left\{ \begin{array}{l} \{A_{sem}(ch. pr), A_{sem}(obj)\} \\ \{A_{sem}(obj), A_{sem}(act)\} \\ \{A_{sem}(ch. pr), A_{sem}(act)\} \end{array} \right\} \quad (1)$$

$$F_3 := \left\{ \begin{array}{l} \{A_{sem}(sub), A_{sem}(obj)\} \\ \{A_{sem}(sub), A_{sem}(special word)\} \\ \{A_{sem}(obj), A_{sem}(special word)\} \end{array} \right\} \quad (2)$$

$$F := \{F_1, F_2, F_3\}$$

Based on the study of text translation into computer language and linking it with sign language, the following basic structures have been developed that show the construction of semantic rules at the level of a simple sentence. In these formulas (1, 2) the main groups of semantic attributes were investigated and proposed: action ( $A_{sem}(act)$ ), subject ( $A_{sem}(sub)$ ), object ( $A_{sem}(obj)$ ) and the characterizing parameters ( $A_{sem}(ch. pr)$ ) [19].

To define common nouns, we have added a set of *special words*, which is a set of letters:

$$A_{sem}(special word) = \{letter_1, letter_2, \dots, letter_i\}$$

After formalizing the text and translating it into machine language, it will be possible to implement the algorithm and compile the code, as a result of which we will get a 3D avatar.

In Figure 4, the stages of machine translation from text to sign language are illustrated.

The first stage involves inputting the text, followed by creating an array for all words. Subsequently, the words are categorized into actions and objects. Since sign languages have their unique grammatical systems, distinct from spoken languages, the words are grouped accordingly. For instance, American Sign Language (ASL) follows the Subject-Verb-Object (SVO) word order, while British Sign Language (BSL) uses the Subject-Object-Verb (SOV) word order. The Kazakh Sign Language must adhere to the Subject-Verb-Object (SVO) word order. In the second stage, there is a connection to the database, involving a query for specific words and corresponding signs. The database seeks simpler versions of complex words and phrases if an exact match is not found. Afterward, the words are replaced with signs for animation, and the signs are then outputted [19].

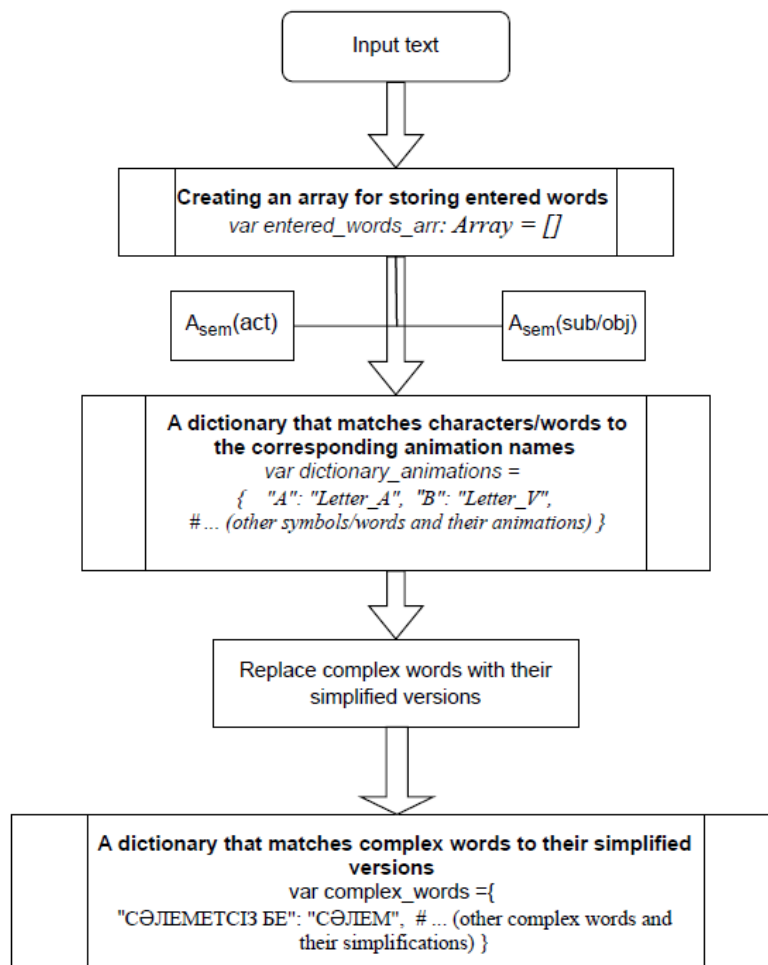


Figure 4. The machine translation algorithm  
Note - compiled by the author based on the source [19]

Turkish sign language has a 3D avatar that translates words and text into gestures. This program is made on Unity and is easy to use. Unity is used in most cases to create video games, respectively, such an avatar that is created through Unity has a good visual. This avatar has several functions: you can view the indication of gestures from different angles, change the speed of gestures, translate both, words and sentences. However, during testing, it turned out that there are not so many words in the database and the avatar uses the dactylology of the alphabet when translating some words. Fig. 5 illustrates gestures that are not in the database. Accordingly, when indicating these gestures, the dactyl alphabet is used. Also, the type of letters begins with uppercase or lowercase plays a very important role. When they wrote the word "Benim" (mine) with a capital letter, the avatar began to show using dactyl, this led to the idea that the avatar does not understand words that have additional endings or



suffixes, that is, translates only the root of the word. But when writing the same word with lowercase letters, the gesture of the word "benim" (mine) showed. As a conclusion, we come back to the fact that the vocabulary of this avatar is not so great. According to the information that is shown on the site, we can say that the project was created recently and now new words are still being researched and added to the database [20].

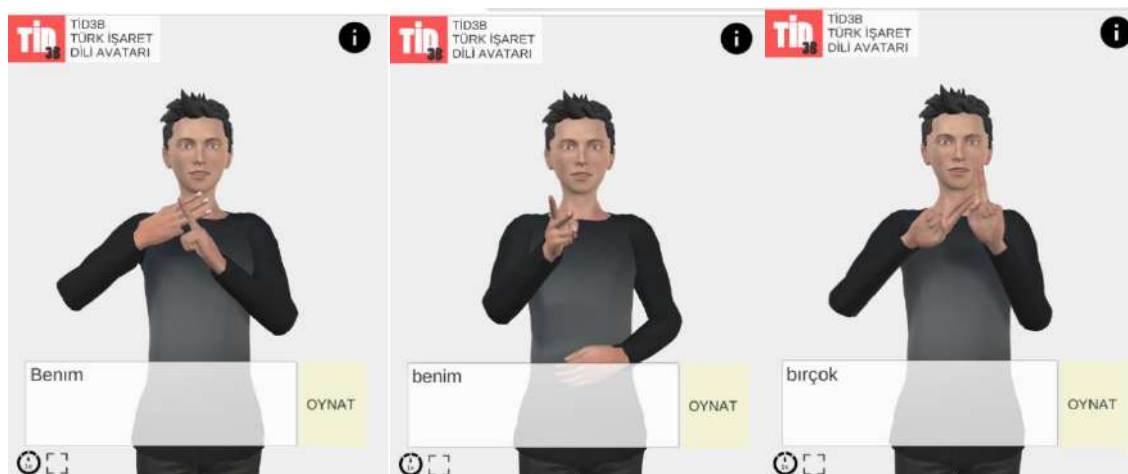


Figure 5. Using the dactyl alphabet (comparing lowercase and uppercase letters) [20]

When integrated into social services (PSC, polyclinics and hospitals), this avatar will benefit and help in optimizing the process. When combining gesture recognition with such an avatar, you will get a full-fledged robot that will serve people with hearing loss. Accordingly, the virtual assistant fully shows its importance and relevance.

After analyzing and fully studying the 3D translator from the text of the Turkish language to the Turkish sign language, we made our avatar with a database of Kazakh words for translation into the Kazakh sign language.

```
# Link to the code AnimationPlayer
onready var animation_player : AnimationPlayer = $untitled/AnimationPlayer
# An array for storing the entered words
var entered_words_arr : Array = []
# A dictionary that matches characters/
words to the corresponding animation names
var dictionary_animations = {
    "A": "Letter_A",
    "B": "Letter_V",
    # ... (other symbols/words and their animations)
}
# A dictionary that matches complex words to their simplified versions
var complex_words = {
    "СӘЛЕМЕТСІЗ БЕ": "СӘЛЕМ",
    # ... (other complex words and their simplifications)
}
```

(3)

During initialization, the animation mixing time is adjusted to control the smoothness of transitions between different animations. This is important for creating visually appealing animations.

```
# The initialization function is called when the script is ready
func _ready():
# Iterate over pairs of animations and set the blending time if it is equal to 0
```

```
for name1 in animation_player.get_animation_list():  
    for name2 in animation_player.get_animation_list():  
# Check if the mixing time between the two animations is equal 0  
if(animation_player.get_blend_time(name1,name2) == 0):  
# Setting the mixing time to 0.25 seconds (or another desired value)  
animation_player.set_blend_time(name1,name2,0.25)  
return
```

### Discussion

A gesture in sign languages is an analogue of a word in sound languages, although this analogy is rather conditional. However, in most cases, the gesture as a whole satisfies the signs of the word: wholeness, reproducibility, correlation with a certain concept, separability in speech.

The functions of articulators in sign languages are hands, face, head and body. Depending on the articulators used by the speaker, there are three main types of gestures: manual, non-manual and combined. Manual gestures are performed by hands (for example, HOUSE, LIVE, CAT), this is the most frequent type of gestures in all known sign languages. Non-manual gestures are movements of the body, head and facial muscles. Combined gestures are a combination of manual and non-manual components in a gesture (for example, FEAR) .

Manual gestures, depending on whether both hands or only one hand are involved in their execution, can be one-handed (for example, a PERSON, TO DIE) or two-handed (READ, VILLAGE).

Like words in sound languages, gestures consist of units of an unfamiliar level. The functional analogues of phonemes in sound languages in sign languages are the realizations of gesture parameters.

Most gestures are dynamic and involve movements of the fingers, hands, or the entire hand. Less static gestures - motionless, for the understanding of which there is no need for movement. For a complete understanding and study of gestures, it is necessary to shoot a video to show it from different angles. In addition, some gestures may be similar, the difference can only be identified with the dynamics of the hands and fingers. Note that, as a rule, they remember and understand much more gestures than they can correctly depict. The number of gestures used in everyday conversation, in lectures or in technical translations, of course, is different. In a conversation on an everyday topic, one can limit oneself to knowledge of 150-200 gestures, while educated deaf people own 2000-3000 gestures. In addition, with the help of sign language, in most cases it is impossible to convey names and surnames, foreign, technical or medical terms, names of streets and cities. Therefore, along with gestural speech and in addition to it, the deaf widely use the dactyl (finger) alphabet. And to shoot all this on video, and even more so to take it from different angles, is now already inefficient and takes up a lot of memory. The 3D avatar solves these problems. Having written, in the word box we can see the gesture from different sides in order to remember the position of the hands and fingers. Such a project will be very convenient for learning the Kazakh sign language [20].

Fig. 6 shows the gestures “Сәлеметсіз бе! Қалай көмектесе аламын? (Hello! How can I help?)” and “Менің атым Дана (My name is Dana)”. All of these gestures are dynamic. In addition, such a virtual translator can show whole sentences both by dactyl and by words. In the example “Менің атым Дана (My name is Dana)”, the words “менің (my)” and “атым (name)” are shown with gestures, and the name “Dana” is shown with a dactyl.

The formulas and algorithms presented and discussed in Section 4. Materials and Methods play a pivotal role in the development of a three-dimensional avatar capable of automated translation from Kazakh text to sign language.



Figure 6. 3D translator from text to Kazakh sign language  
Note - compiled by the author based on the source [20]

## Conclusion

The broad significance of this study is that a 3D avatar that will translate from Kazakh text into Kazakh sign language will be very effective. All comparative analyses given in the article show that such 3D online translators are already used in different countries and are becoming more relevant. When comparing different sign languages, namely Post-Soviet ones such as Tajik, Uzbek, Kyrgyz and Ukrainian, many countries have come to the conclusion that they still use Russian and have not yet sufficiently explored their sign language. In a number of comparisons with the Turkish sign language, similar points were revealed in the verbal language and with the further addition of these novelties, if the alphabet of the verbal language of Kazakhstan changes to the Latin alphabet. In addition, during the study of the Turkish sign language, we found a lot of useful information, which we can update and implement the acquired knowledge into our project as soon as possible. The creation of a 3D model that translates from text into Kazakh sign language is already in the process. After introducing sufficient numbers of words and gestures into the database, we can publish them on the website for testing and use. At this stage, the avatar can show dynamic and static gestures, letters and words that are used in everyday life are embedded. With the help of such avatars, gestures can be viewed from different angles for full understanding and study. Such models can be very useful in places of social service.

## References

- [1] *Deafness and hearing loss* (2024), URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- [2] Danielle Bragg, Oscar Koller, Mary Bellard, Larwan Berke, Patrick Boudreault, Annelies Braffort, Naomi Caselli, Matt Huenerfauth, Hernisa Kacorri, Tessa Verhoef, Christian Vogler, Meredith Ringel Morris, "Sign Language Recognition, Generation, and Translation", *The 21st International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, pp.16, 2019. doi: 10.1145/3308561.3353774.
- [3] Cohen-Koka, S., Nir, B., Meir, I. "Variation of sign parameters in narrative and expository discourse," in *Sign Language and Linguistics (Online)*, no. 26(2), pp. 218–257, 2023, doi.org/10.1075/sll.22001.coh.
- [4] Amangeldy, N., Milosz, M., Kudubayeva, S., Kalakova, G., Zhetkenbay, L., "A Real-Time Dynamic Gesture Variability Recognition Method Based on Convolutional Neural Networks," in *Applied Sciences (Switzerland)*, no. 13(19), 2023, doi.org/10.3390/app131910799.
- [5] Ramadani, R.A., Putra, I.K.G.D., Sudarma, M., Giriantari, I.A.D. "A new technology on translating

Indonesian spoken language into Indonesian sign language system,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, no. 11(4), pp. 3338–3346, 2021, doi: 10.11591/ijece.v11i4.pp3338-3346

[6] Grif, M.G., Korolkova, O.O., “Development of a Training Bilingual Dictionary for Persons with Hearing Disabilities,” in *Journal of Siberian Federal University - Humanities and Social Sciences*, no. 15(11), pp. 1723-1731, 2022, doi: 10.17516/1997-1370-0947.

[7] Y. S. Manueva, M. G. Griff, “Development of an algorithm for semantic analysis of speech (text) for translation into Russian sign language,” in *Scientific Bulletin of NSTU Conf.*, vol. 62, no. 1, pp. 106-119, 2016, doi: 10.17212/1814-1196-2016-1-106-119.

[8] D. Yusupov, Uzbek sign language (USL): to be, or not to be? (2022), URL: <https://dilmurad.me/uzbek-sign-language-usl-to-be-or-not-to-be/>

[9] Zwitterlood, I., Perniss, P., & Özyürek, A. (2017). *Expression of multiple entities in Turkish Sign Language (TİD)*. In E. Arık (Ed.), *Current directions in Turkish Sign Language research* (pp. 273-302). Newcastle upon Tyne, UK: Cambridge Scholars Publishing.

[10] O. Lozynska, M. Davydov. Information technology for Ukrainian Sign Language translation based on ontologies. *Econtechmod. An international quarterly journal*. 2015, Vol. 04, No. 2, pp. 13–18

[11] M. Kussainova, U. Amuyeva, *The transition of Kazakhstan to the Latin alphabet will bring together the Turkic-speaking countries* (2021). URL: <https://www.aa.com.tr/ru/>

[12] V.A. Ivanchenko, *Lexico-semantic group of existential gestures in Russian sign language*. (2018): 68-70. [https://elar.ufu.ru/bitstream/10995/25293/1/avfn\\_2013\\_15.pdf](https://elar.ufu.ru/bitstream/10995/25293/1/avfn_2013_15.pdf)

[13] O. Lozynska, M. Davydov, V. Pasichnyk, N. Veretennikova (2019) "Rule-based Machine Translation into Ukrainian Sign Language Using Concept Dictionary". 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). 2017, pp. 218–239. doi: 10.1109/STC-CSIT.2017.8098734

[14] Saibekova N.U., Aytas G., *The similarities of graphemes in kazakh and turkish languages. The messenger. Philology series. No1 (173), (2019): 79-82.* <https://philart.kaznu.kz/index.php/1-FIL/article/view/2617/2493>

[15] *Zametki ob NLP*. <http://habrahabr.ru/post/79830/> (obrashchenie 20.08.2013)

[16] Arkushin, Rotem Shalev, Amit Moryossef, and Ohad Fried. 2023. “Ham2Pose: Animating Sign Language Notation into Pose Sequences,” 21046–56.

[17] H. Karal, A. Mevhibe Cosar, E. Bahcekapili, L. Silbir, S. Fis Erumit, A. Yildiz, M. Atasoy, *3D Virtual Turkish Sign Language Translator* (2019). URL: <https://tid3b.com/?en>

[18] Mihir Deshpande, Vedant Gokhale, Adwait Gharpure, Aayush Gore, Harsh Yadav, Pankaj Kunekar, Aparna Mete Sawant, "Sign Language Detection using LSTM Deep Learning Model and Media Pipe Holistic Approach", 2023 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Communication (AISC), pp.1072-1075, 2023.

[19] Rakhimova, D., Abilay, S., Kuralay, A. “The Task of Generating Text Based on a Semantic Approach for a Low-Resource Kazakh Language,” in *Communications in Computer and Information Science*, pp. 585-595, 2023, doi.org/10.1007/978-3-031-42430-4\_48

[20] Şilbir, L., Coşar, A.M., Kartal, Y., Atasoy, M., Özçamkan-Ayaz, G. “Graphic symbol based interactive animation development process for deaf or hard of hearing students” in *International Electronic Journal of Elementary Education*, 2020, no 12(4), pp. 371-382.

**А. Самбетова<sup>1\*</sup>, К. Телекбаева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Казахская национальная академия искусств им. Т. К. Жургенова, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup> ТОО Prosport, г. Алматы, Казахстан

\*e-mail: aigerimsambetova@mail.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ В СРЕДАХ ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

### *Аннотация*

Актуальность данного исследования заключается в том, что с развитием технологий и программного обеспечения, развиваются потребности в исчислении все более сложных задач, большинство которых уже нельзя развязывать аналитическими способами. Это создает необходимость искать новые и эффективные способы решения задач с более высокой точностью и скоростью. Целью исследования является ознакомление с способами и инструментами, которые применяются для развязывания, моделирования и анализа задач в разных сферах, для подготовки студентов высших учебных заведений к решению математических задач в разных областях научной и технической деятельности. Среди используемых методов можно выделить аналитический метод, метод Гауса, метод Рунге-Кутты, метод наименьших квадратов, метод Ньютона и другие, для их реализации могут быть использованы разные языки программирования, такие как Python, Mathcad, MATLAB, Comsol и другие. Возможность использования полученных результатов в практической деятельности для разработки новых программ и алгоритмов позволит улучшить точность и эффективность численных расчетов, что в свою очередь может способствовать улучшению различных процессов и разработке технологий.

*Ключевые слова:* алгоритмы, высшие учебные заведения, программирование, сравнительный анализ, технологии.

А. Самбетова<sup>1</sup>, К. Телекбаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Т. Қ. Жүргенов атындағы Қазақ ұлттық өнер академиясы, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup> Prosport ЖШС, Алматы қ., Қазақстан

## **БАҒДАРЛАМАЛАУ ОРТАЛАРЫНДА САНДЫҚ ӘДІСТЕРДІ ТИІМДІ ЖҮЗЕГЕ АСЫРУДЫ ЗЕРТТЕУ**

### *Аңдатпа*

Бұл зерттеудің өзектілігі технология мен бағдарламалық қамтамасыз етудің дамуымен күрделі есептерді есептеу қажеттіліктерінің дамып келе жатқандығында, олардың көпшілігін аналитикалық әдістермен шешу мүмкін емес. Бұл жоғары дәлдік пен жылдамдықпен мәселелерді шешудің жаңа және тиімді жолдарын іздеу қажеттілігін тудырады. Зерттеудің мақсаты – әртүрлі салалардағы есептерді шешу, модельдеу және талдау үшін қолданылатын әдістер мен құралдармен танысу, жоғары оқу орындарының студенттерін ғылыми-техникалық қызметтің әртүрлі салаларындағы математикалық есептерді шешуге дайындау. Қолданылатын әдістердің ішінде аналитикалық әдісті, Гаусс әдісін, Рунге-Кутта әдісін, ең кіші квадраттар әдісін, Ньютон әдісін және басқаларды ажыратуға болады; оларды жүзеге асыру үшін Python, Mathcad, MATLAB, Comsol және т.б. сияқты әртүрлі бағдарламалау тілдерін пайдалануға болады. Алынған нәтижелерді жаңа бағдарламалар мен алгоритмдер жасау үшін практикалық қызметте пайдалана білу сандық есептеулердің дәлдігі мен тиімділігін арттырады, бұл өз кезегінде әртүрлі процестерді жақсартуға және технологияларды дамытуға көмектеседі.

*Түйін сөздер:* алгоритмдер, жоғары оқу орындары, бағдарламалау, салыстырмалы талдау, технология.

A. Sambetova<sup>1</sup>, K. Telekbayeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> T.K. Zhurgenov Kazakh National Academy of Arts, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup> Prospert LLP, Almaty, Kazakhstan

## INVESTIGATION OF THE OPTIMAL IMPLEMENTATION OF NUMERICAL METHODS IN PROGRAMMING ENVIRONMENTS

### *Abstract*

The relevance of this study lies in the fact that with the development of technology and software, the needs for calculating increasingly complex problems are developing. This creates a need to find new and effective ways to solve problems with higher accuracy and speed. The purpose of the study is to familiarize yourself with the methods and tools that are used to solve, model and analyze problems in various fields, to prepare students of higher educational institutions to solve mathematical problems in various fields. Among the methods used, one can distinguish the analytical method, the Gauss method, the Runge-Kutta method, the least squares method, Newton's method and others; for their implementation, various programming languages can be used, such as Python, Mathcad, MATLAB, Comsol and others. The ability to use the results obtained in practical activities to develop new programs and algorithms will improve the accuracy and efficiency of numerical calculations.

*Keywords:* algorithms, higher education institutions, programming, comparative analysis, technology.

### **Введение**

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что в современной науке необходимость в точном решении задач численными методами возрастает и требует разработку новых и быстрых способов, которые будут удовлетворять потребности запроса. Кроме того, главным приоритетом использования данных методов заключается в том, что они позволяют разрабатывать новые алгоритмы, что в свою очередь позволяют повысить эффективность вычислительных процессов. Новые и быстрые способы вычислений позволяют решать более сложные задачи, которые ранее были недоступны для решения. Одной из главных проблем исследования является понимание обучения студентов численным методам. Важно дать студентам глубокие знания в сферах математики и программирования. Это позволит не только эффективно решать задачи в разных областях научной деятельности, но и внести свой вклад в развитие новых алгоритмов и программ.

Целью данного исследования является ознакомление с различными методами и алгоритмами, которые применяются для развязывания, моделирования и анализа задач в разных сферах. Выполнение этой задачи даст возможность выбрать наиболее оптимальный метод для решения конкретного запроса с учетом его сложности и возможности адаптации метода под изменяющиеся условия, вдобавок позволит выявить преимущества и недостатки каждого метода для повышения эффективности и точности решения задач. Стоит отметить, что знание и понимание основных методов и алгоритмов численного анализа может быть важным фактором в формировании у студентов умения анализировать, решать и оптимизировать задачи, что в свою очередь позволит улучшить критическое мышление.

По словам Б.А. Мукушева, Э. Ферми получил первые результаты в работе выполненной совместно Дж. Пастой и С. Уламом, в которой исследователи пытались проследить переход одномерной цепочки частиц в состояние термодинамического равновесия. В своей работе он утверждал, что перспектива использования современных компьютеров значительно упрощает решения громоздких и труднообозримых задач, делая их более простыми и наглядными [1].

А.С. Тастанова отмечает, частота использования среды программирования Python увеличилась, поскольку она имеет множество фреймворков, которые упрощают процесс написания кода и сокращают время разработки, удобна в работе с большими объемами информации или вычисления. Это делает выше упомянутую среду универсальной и подходящей для различных задач, таких как анализ данных, веб-разработка и многие другие [2].

Как утверждает Б.О. Мухаметжанова, при выборе алгоритма необходимо учитывать его эффективность, сложность или скорость выполнения, потому что один из быстрых алгоритмов не всегда будет давать наилучшие результаты в сравнении с менее быстрым. В своей работе она уделяла особое внимание машинному обучению и методам обработки данных, чтобы определить, какой из них лучше всего подходит для конкретной задачи [3].

С.С. Жекеева в своей работе заявляет, среда MATLAB имеет разные инженерно-математические программные пакеты, которые обеспечивают все этапы исследования всем необходимым, в частности для разработки модели, которая оценивает качество работы операторов, на основе полученных данных. Использование данной среды позволяло ускорить процесс обработки данных и улучшить точность результатов благодаря наличию инструментов для численного анализа и моделирования [4].

По словам Б.Н. Кенесова, использование программного пакета Comsol позволило сократить количество экспериментов, а также сократить время, необходимое для оптимизации процесса, было достигнуто улучшение использования техники, которая помогает определить оптимальные параметры процесса [5].

А.Н. Семятова в своей научной работе отмечает, применение вычислительных сред для решения сложных задач демонстрирует эффективность использования, которые показывает, что предложенный метод позволяет уменьшить время развязывания задач в сравнении с классическим подходом к численному решению [6].

### Методология исследования

При проведении исследования в сфере изучения численных методов, были использованы методы, которые позволили раскрыть суть изучения, а также теоретическое и практическое содержание объекта. При помощи аналитического метода удалось выделить проблемы в изучении численных методов в высших учебных заведениях, а именно нехватка знаний в области математики и программирования, что затрудняет понимание теоретических аспектов численных методов и их практическое применение, а также отсутствие соответствия программных обеспечений современным требованиям и стандартам. Метод Гаусса (Рисунок 1) помог в разработке алгоритмов, которые обеспечивают точное или приближенное решение с наименьшим количеством итераций.

```
function C = gauss_elimination(A,B) % defining the function
A= [ 1 2; 4 5] % Inputting the value of coefficient matrix
B = [-1; 4] % Inputting the value of coefficient matrix
i = 1; % loop variable
X = [A B];
[nX mX] = size(X); % determining the size of matrix
while i <= nX % start of loop
    if X(i,i) == 0 % checking if the diagonal elements are zero or not
        disp('Diagonal element zero') % displaying the result if there exists
        zero
        return
    end
    X = elimination(X,i,i); % proceeding forward if diagonal elements are non-
    zero
    i = i + 1;
end
C = X(:,mX);

function X = elimination(X,i,j)
% Pivoting (i,j) element of matrix X and eliminating other column
% elements to zero
[nX mX] = size(X);
a = X(i,j);
X(i,:) = X(i,+)/a;
for k = 1:nX % loop to find triangular form
    if k == i
        continue
    end
    X(k,:) = X(k,) - X(i,)*X(k,j); % final result
end
```

Рисунок 1. Реализация метода Гаусса в среде программирования MATLAB.

Источник: [7]

С помощью метода Якоби были получены точные результаты решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Выше указанные методы использовались для решения СЛАУ, однако стоит отметить, что они эффективны в разных случаях в зависимости от размера системы и ее свойств. Метод наименьших квадратов (Рисунок 2) был использован для оценивания и анализа параметров системы, построения прогностических моделей, который максимально точно описывает исходные данные.

```

% input in the form of matrix, each row is a (x, y).
input = [1, 2; 2, 4.5; 3, 5.9; 4, 8.1; 5, 9.8; 6, 12.3];

m = size(input, 1);
n = size(input, 2);
x = input(:,1:n-1);
y = input(:,n);

% The first column of matrix X is populated with ones,
% and the rest columns are the x columns of the input.
X = ones(m, n);
X(:,2:n) = input(:,1:n-1);

% Try to find the a that minimizes the least square error  $Xa - y$ .
% Project y onto the C(X) will give us b which is  $Xa$ .

% The relationship is  $X'a = X'b$ 

% Use left division \ to solve the equation, which is equivalent
% to  $a = \text{inverse}(X'*X)*X'*y$ , but computationally cheaper.
a = (X' * X) \ (X' * y)
b = X*a
least_square_error = sum((b - y) .^ 2)

% Plot the best fit line.
plot(x, b);
title(sprintf('y = %f + %fx', a(1), a(2)));
xlabel('x');
ylabel('y');

hold on;
% Plot the input data.
plot(x, y, '+r');
hold off
pause;

```

Рисунок 2. Реализация метода наименьших квадратов в среде программирования MATLAB.

Источник: [9]

Метод Рунге-Кутты был задействован для получения достаточно точных результатов при использовании большого шага сетки. Метод Ньютона (Рисунок 3) помог сравнить решение разных типов оптимизационных задач и определить наиболее эффективный метод для решения нечетких та интуитивно нечетких оптимизационных задач. Для реализации данного исследования было использовано программное обеспечение MATLAB, а также пакет для работы с нечеткими множествами Fuzzy Logic Toolbox, что есть частью среды MATLAB [8]. Метод простой итерации был использован для характеристики быстрой сходимости, а также ограничения на первоначальное сближение.



Метод Ньютона позволил увеличить значение производной и избежать медленной сходимости, в то же время ускоренный метод прогнозирования-исправления Хелли был использован для получения решения сложных нелинейных уравнений с высокой точностью для уменьшения количества вычислительных ресурсов для улучшения сходимости.

```
a=1
b=2
e=0.0001
x=(a+b)/2;
fa=cos(2./a)-2.*sin(1./a)+1./a;
for i=1:1:3
    fx=cos(2./x)-2.*sin(1./x)+1./x
    df=(2*sin(2./x)+2*cos(1./x)-1)./x^2
    x=x-fx/df;
end
display(x);
display(fx);
```

Рисунок 3. Реализация метода Ньютона в среде программирования MATLAB.

Источник: создано автором

Предложенный метод, который базировался на модификации метода Хелли и метода Ньютона показал лучший результат, который позволил уменьшить количество исчислений и сократить время на решение нелинейных уравнений. Последним был использован метод Деккера, который показал наилучший результат в сравнении с уже проведенными алгоритмами. Была использована среда программирования MATLAB [10].

Работа была осуществлена в определенной последовательности с раскрытием множества аспектов. Сперва теоретическая составляющая компонента исследования. Она предоставила возможность провести подробный анализ понятий «численные методы» и «программирование». Благодаря этому удалось определить характеристики и основные принципы по которым работают различные методы. Далее была изучена практическая составляющая компонента. Она состояла в том, чтобы изучить основы механизма и проблемы подхода к выбору и применению численных методов, их преимущества и недостатки, эффективность работы. Важным шагом служит тщательный анализ, и оценка характеристик каждого метода в использовании, для уменьшения ограничений в точности решения или стабильности при решении. Заключительным этапом является, на основе полученных результатов, сформулировать необходимые рекомендации по выбору метода для оптимального решения конкретных задач.

### Результаты исследования

Для обеспечения повышения качества обучения студентов высших учебных заведений в сфере численных методов необходимо развитие обучающей программы, а также программного обеспечения, которое чаще всего используется в рамках обучающего плана. Стоит отметить, что важно обеспечить доступ к использованию программного обеспечения как для преподавателей, так и для студентов. Не менее важным является обеспечение достаточного количества практических занятий и лабораторных работ, которые позволят получить необходимые навыки и опыт для работы с численными методами.

Следует подчеркнуть, что важным аспектом в изучении численных методов в программировании является знание теории численных алгоритмов, а также умение в применении их в программировании, для подготовки высококвалифицированных специалистов в сфере программирования и информационных технологий. Это позволит не только понять теорию, а также получить опыт в работе с разными численными методами и их применению.

Такое обучение позволит подготовить специалистов, которые не только будут применять готовые алгоритмы, а и создавать свои алгоритмы для решения сложных задач. С помощью аналитического метода были проанализированы разного рода численные методы, выявлены преимущества и недостатки каждого метода. Одним из преимуществ численных методов являлась их универсальность показав, что численные методы могут использоваться для широкого спектра задач [11].

Для более глубокого изучения численных методов стоит провести сравнительный анализ, который поможет детальней разобраться в каждом методе и алгоритме. Первым этапом в исследовании был проведен сравнительный анализ метода Гаусса, метода Ньютона, а также метода наименьших квадратов с другими методами.

Методы Гаусса и Якоби являются базовыми методами, на основе которых строятся более сложные численные методы. Изучение этих методов в высших учебных заведениях является важным этапом изучения численных методов, поскольку эти методы позволяют решать системы линейных алгебраических уравнений. Также изучение методов Гаусса и Якоби поможет глубоко понять теорию линейной алгебры и получить практические навыки в работе с линейными системами. Для проведения сравнительного анализа метода Гаусса было рассмотрено решение задачи системы линейных алгебраических уравнений, имеющую размер 3, то есть имеет 3 неизвестные, для определения скорости и точности решения. Сперва был применен метод Гаусса, чтобы получить решение, нужно превратить систему уравнений к треугольному виду, затем обратным ходом найти решение системы. С помощью метода Якоби сперва нужно выбрать произвольный вектор начальных приближений, затем использовать итерационная формулу до сходимости. Результат анализа показал, что метод Гаусса сходиться за  $O(n^3)$ , это значит, что количество операций, необходимых для решения системы линейных уравнений растёт пропорционально кубу размера матрицы. Например, если размер матрицы  $n=100$ , то количество операций, необходимых для выполнения метода Гаусса будет приблизительно равна  $100^3$  операций. Метода Якоби сходится за  $O(n^2)$ , что означает меньшее количество операций, необходимых для выполнения. Это показало, что метод Якоби является более быстрым для решения систем линейных уравнений, однако метод Гаусса достиг лучшей точности в решении рассмотренной СЛАУ.

Также важными в изучении являются метод Ньютона и метод дихотомии, которые являются основой численных методов в решении уравнений и систем уравнений, а также являются базовыми алгоритмами в оптимизации и обучении машинного обучения. Также изучение метода Ньютона и метода дихотомии поможет студентам понять основные принципы и методы численных вычислений. Для проведения сравнительного анализа указанных методов была рассмотрена задача о нахождении корня уравнения, для определения быстрой сходимости методов. Сперва был применен метод Ньютона, для того чтобы получить решение с его помощью нужно задать точность, с которой хотим найти корень уравнения, затем вычислить первую итерацию за формулой:

$$x_1 = x_0 - f(x_0)/f'(x_0) \quad (1)$$

где:  $x_0$  – начальное приближение к корню,  $f(x_0)$  – начальная функция,  $f'(x_0)$  – производная от начальной функции.

Следующие итерации будут вычисляться за формулой:

$$x_{i+1} = x_i - f(x_i)/f'(x_i) \quad (2)$$

где:  $x_i$  – каждая следующая итерация.

Решение было найдено только тогда, когда значение вычисляемой итерации стало меньше за заданную точность. Для того чтобы найти решение с помощью метода дихотомии стоило задать начальные границы для корня, затем вычислить среднее значение.

После нужно проверить значение функции в точке среднего значения, если значение равно 0, то решение было найдено, если корень находится между заданными границами, то стоит заменить одну из границ на среднее значение, и повторить действия пока значение вычислимой итерации будет меньше за заданную точность. Результаты показали, что метод Ньютона имел сходимость  $O(2)$ , который уменьшает погрешность в два раза, это означает что данный метод быстро сходился. Метод дихотомии имел сходимость  $O(1)$ , это означает, что данный метод сходился медленнее за метод Ньютона.

Одними из основных статистических методов и методов в математическом моделировании являются метод наименьших квадратов и метод наибольшего правдоподобия, а также являются ключевыми в машинном обучении. Изучение данных методов позволит студентам находить самые оптимальные параметры моделей, что описывают наблюдаемые данные, также позволит снизить погрешность моделирования и обеспечить высокую точность результатов.

Приведем данные в виде таблицы 1.

Таблица 1. Зависимость значений  $x$  и  $y$

$x$	$y$
0.0	1.0
1.0	2.0
2.0	4.0
3.0	8.0
4.0	16.0

Источник: создано автором

Для проведения сравнительного анализа рассмотрели аппроксимацию некоторых данных, для того чтобы построить модель, которая наилучшим способом опишет зависимость между значениями  $x$  и  $y$ . Метод наименьших квадратов позволил найти коэффициенты линейной аппроксимации (формула 3), которая минимизирует сумму квадратов разниц между прогнозируемыми значениями и действительными значениями.

$$y = m * x + c \quad (3)$$

где:  $x, y$  – координаты точек на плоскости,  $m$  – коэффициент уклона прямой,  $c$  – смещение прямой.

Для нахождения коэффициентов были использованы следующие формулы:

$$m = (N \sum(x * y) - \sum x - \sum y) / (N \sum(x^2) - (\sum x)^2) \quad (4)$$

$$c = (\sum y - m * \sum x) / N \quad (5)$$

где:  $x*y$  – произведение значений  $x$  и  $y$ ,  $x^2$  – квадрат значения  $x$ ,  $N$  – количество данных,  $\sum$  – сумма значений.

Метод наибольшего правдоподобия позволил найти параметры распределения, в рамках, рассмотренных данных. Для нахождения коэффициентов аппроксимации методом наибольшего правдоподобия нужно было найти коэффициенты  $k$  и  $b$ , которые максимизируют функцию, с формулы:

$$L(k, b) = (2\pi\sigma^2)^{-n/2} * \exp(-\sum(y_i - k * x_i - b)^2 / 2\sigma^2) \quad (6)$$

где:  $k, b$  – коэффициенты,  $x_i, y_i$  – координаты точек,  $n$  – количество наблюдений,  $\sigma^2$  – неизвестная дисперсия.

Для нахождения максимума данной функции было найдено ее частные производные по  $k$  и  $b$ , за следующими формулами:

$$\frac{dL}{dk} = \frac{-2 \sum (x_i (y_i - k * x_i - b))}{2 \sigma^2} \quad (7)$$

$$\frac{dL}{db} = \frac{-2 \sum (x_i (y_i - k * x_i - b))}{2 \sigma^2} \quad (8)$$

Как показали результаты оба метода дали одинаковые результаты, метод наименьших квадратов, как и метод наибольшего правдоподобия не имели фиксированной сходимости, поскольку использовались для нахождения коэффициентов линейной аппроксимации, а не для итерационных вычислений.

Следующим этапом было исследование сред программирования, которые использовались для реализаций разных алгоритмов, обнаружение их преимуществ и недостатков. Важным результатом данного анализа выявился тот факт, что численные методы имеют широкий спектр в выборе использования сред программирования. Использование сред программирования является важным элементом в обучении современных информационных технологий в высших учебных заведениях, это связано с тем что программирование отыгрывает важную роль во многих сферах, а особенно в сфере компьютерных наук.

Разные среды программирования позволяют студентам изучать программирования на разных уровнях сложности, используя разные языки программирования и средства разработки, также они позволяют изучать разные аспекты программирования, такие как разработка веб-приложений, базы данных и т.д. Программирование позволяет студентам изучить важные концепции, такие как тестирование программного обеспечения, версионирование кода и другие. Кроме того, использование сред программирования позволит студентам развить полезные навыки, такие как аналитическое мышление, коммуникация, а также работа в команде. Использование сред программирования может улучшить качество обучения и сделать его более интерактивным и интересным для студентов.

В высших учебных заведениях используется множество различных сред программирования, например, Python, MATLAB, C++, Java. Использование этих сред программирования позволяет студентам приобрести практические умения, а также развить свои способности в программировании и анализа данных. Например, с помощью среды программирования MATLAB можно легко выполнять численные исчисления, создавать визуализацию данных и графики, а также моделировать физические и инженерные системы. Для лучшего понимания сред программирования был проведен сравнительный анализ языков программирования на примере реализации метода Ньютона, а также была реализована задача для вычисления определенного интеграла функции на заданном интервале. Для реализации указанного метода были использованы MATLAB, Python и C++ для того, чтобы сравнить время выполнения и точность полученного результата. Это поможет студентам выбрать оптимальный язык программирования, а также определить какой их языков программирования подходит для решения конкретных задач.

Для сравнения результатов сначала нужно реализовать метод Ньютона в выбранных средах программирования, затем измерить время выполнения кода каждого языка программирования и получить точность результатов.

Результаты анализа показали, что время выполнения алгоритма метода Ньютона на Python оказалось быстрее, чем на MATLAB и C++. В то же время, точность результата всех трех языков была высокой и практически идентичной. Также было установлено, что Python имеет удобный синтаксис и большое количество библиотек для разных численных методов, которые позволяют легко выполнять численные вычисления и визуализацию данных. К недостаткам вошли низкая скорость выполнения сложных алгоритмов, в сравнении с C++, установка дополнительных пакетов для некоторых задач.

MATLAB имеет встроенную поддержку численных вычислений и большое количество пакетов для решения, оптимизации и анализа различных задач, что позволяет легко разрабатывать и тестировать численные алгоритмы. При этом был выявлен ряд недостатков, высокие требования к вычислительным ресурсам, ограниченная возможность взаимодействия с базами данных. Не имел эффективной работы с большими объемами данных, в сравнении с C++, который более оптимизирован для работы с памятью. Самым главным недостатком MATLAB стал факт платных лицензий, что делает его недоступным для многих пользователей. Было установлено, что язык программирования C++ имеет стандартную библиотеку для исчисления математических операций, вычисления интегралов, векторов и матриц, а также имеет пакеты, которые помогают легко реализовать численные методы. Также C++ имел быструю скорость выполнения, в сравнении с другими языками, эффективно использовал и управлял памятью, мог быть скомпилированным на любой платформе, которая поддерживает C++ компилятор. Недостатками языка оказалось сложность в реализации, долгое время и высокая сложность разработки, управление и удаление памяти, которое потребовалось выделять и удалять вручную, из-за которого появлялись ошибки.

Вторая рассмотренная задача также реализовывалась в описанных выше средах. Для ее выполнения сначала нужно задать функцию, которую необходимо проинтегрировать, а также интервал интегрирования. Затем написать код, который реализует численный метод интегрирования. В MATLAB использовалась функция `integral`, в Python использовалась функция `scipy.integrate.quad`, а в C++ интеграл был вычислен с помощью метода прямоугольников с шагом 0.0001. Измерить выполнения кода для каждого языка программирования и получить точность результатов. Результаты показали, что самым быстрым и точным оказался Python, а самым медленным был C++, хотя точность вычисления интеграла была на уровне остальных языков.

Таким образом, выбор языка программирования для решения задачи может зависеть от конкретных требований к скорости выполнения и точности результата. Также результаты показали, что использование среды программирования MATLAB для численных методов являлся достаточно эффективным и удобным способом решения поставленных задач, особенно в случае больших вычислительных заданий. Среда MATLAB мощный инструмент для студентов, изучающих численные методы, более оптимизирован под реализацию численных методов в программный код, из-за встроенных функций, графиков и инструментов для работы с числовыми данными, студентам будут легко и быстро реализовывать программный код в данной среде программирования.

### Дискуссия

Изучение численных методов в программировании имеет огромное значение для решения математических и физических задач, которые используются не только в математике и физике, а и в инженерии, компьютерных науках. Среди них важное место занимает изучение численных методов которые дадут оптимальное решение и будут просты в реализации. Исследование оптимальной реализации численных методов в разных средах программирования является не менее важной задачей, поскольку имеют широкое применение в области инженерии, физике, компьютерной науке. Оптимальная реализация методов позволила значительно улучшить точность и скорость решения задач. Данное исследование, проведенное для определения оптимального алгоритма, позволило детальной разобраться в проблемах реализации различных численных методов.

Например, широко используемый метод Ньютона может быть эффективным при использовании для решения нелинейных систем уравнений, но в тот же час может быть неустойчивым, если начальное приближение выбрано недостаточно близко к точному решению, поскольку это приведет к тому, что метод Ньютона может не сойтись к корню или сойтись очень медленно. Это приводит к ряду проблем, например, при решении больших систем уравнений это может занять больших вычислительных затрат [12].

Рассмотренный метод Гаусса является одним из наиболее устойчивых численных методов, однако при решении матриц с большими значениями элементов может стать неустойчивым и привести к большим погрешностям.

Метод наименьших квадратов, рассмотренный в данной работе, также может быть неустойчивым, но только в тех случаях, когда имеется мультиколлинеарность между некоторыми предикторами, что может привести к неправильному результату. Это происходит из-за того, что один из предикторов линейно выражен через комбинацию других предикторов с высокой точностью. В данном разделе анализируются результаты работы в сравнении с работами других авторов.

В своей научной работе по разработке нового численного метода для решения нелинейных алгебраических и трансцендентных уравнений второго порядка, который не требует вычисления производных Санаулла Джамали описывала комбинации техник интерполяции и итерационных методов. По результатам сравнительного анализа полученных результатов с другими численными методами решения нелинейных уравнений, таких как метод Ньютона, метод Брента, было установлено, что метод предложенный в исследовании имеет лучшую скорость схождения чем метод Брента, но хуже в сравнении с методом Ньютона. Для этого исследователи реализовали моделирование квадратичной аппроксимации функции на основе трех точек: текущая точка, предыдущая и еще одна точка, которая выбирается в зависимости от того, увеличивается или уменьшается функция на предыдущих итерациях [13].

Анализ данной работы даст возможность ознакомиться с предложенным методом, понять принципы его работы и особенности, а также самостоятельно сравнить его с другими методами решения нелинейных уравнений, что позволит улучшить навыки анализа, критического мышления.

Даниэль Фортунато в своем исследовании, посвященном численному методу для решения частных дифференциальных уравнений переменного порядка, предлагал использовать улучшенный спектральный метод для решения полных дифференциальных уравнений. Автор описывает математические основы метода и показывает, что он позволяет понизить вычислительную сложность в сравнении с обычными методами спектральных элементов. Преимущество спектрального метода заключалось в точности приближения решения, благодаря чему можно добиться высокой точности при моделировании сложных физических явлений. Предложенный метод может быть полезным для численного моделирования сложных физических процессов в разных областях науки и техники, где важно получить точное решение при ограниченных ресурсах исчисляемой техники [14].

Это позволит студентам ознакомиться с принципами спектрального метода, а также понять в каких случаях он может быть использован. Изучение спектрального метода позволит студентам использовать его для достижения высокой точности при моделировании сложных физических явлений, а также выбирать оптимальное количество базисных функций для достижения желаемой точности.

Как показывает практика численные методы могут использоваться не только в физических задачах, но и в медицинских. В своем изучении динамики эпидемии гепатита В с учетом фрактального порядка вакцинации Анваруд Дин использовал математическую модель, которая описала распространение вируса в популяции и учитывала влияние вакцинации на процесс инфицирования. В статье для анализа динамики системы рассматривался метод теории дифференциальных уравнений с использованием Миттаг-Леффлеровских функций. Результаты исследования показали, что предложенная модель позволила более точно описать динамику распространения вируса с учетом вакцинации фрактального порядка, что может быть полезным для разработки более эффективных стратегий вакцинации [15-17].

Данное исследование показывает студентам, что изучение численных методов является полезным инструментом не только в построении математических и физических задач, а также может применяться в медицинских задачах, что может быть полезным для понимания заданной проблемы. Также это исследование поможет детальней разобраться в методе Рунге-Кутта,

проанализировать его преимущества и недостатки, развить навыки анализа математических моделей, а также улучшить навык реализации численных методов.

В своем исследовании анализа способов сокрытия информации на изображениях с помощью интерполяции Эльмира Дайырбаева предлагала использовать полиномиальную интерполяцию для повышения качества восстановления данных в изображениях. Были исследованы различные методы интерполяции, а также рассмотрены различные методы вычисления коэффициентов полинома. В статье был проведен сравнительный анализ метода полиномиальной интерполяции Лагранжа и кусочно-линейной интерполяции. В результате исследования было показано, что кусочно-линейная интерполяция может быть более эффективной в случаях, когда данные имели высокую плотность и требовалась высокая скорость интерполяции. Было оценено точность и эффективность предложенного метода на реальных изображениях. Также было отмечено, что методы интерполяции могут быть использованы для восстановления скрытой информации на изображениях, которая может быть использована в таких областях как биометрия, информационная безопасность, медицинская диагностика [18-19].

Проанализировав данную работу, можно сделать следующие выводы: данное исследование будет полезным для студентов, которые изучают обработку изображений, информационную безопасность. Демонстрация использования математических методов в этой работе позволит студентам рассмотреть применение этих методов, а также понять, как они могут быть использованы в различных областях. Анализ предложенного метода позволит студентам понять от чего зависит метод интерполяции, что в свою очередь позволит научиться проводить сравнительный анализ эффективности различных методов интерполяции.

Таким образом, изучение численных методов в программировании и их реализация требует различных методов и подходов. Сравнительный анализ является ключевым элементом в оценивании численных методов. Этот подход позволяет выявить главные преимущества и недостатки между различными методами и их реализацией в разных средах программирования. Стоит отметить, что каждый ученый выбирает оптимальные критерии под себя, поэтому важно сравнивать результаты для собственного выбора алгоритма. Также развитие технологий и вычислительных мощностей открывает новые возможности для развития численных методов. В настоящее время активно исследуются методы глубокого обучения для решения задач. Кроме того, развивается технология параллельных вычислений для ускорения расчетов и решения более сложных задач. Исследование численных методов и их реализация является глобальной проблемой и требует сотрудничества исследователей из разных стран для более точной оценки и разработки алгоритмов.

Изучение численных методов являются собой важную область для изучения, поскольку они помогают развивать навыки в области реализации алгоритмов, анализа данных, а также решению сложных задач. Кроме того, изучение численных методов даст студентам возможность ознакомиться с разными математическими концепциями и принципами, которые применяются в решении задач в различных областях науки и техники. Изучение данных методов поможет развить навык программирования, работу с данными и анализ результатов, что является важным аспектом для многих карьерных путей. Разработка и исследование новых численных методов являются активной областью исследований, это даст возможность студентам принять участия работе и внести свой вклад в развитие этой области [19].

### **Заключение**

Обобщая результаты исследования, можно сделать следующие выводы. Численные методы являются необходимым инструментом для решения сложных математических задач, которые нельзя решить аналитическим способом. Основной задачей методов является нахождение приближенного решения задач, которые используются в физике, инженерии, компьютерных науках и многих других. Основными проблемами численных методов в программировании является выбор, и реализация алгоритма для решения разных типов задач.

Полученные результаты показали, что найти оптимальный алгоритм для решения всех типов задач является сложной задачей, однако исследование выбора среды программирования показало, что оптимальным решением может выступить MATLAB. Также исследование показало, что эффективность выбранного численного метода зависит от сложности, размера задачи, точности решения и скорости выполнения.

В данной работе удалось выполнить все поставленные задачи, а именно удалось показать применения численных методов в высших учебных заведениях. Рассмотрено и проанализировано условия, которые позволили выбрать оптимальный метод для реализации решения. Было рассмотрено анализ сред программирования, что помогло более ответственно подходить к выбору языка программирования.

Проведенный сравнительный анализ помог в выборе оптимального инструмента для реализации численных методов в поставленных задачах. Актуальной областью исследования все еще остается разработка новых методов и алгоритмов, которые повышают точность и эффективность в решениях задач.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку алгоритмов, которые будут позволять оптимизировать решение сложных задач или больших объемов, а также на разработку программного обеспечения, который будет поддерживать оптимальную и легкую реализацию методов. Также это может привести к исследованию по разработке алгоритма, который будет покрывать большинство областей математических задач и обеспечивать оптимальное решение при минимальной затрате ресурсов.

#### Список использованных источников

[1] Mukushev, B.A. Study of body motion in the field of central force. *Herald Of Science Of S Seifullin Kazakh Agro Technical University*. 2021. 3(110). 162-166. [https://doi.org/10.51452/kazatu.2021.3\(110\).743](https://doi.org/10.51452/kazatu.2021.3(110).743)

[2] Tastanova A.S., Hyndaliev N.T., Zulpykhar Zh.E. 2022. Python program features in machine learning // *Научный журнал «Вестник НАН РК»*. 5. 150–160. <https://doi.org/10.32014/2022.2518-1467.366>

[3] Mukhametzhanova B.O., Sagatbekova D.E. Methods for determining dominant structures on digital images. // *Вестник Алматинского университета энергетики и связи*. -2020. -3(50). -С.77-83. <https://vestnik.aues.kz/index.php/none/issue/view/85>

[4] Zhekeeva S.S., Dolmatova L.V., Ushakova E.V. Building of a fuzzy model for evaluating the work of mobile operator's in MATLAB. // *Engineering Journal of Satbayev University*. -2021. -143(5). 132–140. <https://vestnik.satbayev.university/index.php/journal/article/view/608>

[5] Kenessov B., Kapar A. Optimization of headspace solid-phase microextraction of volatile organic compounds from dry soil samples by porous coatings using COMSOL Multiphysics. // *Chemical Bulletin of Kazakh National University*. -2022. 107(4). 4-12. <https://doi.org/10.15328/cb1300>

[6] Semyatova A.N., Kenzhebek E.G. Parallel implementation of the yanenko method for solving the heat equation. // *Bulletin of Kazakh National Women's Teacher Training University*. 2021. 2. 127-135. <https://doi.org/10.52512/2306-5079-2021-86-2-127-135>

[7] Gauss Elimination Method MATLAB Program. -2015. <https://www.codewithc.com/gauss-elimination-method-matlab-program/>

[8] Hepzibah R.I., Emimal S.S.I. On Comparison of Crisp, Fuzzy, Intuitionistic Fuzzy Unconstrained Optimization Problems Using Newton's Method. // *Communications in Mathematics and Applications*. 2021. 13.4. 1295-1305. <https://doi.org/10.26713/cma.v13i4.2187>

[9] GitHub 2021. <https://gist.github.com/weidagang/479077e71a2b3ae9b2c8e279ec60f43b>

[10] Rasheed M., Alabdali O., Shihab S., Rashid A., Rashid T. 2021. On the Solution of Nonlinear Equation for Photovoltaic Cell Using New Iterative Algorithms. // *In Journal of Physics: Conference Series*. 1999(1). 012078. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1999/1/012078>

[11] Елеусізова Г.Р., Рақишєва З.А., Асқарова, А.Ж., Групп Е.А. Сандық әдістер. / Теория және есептер жинағы. -2022.-98 с. <https://repository.kazatu.kz/jspui/handle/123456789/1612>

[12] Martinez J.M. Practical quasi-Newton methods for solving nonlinear systems. // *Journal of computational and Applied Mathematics*7. 124(1-2). 97-121. [https://doi.org/10.1016/S0377-0427\(00\)00434-9](https://doi.org/10.1016/S0377-0427(00)00434-9)



[13] Jamali S., Kalthoro Z. A., Shaikh A.W., Chandio M.S. 2021. A New Second Order Derivative Free Method for Numerical Solution of Non-Linear Algebraic and Transcendental Equations using Interpolation Technique. *Journal of Mechanics of Continua and Mathematical Sciences*. 2000. 16(4). 75-84. <https://doi.org/10.26782/jmcms.2021.04.00006>

[14] Fortunato D., Hale N., Townsend A. The ultraspherical spectral element method. // *Journal of Computational Physics*. 2021. 436. 110087. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2020.110087>

[15] Anwarud D.I.N., Abidin M.Z. Analysis of fractional-order vaccinated Hepatitis-B epidemic model with Mittag-Leffler kernels. // *Mathematical Modelling and Numerical Simulation with Applications*. 2022. 2(2). 59-72. <https://doi.org/10.53391/mmnsa.2022.006>

[16] D'Ambrosio R., Giovacchino D. S. Nonlinear stability issues for stochastic Runge-Kutta methods. // *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. 2021. 94. 105549. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2020.105549>

[17] Ogunniran M.O., Tayo O.A., Haruna Y., Adebisi A.F. Linear stability analysis of Runge-Kutta methods for singular Lane-Emden equations. // *Journal of the Nigerian Society of Physical Sciences*. 2020. 134-140. <https://doi.org/10.46481/jnsps.2020.87>

[18] Lee H., Kim T., Chung T.Y., Pak D., Ban Y., Lee S. Adacof: Adaptive collaboration of flows for video frame interpolation. In *Proceedings of the IEEE/CVF. // Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2020. 5316-5325. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1907.10244>

[19] Mekhnache M., Zerouali K. L'ère numérique: défis et enjeux pour la formation dans l'enseignement supérieur. // *Algerian Scientific Journal Platform*. -2020. -3(2). 437-443. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/135678>

#### References

[1] Mukushev, B.A. Study of body motion in the field of central force. *Herald Of Science Of S Seifullin Kazakh Agro Technical University*. 2021. 3(110). 162-166. [https://doi.org/10.51452/kazatu.2021.3\(110\).743](https://doi.org/10.51452/kazatu.2021.3(110).743)

[2] Tastanova A.S., Hyndaliev N.T., Zulpykhar Zh.E. 2022. Python program features in machine learning. // *Nauchnyy zhurnal «Vestnik NAN RK»*. 5. 150–160. <https://doi.org/10.32014/2022.2518-1467.366>

[3] Mukhametzhanova B.O., Sagatbekova D.E. Methods for determining dominant structures on digital images. // *Vestnik Almatinskogo universiteta jenergetiki i svjazi*. -2020. -3(50). -C.77-83. <https://vestnik.aues.kz/index.php/none/issue/view/85>

[4] Zhekeeva S.S., Dolmatova L.V., Ushakova E.V. Building of a fuzzy model for evaluating the work of mobile operator's in MATLAB. // *Engineering Journal of Satbayev University*. -2021. -143(5). 132–140. <https://vestnik.satbayev.university/index.php/journal/article/view/608>

[5] Kenessov B., Kapar A. Optimization of headspace solid-phase microextraction of volatile organic compounds from dry soil samples by porous coatings using COMSOL Multiphysics. // *Chemical Bulletin of Kazakh National University*. -2022. 107(4). 4-12. <https://doi.org/10.15328/cb1300>

[6] Semyatova A.N., Kenzhebek E.G. Parallel implementation of the yanenko method for solving the heat equation. // *Bulletin of Kazakh National Women's Teacher Training University*. 2021. 2. 127-135. <https://doi.org/10.52512/2306-5079-2021-86-2-127-135>

[7] Gauss Elimination Method MATLAB Program. -2015. <https://www.codewithc.com/gauss-elimination-method-matlab-program/>

[8] Hepzibah R.I., Emimal S.S.I. On Comparison of Crisp, Fuzzy, Intuitionistic Fuzzy Unconstrained Optimization Problems Using Newton's Method. // *Communications in Mathematics and Applications*. 2021. 13.4. 1295-1305. <https://doi.org/10.26713/cma.v13i4.2187>

[9] GitHub 2021. <https://gist.github.com/weidagang/479077e71a2b3ae9b2c8e279ec60f43b>

[10] Rasheed M., Alabdali O., Shihab S., Rashid A., Rashid T. 2021. On the Solution of Nonlinear Equation for Photovoltaic Cell Using New Iterative Algorithms. // *In Journal of Physics: Conference Series*. 1999(1). 012078. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1999/1/012078>

[11] Eleusizova G.R., Rakisheva Z.A., Asqarova, A.Zh., Gripp E.A. (2022) Sandyқ әдистер [Numerical methods]. *Teorija zhәne esepтер zhinazy*. 98. <https://repository.kazatu.kz/jspui/handle/123456789/1612>. (In Kazakh)

[12] Martinez J.M. Practical quasi-Newton methods for solving nonlinear systems. // *Journal of computational and Applied Mathematics*7. 124(1-2). 97-121. [https://doi.org/10.1016/S0377-0427\(00\)00434-9](https://doi.org/10.1016/S0377-0427(00)00434-9)

[13] Jamali S., Kalhoro Z. A., Shaikh A.W., Chandio M.S. 2021. A New Second Order Derivative Free Method for Numerical Solution of Non-Linear Algebraic and Transcendental Equations using Interpolation Technique. *Journal of Mechanics of Continua and Mathematical Sciences*. 2000. 16(4). 75-84. <https://doi.org/10.26782/jmcms.2021.04.00006>

[14] Fortunato D., Hale N., Townsend A. The ultraspherical spectral element method. // *Journal of Computational Physics*. 2021. 436. 110087. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2020.110087>

[15] Anwarud D.I.N., Abidin M.Z. Analysis of fractional-order vaccinated Hepatitis-B epidemic model with Mittag-Leffler kernels. // *Mathematical Modelling and Numerical Simulation with Applications*. 2022. 2(2). 59-72. <https://doi.org/10.53391/mmnsa.2022.006>

[16] D'Ambrosio R., Giovacchino D. S. Nonlinear stability issues for stochastic Runge-Kutta methods. // *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. 2021. 94. 105549. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2020.105549>

[17] Ogunniran M.O., Tayo O.A., Haruna Y., Adebisi A.F. Linear stability analysis of Runge-Kutta methods for singular Lane-Emden equations. // *Journal of the Nigerian Society of Physical Sciences*. 2020. 134-140. <https://doi.org/10.46481/jnsps.2020.87>

[18] Lee H., Kim T., Chung T.Y., Pak D., Ban Y., Lee S. Adacof: Adaptive collaboration of flows for video frame interpolation. In *Proceedings of the IEEE/CVF. // Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2020. 5316-5325. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1907.10244>

[19] Mekhnache M., Zerouali K. L'ère numérique: défis et enjeux pour la formation dans l'enseignement supérieur. // *Algerian Scientific Journal Platform*. -2020. -3(2). 437-443. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/135678>

**B.M. Ukibassov<sup>1</sup>, S.B. Rakhmetulayeva<sup>1\*</sup>, A.K. Bolshibayeva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: ssrakhmetulayeva@gmail.com

## **SEMANTIC SEGMENTATION DEEP LEARNING MODELS IN ECHOCARDIOGRAPHY: CUSTOM DATASET-BASED FINE-TUNING**

### *Abstract*

This study enhances the accuracy of semantic segmentation models in cardiology using a custom echocardiogram dataset. The goal is to adapt an existing deep learning model for better segmentation of heart structures in echocardiographic images, crucial for automated cardiac disease diagnosis. The performance improvement is evaluated using cardiology-specific metrics, showing enhanced segmentation accuracy of cardiac structures. This approach increases the model's clinical utility for cardiologists in diagnostics and treatment planning. The results highlight the potential of customized deep learning models in medical imaging and emphasize the importance of specialized datasets for precision in medical applications. This research contributes significantly to artificial intelligence in healthcare, offering advancements in automated echocardiographic analysis for clinical use.

*Keywords:* self-supervised clustering network, segmentation, synthetic datasets, echocardiogram image processing.

**Б.М. Укибасов<sup>1</sup>, С.Б. Рахметулаева<sup>1</sup>, А.К. Болшибаева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы қ., Қазақстан

## **ЭХОКАРДИОГРАФИЯДАҒЫ СЕМАНТИКАЛЫҚ СЕГМЕНТТЕУДІ ТЕРЕҢ ОҚИТУ МОДЕЛЬДЕРІ: ДЕРЕКТЕР ЖИЫНТЫҒЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН FINE-TUNING**

### *Аңдатпа*

Бұл мақалада эхокардиограмма деректер жинағын пайдалана отырып, кардиологиядағы семантикалық сегменттеу үлгілерінің дәлдігін жақсартады. Зерттеудің негізгі мақсаты - жүрек ауруларын автоматтандырылған диагностикалау үшін маңызды болып табылатын эхокардиографиялық кескіндердегі жүрек құрылымдарын дәлірек сегментациялау үшін терең оқыту модельдерін бейімдеу. Модельдің жұмысының жақсаруы жүрек құрылымдарының сегментациясының дәлдігін көрсететін кардиологияға тән көрсеткіштерді қолдану арқылы бағаланады. Бұл тәсіл диагностика мен емдеуді жоспарлауда кардиологтар үшін модельдің клиникалық пайдалылығын арттырады. Алынған нәтижелер негізінде медициналық бейнелеудегі терең оқыту үлгілерінің әлеуетін және медициналық қолданбалардағы дәлдікті қамтамасыз ету үшін арнайы деректер жиынының маңыздылығын көрсетеді. Бұл зерттеу клиникалық қолдану үшін автоматтандырылған эхокардиографиялық талдаудың жетістіктерін ұсына отырып, денсаулық сақтау саласындағы жасанды интеллекттің дамуына айтарлықтай үлес қосады.

*Түйін сөздер:* өзін-өзі реттейтін кластерлік желі, сегменттеу, синтетикалық деректер жиынтығы, эхокардиограмма кескінін өңдеу.

**Б.М. Укибасов<sup>1</sup>, С.Б. Рахметулаева<sup>1</sup>, А.К. Болшибаева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Международный университет информационных технологий, г. Алматы, Казахстан

## **МОДЕЛИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ В ЭХОКАРДИОГРАФИИ: FINE-TUNING НА ОСНОВЕ НАБОРА ДАННЫХ**

### *Аннотация*

Данная статья посвящена эксперименту по повышению точности моделей семантической сегментации в кардиологии с использованием специального набора данных эхокардиограммы. Цель состоит в том, чтобы адаптировать существующую модель глубокого обучения для лучшей сегментации структур сердца на эхокардиографических изображениях, что имеет решающее значение для автоматизированной диагностики заболеваний сердца. Улучшение производительности оценивается с использованием показателей, специфичных для кардиологии, которые показывают

повышенную точность сегментации сердечных структур. Такой подход повышает клиническую полезность модели для кардиологов при диагностике и планировании лечения. Результаты подчеркивают потенциал индивидуальных моделей глубокого обучения в медицинской визуализации и подчеркивают важность специализированных наборов данных для точности в медицинских приложениях. Это исследование вносит значительный вклад в развитие искусственного интеллекта в здравоохранении, предлагая достижения в области автоматизированного эхокардиографического анализа для клинического использования.

*Ключевые слова:* самоконтролируемая кластерная сеть, сегментация, синтетические наборы данных, обработка изображений эхокардиограммы.

## **Introduction**

Semantic segmentation involves the classification of every individual pixel inside a picture. It may be seen as a more accurate method of categorising a picture. It offers a broad spectrum of applications in areas such as medical imaging and autonomous driving. For instance, in the case of our pizza delivery robot, it is crucial to accurately determine the precise location of the sidewalk inside a picture, rather than just determining its presence or absence.

Given that semantic segmentation falls under the category of classification, the network designs used for image classification and semantic segmentation exhibit significant similarities. In 2014 [1] published a groundbreaking article that used convolutional neural networks to do semantic segmentation. In recent times, Transformers have found use in image classification, such as the ViT model. Furthermore, they are currently being employed for semantic segmentation, therefore advancing the current state-of-the-art.

SegFormer is a semantic segmentation model proposed by [2] in 2021. The model has a hierarchical Transformer encoder that does not use positional encodings, distinguishing it from ViT. Additionally, it incorporates a straightforward multi-layer perceptron decoder. SegFormer demonstrates exceptional performance on many widely-used datasets.

The article [3] makes a substantial contribution to the field by extending prior research and highlighting the capabilities of sophisticated deep learning models in achieving precise and effective left ventricle analysis. Nevertheless, providing a more in-depth exploration of the clinical implications, addressing uncertainties related to additional features, assessing generalizability in complex cases, and comparing the findings to recent advancements would not only enhance the paper's impact but also offer valuable guidance for future research in this promising domain.

Several recent studies have utilised convolutional neural networks (convnets) to address dense prediction problems. These include semantic segmentation, as demonstrated by [4-6]; boundary prediction for electron microscopy, as shown by [2]; boundary prediction for natural images, as demonstrated by a hybrid model combining a neural network and nearest neighbour approach and image restoration and depth estimation, as demonstrated by [5, 6].

## **Research methodology**

Fine-Tune a semantic segmentation is a crucial technique in the field of computer vision and image processing, where the goal is to understand and label each pixel in an image. Unlike image classification, where the entire image is assigned a single label, or object detection, which identifies and locates objects within an image, semantic segmentation goes a step further by classifying each pixel into a predefined category. This leads to a much finer, pixel-level understanding of the image [7].

Semantic segmentation, a critical technique in computer vision and image processing, is renowned for its high precision and pixel-level accuracy. This precision is essential for accurately understanding the shape and boundaries of objects within an image, making semantic segmentation indispensable in various applications.

In the healthcare sector, semantic segmentation plays a pivotal role, particularly in the analysis of medical scans such as MRIs and CT scans. It aids in the identification and segmentation of different

biological structures and anomalies, such as tumors, thereby assisting in diagnosis, treatment planning, and the monitoring of disease progression [5].

A standard 2-dimensional (2D) transthoracic echocardiography acquires several movies from various perspectives using 2D cross-sectional pictures. Video clips may not always include labelled views, so view identification is a crucial process in AI applications. This step is necessary before training the deep neural network and carrying out automated measurement and picture interpretation (Figure 1). Proper selection of the correct perspective is necessary in order to accurately evaluate the echocardiography. Moreover, given that a substantial quantity of annotated data is necessary for training deep learning algorithms, the presence of a view identification algorithm capable of managing this time-consuming and arduous preprocessing stage is anticipated to expedite the progress of artificial intelligence applications in echocardiography.

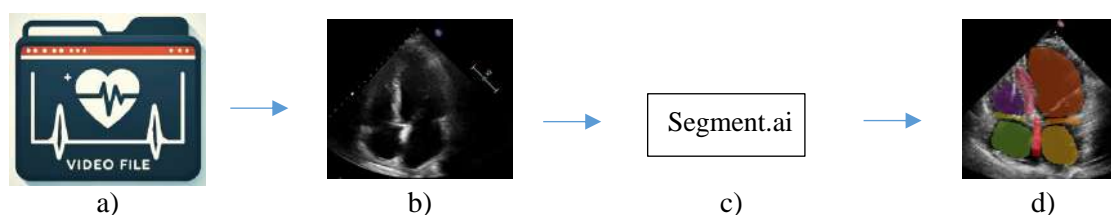


Figure 1. Data pre-processing and labeling (a - echocardiographic video files; b - .png files; c - data labeling tool; d - labeling process)

#### Data pre-processing.

Steps:

1. Echocardiographic video files (in .avi format) see Figure 2.
2. Fragmenting echo video file into separate .png files (use for labeling and further model training process).

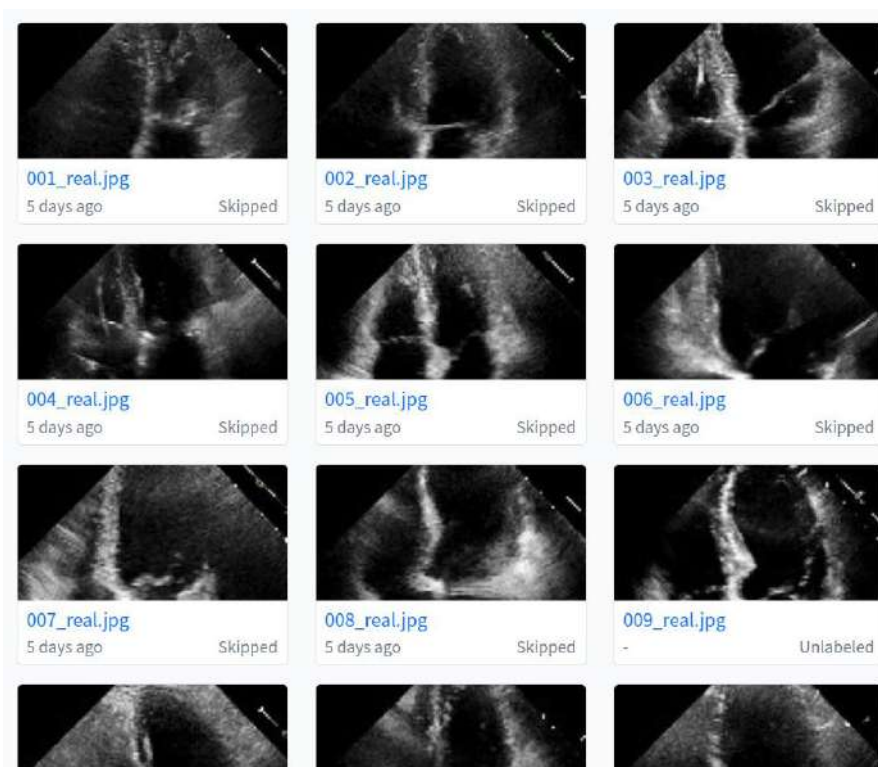


Figure 2. Sample of the fragmented .png files ready for Labeling process

Data labeling for segmentation task.

Steps:

<https://segments.ai/> - data labeling tool. Uploading images from previous step into segments.ai tool for further data labeling process.

By the end of the labeling process, we need to release already labeled data in order to use it for the model training process. Segments.ai provides an easy to use interface to release new datasets.

First, we imported all the necessary packages, such as transformers datasets segments-ai evaluate and ect (Figure 3).

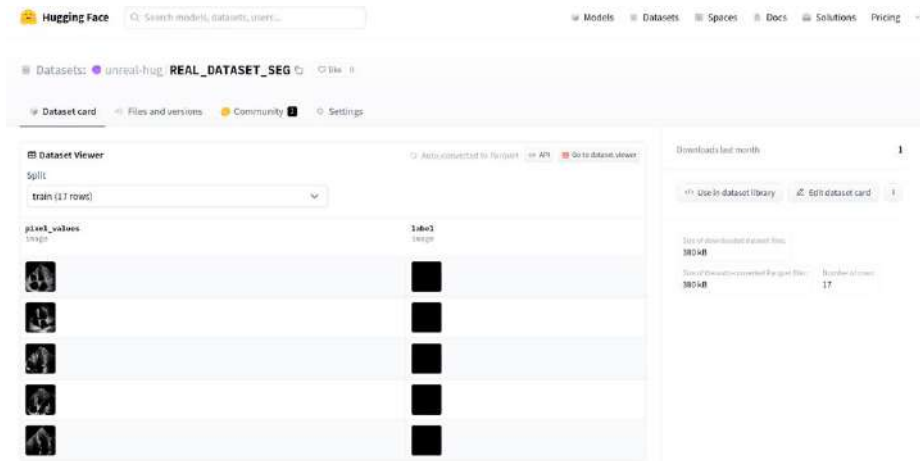


Figure 3. Released dataset on HuggingFace Datasets

Then, we read data from Segments.ai Client as following (Figure 4).

```
from segments import SegmentsClient
from getpass import getpass

api_key = getpass('Enter your API key: ')
segments_client = SegmentsClient(api_key)

Enter your API key: .....

from segments.huggingface import release2dataset

# dataset_identifier = 'label_h/Test_seg'
dataset_identifier = 'label_h/Real_ECHO_Dateset'
release_name = 'Real_v0.1' #'Test_release_v0.1'

release = segments_client.get_release(dataset_identifier, release_name)
hf_dataset = release2dataset(release)

Map: 0%|          | 0/17 [00:00<?, ? examples/s]
Map: 0%|          | 0/17 [00:00<?, ? examples/s]
```

Figure 4. Block of code how to read data from Segments.ai

Then, we set Training arguments such as defining model type, learning rate, number of epochs, batch size, etc. Finally, we call on our Trainer object function train(). Value can be seen in the following figure (Figure 5). The anatomical structures of the heart are crucial for the process of segmentation. The doctor responsible for maternal-fetal care should manually delineate accurate borders around the heart pictures using the data annotation tool (Segment.ai). Segment.ai is an internet-based annotation tool for constructing picture datasets used in computer vision research. A database of ground truths was created using the notable differences in picture quality, forms, sizes, and orientations among the pregnant women. In foetal echocardiography with normal anatomy, each

standard view has a distinct heart chamber structure. Consequently, annotations should be performed for all standard views, including their unique chambers.

```
from transformers import TrainingArguments

epochs = 50
lr = 0.00006
batch_size = 2

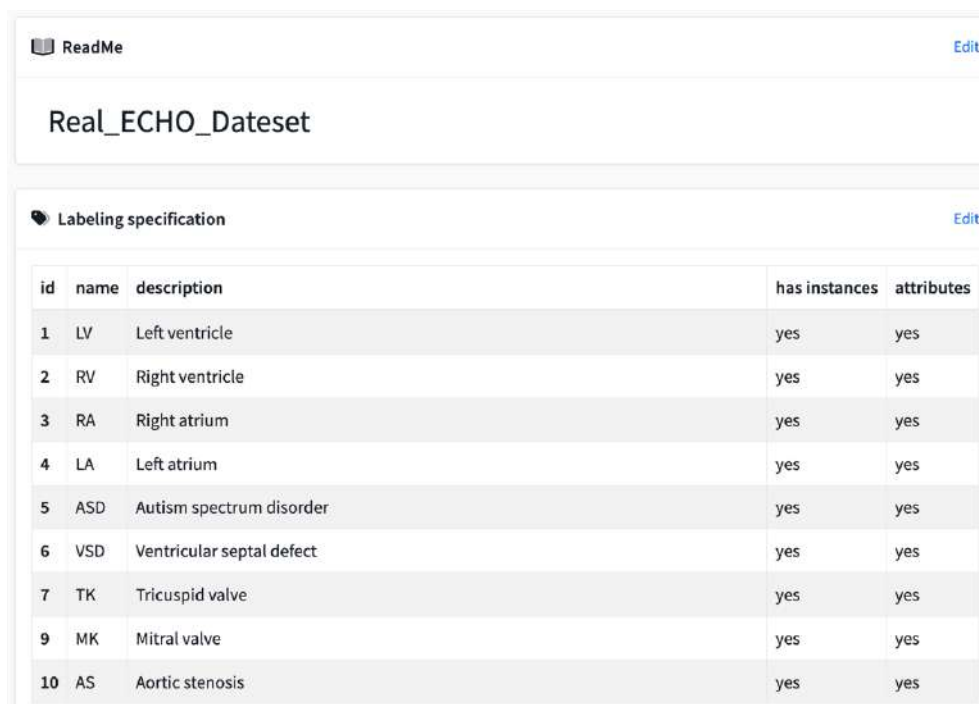
hub_model_id = "segformer-b0-finetuned-segments-ECHO-dev-05-v1"

training_args = TrainingArguments(
    "segformer-b0-finetuned-segments-ECHO-outputs",
    learning_rate=lr,
    num_train_epochs=epochs,
    per_device_train_batch_size=batch_size,
    per_device_eval_batch_size=batch_size,
    save_total_limit=3,
    evaluation_strategy="steps",
    save_strategy="steps",
    save_steps=20,
    eval_steps=20,
    logging_steps=1,
    eval_accumulation_steps=5,
    load_best_model_at_end=True,
    push_to_hub=True,
    hub_model_id=hub_model_id,

    hub_strategy="end",
)
```

Figure 5. Training objects

Examples of such chambers include: The 4CH standard view includes the following heart chambers: aortic (Ao), left atrium (LA), left ventricle (LV), right atrium (RA), and right ventricle (RV), autism spectrum disorder (ASD), ventricular septal defect (VSD), tricuspid valve (TK), mitral valve (MK) and aortic stenosis (AS) (Figure 6).



id	name	description	has instances	attributes
1	LV	Left ventricle	yes	yes
2	RV	Right ventricle	yes	yes
3	RA	Right atrium	yes	yes
4	LA	Left atrium	yes	yes
5	ASD	Autism spectrum disorder	yes	yes
6	VSD	Ventricular septal defect	yes	yes
7	TK	Tricuspid valve	yes	yes
9	MK	Mitral valve	yes	yes
10	AS	Aortic stenosis	yes	yes

Figure 6. Labeling specification

## Results of the study

Specifically for the identification of heart defects, only the four-chamber (4CH) view was used to analyse pictures of atrial septal defects (ASD), ventricular septal defects (VSD), and atrioventricular septal defects (AVSD). Annotated pictures provide a visual representation of the location of a defect in either the atrium, ventricle, or both. Figure 5 illustrates a collection of annotated photos representing the conventional views of 4CH. Figure 5 displays annotated images highlighting the positions of defects in ASD, VSD, and AVSD. Ultimately, the whole set of 401 tagged photos is designated as the ground truth database and thereafter stored with next statistical information (Figure 7).

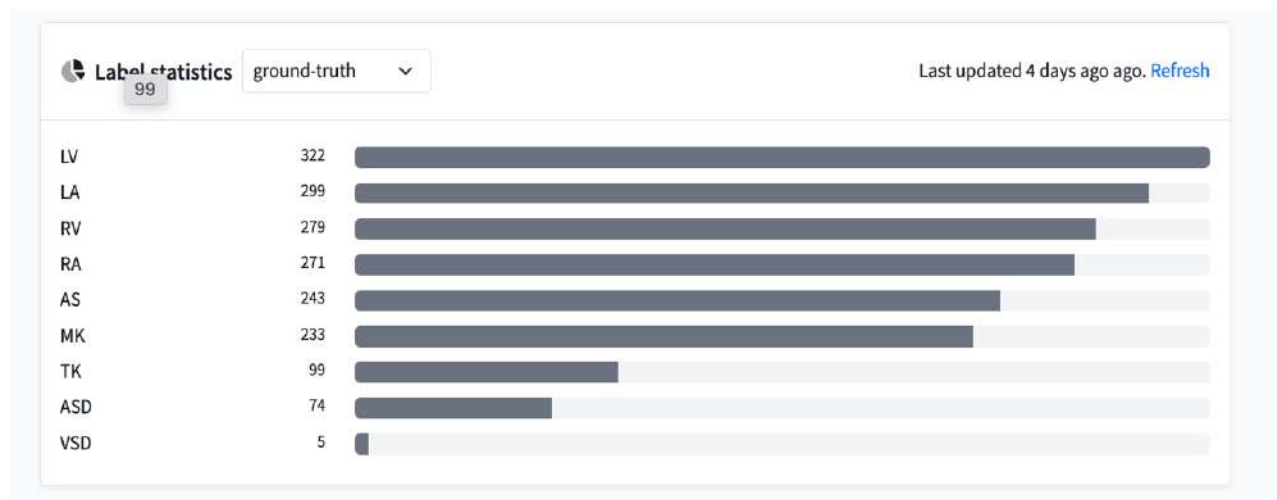


Figure 7. Label statistics

Expert professionals were selected to take part in the image labelling procedure: a top-tier doctor from the Mediterra private medical centre with expertise in cardiac surgery, and a distinguished doctor specialising in cardiology from the Research Institute of Cardiac Surgery. This guaranteed a superior standard of professionalism and precision in the annotation of medical images, which is crucial for attaining optimal outcomes in the procedure.

## Discussion

Echocardiography requires not just imaging expertise, but also depends heavily on subjective interpretation. The potential of AI in echocardiographic interpretation lies in its ability to retrieve non-apparent information, thereby offering promising prospects. An instance of this is the subjective and experience-dependent nature of early identification of congenital heart abnormalities by the visual interpretation of right and left ventricular excursion. An objective classification approach is anticipated to enhance the identification of congenital cardiac abnormalities in clinical settings. A recent research demonstrated that a DL-based algorithm for diagnosing congenital deformity achieved a diagnostic accuracy that was similar to the evaluation made by experts. AI-based echocardiographic evaluation may not be vital for proficient individuals. Nevertheless, the attractiveness of having an objective and quantitative evaluation that eliminates errors caused by different observers is significant, as it may greatly improve the efficiency of everyday clinical treatment. Enhancements in these models would enable their use not only in resting-state echocardiography but also in stress echocardiography, hence broadening their therapeutic applicability.



## Conclusion

This article contributes a substantial progress in the area of cardiac imaging by improving the precision of semantic segmentation models via the use of a carefully selected echocardiography dataset. Through the process of modifying and optimising an already established deep learning model, we have successfully attained exceptional segmentation of heart structures. This accomplishment represents a crucial advancement in the direction of completely automated detection of cardiac diseases. The use of cardiology-specific measures for performance assessment highlights the significant improvement in the precision of heart structure segmentation.

Importantly, the improved method enhances the practicality of the model, offering cardiologists a dependable instrument for diagnosing and arranging treatments. The results of this study highlight the significant capabilities of personalised deep learning models in the field of medical imaging, with a specific focus on the importance of tailored datasets to ensure accuracy in medical applications.

This study represents a significant advancement in the incorporation of artificial intelligence into the field of healthcare. This enables significant improvements in automated echocardiographic analysis, hence assisting doctors in providing timely and precise cardiac treatment. The findings of this study have broader significance in the field of cardiology, serving as a catalyst for future research to use comparable methodology in other medical imaging techniques. This has the potential to significantly transform diagnostic processes in several areas of healthcare.

## Acknowledgements

This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP13068032 - Development of methods and algorithms for machine learning for predicting pathologies of the cardiovascular system based on echocardiography and electrocardiography).

## References

- [1] Jonathan Long, Evan Shelhamer, Trevor Darrell. *Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation*. *Computer Vision and Pattern Recognition (cs.CV)*, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1411.4038>
- [2] Enze Xie, Wenhai Wang, Zhiding Yu, Anima Anandkumar, Jose M. Alvarez, Ping Luo. *Computer Vision and Pattern Recognition (cs.CV); Machine Learning (cs.LG)*, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.15203>
- [3] G.Carneiro, J. C. Nascimento, and A. Freitas, "The Segmentation of the Left Ventricle of the Heart From Ultrasound Data Using Deep Learning Architectures and Derivative-Based Search Methods," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 21, no. 3, pp. 968–982, mar 2012.
- [4] C. Farabet, C. Couprie, L. Najman, and Y. LeCun. *Learning hierarchical features for scene labeling*. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 2018.
- [5] S.B. Rakhmetulayeva., A.K. Bolshibayeva., A.K. Mukasheva, B. Ukubassov, Z.O. Zhanabekov, Diaz, D. *Machine learning methods and algorithms for predicting congenital heart pathologies*. *17th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies, AICT 2023 - Proceedings*, 2023
- [6] F. Ning, D. Delhomme, Y. LeCun, F. Piano, L. Bottou, and P. E. Barbano. *Toward automatic phenotyping of developing embryos from videos*. *Image Processing, IEEE Transactions on*, 14(9):1360–1371, 2019.
- [7] P.H. Pinheiro and R. Collobert. *Recurrent convolutional neural networks for scene labeling*. In *ICML*, 2014.
- [8] Mukasheva, A., Koishiyeva, D., Suimenbayeva, Z., Rakhmetulayeva, S., Bolshibayeva, A., Sadikova, G.(2023). *Com- parison evaluation of unet-based models with noise augmentation for breast cancer segmentation on ultrasound images*. *Eastern-Eu- ropean Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (125)), 85–97. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.289044>

**ИНФОРМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ. БІЛІМ БЕРУДІ АҚПАРАТТАНДЫРУ  
МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ  
ОБРАЗОВАНИЯ**

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

IRSTI 14.35.07

10.51889/2959-5894.2024.85.1.015

**G. Abildinova<sup>1\*</sup>, Zh. Kazhiakparova<sup>2</sup>, D. Abykenova<sup>3</sup>, A. Assainova<sup>3</sup>, T. Sembayev<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup> West Kazakhstan Innovative Technological University, Uralsk, Kazakhstan

<sup>3</sup> Pavlodar Pedagogical University named after A.Margulan, Pavlodar, Kazakhstan

<sup>4</sup> Shakarim university of Semey, Semey, Kazakhstan

\*e-mail: gulmira\_2181@mail.ru

**ACTIVE AND DIGITAL LEARNING METHODS IN EDUCATION**

*Abstract*

The “Training of university teachers to integrate active teaching methods in digital technologies” program aims to transform Kazakhstan's higher education teaching methods by incorporating Case-Based Learning (CBL), Problem-Based Learning (PBL), Team-Based Learning (TBL), and digital technology. Designed to align with global standards, the program seeks to enhance teaching effectiveness and integrate modern technologies through diverse sessions, strategic sequencing, and case studies for real-world relevance. It covers active learning and digital technology modules, reinforced by case studies showcasing practical outcomes. The initiative aligns with national educational reform goals, with a detailed implementation and evaluation strategy. Future research will assess its long-term impact and scalability, marking a significant step towards modernizing Kazakhstan's higher education.

*Keywords:* digital technology integration, training, Case-Based Learning, Problem-Based Learning, Team-Based Learning.

Г. Абильдинова<sup>1</sup>, Ж. Кажиақпарова<sup>2</sup>, Д. Абыкенова<sup>3</sup>, А. Асаинова<sup>3</sup>, Т. Сембаев<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

<sup>2</sup> Батыс Қазақстан инновациялық -технологиялық университеті, Орал қ., Қазақстан

<sup>3</sup> Ә.Марғұлан атындағы Павлодар педагогикалық университеті, Павлодар қ., Қазақстан

<sup>4</sup> Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Семей қ., Қазақстан

**БІЛІМ БЕРУДЕГІ ОҚЫТУДЫҢ БЕЛСЕНДІ ЖӘНЕ ЦИФРЛЫҚ ӘДІСТЕРІ**

*Аңдатпа*

“Университет оқытушыларын цифрлық технологияларда оқытудың белсенді әдістерін интеграциялауға үйрету” бағдарламасы кейстер (CBL), проблемалық оқыту (PBL), командалық оқыту (TBL) және цифрлық технологиялар негізінде оқытуды қосу арқылы Қазақстанның жоғары оқу орындарында оқыту әдістерін трансформациялауға бағытталған. Әлемдік стандарттарға сәйкес әзірленген бағдарлама оқытудың тиімділігін арттыруға және әртүрлі сессиялар, стратегиялық дәйектілік және нақты әлемге қатысты жағдайлық зерттеулер арқылы заманауи технологияларды біріктіруге бағытталған. Ол практикалық нәтижелерді көрсететін жағдайлық зерттеулермен қамтамасыз етілген белсенді оқыту және цифрлық модульдерді қамтиды. Бастама іске асыру мен бағалаудың егжей-тегжейлі стратегиясымен ұлттық білім беру реформасының мақсаттарына сәйкес келеді. Болашақ зерттеулер оның ұзақ мерзімді әсері мен ауқымдылығын бағалауға мүмкіндік береді, бұл Қазақстанның жоғары білімін жаңғырту жолындағы маңызды қадам болады.

*Түйін сөздер:* цифрлық технологияларды интеграциялау, оқыту, жағдайларға негізделген оқыту, проблемалық оқыту, топтық оқыту.

Г. Абильдинова<sup>1</sup>, Ж. Кажиақпарова<sup>2</sup>, Д. Абыкенова<sup>3</sup>, А. Асаинова<sup>3</sup>, Т. Сембаев<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup> Западно Казахстанский инновационно-технологический университет, г. Уральск, Казахстан

<sup>3</sup> Павлодарский педагогический университет имени. Ә.Марғұлан, г. Павлодар, Казахстан

<sup>4</sup> Университет имени Шакарима города Семей, г. Семей, Казахстан

## АКТИВНЫЕ И ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ В ОБРАЗОВАНИИ

### Аннотация

Программа “Обучение преподавателей университета интеграции активных методов обучения в цифровых технологиях” направлена на трансформацию методов преподавания в высших учебных заведениях Казахстана путем включения обучения на основе кейсов (CBL), проблемного обучения (PBL), командного обучения (TBL) и цифровых технологий. Разработанная в соответствии с мировыми стандартами, программа направлена на повышение эффективности преподавания и интеграцию современных технологий с помощью разнообразных сессий, стратегической последовательности и тематических исследований, имеющих отношение к реальному миру. Она охватывает модули активного обучения и цифровых технологий, подкрепленные тематическими исследованиями, демонстрирующими практические результаты. Инициатива соответствует целям национальной реформы образования, с подробной стратегией реализации и оценки. Будущие исследования позволят оценить его долгосрочное воздействие и масштабируемость, что станет значительным шагом на пути модернизации высшего образования Казахстана.

*Ключевые слова:* интеграция цифровых технологий, обучение, обучение на основе кейсов, проблемное обучение, командное обучение.

### Introduction

The landscape of higher education is undergoing a profound transformation worldwide, driven by the rapid advancement of technology and the evolving needs of a diverse student population. This change is particularly pertinent in Kazakhstan, a nation striving to position its educational system at the forefront of global standards. Traditional educational paradigms, primarily characterized by passive, lecture-based learning, are increasingly seen as insufficient in fostering the critical thinking and problem-solving skills essential in today's dynamic world.

Against this backdrop, the introduction of the training program "Training of Higher Education Teachers in Active Learning Methods and Digital Technology Integration" in Kazakhstan represents a timely and strategic initiative. This program is conceived with the dual objectives of modernizing teaching methodologies and integrating digital technologies in higher education. It seeks to address a crucial gap in the professional development of educators, enabling them to transition from traditional to more interactive, student-centered teaching approaches [1].

The significance of this program lies in its alignment with the broader educational reforms underway in Kazakhstan. The national educational policy emphasizes innovation in teaching methods, improved quality of education, and enhanced alignment with international educational standards. The integration of active learning methodologies such as Case-Based Learning (CBL), Problem-Based Learning (PBL), and Team-Based Learning (TBL) represents a paradigm shift from the conventional teacher-centered approach to a more engaging, learner-centric model. This shift is expected to foster greater student engagement, enhance learning outcomes, and better prepare students for the challenges of the 21st century [2].

Moreover, the program recognizes the critical role of digital technology in contemporary education. The integration of digital tools and resources in teaching practices is not just a trend but a necessity in the current digital age [3]. It offers educators innovative ways to enhance learning experiences, engage with students, and manage educational content more effectively. However, successfully integrating technology into teaching requires more than just access to digital tools; it demands a fundamental change in teaching philosophy and methodology, coupled with adequate training and support for educators [4].

In this context, the proposed training program is designed to equip educators in Kazakhstan with the necessary skills and knowledge to implement these modern pedagogical techniques effectively. It

aims to bridge the gap between the existing educational practices and the emerging global trends in higher education, thus contributing to the national goal of creating a more dynamic, inclusive, and forward-looking educational environment.

The introduction of such a program is timely and aligns well with global educational trends, where there is an increasing emphasis on developing critical thinking, collaboration, and problem-solving skills among students. By fostering an environment that encourages active learning and embraces digital innovation, the program stands to not only enhance the quality of education in Kazakhstan but also to set a precedent for educational transformation in the region.

### *Literature review*

The increasing trend in publications (see figure 1) from 2013 to 2023, focusing on "case OR team OR problem AND based AND learning" in Scopus, indicates a growing interest in active learning methodologies like Case-Based Learning (CBL), Team-Based Learning (TBL), and Problem-Based Learning (PBL). This suggests a wider acceptance and application of these methods in education, reflecting the evolving needs of modern learning environments. The notable rise in publications demonstrates an expanding research field, indicating these methodologies' global relevance and potential for future educational innovations.

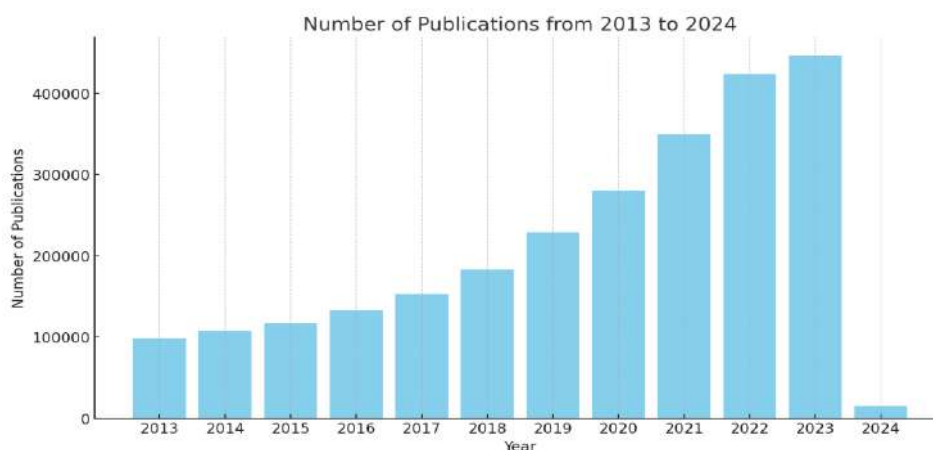


Figure 1. Trends in Publications on Active Learning Methods between 2013–2024

Studies confirm that CBL, PBL, and TBL enhance student engagement and outcomes over traditional lectures [5]. This body of work highlights the increased retention rates, deeper understanding, and improved critical thinking skills among students engaged in active learning environments. PBL, characterized by its student-centered approach, has been shown to effectively develop critical thinking and problem-solving skills. Studies have indicated that PBL enhances students' ability to apply knowledge to real-world situations, thus improving their practical skills and preparedness for professional challenges [6]. TBL's effectiveness lies in its collaborative learning approach. Studies suggest that TBL can significantly improve teamwork and communication skills, and foster a deeper understanding of course content [7]. It encourages active participation and accountability among students, leading to improved academic performance [8]. CBL has been recognized for its ability to bridge theoretical learning with practical application. Studies show that CBL improves decision-making and analytical skills by presenting students with real-life scenarios that require the application of theoretical knowledge [9]. The integration of digital technologies in education has transformed teaching and learning processes. Technology offers innovative ways to facilitate interactive and personalized learning experiences, as evidenced by the increased adoption of digital tools and online learning platforms, especially during the COVID-19 pandemic [10].

The global shift towards skill-based education, emphasizing critical thinking and problem-solving, aligns with Kazakhstan's educational reforms. These reforms aim to modernize the educational

system and align it with international standards [11]. While the benefits of active learning and digital integration are clear, challenges in implementation, such as resistance to change, lack of resources, and training needs, are also notable. However, these challenges present opportunities for innovation and growth in Kazakhstan's educational sector. There is a growing body of research on the effectiveness of professional development programs in equipping teachers with active learning strategies. Studies indicate that well-structured training can significantly enhance teachers' ability to facilitate active learning, leading to improved student outcomes [12].

Research globally and within Kazakhstan underscores the efficacy of active learning strategies like CBL, PBL, and TBL in improving student engagement and learning outcomes. These methodologies foster a more profound understanding and critical thinking, as evidenced by studies like those in Shymkent's schools, which have demonstrated the practical application of these methods in enhancing student learning experiences [13]. PBL, especially in the context of Kazakhstan's medical education reforms, as shown in the Karaganda State Medical University's shift towards PBL and TBL, has been instrumental in developing critical thinking and problem-solving skills. The adaptation of these methodologies indicates a significant shift from traditional rote learning to more dynamic and applied learning approaches. TBL's role in enhancing collaborative skills is particularly relevant in Kazakhstan's educational reform. Research points to improved teamwork and communication skills, critical in a modern educational context. Such collaborative methods are being increasingly valued in Kazakhstan's educational institutions as they align with global educational trends [14]. CBL has proven beneficial in bridging theory with practice. In Kazakhstan, where traditional methods have predominantly focused on theoretical knowledge, CBL presents an opportunity to foster applied learning, as demonstrated by initiatives in certain Kazakhstani universities to incorporate more case-based and practical learning scenarios in their curricula [15].

The integration of digital technology in Kazakhstan's education system, as seen through the initiatives like e-learning environments and digital competence development in schools and universities, is a significant step towards modernizing education. This transition, as mentioned in studies conducted within Kazakhstan, reflects a growing understanding of the need to align educational practices with technological advancements [16]. Kazakhstan's educational reforms, in line with global trends, emphasize skill-based education. The country's efforts in integrating active learning strategies and improving educational outcomes are highlighted in reports and studies focusing on educational transformations in Kazakhstan, showcasing its commitment to aligning with international education standards [17]. Despite the positive impact of active learning methodologies, challenges in their implementation, such as resistance to change and the need for resource allocation, are evident in Kazakhstan. Addressing these challenges is crucial for the successful integration of these methods into the educational system, as seen in various educational institutions across Kazakhstan [18].

Training programs for teachers in active learning methods are crucial. Studies within Kazakhstan have shown that professional development programs significantly enhance teachers' abilities to implement active learning strategies, thus contributing to better student outcomes [19]. Studies conducted in Kazakhstan, such as those focusing on the education of senior graders based on mathematical intuition and logic, reveal that traditional teaching methods, often focused on rote learning, are giving way to more innovative, problem-solving, and critical thinking-based approaches. Such shifts are crucial for improving the overall quality of education in Kazakhstan [20].

### **Research methodology**

*Program Conceptualization and Framework Development.* This paper began with a comprehensive assessment of the current educational landscape in Kazakhstan's higher education sector. Recognizing the need for pedagogical innovation and technology integration, the program was conceptualized to address these gaps. The framework was developed with an emphasis on active learning methodologies, specifically Case-Based Learning (CBL), Problem-Based Learning (PBL),

and Team-Based Learning (TBL), coupled with digital technology integration. This framework aimed to align with global educational standards and respond to the evolving needs of modern learners.

The development of the program's structure and objectives was informed by a thorough review of existing literature and educational models from various global contexts. Academic journals, policy documents, and best practice guides in higher education were meticulously analyzed. These materials were instrumental in shaping the core principles of the program, ensuring that it was grounded in proven pedagogical theories and practices.

The curriculum aims to provide comprehensive insights into active learning and digital education technologies. Each module was developed to focus on specific aspects of these methodologies, ensuring a comprehensive educational experience. The curriculum covered fundamental principles, practical application, and advanced techniques in active learning, supplemented by relevant examples and case studies. The structure of each module was crafted to facilitate an incremental and immersive learning experience for educators.

*Program Structure and Content.* The program was structured to provide a sequential and immersive learning experience. It was divided into distinct phases, each building upon the knowledge and skills acquired in the previous one. This structure was designed to facilitate a deep understanding of active learning methodologies and their integration with digital technologies.

The program comprised several modules, each focusing on different elements of active learning and digital technology. For instance, one module delved into the theory and application of CBL, another explored the nuances of PBL, while a third focused on the dynamics of TBL. Each module was carefully crafted to address specific learning objectives and outcomes, and was enriched with relevant case studies and examples.

Case studies, showcasing successful implementations of active learning and digital technologies, played a pivotal role. These case studies were carefully selected to demonstrate practical applications and outcomes, thereby enhancing the learning experience and offering tangible insights into the effectiveness of these methodologies.

This "Materials and Methods" section outlines the systematic approach taken to conceptualize, design, and structure the training program. It highlights the thorough research and careful planning that went into developing a curriculum that is both theoretically sound and practically relevant. The inclusion of case studies further underscores the program's emphasis on real-world applicability, making it a robust model for educational innovation in Kazakhstan's higher education sector.

### **Results of the study**

We summarize key findings from our needs assessment and their implications for the program's development in the following table to illustrate their connection. Table 1 provides a clear overview of how specific needs identified in Kazakhstan's higher education sector have shaped the structure and focus of the proposed training program. Each program element responds directly to a specific educational need identified in our assessment. The outlined training program, through its six meticulously designed modules, provides a comprehensive and structured approach to enriching the pedagogical skills of higher education teachers. Starting with an introduction to active learning, the program systematically builds on the complexity of educational methodologies, covering CBL, PBL, TBL, and integrating these approaches with digital technologies.

Each module is tailored to not only impart theoretical knowledge but also to ensure practical application through interactive workshops, collaborative projects, and hands-on experiences. The progression from foundational principles of active learning to the sophisticated application of digital technologies and assessment strategies signifies a holistic approach to teacher development.

By the program's conclusion, participants are equipped to transform their educational practices, fostering environments that are more engaging, interactive, and aligned with the demands of contemporary higher education. This initiative stands as a pivotal step towards enhancing the quality of education, promising to prepare students more effectively for the challenges and opportunities of the future (table 1, 2).

Table 1. Correlation Between Needs Assessment Findings and Training Program Development

<i>Key Findings from Needs Assessment</i>	<i>Implications for Training Program</i>
<i>Predominance of traditional, lecture-based teaching methods</i>	<i>Incorporate interactive and student-centered methodologies in the program</i>
<i>Demand for active learning methodologies (CBL, PBL, TBL)</i>	<i>Develop modules focused on CBL, PBL, and TBL techniques</i>
<i>Gap in digital technology integration in teaching</i>	<i>Integrate digital tools and platforms into the curriculum</i>
<i>Need to align with global educational standards</i>	<i>Ensure the program aligns with international best practices in education</i>
<i>Evolving expectations of modern learners</i>	<i>Design the program to be interactive, practical, and technology-rich</i>
<i>Requirement for comprehensive pedagogical reform</i>	<i>Develop a holistic conceptual framework that addresses identified needs</i>

Table 2. Educational Enhancement through Active Learning: A Structured Program Overview

<i>Module</i>	<i>Content Overview</i>	<i>Learning Objectives</i>	<i>Duration and Activities</i>
<i>Module 1: Introduction to Active Learning</i>	<i>Extensive exploration of active learning, covering its evolution, key principles, and various models and techniques. Focuses on the rationale behind active learning and its role in fostering engaging classroom environments.</i>	<i>Understand active learning principles, explore its benefits, and identify challenges in implementation.</i>	<i>Two weeks, with lectures, discussions, group activities, and reflective exercises. Includes quizzes and essays.</i>
<i>Module 2: Case-Based Learning (CBL)</i>	<i>Focuses on Case-Based Learning, exploring its theory, benefits for critical thinking, and the process of designing and implementing case studies.</i>	<i>Design effective case studies, develop discipline-specific case studies, and conduct interactive CBL sessions.</i>	<i>Weeks 3 and 4, with workshops for creating and presenting case studies, and collaborative learning sessions.</i>
<i>Module 3: Problem-Based Learning (PBL)</i>	<i>Dedicated to Problem-Based Learning, discussing its foundational principles, role in fostering critical thinking and self-directed learning, and alignment with learning outcomes.</i>	<i>Formulate real-life problems, facilitate student-led PBL sessions, and integrate PBL in curricula.</i>	<i>Weeks 6 and 7, focusing on theoretical instruction and practical application through workshops and collaborative design of PBL scenarios.</i>
<i>Module 4: Team-Based Learning (TBL)</i>	<i>Centers on Team-Based Learning, covering its essential components, mechanisms like readiness assurance tests and application exercises, and the role of the instructor.</i>	<i>Form and manage learning teams, design TBL sessions, and implement TBL in classrooms.</i>	<i>Weeks 9 and 10, involving interactive lectures, role-playing, and practical application in designing TBL sessions.</i>

<i>Module 5: Digital Technology Integration</i>	<i>Explores the integration of digital technologies in education, highlighting various tools and their enhancement of active learning experiences.</i>	<i>Understand digital tools in education, gain practical skills in technology integration, and critically assess digital tools.</i>	<i>Weeks 12 and 13, featuring interactive workshops on digital tools and collaborative projects for technology integration.</i>
<i>Module 6: Assessment and Evaluation in Active Learning Environments</i>	<i>Focuses on assessment and evaluation strategies in active learning, covering effective assessment tools, digital tools for assessment, and challenges in evaluating collaborative activities.</i>	<i>Design effective assessments, utilize digital tools for assessment, and develop feedback and evaluation techniques.</i>	<i>The final weeks 14 and 15, with seminars, practical application of assessment tools, and collaborative projects on assessment strategies.</i>

*Case studies:*

*Case study "Case-Based Learning Approach in Addressing Real-World Cyber Attacks"*

This case study focuses on a cybersecurity course at a leading technology university. The course was redesigned to incorporate a case-based learning (CBL) approach, directly engaging students with real-world cyber attack scenarios (table 3).

*Table 3. Active Learning in Higher Education: A Comparative Case Study Analysis*

<i>Case Study</i>	<i>Course Focus</i>	<i>Approach</i>	<i>Implementation Highlights</i>	<i>Key Learning Objectives</i>	<i>Outcomes</i>	<i>Conclusion</i>
<i>Case-Based Learning Approach in Addressing Real-World Cyber Attacks</i>	<i>Cyber-security</i>	<i>Case-Based Learning</i>	<i>Interactive sessions analyzing cyber attack cases, group projects developing response strategies.</i>	<i>Practical application, critical thinking, collaborative learning.</i>	<i>Enhanced understanding of cybersecurity, improved analytical and decision-making skills, positive feedback.</i>	<i>Effective in developing practical skills and understanding of cybersecurity complexities.</i>
<i>Implementing PBL in Database Management Systems Course</i>	<i>Database Management Systems (DBMS)</i>	<i>Problem-Based Learning</i>	<i>Weekly real-world database problem scenarios, group work on solutions, instructor as facilitator.</i>	<i>Practical application, critical thinking and creativity, collaborative skills.</i>	<i>Increased engagement and interest, notable skill improvement in DBMS, positive feedback.</i>	<i>Significant positive outcomes in understanding and applying DBMS concepts, skill development.</i>



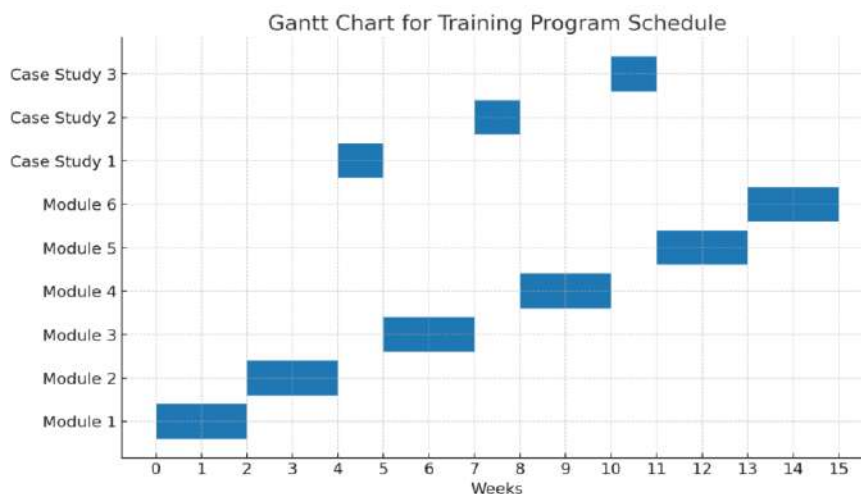
*Case study "TBL for Collaborative Software Development Projects"*

Background: This case study focuses on a software development course at a technical university where Team-Based Learning (TBL) was integrated to enhance the collaborative and practical aspects of learning. The course, previously lecture-centric, was transformed to emphasize teamwork in building actual software projects (table 4).

*Table 4. Enhancing Software Development Education through Team-Based Learning: A Case Study Overview*

<i>Aspect</i>	<i>Details</i>
<i>Background</i>	<i>Focuses on enhancing collaborative and practical learning in software development through TBL at a technical university. The course transitioned from lecture-centric to teamwork on actual software projects.</i>
<i>Course Structure</i>	<i>Semester-long project requiring design, development, and deployment of a software application, covering software design patterns, coding standards, version control, and project management.</i>
<i>Implementation of TBL</i>	<i>Teams formed with diverse skills, project divided into phases (planning, development, testing, deployment), and regular progress review sessions.</i>
<i>Learning Objectives</i>	<i>Encourage collaborative software development, provide real-world project experience, and facilitate interdisciplinary learning across coding, UI/UX design, and project management.</i>
<i>Outcomes</i>	<i>Students improved in teamwork, communication, and problem-solving; projects showed better quality and understanding of the software development lifecycle; positive feedback for the TBL approach's engagement and real-world relevance.</i>
<i>Conclusion</i>	<i>TBL integration was highly effective, enhancing technical and soft skills, and preparing students for industry with an immersive, collaborative learning environment.</i>

The provided Gantt chart (figure 2) visually represents the timeline of our training program, clearly outlining the sequential unfolding of each module and case study over the course of 15 weeks. This chart offers an at-a-glance view of the program's structure, from its initiation at Week 0 to its conclusion, ensuring a clear understanding of the course's duration and content distribution.



*Figure 2. Training Program Timeline Gantt Chart*

## **Discussion**

The "Training of university teachers to integrate active teaching methods in digital technologies" program marks a significant stride in Kazakhstan's educational reform. This program, through its diverse and comprehensive curriculum, directly addresses the challenges faced in the higher education sector, particularly in the context of adopting modern teaching methodologies and integrating digital technologies.

The program effectively overturns Kazakhstan's traditional lecture-based teaching model. By incorporating active learning strategies like CBL, PBL, and TBL, the program not only fosters a more engaging learning environment but also enhances critical thinking and problem-solving skills among students. This shift is crucial in preparing students for the complexities of the modern world and aligns with the evolving educational needs globally.

The program's emphasis on digital technology integration is a timely response to the digital transformation in education. This aspect of the program not only provides educators with the necessary tools and skills to effectively incorporate technology into their teaching practices but also prepares students to navigate the digital-first landscape of the contemporary world.

One of the notable strengths of the program is its scalability and adaptability across different educational contexts. The modular structure and the inclusion of diverse case studies make it relevant and applicable to various disciplines and teaching scenarios. This flexibility is key to the program's potential to cause a ripple effect of educational innovation beyond individual institutions. The program's objectives and structure are in harmony with Kazakhstan's broader educational policies and goals. This alignment ensures that the program not only addresses immediate teaching and learning needs but also contributes to the long-term vision of educational excellence in the country.

## **Conclusion**

The training program stands as a beacon of educational innovation and reform in Kazakhstan. Its well-rounded approach in modernizing teaching methodologies and integrating digital technologies has the potential to transform the landscape of higher education in the country. The program's alignment with global educational trends and national educational policies positions it as a pivotal initiative in elevating the quality and effectiveness of higher education in Kazakhstan.

**Implications for Future Research and Practice:** The program lays a foundation for further research, particularly in assessing the long-term impact of these teaching methodologies and technology integration in various educational settings. Future research can focus on experimental studies in universities to gauge the program's effectiveness over time and explore the integration of emerging technologies.

**Potential for Broader Impact:** As an innovative model, the program has the potential to inspire similar initiatives in other regions, adapting its framework to local educational contexts. It exemplifies how strategic and well-planned educational reforms can significantly enhance teaching and learning experiences, preparing educators and students for the challenges of the 21st century. In conclusion, the "Training of Higher Education Teachers in Active Learning Methods and Digital Technology Integration" program is a significant step towards modernizing and improving Kazakhstan's higher education system. It promises not only to enhance the educational experiences of students and teachers within the country but also to set a benchmark for educational innovation on a global scale.

## **Acknowledgement**

This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No AP19677397 «Training of higher education teachers to apply active teaching methods based on Case-, Team-, Problem-based Learning and digital technologies»).

References

- [1] Zhao W. et al. The effectiveness of the combined problem-based learning (PBL) and case-based learning (CBL) teaching method in the clinical practical teaching of thyroid disease //BMC medical education. – 2020. – T. 20. – C. 1-10.
- [2] Wiek A. et al. Integrating problem-and project-based learning into sustainability programs: A case study on the School of Sustainability at Arizona State University //International Journal of Sustainability in Higher Education. – 2014. – T. 15. – №. 4. – C. 431-449.
- [3] Sych T., Khrykov Y., Ptakhina O. Digital transformation as the main condition for the development of modern higher education //Educational Technology Quarterly. – 2021. – T. 2021. – №. 2. – C. 293-309.
- [4] Bulman G., Fairlie R. W. Technology and education: Computers, software, and the internet //Handbook of the Economics of Education. – Elsevier, 2016. – T. 5. – C. 239-280.
- [5] Freeman S. et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics //Proceedings of the national academy of sciences. – 2014. – T. 111. – №. 23. – C. 8410-8415.
- [6] Anazifa R. D., Djukri D. Project-based learning and problem-based learning: Are they effective to improve student's thinking skills? //Jurnal Pendidikan IPA Indonesia. – 2017. – T. 6. – №. 2. – C. 346-355.
- [7] Peters T. et al. Benefits to students of team-based learning in large enrollment calculus //Primus. – 2020. – T. 30. – №. 2. – C. 211-229.
- [8] Ghahramani A. et al. Team-based and collaborative learning studies in flipped classrooms: A scoping review in higher education //Interdisciplinary Journal of Virtual Learning in Medical Sciences. – 2022. – T. 13. – №. 3. – C. 149-164.
- [9] Lavi R., Marti D. A Proposed Case-Based Learning Framework for Fostering Undergraduate Engineering Students' Creative and Critical Thinking //Journal of Science Education and Technology. – 2023. – C. 1-14.
- [10] Hodges C. B. et al. The difference between emergency remote teaching and online learning. – 2020. – T. 7. – C. 1-3.
- [11] Yakavets N. Educational reform in Kazakhstan: The first decade of independence //Educational reform and internationalisation: The case of school reform in Kazakhstan. 2014. – T. 23. – №. 4. C. 1-27.
- [12] Pereira-Santos D., Prudêncio R. B. C., de Carvalho A. C. Empirical investigation of active learning strategies //Neurocomputing. – 2019. – T. 326. – C. 15-27.
- [13] Parmankulova P. Z. et al. Problem-based learning: integrating web-quest and case-study strategies in students with hearing impairments //International Journal of Innovation and Learning. – 2023. – T. 34. – №. 4. – C. 441-455.
- [14] Riklefs V. et al. Transforming medical education in Kazakhstan: Successful case of internationalization from Karaganda State Medical University //Medical Teacher. – 2018. – T. 40. – №. 5. – C. 481-487.
- [15] Sartania N. et al. Increasing collaborative discussion in case-based learning improves student engagement and knowledge acquisition //Medical Science Educator. 2022. – T. 32. – №. 5. – C. 1055-1064.
- [16] Kassymova G. et al. E-Learning environments and problem-based learning //International Journal of Advanced Science and Technology. – 2020. – T. 29. – №. 7. – C. 346-356.
- [17] Ng M. L. et al. Designing, implementing and evaluating an online problem-based learning (PBL) environment—A pilot study //Clinical linguistics & phonetics. – 2014. – T. 28. – №. 1-2. – C. 117-130.
- [18] Zulkifli N. F. et al. Team-based Learning: Benefits On Learning And Students' Perception //Education in Medicine Journal. – 2019. . – T. 4. – №. 11. – C. 61-69.
- [19] Hendriana H., Johanto T., Sumarmo U. The Role of Problem-Based Learning to Improve Students' Mathematical Problem-Solving Ability and Self Confidence //Journal on Mathematics Education. – 2018. – T. 9. – №. 2. – C. 291-300.
- [20] Popova Y. et al. Improving the effectiveness of senior graders' education based on the development of mathematical intuition and logic: Kazakhstan's experience //Frontiers in Education. – Frontiers, 2022. – T. 7. – C. 1-13.

**A.A. Akzholova<sup>1\*</sup>, G.B. Kamalova<sup>2</sup>, Sh.N. Kutykzhaeva<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> Kokshetau University named after Sh.Ualikhanov, Kokshetau, Kazakhstan

\*e-mail: akjolova.akmaral@mail.ru

## **THE STRUCTURE AND CONTENT OF TEACHING HIGH SCHOOL STUDENTS AL-FARABI TRIGONOMETRY, FOCUSED ON THE DEVELOPMENT OF THEIR COMPUTATIONAL THINKING**

### *Abstract*

The trigonometric heritage of al-Farabi, the great thinker of the Middle Ages, who made an invaluable contribution to the development of world science and civilization, is of enormous theoretical and practical value. It offers unique algorithms for finding the sin 1 degrees and constructing trigonometric tables necessary for solving various practice problems. Their inclusion in modern computer and mathematical education will not only popularize the legacy of the great scientist, but will also enrich the content of teaching trigonometry, strengthening its applied orientation, expand the system of subject knowledge of students, and contribute to the development of skills that determine the essence of computational thinking, which is one of the important goals of modern education. Al-Farabi's trigonometry training should be focused on achieving the specified results. Adequate to the goals and objectives of teaching al-Farabi trigonometry to schoolchildren, it is advisable to determine its subject-thematic content. Purpose of the study: to determine the structure and content of teaching al-Farabi trigonometry, aimed at developing students' computational thinking skills. Results: the basic principles and methods for selecting content are determined, on the basis of which a model of the concept system is built, the structure and content of teaching al-Farabi trigonometry in the context of education digitalization focused on the development of students' computational thinking are determined.

*Keywords:* computational thinking, Al-Farabi trigonometry, block-modular structure, model, learning content.

**А.А. Акжолова<sup>1</sup>, Г.Б. Камалова<sup>2</sup>, Ш.Н. Кутыкжаева<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>Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау қ., Қазақстан

## **ЖОҒАРЫ СЫНЫП ОҚУШЫЛАРЫНЫҢ ЕСЕПТІК ОЙЛАУЫН ДАМЫТУҒА БАҒЫТТАЛҒАН ӘЛ-ФАРАБИДІҢ ТРИГОНОМЕТРИЯСЫН ОҚИТУ МАЗМҰНЫ МЕН ҚҰРЫЛЫМЫ**

### *Аңдатпа*

Әлемдік ғылым мен өркениеттің дамуына баға жетпес үлес қосқан ортағасырлық дәуірдің ұлы ойшылы әл-Фарабидің тригонометриялық мұрасы орасан зор теориялық және практикалық құндылық болып табылады. Онда бір градустағы синусты табудың және практикадағы әртүрлі мәселелерді шешуге қажетті тригонометриялық кестелерді құрудың бірегей алгоритмдері ұсынылған. Оларды заманауи информатика-математикалық білімге қосу ұлы ғалымның мұрасын насихаттап қана қоймай, тригонометрияны оқытудың мазмұнын байытады, оның қолданбалы бағытын күшейтеді, оқушылардың пәндік білім жүйесін кеңейтеді, қазіргі білім беру жүйесінің маңызды мақсаттарының бірі болып табылатын есептік ойлаудың мәнін анықтайтын іскерліктер мен дағдыларды дамытуға ықпал етеді. Әл-Фарабидің тригонометриясын оқыту көрсетілген нәтижелерге қол жеткізуге бағытталуы тиіс. Оқушыларды әл-Фарабидің тригонометриясына оқытудың мақсаттары мен міндеттеріне сәйкес оның пәндік-тақырыптық мазмұнын анықтаған жөн. Зерттеу мақсаты: мектеп оқушыларының есептік ойлау дағдыларын дамытуға бағытталған әл-Фарабидің тригонометриясын оқыту мазмұны мен құрылым анықтау. Нәтижелері: тұжырымдамалар жүйесінің моделі құрылған мазмұнды таңдаудың негізгі принциптері мен әдістері анықталды және оқушылардың есептік ойлауын дамытуға бағытталған білім беруді цифрландыру жағдайындағы әл-Фарабидің тригонометриясын оқытудың мазмұны мен құрылымы анықталды.

*Түйін сөздер:* есептік ойлау, әл-Фарабидің тригонометриясы, блоктық-модульдік құрылым, модель, оқыту мазмұны.

А.А. Акжолова<sup>1</sup>, Г.Б. Камалова<sup>2</sup>, Ш.Н. Куттықожаева<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>Кокшетауский университет имени Ш. Уалиханова, г. Кокшетау, Казахстан

## **СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ СТАРШЕКЛАССНИКОВ ТРИГОНОМЕТРИИ АЛЬ-ФАРАБИ, ОРИЕНТИРОВАННЫЕ НА РАЗВИТИЕ ИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ**

### *Аннотация*

Тригонометрическое наследие аль-Фараби – великого мыслителя эпохи средневековья, внесшего неопределимый вклад в развитие мировой науки и цивилизации, представляет огромную теоретическую и практическую ценность. В нем предлагаются уникальные алгоритмы нахождения синуса одного градуса и построения тригонометрических таблиц, необходимых для решения различных задач практики. Включение их в современное информатико-математическое образование позволит не только популяризировать наследие великого ученого, но и обогатит содержание обучения тригонометрии, усиливая его прикладную направленность, расширит систему предметных знаний обучающихся, будет способствовать развитию умений и навыков, определяющих сущность вычислительного мышления, что является одной из важных целей современного образования. Обучение тригонометрии аль-Фараби должно быть ориентировано на достижение указанных результатов. Адекватно целям и задачам обучения школьников тригонометрии аль-Фараби целесообразно определить его предметно-тематическое содержание. Цель исследования: определить структуру и содержание обучения тригонометрии аль-Фараби, ориентированных на развитие навыков вычислительного мышления учащихся. Результаты: определены основные принципы и методы отбора содержания, на основе которых построена модель системы понятий, определены структура и содержания обучения тригонометрии аль-Фараби в условиях цифровизации образования, ориентированные на развитие вычислительного мышления учащихся.

*Ключевые слова:* вычислительное мышление, тригонометрия Аль-Фараби, блочно-модульная структура, модель, содержание обучения.

### **Introduction**

Digital technologies are rapidly entering the life of modern society and have a great impact on the daily lives of people and the development of the national economy of any country. The expansion of the sphere of digitalization and the use of advanced technologies not only leaves its mark on the organization of knowledge in the modern picture of the world, but also determines the thinking style of modern man. Computer science does indeed have great potential for developing the computational thinking of school children. Its specificity plays a crucial role in honing their computational thinking skills by fostering logical problem-solving, algorithmic thinking, and the ability to understand and devise computational solutions to various real-world problems. Today, the development of students' computational thinking is one of the important tasks of general education in the field of computer science [1-6]. Special attention is paid to teaching schoolchildren trigonometry, developed by the great scientist of the early Middle Ages Al-Farabi in connection with the use of mathematical methods to solve various problems of mathematical astronomy and geography. Interest in the trigonometric heritage of Al-Farabi today causes not only respect for the great scientist and the desire to promote his works, but also has great didactic possibilities and worthy research in the training of mathematics and computer science teachers for both modern school and pedagogical universities. At the same time, its educational aspects and problems of implementation in the educational process have not been considered and reviewed as the separate subject of the study by any researchers. Its relevance, pedagogical significance and insufficient scientific development were the reasons for choosing the research topic. The purpose of the study is to determine the content and structure of al-Farabi's trigonometry training aimed at developing students' computational thinking.

### **Research methodology**

The following set of methods was used during the research: theoretical analysis of scientific and methodological literature to determine the degree of research on the issue under consideration, taking into account criteria and methods, a model of the conceptual system of the course “al-Farabi trigonometry in the context of digitalization of education” and determining the structure of the content of education.

### **Results of the study**

We consider the methodical system of teaching al-Farabi trigonometry as a pedagogical structure according to A.M. Pyshkalo, the main components of which are the goals, content, methods, forms and means of teaching. The result of training will depend on all these elements, which some leading methodologists call a methodical system of training.

The following principles are based on the construction of goals system for teaching al-Farabi trigonometry to high school students:

1. Correspondence of the goals and objectives of teaching trigonometry to al-Farabi with the current state of science in the field of trigonometry, computer science and informatization of education.
2. Correspondence of the goals and objectives of teaching al-Farabi trigonometry with the state educational standard.
3. Correspondence of the goals for teaching al-Farabi trigonometry with modern processes of modernization and unification of education.

In accordance with these principles, the following goals are set:

1. Enrichment and deepening of the basic knowledge system of students in trigonometry, algorithmization and programming using the algorithmic approach typical for a scientist to solving problems considered by al-Farabi in their learning system;
2. To develop high school students' computational thinking skills necessary for life and self-development in the modern digital world by solving problems from the trigonometric heritage of al-Farabi. This is an important goal of the course and depends on the development strategy of modern society based on knowledge and high-performance technologies.

To achieve the set goals in determining the content of teaching trigonometry al-Farabi, it is necessary to establish a balance between fundamental knowledge of trigonometry and knowledge of algorithmization and programming in a computer science course, structure the teaching material in such a way as to facilitate its understanding by students taking into account its intra-subject and interdisciplinary connections, determine the practice-oriented nature of al-Farabi's legacy and solve all in it, the vision tasks are to implement them on a computer using modern software.

One of the options for presenting educational material may be a block-modular structure that meets modern requirements for the presentation of educational material and the organization of the educational process due to the limited number of hours allocated for classroom training. This approach ensures the transparency of the course allows you to change its content and, with appropriate adjustments, can be used not only in teaching students, but also in the system of training future teachers of computer science and mathematics [7-8].

The block-modular approach to teaching aims to enhance independent activity and provides the following opportunities:

- Enhance the effectiveness of learning;
- Form creative abilities of students;
- Improve the quality of the acquired knowledge;
- Form the ability to self-assessment, self-management and self-education.

Moreover, the application of the block-modular approach in teaching will allow:

- to implement differentiation and individualization in teaching depending on the level of students' knowledge and skills and ensure the progress growth through the program;

-provides flexibility in the content of training through the organization of educational and cognitive activities according to an individual curriculum, adaptation to the individual needs of the individual and the level of its basic training, allows you to study more educational material, despite the reduction in the time allotted for classroom classes.

The theory of modular learning, like any didactic theory, is based on didactic principles that determine its general orientation, purpose, content, ways of organizing and managing the cognitive activity of students. According to the definition of the modern didactician V. I. Zagvyazinsky, "The principle of learning is knowledge of the essence, content and structure of learning in the form of norms of activity, instructions, rules, its laws and patterns." Analyzing the work in the field of modular training, we can highlight the following principles of its organization: modularity, structuring, dynamism, activity, problematic, variability, adaptability, flexibility, continuity, implementation of feedback, conscious perspective and parity [9].

1. The principle of modularity. This determines the modular approach to training, which is reflected in the content, organizational forms and teaching methods. According to this principle, training is built on individual "functional units" - modules designed to achieve specific didactic goals. The module is the main tool for modular learning, it is a complete block of information, and includes a teaching aid that ensures the achievement of didactic tasks set by the target program of activities. In this regard, the content of the module must meet the requirements of consistency, integrity, compactness and independence.

2. The principle of structuring the content of education into separate elements ensures the hierarchy of didactic goals, the consistency and integrity of the report, the logical completeness and independence of the modules, the problematic nature of the content, and the clarity of the appearance of the module. This principle means that the educational material within the module can be considered not only as a single whole, aimed at solving a complex didactic goal, but also as a specific structure consisting of individual elements.

3. The principle of dynamism ensures free change in the content of modules, taking into account the dynamics of the social order. In this form, the module should present its elements in such a way that they can be easily replaced.

4. The principle of flexibility requires the creation of such modules so that the content of learning and the way it is taught can be easily adapted to the individual needs of students. At the same time, it is necessary to ensure control and self-control after achieving a specific training goal.

5. The principle of conscious perspective. This principle requires students to understand future learning prospects. This principle has a broad content. Strict management of students' activities deprives them of initiative and independence, and reduces the role of an independent educational process.

6. The principle of comprehensive methodological consultation. This principle presupposes sufficient provision of professionalism in the cognitive activity of the student and the pedagogical activity of the teacher.

The principles of modular learning are closely related to each other, they all reflect the features of creating educational content.

Traditional teaching emphasizes general didactic principles for the formation of learning content. These include:

- the principle of conformity of the content of education with the needs of social development, based on this, there is a need to add to the content of education not only knowledge, but also fragments that provide the experience of human creative activity and the experience of personal interaction with the value system created by humanity. Today, in the conditions of universal digitalization of society, specialists with computational thinking skills are needed;

- the principle of unity of content and procedural side of education, namely the integrity of subject content, as well as methods of mastering this content;

- the principle of structural unity of the content of education at its different levels.

The focus of the developed teaching methodology on the development of students' computational thinking skills allows us to highlight didactic principles, and based on this, the selection of training content is carried out:

- *the scientific principle* of content includes the correspondence of the teaching content to the modern level of science, the creation in students of correct ideas about the general methods of scientific knowledge, the description of important patterns of the process of scientific knowledge. It is necessary to rely on basic concepts, theorems, algorithms, methods and the current level of development of computer science and mathematics (section of trigonometry);

- *the principle of sequence and order* presupposes the display of meaningful and logical connections, taking into account the cognitive capabilities of students, previous training, and the content of other subjects; To implement this principle, it is necessary to highlight the most important concepts, terms and associations that form the basis of the material being studied. In addition, it is necessary to form a strict logical structure for studying each topic from simple to complex, from unknown to known.

- *the principle of consistency* includes showing the structural connections between blocks of the studied material, adequate to the connections within the scientific theory, paying attention to the system-activity approach to teaching, comprehensive achievement of learning outcomes based on the formation of meta-subject learning. activity;

- *the principle of interdisciplinary communication* includes the study of general theory, laws, concepts, general scientific methodological principles and methods of scientific knowledge, the formation of general educational ways of thinking;

- *the principle of connection between the theory and practice* of learning and life is to observe and explain the content of certain activities, as well as phenomena that arise in certain images of the objects and processes being studied, modeling, thought experiments, etc. d. includes the inclusion of material of an applied nature in connection with the inclusion of related activities;

- *the principle of accessibility* assumes that the volume and complexity of educational material correspond to the real capabilities of the student in the field of its development. Y. A. Komensky formulated the well-known rules for the practical implementation of this principle: from simple to complex, from known to unknown, from simple to complex [10]. At the same time, this principle does not mean simplifying the content of training, since in this case students' interest in learning decreases and the necessary skills are not formed. When teaching al-Farabi trigonometry, this principle requires the teacher to present materials based on previously acquired knowledge and skills from the trigonometry section of the algebra course and the algorithms and programming section of the computer science course necessary for students to successfully master this course;

Memorization and updating of educational information depends on the content of the educational material, forms, methods and means of teaching, as well as the personal attitude of students. This attitude is influenced by various objective and subjective factors: the regional social order for studying the course, students' understanding of the importance of obtaining new knowledge, the microclimate in the team, the level of readiness to perceive the material, the physiological state of the student characteristics, etc. *The principle of differentiation and individualization* involves taking into account the abilities, interests and professional intentions of the student in the content of education;

- *the unity of the teaching content or the principle of integrability* [11], which is expressed in the fact that the integration components in the form of knowledge in mathematics and computer science create the subject "Al-Farabi trigonometry in the conditions of digitalization of education". Firstly, the content of the training is based on the previously studied mathematical apparatus and the apparatus of computer science, namely, knowledge of programming and modern software. Secondly, the mentioned apparatus can be included in the training content as part of it, if it has not yet been considered;

- *the principle of forming a positive attitude* to education and motivation includes the content of education materials about new achievements and innovations, examples of the application of scientific knowledge in life, etc;



- *the principle of developing learning* is aimed at increasing the level of intelligence and cognitive structures of the student's personality, the development of mental cognitive processes of students: feelings, perception, imagination, memory, thinking based on the information approach.

These principles are the main directions and elementary components of the selection of the content of educational material, based on the content of educational material designed to ensure not only the formation of students' ideas about the history of trigonometry, its practical significance, but also the development of their computational thinking skills.

The key to the successful mastering of the curriculum by students, improving the quality of training and the development of computational thinking skills is the selection of the content of the educational material in accordance with the set goals, the creation of a system of concepts and thesauri of the training course [12].

The system of concepts of the training course is understood as didactic, linguodidactic and psychological principles, concepts of a certain subject area, the content of which is expressed taking into account formal, substantive requirements and represents a scientifically and methodically sound integrity, the content of which is necessary and sufficient for the development of students over a certain period of time.

You can use several approaches to constructing a system of concepts for a training course:

- the system of concepts is drawn up in the form of an arbitrary list;
- compiling a thesaurus, (a list of concepts compiled taking into account the connections and relationships between them);
- compiling a list of concepts taking into account the sequence of occurrence of the concepts “connection” and “relationships” (historical approach);
- building a system around one or more concepts with an emphasis on basic concepts in learning;
- orientation of the system of concepts towards teaching students the individual aspect of the subject.

The listed methods and approaches to systematizing the concepts of the subject area are considered in the works of T. A. Kuvaldina, N. I. Pak and others [12-14]. The thesaurus method was used in combination with a logical-semantic approach and analysis of network models to systematize the concepts of the course "The trigonometric Heritage of al-Farabi".

A thesaurus is an interconnected description of the relationships between concepts, as well as a way of describing a system of concepts. According to T. A. Kuvaldina, “an educational thesaurus is a formal model of the system of basic concepts of a training course in the form of an interconnected characteristic of the relationships between concepts in combination with a list of definitions of terms and a set of formal logical schemes” [12].

The thesaurus method allows you to identify the main concepts of the course “The trigonometric heritage of al-Farabi”, establish hierarchical connections between them, establish a logical basis for constructing a model of student’s knowledge at the end of the course, structure the course program at the initial stage of development on a scientific basis, and also determine methods for processing concepts and ways to include them in the student’s individual thesaurus.

The thesaurus can be presented in four parts.

- lexical-semantic (set of terms);
- system index of term descriptors;
- indicator of hierarchical interrelation of term descriptors;
- term permutation index (according to the natural science dictionary, the thesaurus permutation index is a pointer that lists all individual words included in the phrases that form descriptors in alphabetical order, and also indicates all descriptors containing these words for each word).

A descriptor (*describere* in Latin means “to describe”) is an unambiguous keyword or code with a fixed meaning that serves to express the main semantic content of the presented text in a more concise form.

The terms that make up a thesaurus can be in one of three different relationships:

- equivalence relations (synonyms);

- intersection relationship (when the semantic meaning of a concept partially intersects with another concept);
- relations of subordination (a situation where one concept is a semantic part of another).

A subject thesaurus can be created top-down, breaking large concepts into components, or bottom-up, starting with small details at low levels of abstraction and integrating them into an overall structure. It is advisable to build the system of concepts related to the course “Trigonometric Heritage of Al-Farabi” from top to bottom. T. A. Kuvaldina identified and showed several stages of creating a model of concepts’ system (Fig. 1).

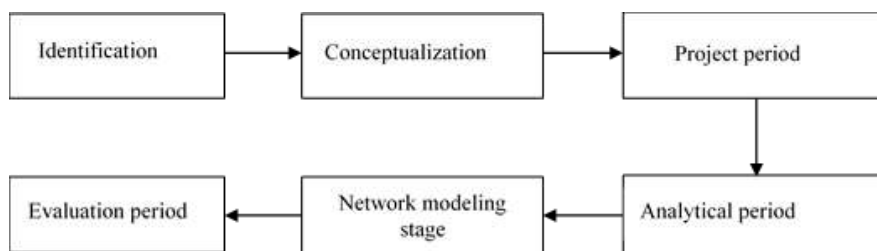


Figure 1. Stages of building a model of a system of concepts

1. At the identification stage, the objectives of the training course are determined.
2. At the stage of conceptualization, the content of the training course is determined, that is, the composition and nomenclature of concepts, the selection of keywords and descriptors, the compilation of a glossary.
3. The design stage involves developing the course content in the form of concepts’ system, creating a model reflecting the natural-logical structure of the system of concepts.
4. At the analytical stage, the model is divided into parts according to individual complex descriptor concepts, as well as topics and sections of the training course.
5. The stage of network modeling includes the creation of formal logical schemes (semantic graphs of concepts) that determine the choice of the network model and the sequence of representation. Petri nets are used to build a network model in the form of positions, transitions and arcs.
6. At the evaluation stage, the analysis of the consistency and accessibility of the model is carried out (i.e., the absence of a “vicious circle” in the relations of terms and relations) [12].

For the course “Al-Farabi trigonometry in the context of digitalization of education”, a model of the system of concepts of this course can be obtained by consistently applying the above stages of constructing a model of the system of concepts (Fig.2). The model is a cylinder divided into layers, each of which has its own semantic load [15-16]. The lowest layer is the areas of reference knowledge that contain the concepts and connections between them necessary for a complete understanding of the material of the proposed course. This layer refers to other subjects that provide interdisciplinary communication: sections “Trigonometry” and “relations between the sides and angles of a right triangle” in algebra and geometry courses, sections “representation and measurement of information”, sections “computational thinking” and subsections “algorithmization” and “programming” in computer science courses.

The following layers of the “cylinder of concepts” are defined hierarchically. Above the base layer there are concepts of the first level, the formation of which is based on basic (reference) knowledge. Connections in the model occur not only between neighboring levels. So, it can be seen that the algorithmic part is included in the entire model through direct communication.

The next section (blocks of second-level concepts) is devoted to the formation of concepts directly related to al-Farabi plane trigonometry. This layer is responsible for the formation of basic ideas about trigonometric straight lines, trigonometric functions through the chord of an arc, methods for finding sine values for some angles, including sin 1 degree, algorithms for tabulating trigonometric functions with the previous level. support.

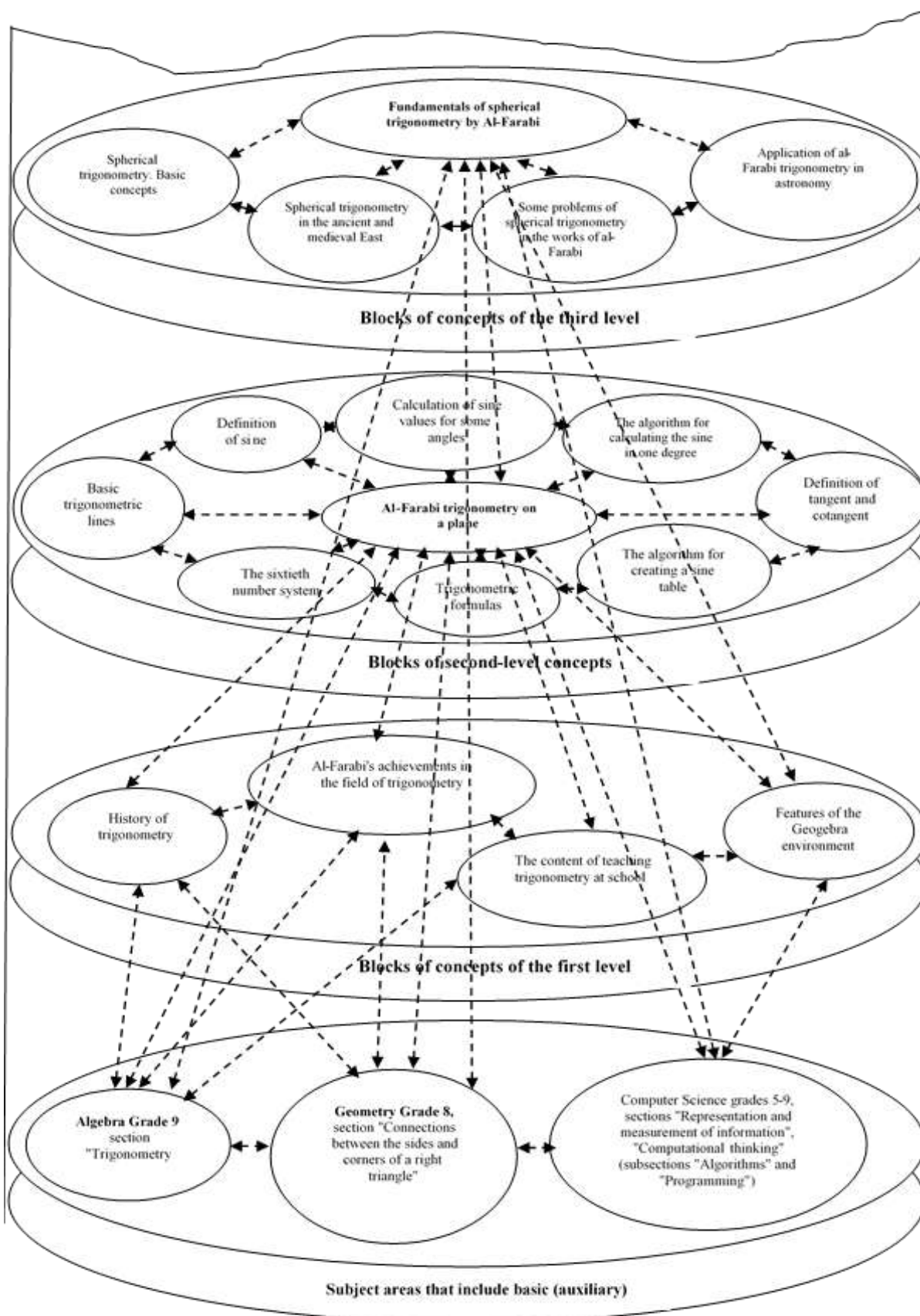


Figure 2. Model of the conceptual system of the course “al-Farabi Trigonometry in the context of education digitalization ”

The following layers of the “cylinder of concepts” are defined hierarchically. Above the base layer there are concepts of the first level, the formation of which is based on basic (reference) knowledge. Connections in the model occur not only between neighboring levels. So, it can be seen that the algorithmic part is included in the entire model through direct communication.

The next section (blocks of second-level concepts) is devoted to the formation of concepts directly related to al-Farabi plane trigonometry. This layer is responsible for the formation of basic ideas about trigonometric straight lines, trigonometric functions through the chord of an arc, methods for finding sine values for some angles, including  $\sin 1$  degree, algorithms for tabulating trigonometric functions with the previous level. support.

The third layer of concepts and relationships will be associated with the problems of al-Farabi’s spherical trigonometry and its application in astronomy, such as large and small circles on a sphere, the shortest distance between points on a sphere, the concept of spherical trigonometry. triangle, basic formulas of spherical trigonometry. They deepen further understanding of previously acquired knowledge. Knowledge at this level is used to solve complex astronomy problems.

The proposed model can develop on a plane, increase the number of blocks of concepts and connections between them, and also form new, complex levels in height. Based on the proposed knowledge model, in the logic of creating the content of al-Farabi trigonometry in the form of a block-modular structure, it is advisable to implement the following blocks:

- a block containing theoretical data from the history of the development of trigonometry and the definition of the problems it solves, as well as its place in mathematics, its objects and research methods, the role of al-Farabi in the history of the development of trigonometry, trigonometry and its achievements;

- a block containing theoretical information about al-Farabi trigonometry on a plane in the context of digitalization of education. All modules included in this block are mandatory because they cover the basic concepts of al-Farabi, formulas, algorithms and their proofs. Each module of this block, like all other blocks, contains theoretical material, questions and tasks for self-control.

- a block containing theoretical information about al-Farabi spherical trigonometry and its application in astronomy in the context of digitalization of education. Modules 1 and 2 of this module are mandatory for study, since they cover the basic concepts of spherical trigonometry, the history of its development and the role of al-Farabi in it. Modules 3 and 4 are optional, one of them is compulsory for students to choose from.

Figure 3 below shows the structure of the training content in al-Farabi trigonometry, which is integrated into thematic blocks formed on the basis of the proposed knowledge model, taking into account the above principles of content selection.

The first module includes information about the history of the development of trigonometry and the problems it solves, its place in mathematics, as well as the achievements of al-Farabi in trigonometry, their role in the history of the development of trigonometry. One of its main goals is the formation and development of students’ constant interest, increasing their motivation to study al-Farabi trigonometry.

The second module of the course presents all the information about trigonometry in the scientist's plane. This material is directly related to the trigonometry section of the school algebra course. The definition of sine here is slightly different, but it is related to the chord widely used by the Greeks at the time. Without limiting this, one can also show its connection with the currently used interpretation of this concept. The need to introduce the sine and the history of the development of this concept can be seen in the “Chronology”, info graphics, etc. can be displayed using modern digital tools. This certainly enriches the content of teaching algebra and computer science and strengthens students’ knowledge. In addition, other trigonometric functions are introduced. Students are given the task of creating a table of sine values. To do this, first you need to find the value of  $\sin 1$  degree. However, you should find it without using calculator and an accessible table.

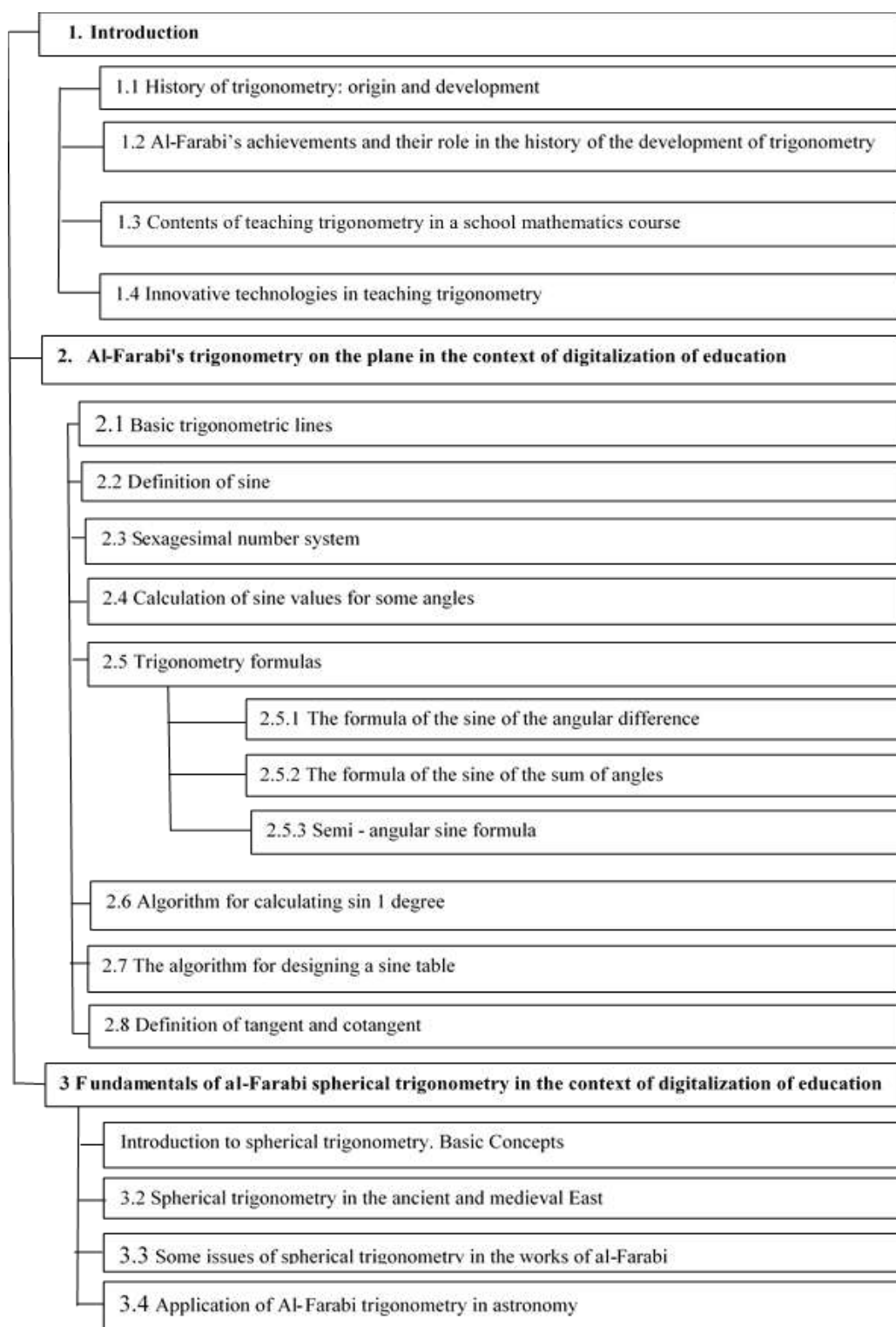


Figure 3. Structure of the educational content of the course “al-Farabi Trigonometry in the context of digitalization of education”

What is al-Farabi suggesting here? Break the problem into small, easily solvable parts, i.e. decompose it (decomposition). The proof of trigonometric formulas, finding the values of the sine for some grades: the difference sine and the sum of two grades, the semi-argumentative sine is considered in the scientist’s legacy as part of the solution to the problem of finding a  $\sin 1$  degree and designing a table. Values within a certain range based on it. Each of them represents a separate task; once the student starts solving it, he can concentrate on solving the remaining problems. Nevertheless,

he understands what it takes to solve this problem. He becomes more interested in it and learns to make more decisions that are meaningful.

The algorithmic approach used by al-Farabi in solving mathematical problems makes it possible to simplify the presentation of the solution to each of the problems under consideration in the form of a sequence of steps and implement it on a computer. A student can write algorithms for solving both problems and general problems of the sine table in different ways. This will not only enhance students' knowledge of trigonometry but will also develop their algorithmic skills. Students can generalize the algorithm for solving the problem of constructing a table of sines to other trigonometric functions. Analyzing the algorithm and how the program works helps them develop their evaluation skills.

In the modern digital environment, their solution is impossible to imagine without using the capabilities of a computer, and students should know this. Of course, the task of creating a table of trigonometric functions requires automation, development and implementation of a program based on algorithms created by al-Farabi. This helps students develop the ability to recognize real problems and use computers to solve them. At the same time, it contributes to the development of their programming skills.

### Discussion

The course content includes the study of the sexagesimal number system, which was common among the ancient Greeks and was used in calculations in the Middle East in ancient times. Moreover, in al-Farabi trigonometry, calculations are given in the sexagesimal number system. Unlike many other number systems, the sexagesimal system is practically not used in computer science, but is becoming increasingly convenient for measuring angles and geographic coordinates. The standard unit of sexagesimal is Degrees (360 degrees), followed by minutes (60 minutes = 1 degree) and then seconds (60 seconds = 1 minute). Currently, the sexagesimal system is mainly used to measure angles and time. Additionally, the sixty-year system in the People's Republic of China outside Europe is sometimes applied not only to seconds and minutes, but also to years. The third module examines spherical trigonometry, the history of its development and some problems of application in astronomy in the works of al-Farabi. Its main purpose is to enhance students' knowledge of trigonometry and develop computational thinking skills. Structurally, all modules include:

- sections with specific goals containing theoretical information; a deductive method is used to present it (up to examples and practical actions on concepts);
- exercise tasks that require the use of module information to analyze the student's real practical activities;
- brief conclusions on the content of each section;
- methods for assessing the quality of work performed;
- bibliography by sections.

The above course content is mainly aimed at developing students' computational thinking skills (Table 1).

Table 1. Matrix of distribution of computational thinking skills by module topics

№	Computational thinking skills	Subject module that promotes skill development №									
		2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	3.1	3.2
1.	Decompose (decomposition)				+	+	+	+		+	+
2.	Abstraction	+	+		+	+	+	+	+		+
3.	Algorithmization			+	+	+	+	+		+	+
4.	Generalization		+			+		+			+
5.	Assessment		+			+	+	+	+		+

## Conclusion

In conclusion, we can say that when choosing content for introducing a new discipline (or supplementing an existing program), work is often required to determine methods, techniques, teaching aids, a range of tasks for practical activities, the topic of projects, the content of independent work and other aspects of the educational process.

In this regard, the content of the course “al-Farabi trigonometry in the context of digitalization of education” was compiled, dedicated to the development of students’ computational thinking skills.

## References

- [1] Wing J. *Research Notebook: Computational Thinking – What and Why?* –2010. – URL: <http://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why>
- [2] *Operational Definition of Computational Thinking for K-12 Education*. Computer Science Teachers Association [Электрон. ресурс]. – 2011. – URL: <http://csta.acm.org/Curriculum/sub/CompThinking.html>
- [3] Хеннер Е.К. Вычислительное мышление /Образование и наука. – 2016. – № 2(131). – С.18-33. – URL: <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2016-2-18-33>
- [4] Мукашева М.У. Программирование в школе и вычислительное мышление. /Вестник ЗКУ, 2018. – №4(72). – С.48-59
- [5] Берман Н.Д. Роль информационных технологий в развитии навыков вычислительного мышления /Мир науки. Педагогика и психология. 2019. – №2, том 7. – С.1-8
- [6] Баранов А.В. Дидактический потенциал учебных физических задач в формировании вычислительного мышления студентов ИТ-направлений//Научно-педагогическое обозрение. Pedagogical Review. 2019. – №1(23). – С.144-150. –DOI 10.23951/2307-6127-2019-1-144-150
- [7] Wing J. *Computational Thinking* // *Communications of the ACM*. – 2006. – Vol. 49 (3), p.33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.
- [8] Aho A.V. *Computation and Computational thinking* // *The Computer Journal*. – 2012. – V.55, No.7, p.832-835. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>
- [9] Шамова Т.И., Давыденко Т.М., Шидамова Г.Н. *Управление образовательными системами: Учеб.пособие для студентов высш.пед.учеб.заведений.*- М.:Издательский центр «Академия». 2002.- 384 с.
- [10] Селевко Г.К. *Энциклопедия образовательных технологий: В 2 т. Т. 1. М.: НИИ школьных технологий, 2006. – 816 с.*
- [11] Макарова Н.В. *Научные основы методической системы обучения студентов вузов экономического профиля новой информационной технологии. Диссертация на соискание научной степени д.пед.н. в форме научного доклада. – СПб, 1992. –53с.*
- [12] Кувалдина Т.А. *Систематизация понятий курса информатики на основе методов искусственного интеллекта. Дисс. на соиск. степени д. пед. наук: Москва. – 2003.-280 с. 13.00.02,*
- [13] Григорьев С.Г., Гриншкун В.В., Кувалдина Т.А. *Иерархии в моделировании логической структуры предметных областей // Материалы VI Общероссийской научной конференции «Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке». СПб.: Санкт-Петербургский университет, 2000.*
- [14] Пак Н.И. *Информационное моделирование: учебное пособие. Красноярск: РИО КГПУ, 2010. – 152 с.*
- [15] Сокольская М.А. *Отбор содержания курса «Основы параллельного программирования» на основе информационного подхода. // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. Красноярск: КГПУ, 2011. №3 (17). С. 180 – 185*
- [16] Сокольская М.А. *К вопросу отбора содержания курса «Основы параллельного программирования» на основе логико-семантического подхода и тезаурусного метода // Всероссийская научно-методическая конференция «Инновационная интегрированная система профессионального образования: методы и пути решения»: материалы конференции. Красноярск: Сибирский государственный аэрокосмический университет, 2011. С. 360 – 362.*

References

- [1] Wing, J. (2010). *Research Notebook: Computational Thinking – What and Why?* URL: <http://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why> (In English)
- [2] Operational Definition of Computational Thinking for K-12 Education. (2011). *Computer Science Teachers Association*. [Elektron. Resurs], URL: <http://csta.acm.org/Curriculum/sub/CompThinking.html> (In English)
- [3] Henner, E.K. (2016). *Vychislitel'noe myshlenie [Computational Thinking]. Obrazovanie i nauka*, 2(131), 18-33. URL: <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2016-2-18-33> (In Russian)
- [4] Mukasheva, M.U. (2018). *Programmirovaniye v shkole i vychislitel'noe myshlenie [School programming and computational thinking]. Vestnik ZKU*, 4(72), 48-59 (In Russian)
- [5] Berman, N.D. (2019). *Rol' informacionnyh tehnologij v razvitii navykov vychislitel'nogo myshlenija [The role of information technology in the development of computational thinking skills]. Mir nauki: Pedagogika i psihologija*, 2 tom 7, 1-8 (In Russian)
- [6] Baranov, A.V. (2019). *Didakticheskij potencial uchebnyh fizicheskikh zadach v formirovanii vychislitel'nogo myshlenija studentov IT-napravlenij [Didactic potential of educational physical tasks in the formation of computational thinking of IT students]. Nauchno-pedagogicheskoe obozrenie, Pedagogical Review*, 1(23), 144-150. DOI 10.23951/2307-6127-2019-1-144-150 (In Russian)
- [7] Wing, J. (2006). *Computational Thinking. Communications of the ACM*, 49 (3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215> (In English)
- [8] Aho, A.V. (2012). *Computation and Computational thinking. The Computer Journal*, 7, 832-835. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074> (In English)
- [9] Shamova, T.I., Davydenko, T.M., Shidamova, G.N. (2002). *Upravlenie obrazovatel'nymi sistemami [Management of educational systems]. Uchebnoe posobie dlja studentov vyssh.ped.ucheb.zavedenij. M.: Izdatel'skij centr «Akademija». 384p. (In Russian)*
- [10] Selevko, G.K. (2006). *Jenciklopedija obrazovatel'nyh tehnologij [Encyclopedia of Educational Technologies] V 2 t. T. 1. M.: NII shkol'nyh tehnologij. 816 p. (In Russian)*
- [11] Makarova, N.V. (1992). *Nauchnye osnovy metodicheskoy sistemy obuchenija studentov vuzov jekonomicheskogo profilja novoj informacionnoj tehnologii [Scientific foundations of the methodological system of teaching students of universities of the economic profile of the new information technology]. Dissertacija na soiskanie nauchnoj stepeni d.ped.n. v forme nauchnogo doklada. SPb, 53p. (In Russian)*
- [12] Kuvaldina, T.A. (2003). *Sistematizacija ponjatij kursa informatiki na osnove metodov iskusstvennogo intellekta [Systematization of computer science course concepts based on artificial intelligence methods]. Diss. na soisk. stepeni d. ped. nauk: 13.00.02, (In Russian)*
- [13] Grigor'ev, S.G., Grinshkun, V.V., Kuvaldina, T.A. (2000). *Ierarhii v modelirovanii logicheskoy struktury predmetnyh oblastej [Hierarchies in modeling the logical structure of subject areas]. Materialy VI Obshherossijskoj nauchnoj konferencii «Sovremennaja logika: problemy teorii, istorii i primenenija v nauke». SPb.: Sankt-Peterburgskij universitet, (In Russian)*
- [14] Pak, N.I. (2010). *Informacionnoe modelirovanie [Information modeling]. uchebnoe posobie. Krasnojarsk: RIO KGPU, 152 p. (In Russian)*
- [15] Sokol'skaja, M.A. (2011). *Otbor sodержanija kursa «Osnovy parallel'nogo programmirovanija» na osnove informacionnogo podhoda [Selection of the content of the course "Fundamentals of parallel programming" based on an information approach]. Vestnik Krasnojarskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V.P. Astaf'eva. Krasnojarsk: KGPU, 3(17), 180-185 (In Russian)*
- [16] Sokol'skaja, M.A. (2011). *K voprosu otbora sodержanija kursa «Osnovy parallel'nogo programmirovanija» na osnove logiko-semanticheskogo podhoda i tezaurnogo metoda [On the issue of selecting the content of the course "Fundamentals of parallel programming" based on the logical-semantic approach and the thesaurus method]. Vserossijskaja nauchno-metodicheskaja konferencija «Innovacionnaja integrirovannaja sistema professional'nogo obrazovanija: metody i puti reshenija»: materialy konferencii. Krasnojarsk: Sibirskij gosudarstvennyj ajerokosmicheskij universitet, 360-362.*



**С. Авдарсоль<sup>1\*</sup>, А.Д. Онгарбаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Алматы гуманитарлы-экономикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

\*e-mail: sailau-abai@mail.ru

## **БАСТАУЫШ СЫНЫП ОҚУШЫЛАРЫНА МЕДИА ЦИФРЛЫҚ САУАТТЫЛЫҚТЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУ**

### *Аңдатпа*

Мақалада бастауыш сынып оқушыларына медиа цифрлық сауаттылықты қалыптастыру мәселелері қарастырылған. Бастауыш сынып оқушыларының медиа цифрлық сауаттылықтарын арттыру оқытушылардың медиа цифрлық сауаттылықтарының артуынсыз жүзеге аса алмайды. Тиімділіктің бірнеше есе артуын қамтамасыз ететін басты стратегия цифрлық сауатты оқытушыларға негізделеді. Медиа цифрлық сауаттылықты меңгерген оқытушылар ізденушілерге тиімді деңгейде көмектесе алады. Медиа цифрлық сауаттылыққа үйрету оқытушылардың аудиториямен тікелей байланысы арқылы қабылданады: біріншіден, олардың ақпараттандырылған және ойлау қабілеті бар азаматтарды тәрбиелей алу мүмкіндігі; екіншіден, олардың тәрбие, ағартушылық ролі беретін өзгерістер айқындалады. Мұғалімдер біздің медиа және цифрлық сауаттылық бойынша білім беру бағдарламасын әдістемелік жұмыстарының сапасын жоғарылатуға бағытталған педагогикалық стратегияларына сәйкес жақсы қабылдайды. Білім беру саласындағы өзгерістерді ынталандыру медиа цифрлық сауаттылықты енгізудің салдары болып қалмақ. Сонымен қатар, мақалада «медиа цифрлық сауаттылық» ұғымдарының мағынасын, олардың оқушылар үшін өзектілігін, оқыту үрдісіне бірігуін, мақсаттары мен нәтижесін, тәрбиелеу жұмыстарының әдіс-тәсілдерін сипаттайды.

*Түйін сөздер:* медиа сауаттылық, цифрлық сауаттылық, ақпарат, ақпараттық қауіпсіздік, медиа құралдар, медиа орта, медиа-ресурстар.

**С. Авдарсоль<sup>1</sup>, А.Д. Онгарбаева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Алматинский гуманитарно-экономический университет, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан

## **ФОРМИРОВАНИЕ МЕДИА ЦИФРОВОЙ ГРАМОТНОСТИ УЧАЩИХСЯ НАЧАЛЬНЫХ КЛАССОВ**

### *Аннотация*

В статье рассматриваются вопросы формирования медиа цифровой грамотности учащихся начальных классов. Повышение медиа цифровой грамотности младших школьников не может осуществляться без повышения медиа цифровой грамотности преподавателей. Основная стратегия, обеспечивающая многократное повышение эффективности, базируется на цифровых грамотных преподавателях. Преподаватели, владеющие медиа цифровой грамотностью, могут эффективно помогать соискателям. Обучение Медиа цифровой грамотности воспринимается через непосредственный контакт преподавателей с аудиторией: во-первых, их способность воспитывать информированных и мыслящих граждан; во-вторых, выявляются изменения, которые придают им воспитательную, просветительскую роль. Педагоги хорошо воспринимают нашу образовательную программу по медиа и цифровой грамотности в соответствии с педагогическими стратегиями, направленными на повышение качества их методической работы. Стимулирование изменений в сфере образования остается следствием внедрения медиа цифровой грамотности. Кроме того, в статье описывается значение понятий «медиа цифровая грамотность», их актуальность для учащихся, интеграция в процесс обучения, цели и результаты, методы и приемы воспитательной работы.

*Ключевые слова:* медиа грамотность, цифровая грамотность, информация, информационная безопасность, средства массовой информации, медиа-среда, медиа-ресурсы.

S. Avdarsol<sup>1</sup>, A.D. Ongarbayeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Almaty humanitarian and economic university, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

## FORMATION OF MEDIA DIGITAL LITERACY OF PRIMARY SCHOOL STUDENTS

### *Abstract*

The article discusses the issues of media formation of digital literacy of primary school students. Improving the media digital literacy of primary school children cannot be carried out without improving the media digital literacy of teachers. The main strategy, which ensures multiple efficiency increases, is based on digitally literate teachers. Teachers with media digital literacy can effectively help applicants. Teaching Media digital literacy is perceived through direct contact between teachers and the audience: firstly, their ability to educate informed and thinking citizens; secondly, changes are identified that give them an educational, educational role. Teachers perceive our educational program on media and digital literacy well in accordance with pedagogical strategies aimed at improving the quality of their methodological work. Stimulating changes in the field of education remains a consequence of the introduction of digital literacy media. In addition, the article describes the meaning of the concepts of "media digital literacy", their relevance to students, integration into the learning process, goals and results, methods and techniques of educational work.

*Keywords:* media literacy, digital literacy, information, information security, mass media, media environment, media resources.

### **Кіріспе**

Қазіргі таңда цифрлық құралдарды пайдалану, ақпаратты өңдеу, деректерді талдау және онлайн ортада жұмыс істеу қабілеті тез өзгертін өмір сүру және еңбек жағдайларына сәтті бейімделу үшін қажетті дағды болып табылады. Оқу үдерісінде бастауыш сынып оқушылары өз білімдері мен дағдыларын медиа цифрлық ортада өз бетінше және шығармашылықпен қолдануға мүмкіндік береді. Бұл ақпаратпен жұмыс істеу, сыни тұрғыдан ойлау, коммуникация және ынтымақтастық құзыреттіліктерін дамытуға ықпал етеді және оқуға деген ынтаны арттырады. Сонымен қатар, оқу үдерісінде медиа цифрлық сауаттылықты қалыптастыру оқушылардың цифрлық мәдениетін және онлайн-кеңістіктегі этикалық мінез-құлқын дамытуға ықпал етеді. Бұл жеке деректерді қорғау, кибербуллингтің және цифрлық ортада болуы мүмкін басқа жағымсыз құбылыстардың алдын алу үшін маңызды.

Медиа цифрлық сауаттылық – бұл ақпарат пен білімге қол жеткізуге, оларды талдауға, бағалауға, пайдалануға, құруға және таратуға мүмкіндік беретін білім, көзқарастар, дағдылар жиынтығы. Ол ақпараттық ресурстардың барлық түрлерімен: ауызша, жазбаша және мультимедиялық операцияларды ғана емес, сонымен қатар ақпаратты сыни тұрғыдан ойлау, түсіну және түсіндіру дағдыларына ие болу.

Қазіргі қоғамды жай ғана «ақпараттық» деп атауға болмайды, бұл ұғымды «интегралды», «жаһандық», «цифрлық» сияқты сөздермен, «медиа» префиксімен толықтыру керек. «Медиа» термині мәтіндік хабарламалардан басқа қосымша аудио және визуалды ақпаратты қамтитын әртүрлі ақпарат түрлерінің жиынтығы ретінде қарастырылады.

Қазіргі мектеп оқушылары өте ерте жаста ғаламдық ақпараттық кеңістікке енеді. Бастауыш сыныпта оқушылар компьютерлерді, смартфондарды сенімді пайдаланады, интернеттен ақпарат таба алады, оны жүктей алады және оны басқалармен бөлісе алады. Әрине, бұл жаста ақпарат пен мазмұнды іріктеудегі таңдамалылық пен сыншылдық енді ғана қалыптаса бастады, сондықтан оқушылардың медиа-кеңістіктің мұндай ерте дамуын екі жақты қарауға болады.

Бір жағынан, бастауыш сынып оқушылары өмірдің заманауи шындығына сәтті бейімделеді, мұнда онлайн-ақпараттық кеңістік баланың жеке басын қалыптастыру мен дамытуда негізгі рөлдердің бірін атқарады, екінші жағынан, бастауыш сынып оқушыларының әлеуметтенуі тікелей байланысты, ал бүгінгі күні бұл күн тек анықтамалық топтар ғана емес (отбасы, достар, жақын қарым-қатынас шеңбері), сонымен қатар интернет және басқа да бұқаралық ақпарат құралдары арқылы танысатын барлық ақпараттық қоғам. Қалай болғанда да, бастауыш сынып

оқушылары мен мұғалімдердің медиа білімді игеруге дайындық деңгейін салыстыратын болсақ, бұл тұрғыда оқушылардың дайындығы жоғары деп айта аламыз.

Бастауыш мектепте медиа оқыту білім беру бағдарламаларын меңгеру үшін жаңа мүмкіндіктер мен кейбір шектеулер қойылады.

Біріншіден, мұғалім мен оқушы арасындағы қарым-қатынастың барлығы тікелей қарым-қатынас форматынан жанама форматқа ауысады, оны әртүрлі техникалық құрылғылардың көмегімен толық емес психологиялық байланыс деп санауға болады, бұл білім беру үдерісіне қатысушылар арасында кері байланысты қабылдауды қиындатады (Вконтакте, WhatsApp, Telegram). Екінші жағынан, әртүрлі білім беру веб-платформаларының көмегімен үй тапсырмасын тексеру және аяқтау сияқты кейбір күнделікті оқу үдерістерін автоматтандырады, сонымен қатар оқу үдерісінде нақты өмірден компьютерге толығымен көшіру балалар психикасының кейбір когнитивті функцияларының (зейін, есте сақтау, ойлау) дамуына теріс әсер етуі мүмкін.

Екіншіден, медиа құралдар мұғалімдерге оқу материалдарында ұсынылған классикалық жаттығулардың көлемін кеңейте отырып, оқу материалын ұсынудың әртүрлі интеграцияланған нысандарын жасауға, сабақта оқушылардың жоғары мотивациялық саласын құруға ықпал етеді. Сонымен қатар, медиа білім беру жағдайында оқу үдерісіне қатысушылар арасындағы қарым-қатынас делдалдық жағдайында мұғалім мектеп оқушыларының танымдық мотивке ие болуы, қажеттілігін сезінуі және түсінуі үшін көбірек күш салуы керек екенін атап өткен жөн. Мұғалім мен баланың тікелей өзара әрекеттесуі болмаса, оның өзінің даму қажеттілігі жойылуы мүмкін, өйткені бұл қарым-қатынас әдісі арқылы оқушы танымдық белсенділікті ынталандыратын ынталандыру жүйесінен тыс қалады.

Үшіншіден, медиа білім беру оқушының компьютерде үздіксіз өткізетін уақытына шектеулер қояды-стандарт талаптарына сәйкес, бастауыш сыныпта онлайн сабақ 15 минутқа созылуы керек, бұл, әрине, мұғалімге қиындық тудырады.

Төртіншіден, баспа оқу материалдарын пайдалану қажеттілігі жойылып, бірін-бірі толықтыра алатын әртүрлі интернет-ресурстарды пайдалану мүмкіндігі артады. Енді оқу үдерісіне қатысушылар қажетті ақпаратты біліп қана қоймай, оны тауып, таңдай білуі керек.

Бесіншіден, медиа білім беру жағдайында оқу үдерісі үздіксіз болуы мүмкін, өйткені ол мектептің сынып - сабақ жүйесімен шектелмейді – оқушылар білімдегі олқылықтарды өз бетінше толтыра алады және техникалық құралдардың көмегімен қосымша материалдарды зерттей алады. Сонымен қатар, бастауыш сынып оқушылар өз дамуы үшін пайдаланатын мазмұнның сапасы туралы сұрақ туындайды - көбінесе интернетте жарияланған ақпарат шынайылық пен сенімділік талаптарына сәйкес келмейді. Сондай-ақ, «үздіксіз медиа-білім беру» үрдісі қазірдің өзінде мектеп оқушыларының гаджеттерге көбірек тәуелді болу, шынайы өмірден алшақтататын «жасанды әлемдерге» барған сайын терең енуіне әкеліп соқтырады.

Сонымен, медиа оқу үдерісіне сын өте ауқымды, бірақ «сын» сөзінің өзінде біз тек шектеулерді ғана емес, ең алдымен зерттелетін құбылыстың мүмкіндіктерін де қосамыз. Сөзсіз, медиа - білім беруді дәстүрлі педагогикалық үдеріске енуі барған сайын күшейе түсуде және оның қайтымсыз болуы екіталай, өйткені жалпы адамзат қоғамы ақпараттық әлемді құру, толтыру және интеграциялау тұрғысынан ілгерілеуде: әртүрлі қосымшалар, веб-сайттар, жаңа техникалық құрылғылар, тұтас мета-ғаламдар жасалуда.

Болашақта қоршаған әлемді ақпараттандыру және цифрландыру педагогикалық үдеріске соншалықты күшті әсер етуі мүмкін, сондықтан білім беру компьютер мен БАҚ көмегімен «онлайн» ғана емес, толығымен виртуалды шындықта жүзеге асырылады. Білім беруде оқушылардың бірінші кезектегі мақсаты бастауыш сынып оқушыларың ресурстарды сауатты пайдалануға, медиа кеңістікте тапқан ақпаратты іріктеуге, сұрыптауға, медиа сауаттылық пен медиа мәдениетті қалыптастыруға үйрету болып табылады.

### Зерттеу әдіснамасы

Қазіргі білім беру жүйесінде медиа цифрлық сауаттылық деген не? Айта кету керек, әлі күнге дейін нақты түсінік жоқ. Зерттеушілердің бір бөлігі медиа цифрлық сауаттылық ұғымдарын бірлік ретінде қарастырса, енді біреулері қазіргі ақпараттық қоғамда тұлғаны өмірге жүйелі дайындаудың жеке салалары ретінде қарастырады.

Қазіргі қоғамды бұқаралық ақпарат құралдары мен ақпаратсыз елестету мүмкін емес. Бұл шынымен де біздің өмірімізге енген ақпараттық технологиялар адамның өмірлік кеңістігінің ажырамас бөлігіне айналған ғасыр. Бұл ұғым біздің өмірімізге берік еніп келеді, дегенмен оның мән-мағынасы туралы пікірлер сан алуан. Н.Ф. Хилко атап өткендей: «Адамзат бүкіләлемдік аудио визуализация дәуіріне жақындап, бәрін көріп, бәрін ести алады» [1].

Негізгі идея - медиа мәтін, бейне, кино тек ойын-сауық ретінде ғана емес, сонымен қатар жаңа білім мен дағдыларды алу құралы ретінде де қолданылады. Барған сайын біз материалдарды аудио, визуалды қатар арқылы қолданамыз. Цифрлық технологияның дамуынан және үлкен ақпарат ағынының нәтижесінде оқшаулану мүмкін емес.

Энциклопедияда «медиа-білім беру» термині: «бұқаралық ақпараттық (баспасөз, теледидар, радио, кино, бейне және т.б.) заңдылықтарын зерттейтін педагогикадағы бағыт деп қарастырамыз. Медиа-білім берудің негізгі міндеттері: жаңа ұрпақты қазіргі ақпараттық жағдайда өмір сүруге, әртүрлі ақпаратты қабылдауға дайындау, адамға оны түсінуге, оның психикаға әсер етуінің салдарын білуге үйрету, техникалық құралдар арқылы қарым-қатынастың вербалды емес формалары негізінде қарым-қатынас тәсілдерін игеру» [2].

Тиісінше, медиа-білім беру оқушыларға медиа мәдениет әлемін зерттеп қана қоймай, сонымен қатар БАҚ тілін меңгеруге, талдау және сыни ойлаудың қажетті дағдыларын алуға және ұсынылуы мүмкін медиа ақпарат саласында шарлауды үйренуге көмектеседі:

1. баспа (журналдар, кітаптар, газеттер, буклеттер т.б.);
2. аудио (радио, музыка, аудио кітаптар);
3. бейне (ақпараттық, ойын-сауық бағдарламалары, фильмдер, бейнебаян);
4. Интернет, веб-медиа (электрондық желілер, блогтар, интернет ресурстары).

Медиа - білім беру мақсаттарының бірі БАҚ қауіпсіздігі мен медиа цифрлық сауаттылық деңгейін немесе БАҚ құралдармен жұмыс істеу қабілетіне жауап беретін «медиа құзыреттілігін» арттыру болып табылады.

Ақпараттық ортаның дамуымен білім беру ортасының ең маңызды құрамдас бөліктері медиа қауіпсіздігі және медиа цифрлық сауаттылық болып табылады. Медиа қауіпсіздік біріншіден техникалық құралдардың көмегімен (қорғаныш антивирустық бағдарламалар, спамға қарсы және т.б.) қамтамасыз ету, ал екіншіден ақпарат алу әдістерімен, ақпараттық ортада (белгісіз сілтемелерге, күдікті сайттарға кірмеу, бейтаныс ресурстарға тіркелмеу, өзі туралы жеке ақпаратты қалдырмау, жеке кездесулер тағайындамау, бейтаныс адамдармен хат алмаспау т.б.) қауіпсіз ережелерді қолданып жұмыс істей білу керек.

А. Федоров пікірінше медиа цифрлық сауаттылық ақпараттық кеңістіктің мүмкіндіктерін пайдалануға, оны жақсы түсінуге және пайдалануға көмектесетінін атап өтті: «медиа цифрлық сауатты адам медиа мәтіндерді қабылдауға, талдауға, бағалауға және құруға, қазіргі әлемдегі медианың жұмыс істеуінің әлеуметтік-мәдени және саяси контекстін, медиа қолданатын кодтық және өкілдік жүйелерді түсінуге дамыған қабілетке ие; мұндай адамның қоғамдағы өмірі және бейбітшілік азаматтық жауапкершілікпен байланысты» [3].

Л.М. Баженова ойынша «Мектеп оқушыларына медиа білім беру» кітабында ол «Оқушылардың медиа мәдениеті» бағдарламасы бойынша жұмыстың негізгі кезеңдерін анықтады, онда ол бастауыш мектепте БАҚ ақпаратымен жұмыс істеудің барлық кезеңдерін егжей-тегжейлі сипаттайды: Олар

- оқу үдерісінде аудио және бейне ақпаратты интеграциялау;
- интернет ресурстарын пайдаланып мектеп оқушыларын қашықтықтан оқыту [4].

Н.П. Рыжих пікірінше «Балаларды тәрбиелеуде медиа - білім беруді пайдалану» монографиясында «медиа - білім беру арқылы оқушының шығармашылықпен тәрбиелеуге

байланысты мәселелердің шешуге, шығармашылық қабілеттер, медиа мәтіндерді талдау дағдылары, ақпарат құралдарымен жұмыс істеу әдістері мен формаларын оқып-үйрену және тәжірибеде меңгеру» атап өтті [5].

Ғалымдардың еңбектерін зерделей келе, біз бұл ұғымдарды анықтаудың бірнеше нұсқасын ұсынамыз. Медиа цифрлық сауаттылық - хабарламаларды әр түрлі формада қолдану, талдау, бағалау және беру қабілеті [6]. Медиа цифрлық сауаттылық - медиа білім берудің нәтижесі, ақпаратты қабылдау, түсіндіру, бағалау, сондай-ақ медиа мәтіндерді құру қабілеті [7]. Медиа цифрлық сауаттылық-кеңістіктік-уақыттық шындықты талдау және жинақтау қабілеті, медиа мәтінді «оқу» қабілеті, яғни медиа білім берудің нәтижесі [8]. Медиа цифрлық сауаттылық - бұл әлеуметтік медианы пайдалану және бұқаралық ақпарат құралдарынан мазмұнды қабылдау қабілетінен асып түсетін кең термин. Медиа сауаттылық сонымен қатар бірқатар құзыреттерді қамтиды, мысалы: ақпаратты әртүрлі формада табу, талдау, бағалау және беру қабілеті; бұқаралық ақпарат құралдары мен әлеуметтік желілердің адамдар мен қоғамға әсерін сыни тұрғыдан түсіну; медиа индустрияның табиғаты мен функцияларын түсіну; медиа мазмұнды талдай білу; БАҚ-ты сыни бағалау; БАҚ арқылы оқыту; шығармашылық өзін-өзі көрсету; этиканы сақтау.

Цифрлық ортада «медиа сауаттылық» термині белгілі бір дағдылар жиынтығымен сипатталады, соның ішінде:

- цифрлық мазмұнды құру үшін компьютерлерді, бағдарламалық жасақтаманы және қосымшаларды қолданумен байланысты техникалық дағдылар;
- медиа цифрлық қағидаттарын түсінуге байланысты аудиовизуалды дағдылар;
- интернеттегі қарым-қатынастың қолайлы екенін түсінуге байланысты мінез-құлық дағдылары;
- интернеттегі мазмұнды оның сенімділігі үшін іздеу, анықтау, талдау және бағалау қабілетімен байланысты сыни дағдылар;
- интернеттің басқа пайдаланушыларымен тиімді өзара әрекеттесуге байланысты әлеуметтік дағдылар.

Цифрлық сауаттылық дегеніміз - белгілі бір тапсырманы орындау немесе мәселені шешуге қажетті ақпаратты дұрыс анықтауға қажетті білім мен дағдылардың болуы; ақпаратты тиімді іздеу; оны ұйымдастыру және қайта құру; табылған және алынған ақпаратты түсіндіру және талдау; этикалық нормалармен ережелерді сақтау, ақпараттың дәлдігі мен сенімділігін бағалау, алынған ақпаратты пайдалану қағидаларын; талдау және түсіндіру нәтижелерін басқа тұлғаларға беру және ұсыну қажет болған кезде; белгілі бір іс-әрекеттерді жүзеге асыру және белгілі бір нәтижелерге қол жеткізу үшін ақпаратты кейіннен қолдану [9].

Медиа цифрлық сауаттылық - адамның қазіргі заманғы ақпараттық және медиа әлемі туралы алғашқы білімі, білім беруде де, кәсіби қызметте де, күнделікті өмірде де қойылған нақты мәселелерді шешу үшін әртүрлі ақпарат көздерімен және түрлерімен жұмыс істеу қабілеті [10].

Медиа цифрлық сауаттылықты қалыптастыру үдерісі мектепке дейінгі жаста басталады және мектептегі барлық оқу кезеңінде жалғасады. Орта кәсіптік және жоғары білім беру мекемелерінде оқу кезінде, сондай-ақ одан кейін адамның медиа цифрлық құзыреттілігін қалыптастыру туралы айтуға болады.

Бастауыш сынып оқушысының медиа цифрлық сауаттылығының негізгі компоненттері мынадай: 1) ақпаратты пайдалану; 2) медиа ортадағы қатынастар; 3) медиа тілі; 4) медиа құралдарды пайдалану; 5) медиа цифрлық ортадағы әдеп және құндылықтар; 6) медиа цифрлық ортадағы қауіпсіздік; 7) медиа цифрлық ортадағы құқық; 8) медиа әрекетінің экономикалық аспектілері.

Бұл білім мен дағдылар оқу пәндерін оқу шеңберінде, факультативтерде, үйірме сабақтарында қалыптасады және ақпаратты іздеу, өңдеу, ұйымдастыру және оқушылардың өздерінің ақпараттық объектілерін құру бойынша белсенді әрекеттерді қамтитын тапсырмаларды орындау кезінде қолданылады.

Бастауыш мектепте оқушылардың базалық деңгейде өз бейнесін саналы түрде жасау, қауіпсіздік және цифрлық гигиена ережелерін сақтай отырып, басқалармен бөлісуге дайын ақпаратты таңдау қабілетін қалыптастыру маңызды. Жасыратыны жоқ, қолданыстағы әлеуметтік медиа оларға белгілі бір жасқа дейін қол жеткізуді шектейді, бірақ бұл шектеулерді ойдан шығарылған туған жылымен оңай айналып өтуге болады. Сондықтан балаларға интернет-ортада қарым-қатынас жасауды уақтылы үйретіп қана қоймай, оларды цифрлық кеңістіктегі қауіпсіздіктің негізгі принциптерін түсінуге, баланың дамуы үшін қарым-қатынас пен оқыту тиімдірек болатын білім беру платформаларымен таныстыруға үйрету қажет [11].

Бастауыш сынып оқушылары ақпараттың әртүрлі түрлері және оларды беру құралдары туралы түсінікке ие болуы, медиа хабарламалардың функционалды мақсатын ажырату, ақпараттық құралдарды қолдана білуі керек. Оқушыларға медиа ақпаратты тек мазмұны жағынан ғана емес, сонымен қатар эстетика, эмоционалды көрініс тұрғысынан бағалауға, медиа хабарламаларды эмоционалды әртүрлі белгілерді қолдану мүмкіндіктерін көрсетуге үйрету өте маңызды.

Бастауыш мектеп жасында оқушыларда әртүрлі мультимедиялық құрылғыларды, сондай-ақ онлайн қызметтерде, медиа контентте: фотосуреттер, бейнелер, суреттер, коллаждар, мультимедиялық презентациялар және т.б. жасау, өңдеу және таныстыру қабілеттерін қалыптастырған жөн. Қазіргі уақытта тіпті қарапайым смартфон бұл әрекетті оңай және тез жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Сондықтан, I—IV сыныптарда оқушылардың зерттеу және жобалау жұмыстарының нәтижелерін рәсімдеуде әртүрлі қосымшалармен таныстыру, олардың көмегімен медиа ақпаратпен жұмыс жасауда медиа цифрлық ресурстарын пайдалану тиімді.

Бастауыш мектепте оқушылардың әртүрлі медиа құралдарды пайдалана отырып ақпарат алу құқығымен ғана емес, сонымен қатар басқа пайдаланушылардың құқықтарын сақтау, біреудің зияткерлік меншігін қорғау, дұрыс пайдалану, бастапқы көзді міндетті түрде көрсете отырып ақпаратты көшіру, дәйексөз ережелерімен таныстыру қажет.

Бастауыш мектепте оқушылардың медиа ақпаратпен жұмыс істеудің экономикалық аспектілерімен таныстыру қажет: ақылы және тегін контент пен бағдарламалар, желідегі жасырын төлемдер, интернет-дүкендер, онлайн-төлемдер және т. б. кәметке толмағандар интернетте транзакцияларды жүзеге асыра алмайтындығын, қаражатты ұрлау туралы күдік туындаған жағдайда дереу ересектер көмегіне жүгіну қажет екенін түсіндіру.

Осылайша, бастауыш мектепте оқушылар медиа цифрлық сауаттылық элементтеріне қатысты келесі метапәндік дағдыларды қалыптасуы керек:

- зерттелетін объектілер мен процестердің модельдерін, оқу және практикалық мәселелерді шешу схемаларын құру үшін ақпаратты ұсынудың символдық құралдарын пайдалану;

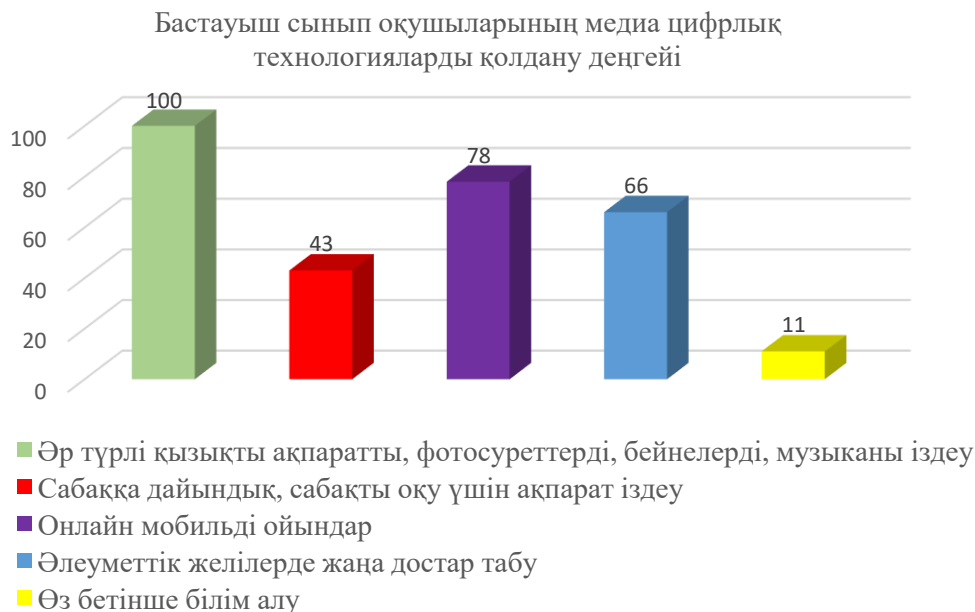
- коммуникативтік және танымдық мәселелерін шешу үшін цифрлық технологиялардың сөйлеу құралдарын белсенді пайдалану;

- пәннің коммуникативті-танымдық міндеттері мен технологияларына сәйкес ақпаратты жинау, өңдеу, талдау, жүйелеу, беру және түсіндірудің әртүрлі әдістерін қолдану; оның ішінде пернетақта арқылы мәтін енгізу, сандық бейнелерді, видео, дыбыс сияқты мәліметтер типін енгізуге, өңдеуге, дыбысты жазу, ақпараттық таңдау мәтінді дайындау және бейне және графикалық сүйемелдеумен орындау мүмкіндіктерін қолдану [12].

### **Зерттеу нәтижелері**

Бастауыш сынып оқушыларының медиа цифрлық технологияларды пайдалануда жеке, интернеттегі қауіпсіздік, цифрлық технологияларды қолдану деңгейін анықтау мақсатында бастауыш сынып оқушыларымен (4 сынып 65 оқушы), мұғалімдермен сауалнама өткізілді.

Бастауыш сынып оқушыларымен жүргізген сауалнама нәтижесі 1,2-суретте көрсетілген.



Сурет 1. Бастауыш сынып оқушыларының медиа цифрлық технологияларды қолдану деңгейі

Бастауыш сынып оқушыларының сауалнама қортындысында әр түрлі қызықты ақпаратты, фотосуреттерді, бейнелерді, музыканы іздеу, онлайн мобильді ойындар үшін қолданатыны атап өтуге болады.

2 суретте көрсетілгендей, оқушылардың көпшілігі әлеуметтік желілер интернет, гаджеттер, мобилдік қосымшаларды ата-анасының бақылауынсыз пайдаланады, сонымен қатар, туысқандар, достарының көмегіне жүгінеді, ал 22 пайыз оқушылар ата-атасының бақылаумен медиа цифрлық технологияларды қолданады.

Сауалнама нәтижесінде бастауыш сынып оқушыларының медиа цифрлық технологияларды пайдаланудағы жеке интернеттегі қауіпсіздігі төмен деңгейін көрсетті. Бастауыш сынып оқушыларының медиа цифрлық сауаттылықтың кейбір дағдыларын меңгерген.



Сурет 2. Бастауыш сынып оқушыларының медиа цифрлық технологияларды пайдалануда жеке, интернеттегі қауіпсіздік, цифрлық технологияларды қолдану деңгейі

Зерттеушілердің тұжырымдамалары мен сауалнама нәтижелеріне жасалған талдауда бастауыш сынып оқушыларының медиа цифрлық сауаттылықты дамытуда қажетті бейімдіктерді нақтыладық. Олар мынадай:

- 1) алынған ақпаратты талдау және сыни тұрғыдан түсіну және пайдалана білу;
- 2) медиатекстердің көздерін және олардың мәнмәтінін айқындау;
- 3) хабарламалар мен медиа мәтіндердің құндылығын түсіндіру;
- 4) өз медиа мәтіндерін жасау үшін тиісті медиа ресурстарды іріктеу;
- 5) коммуникация дағдылары (медиа цифрлық кеңістікте, әлеуметтік желілерде араласу мәдениеті);
- 6) медиа цифрлық қауіпсіздік дағдылары (медиа цифрлық технологияларды өмірде қауіпсіз қолдану білу)

Бастауыш сынып оқушыларының медиа цифрлық сауаттылығын қалыптастыруда медиа цифрлық білім ортасының мүмкіндіктерін қарастырамыз.

Бастауыш сынып оқушылары медиа ақпаратпен жұмыс істеуде ойын-сауық түрі ретінде қабылдайды. Бастауыш сынып мұғалімінің міндеті – бұл құралдарды оқыту мен тәрбиелеуде дұрыс қолдану. Сабақта балаларды бұқаралық ақпарат құралдарынан алынған ақпаратты түсінуге және талдауға үйрету, медиа мәтіндерді түсіну мәдениетін дамыту және тәрбиелеу, күнделікті естіп, көріп жүрген барлық медиа өнімдерге сыни көзқарасты қалыптастыру қажет. Уақыт талабы қойған мақсат - міндеттерге қол жеткізу үшін бастауыш сынып оқушысын жан-жақты дамытуға және оның медиа сауаттылығын қалыптастыруға ықпал ететін цифрлық технологияларды оқу-тәрбие үрдісінде пайдалану қажет.

Оқушылардың медиа цифрлық сауаттылығы элементтерін қалыптастыру үдерісінде бастауыш мектепте қолданылатын әдістемелік тәсілдерді пайдалануда практикалық тапсырмалар мен жаттығулар сабақта да, сабақтан тыс уақытта да берілуі мүмкін. Тапсырмалар түрлері мынадай:

- цифрлық құралдарын пайдалана отырып мәтіндік хабарламалар жасау, редакциялау, ресімдеу және оларды сақтау;
- иллюстрацияларды, бейне кескінді, дыбысты, мәтінді пайдалана отырып, аудио және бейне фрагменттері немесе слайдтар тізбегі түрінде қарапайым хабарламалар жасау;
- үлкен аудитория алдында презентацияны дайындау және өткізу: презентация жоспарын құру, аудиовизуалды қолдауды таңдау, презентация үшін түсініктемелер мен тезистер жазу;
- қарапайым схемалар, диаграммалар, жоспар және т. б. құру;
- компьютердің графикалық мүмкіндіктерін пайдалана отырып, қарапайым кескіндер жасау; дайын фрагменттерден жаңа кескін жасау;
- білім беру ұйымының ақпараттық білім беру ортасында хабарламаларды орналастыру және т. б.

Практикалық жұмыста оқушылар кез келген әрекеттерді ересектердің басшылығымен немесе ақпаратты қабылдауға, беруге немесе өңдеуге арналған жабдықтармен: телефон, радио, теледидар, магнитофон, дыбыс жазу құрылғысы, фотоаппарат, бейнекамера, көшірме, компьютер және т. б. Бұл әдістемелік тәсілдерді пайдалану кезінде зертханалық жұмыстарды тікелей интернет желісінде (білім беру платформаларында, әлеуметтік желілерде және т. б. жұмыс) орындауға ерекше орын берілуі керек: тіркеу, ақпарат іздеу, ақпаратты талдау және өңдеу, жеке ақпаратты орналастыру, түсініктеме беру, байланыс, жеке бетті, блогты, веб-сайтты жүргізу және т.б.

Тапсырмаларды орындау кезінде оқушылар әртүрлі көздер арқылы ақпаратты іздейді және талдайды; өздерінің мультимедиялық жобаларын әзірлейді; өз бетінше жұмыс істеу үшін тақырыптық дискілер мен интернет ресурстарын, онлайн оқыту бағдарламаларын және т. б. қолданады.



## Дискуссия

Бастауыш сынып оқушыларының медиа цифрлық сауаттылығының жоғары деңгейде болуы олардың бастамашылдығын, дербестігін, танымпаздығын дамытады және мұғалім жұмысының мүмкіндіктерін кеңейтіп, оқушылары мен мұғалімнің арасындағы өзара қарым-қатынастар нығаяды. Бастауыш сынып оқушылары үшін медиа цифрлық сауаттылық тек мектепте ғана емес, сонымен қатар мектептен тыс ортада да барынша тиімді жұмыс нәтижелеріне қол жеткізуді қамтамасыз ететін болады.

## Қорытынды

Бастауыш сынып оқушыларының медиа цифрлық сауаттылықты қалыптастыру қажеттілігіне қазіргі таңда ешкім де күмән келтірмейді. Сонымен қатар, медиа цифрлық сауаттылықтың негізгі құрамдас бөліктерін қарастыруға да, адам дамуының әрбір сатысында тиісті оқытудың мазмұнына да, қолданылатын жұмыс формаларына, құралдарына және әдістеріне әлі де бірыңғай көзқарас жоқ. Оқу үдерісін кейінірек білмеудің салдарын жоюдан гөрі уақтылы бастаған дұрыс екенін есте ұстаған жөн. Медиа білім беру белсенді, ойын түрінде жүзеге асырылуы керек, қолданыстағы ақпарат объектілерін талдаудың практикалық тәжірибесіне, әртүрлі құралдарды қолдана отырып, өз медиа өнімдерін құруға негізделуі керек.

Осылайша, бастауыш сынып оқушыларының медиа білім беруді ақпараттық кеңістікті дамытудың қазіргі жағдайында бастауыш сынып оқушының жеке басының маңызды сапасы – медиа цифрлық сауаттылықты қалыптастыру мақсатында медиа - шығармашылық және медиа - білім беру ойындары арқылы бастауыш сынып оқушыларының жан-жақты даму үрдісі ретінде анықтаймыз. Ақпараттық қоғамның қазіргі заманғы дамуы контекстіндегі медиа білім беру жеке тұлғаның медиа ойлау қабілеттілігін қалыптастырудың негізі ретінде және балалардың ақпараттық, медиа және құқықтық мәдениетін қалыптастырудың, олардың ойлауының тәуелсіздігін дамытудың негізгі тәсілі ретінде қарастырылуы керек, бұл оларды теріс медиа мазмұнынан қорғаудың ең тиімді кепілі болып табылады.

### Пайдаланылған дереккөздер тізімі

- [1] Хилько, Н.Ф. Роль аудиовизуальной культуры в творческом самоосуществлении личности. - Сиб.фил. Рос. ин-та культурологии. Ом. гос. ун-т. – Омск: СФ РИК, 2001. – 445 с.
- [2] Бондаренко, Е.А. Медиаобразование: перспективы интеграции в современный образовательный процесс // Интеграция медиаобразования в условиях современной школы: сборник научных трудов I Всероссийской научно-практической конференции. – Москва. 2020. – 211 с.
- [3] Фёдоров, А.В. Медиаобразование: история и теория. – М.: МОО «Информация для всех», 2015. – 450 с.
- [4] Баженова Л.М. Медиаобразование школьника (1-4 классы). Пособие для учителя. М.: Изд-во Российской академии образования, 2004. - 55 с.
- [5] Рыжих, Н.П. Использование медиаобразования в воспитании детей. – Таганрог: Таганрогский гос. пед. ин-т им. А.П. Чехова, 2011. – 230 с.
- [6] Kubey, R. Media Education: Portraits of an Evolving Field // Kubey R. (Ed.) MediaLiteracy in the Information Age. – New Brunswick (U.S.A.) and London (UK): Transactions Publishers, - 1997, P. 1-14.
- [7] Монастырский В.А. Киноискусство в социокультурной работе / В.А. Монастырский. Тамбов: Изд-во Тамбов, гос. ун-та, - 1999. - 147 с.
- [8] Федоров А. В. Словарь терминов по медиаобразованию, медиапедагогике, медиаграмотности, медиакомпетентности. Таганрог: Изд-во Таганрог. гос. пед. ин-та, - 2010. - 64 с.
- [9] Лау Х. Руководство по информационной грамотности для образования на протяжении всей жизни. МЦЦЦ ВПП ЮНЕСКО «Информация для всех». - 2006. - 45 с.
- [10] Баширина С. О., Жуковская З. Д. О структуре компонент информационной грамотности и оценке уровня их сформированности // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2013. - № 5-1. - С. 132–135.

[11] Загайнов А. А. Понятие медиаинформационной грамотности в системе общего образования // Управление качеством образования: проблемы и перспективы. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ульяновск: Изд-во Ульяновского гос. пед. университета, 2022. С. 187–190.

[12] Бобонова Е. Н. Формирование медиаинформационной грамотности в условиях современной информационной образовательной среды // Актуальные проблемы методики обучения информатике и математике в современной школе. Материалы международной научно-практической интернет-конференции. М.: МПГУ, - 2021. - С. 630–635.

#### References

[1] Khilko, N.F. (2001) *Rol' audiovizual'noj kul'tury v tvorcheskom samoosushhestvlenii lichnosti* [The role of audiovisual culture in the creative self-realization of the individual]. Sib.phil. Russian Institute of Cultural Studies. Om. state University, Omsk: SF RIK, 445.

[2] Bondarenko, E.A. (2020) *Mediaobrazovanie: perspektivy integracii v sovremennyj obrazovatel'nyj process* [Media education: prospects for integration into the modern educational process]. Integration of media education in a modern school: collection of scientific papers of the I All-Russian Scientific and practical conference. Moscow. 211.

[3] Fedorov, A.V. (2015) *Mediaobrazovanie: istorija i teorija* [Media education: history and theory]. М.: МОО "Information for all", 450.

[4] Bazhenova L.M. (2004) *Mediaobrazovanie shkol'nika* [Media education of a student] (grades 1-4). A teacher's manual. Moscow: Publishing House of the Russian Academy of Education, 55.

[5] Ryzhikh, N.P. (2011) *Ispol'zovanie mediaobrazovanija v vospitanii detej* [The use of media education in raising children]. Taganrog: Taganrog State. ped. Institute named after A.P. Chekhova, 230. (In Russian)

[6] Kubey, R. (1997) *Media Education: Portraits of an Evolving Field* // Kubey R. (Ed.) *MediaLiteracy in the Information Age*. – New Brunswick (U.S.A.) and London (UK): Transactions Publishers, 1-14.

[7] Monastyrsky V.A. (1999) *Kinoiskusstvo v sociokul'turnoj rabote* [Cinematography in socio-cultural work]. V.A. Monastyrsky. Tambov: Publishing House of Tambov, State University, 147. (In Russian)

[8] Fedorov A.V. (2010) *Slovar' terminov po mediaobrazovaniju, mediapedagogike, mediagramotnosti, mediakompetentnosti* [Dictionary of terms on media education, media pedagogy, media literacy, media competence]. Taganrog: Publishing house of Taganrog. state Pedagogical Institute, 64 (In Russian)

[9] Lau X. A (2006) *Rukovodstvo po informacionnoj gramotnosti dlja obrazovanija na protjazhenii vsej zhizni* [Guide to information literacy for lifelong learning]. The UNESCO World Heritage Site "Information for All", 45 (In Russian)

[10] Basharina S. O., Zhukovskaya Z. D. (2013) *O strukture komponent informacionnoj gramotnosti i ocenke urovnja ih sformirovannosti* [On the structure of information literacy components and assessment of their level of formation]. Bulletin of the Voronezh State Technical University, № 5-1, 132-135 (In Russian)

[11] Zagainov A. A. (2022) *Ponjatie media informacionnoj gramotnosti v sisteme obshhego obrazovanija* [The concept of media information literacy in the system of general education]. Quality management of education: problems and prospects. Materials of the All-Russian Scientific and practical Conference. Ulyanovsk: Publishing House of the Ulyanovsk State Pedagogical University. University, 187-190 (In Russian)

[12] Bobonova E. N. (2021) *Formirovanie mediainformacionnoj gramotnosti v uslovijah sovremennoj informacionnoj obrazovatel'noj sredy* [Formation of media information literacy in the conditions of modern information educational environment]. Actual problems of methods of teaching computer science and mathematics in a modern school. Materials of the international scientific and practical Internet conference. Moscow: MPSU, 630-635 (In Russian)

А.О. Алдабергенова<sup>1</sup>, Ұ. Есейқызы<sup>1\*</sup>, Г.Т. Кыдырбаева<sup>1</sup>, А. Есейқызы<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Илияс Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған қ., Қазақстан

\*e-mail: yesseikyzy@gmail.com

## БОЛАШАҚ ИНФОРМАТИКА МҰҒАЛІМДЕРІН ОҚЫТУДА ГЕЙМИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТТЕРІН ҚОЛДАНУДЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫН ТАЛДАУ

### Аңдатпа

Мақалада болашақ информатика мұғалімдерін оқытуда геймификация элементтерін қолданудың қазіргі жағдайы қарастырылады. Зерттеу жұмысында геймификация тақырыбы бойынша психологиялық және педагогикалық еңбектердегі зерттеулерге талдау жасалды, сондай-ақ оқу процесіне әсер ететін мотивациялық аспектілерге ерекше назар аударылды. Сонымен қатар, геймификацияның білім алушылардың оқу үлгеріміне қалай әсер ететіні ғалымдардың еңбектеріне, зерттеулеріне сүйене отырып, геймификацияның артықшылықтары мен кемшіліктері талданды. Білім беруде геймификация элементтерін қолдану деңгейін анықтау мақсатында І.Жансүгіров атындағы Жетісу университетінің базасында «Информатика» және «Математика-Информатика» білім беру бағдарламаларының оқытушылары арасында сауалнама жүргізіліп, геймификация элементтерін оқыту процесінде қолдануға кедергі болатын факторлар анықталды. Зерттеу жұмысының қорытындысы бойынша университетте информатика мұғалімдерін даярлауда геймификация элементтерін қолдану бойынша біліктілікті арттыру курстарына арналған программа құру қажеттілігі негізделіп ұсынылды.

*Түйін сөздер:* геймификация, оқу процесі, білім алушылар, цифрлық білім беру технологиялары, ойын технологиясы.

А.О. Алдабергенова<sup>1</sup>, Ұ. Есейқызы<sup>1</sup>, Г.Т. Кыдырбаева<sup>1</sup>, А. Есейқызы<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Жетысуский государственный университет имени Ильясa Жансугурова, г.Талдықорған, Казахстан

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕЙМИФИКАЦИИ В ОБУЧЕНИИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ

### Аннотация

В статье рассматривается современное состояние использования элементов геймификации в подготовке будущих учителей информатики. В исследовательской работе проанализированы исследования в психолого-педагогических работах на тему геймификации, а также уделено особое внимание мотивационным аспектам, влияющим на процесс обучения. Кроме того, на основе работ и исследований ученых проанализированы преимущества и недостатки геймификации о том, как геймификация влияет на образовательный прогресс учащихся. С целью определения уровня использования элементов геймификации в образовании было проведено анкетирование среди преподавателей образовательных программ «Информатика» и «Математика-информатика» на базе Жетысуского университета им. И. Жансугурова, а также выявлены факторы, препятствующие использованию. выявлены элементы геймификации в образовательном процессе. По результатам научно-исследовательской работы предложена необходимость создания программы курсов повышения квалификации по использованию элементов геймификации в подготовке преподавателей информатики в вузе.

*Ключевые слова:* геймификация, учебный процесс, обучающиеся, цифровые образовательные технологии, игровые технологии.

A.O. Aldabergenova<sup>1</sup>, U. Yesseikyzy<sup>1</sup>, G.T. Kydyrbayeva<sup>1</sup>, A. Yesseikyzy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zhetysu University named after I. Zhansugurov, Taldykorgan, Kazakhstan

## ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF THE USE OF GAMIFICATION ELEMENTS IN THE TRAINING OF FUTURE COMPUTER SCIENCE TEACHERS

### Abstract

The article conducts an examination of the current utilization of gamification elements within the education of prospective computer science educators. The research paper entails an analysis of psychological and

pedagogical literature pertaining to gamification, with particular emphasis on motivational factors influencing the learning process. Moreover, it scrutinizes the advantages and disadvantages of gamification, drawing from the works and research conducted by scholars, particularly in relation to its impact on students' academic progress. To ascertain the extent of gamification element integration in education, a survey was administered to instructors within the educational programs "Informatics" and "Mathematics-Informatics" at Zhetysu University, named after I. Zhansugurov. This survey also aimed to identify factors impeding the implementation of gamification elements in the educational process. Based on the research outcomes, the study advocates for the development of an advanced training program for computer science educators at the university, specifically tailored to incorporate gamification elements into their teaching methodologies.

*Keywords:* gamification, educational process, learners, digital educational technologies, gaming technologies.

### **Кіріспе**

Еліміздің әлеуметтік-экономикалық хал-ахуалын, білім беру саласын дамыту қажеттіліктеріне сәйкес білім беру технологиясын модернизациялау және оның бәсекеге қабілеттілігін қамтамасыз ету бүгінгі күннің маңызды мәселелерінің бірі болып табылады. Педагог мамандарды даярлауда сапа мәселесі білім беру мазмұны мен білім беру бағдарламаларын іске асыру технологиясымен тікелей байланысты. Білім алушыларды ынталандыру, соңғы технологиялар мен инновациялық ақпараттық құралдарға және әдістерге бейімделу өзекті міндеттердің бірі болып табылады. Бұл міндет болашақ педагогтарды тиімді оқыту үшін заманауи білім беру тәсілдерін, оның ішінде геймификация элементтерін енгізу қажеттігін білдіреді. Себебі, заманауи білім беру мекемелері мұғалімдерден білім сапасын арттыруға, білім алушылардың табыстылығын арттыруға және жоғары нәтижелерге қол жеткізуге байланысты тұрақты өзгерістерді талап етеді. Осыған байланысты, білім алушылардың оқуға деген ынтасын арттыру олардың қазіргі әлемдік білім беру стандарттарына сай, ғаламдық құзыреттіліктерін қалыптастыруда қажетті шарт және қазіргі педагог мамандар үшін оқу процесін тиімді басқару құралы болып табылады. Ал мотивацияны арттырудың жетекші құралдарының бірі - білім берудегі геймификация элементтері деп есептейміз.

«Геймификация» тәсілі тиімді шешімдер мен сабақ процесінде қажетті дағдылар мен қабілеттерді дамыту мақсатында білім беру жағдайын модельдеуге көмектесетін, білім алушылардың қызығушылықтарына, олардың арасындағы бәсекелестікке негізделі отырып, жоғары нәтижелерге ынталандыратын белгілі бір қызмет түрі ретінде анықталады.

Бұл терминге бірқатар зерттеулерде анықтама берілген, оларға тоқталатын болсақ, К. Сиборн және Б. Фелс [1] өз мақалаларында «Геймификация - бұл бірқатар теориялық және эмпирикалық білімді, технологиялық салалар мен платформаларды қамтитын және бірқатар практикалық мотивтермен шартталған пәнаралық тұжырымдама», - деп атап көрсеткен. С. Детердинг, Р. Халед және т.б. [2] пікірінше «Геймификация - ойын емес контексте ойын дизайны элементтерін пайдалану» болып табылады. Дж. Хамари, Дж. Койвисто «Геймификация жұмыс істей ме?» еңбегінде [3] «Ойын - тәжірибе құру құбылысы», - деп, ал К. Вербах [4] «Әрекетке көбірек ойын сипатын беру процесі», - деген анықтамалар берген.

Бұл термин алғаш рет 2003 жылы пайда болған, сол уақыттан бері оның танымалдығы жылдан жылға артып келеді. Зерттеулердің нәтижелеріне сүйене отырып, геймификация тенденциялары негізгі ағымға енді көше бастағанын атап өткен жөн. Кез келген жаңа және перспективті технология сияқты, ол маркетинг, денсаулық сақтау, адами ресурстар, білім беру, қоршаған ортаны қорғау сияқты әртүрлі салаларда қолданылады.

Білім берудегі геймификацияның рөліне тоқталатын болсақ, Луис де Маркос [5] оны «бүкіл әлем бойынша педагогтар жиі қолданатын стратегиялардың бірі», - деп, ал А. Широколобова [6] «Оқытудағы геймификация, білім беру процесінде қойылған мақсаттарға жетуді жеңілдетеді», - деп айтқан.

Х. Дичев және Д. Дичева өздерінің еңбектерінде [7] «Білім беруді геймификациялау - бұл ойын элементтерін білім беру ортасына қосу арқылы белсенділікті арттыру стратегиясы,

басқаша айтқанда, әдеттегі академиялық компоненттерді ойын тақырыптарына айналдыру» деген анықтаманы береді. К. Капп [8] «Оқыту процесіндегі геймификация, бұл – оқу, күрделі пәндерді оқыту және жүйелік ойлау тәжірибесін арттыруда байыпты көзқарас», - деп қарастырған.

Жоғарыдағы анықтамаларға сүйене отырып, педагог үшін геймификацияны ендіру мәні – бұл шәкірттерінің бәсекеге қабілетті, белсенді, ұшқыр ойлы болуы үшін күнделікті оқыту процесіне қосымша мағына беру арқылы білім беру процесінің тиімділігін едәуір арттыру деп есептей отырып, осыған қатысты, келесідей тұжырым жасаса болады: «Геймификация аудиторияның барлық компоненттерін ойын метафорасына біріктіріп, оны бір үлкен ойынға айналдыра отырып, оқу процесінен ойын құруға тырысу болып табылады».

### **Зерттеу әдіснамасы**

Зерттеу материалдары мен нәтижелерін талдау жүргізу барысында келесі әдістер қолданылды:

1) *Теориялық зерттеудің жалпы ғылыми әдістері*: зерттеу тақырыбы бойынша психологиялық, педагогикалық және ғылыми-әдістемелік, арнайы әдебиеттерді салыстырмалы талдау;

2) *Әлеуметтік зерттеу әдістері*: болашақ информатика мұғалімдерін оқытатын педагогтардан сұхбат алу және сауалнама жүргізу, салыстыру, жіктеу, сауалнама нәтижесін талдау;

3) *Эмпирикалық зерттеу әдістері*: педагогикалық эксперимент жүргізу, статистикалық зерттеу әдістерін пайдалану, нәтижелерін өңдеу және талдау.

Геймификацияның білім берудегі рөлін анықтау, сонымен қатар, тұжырымдамалар жасау мақсатында ғалымдардың еңбектеріне талдау жүргізілді. Қазіргі әлемде ойын әдістерінің әртүрлі элементтері жиі қолданыла бастады, олар білім беру мақсаттарына бейімделді. Дегенмен, бұл тәжірибенің сәттілігі туралы толық айтуға мүмкіндік бермейтін бірқатар проблемалар бар. Жалпы айтқанда барлық әдістер білім берудегі геймификацияның шынайы мәнін ашуға, оны қолданудың оң және теріс жақтарының заңдылығын байқауға, қазіргі білім беру процесінде осы терминге қатысты адамдардың әртүрлі жас санаттарына байланысты ойларының ерекшеліктерін талдауға мүмкіндік береді, дегенмен білім берудегі геймификацияның тиімділігі туралы нақты эмпирикалық дәлелдер әлі де болса жеткіліксіз болып табылады.

Геймификация білім алушылардың оқу процесіне оңтайландырады. К. Лайнан [9] өз еңбегінде «Геймификация элементтерін оқытуда пайдалануды психологиялық тұрғыдан алғанда, геймификация адамда бірнеше ми процесіне, яғни жағымды сезімдерді белсенді етуге және ынталандыруға жауап береді», - деген негіздеме жасаған. Басқа да шетелдік еңбектерге шолу жасай келе, ойын элементтерін оқыту процесіне қолданудың әртүрлі себептермен психологиялық деңгейде жұмыс істейтіні және білім алушыларға психологиялық тұрғыда оң әсер ететіндігі аталып өткен. Оның негізгі әсер етуші тетіктерінің бірі - мотивация. К. Линехан «Мотивация студенттің оқуға жұмсайтын күш-жігері мен уақытына әсер ететін, академиялық жетістіктерінің маңызды алғышарттарының бірі болып табылады», - деген анықтама берген. И. Капонетто тұжырымдамасына негізделетін болсақ [10] «Геймификация пәндік бағыттар сияқты әртүрлі контексттерде оқытуды қолдайды және қатынасу тәсілдері, ынтымақтастық, өзін-өзі оқыту, тапсырмаларды орындау, бағалауды жеңілдету және тиімділікті арттыру, оқытудың зерттеу тәсілдерін біріктіру және білім алушылардың шығармашылығын нығайту сияқты байланысты көзқарастарды, әрекеттер мен мінез-құлықтарды шешу үшін қолданылады». Адамдар ойынға қатысқан кезде, ойын адамдарда жеңіске жету қажеттілігін туындатады, адам миы жеңгенді ұнатады, сол себепті қойылған мақсаттарға жетуді көздейді делінген.

Д. Кодиш және Г. Равид «Мінез-құлық үлгілері арқылы білім беру геймификациясындағы ойнақылықты анықтау» атты мақаласында [11] «Оқытуды геймификациялаудың ұтымдылығы

– ойындарда кездесетін элементтер сияқты элементтерді оқу әрекеттеріне қосу, ойындарда болып жатқан оқиғаларға ұқсас иммерсияны тудырады», - деп айтып өткен. С. Холман [12] ойын механикасын оқу процесіне қосу арқылы білім алушыларды нәтижелі оқу процесіне тартып, жалпы алғанда олардың мінез-құлқын қалаулы түрде өзгерту мүмкін деген сенімге әкеледі. Зерттеулер көрсеткендей, әр түрлі ойын элементтерін қолдану танымды ілгерілетуде және оқуды жақсартуда тиімді [13] болып табылады. Мысалы, тірек, бақылау немесе таңдау сияқты ойын элементтері интеллектуалды деңгейді арттыруға қабілетті ойын мүмкіндіктері ретінде белгілі. Баяндау, визуалды және аудио эстетика, виртуалды орта және аватарлар эмоционалды қатысуды арттыратын функциялар ретінде жиі талқыланады. Сыйақы немесе ұпай сияқты марапаттау жүйелері мінез-құлық пен эмоционалдық белсенділікті арттыруға қабілетті екені белгілі [14]. Геймификация саласындағы еңбектерді зерттей келе, геймификацияның артықшылықтары мен кемшіліктері айқындалды (кесте 1).

Кесте 1. Геймификацияның артықшылықтары мен кемшіліктері

<i>Геймификацияның артықшылықтары</i>	<i>Геймификацияның кемшіліктері</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Мотивацияны арттыру</li> <li>- Еңбек өнімділігін арттыру</li> <li>- Материалды игеруді жақсарту</li> <li>- Өзін-өзі тәрбиелеуді дамыту</li> <li>- Оқыту процесін қызықты ету</li> <li>- Тапсырмаларды орындау дағдыларын дамыту</li> <li>- Өзара әрекеттесудің жаңа формалары</li> <li>- Интерактивті сабақтарды жылдам ұйымдастыру</li> <li>- Жетістіктер мен прогресті визуализациялау</li> <li>- Шығармашылық және ерекше ойлауды дамыту</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Виртуалдылық нысанда көп уақыт өткізу (физикалық әлеммен байланыс жоғалуы)</li> <li>- Ойынға тәуелділіктің туындау қаупі</li> <li>- Қол жетімділік және техникалық қолдау мәселелері</li> <li>- Шығындар (экономикалық, уақыт)</li> <li>- Жүзеге асыру кезеңіндегі туындауы мүмкін қиындықтар</li> <li>- Ішкі мотивация мәселесі</li> </ul>

Кестеден көріп отырғандай, барлық анықталған артықшылықтар мен кемшіліктерді талдай келе, білім беруде геймификацияны қолдану оқу процесіндегі субъектілік-элеуметтік қарым-қатынастарда шектеулер бар болғанымен, білім беру процесінің тиімділігін арттыруда айтарлықтай жетістіктерге, оңтайлы нәтижелерге жетелейтіні анықталды.

### **Зерттеу нәтижелері**

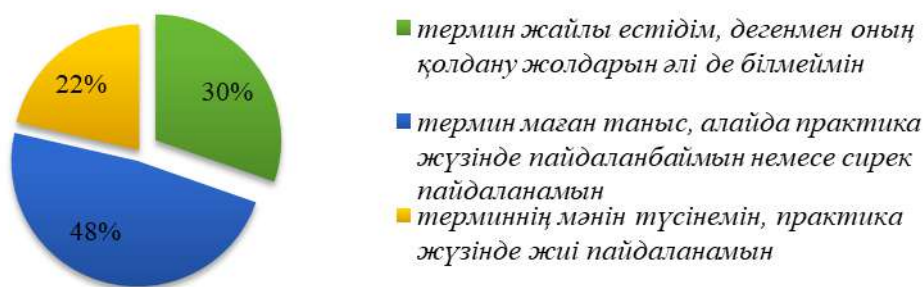
Зерттеудің ғылыми жаңалығы болашақ информатика мұғалімдерін оқытуда геймификацияны қолдануды терең талдауында. Педагогтардың мотивациялық аспектілері мен зейінін көрсете отырып, нәтижелер жүйелі түрде зерттелінді. Зерттеу білім берудегі геймификацияны түсінуге ықпал етеді және оқу процесін жақсарту бойынша практикалық ұсыныстар береді. Зерттеу жұмысы І.Жансүгіров атындағы Жетісу университетінің базасында жүргізілді. Білім беруде геймификация элементтерінің қолданылу деңгейін анықтау мақсатында сауалнама жүргізілді. Сауалнамаға 6B01505 – «Информатика», 6B01502 – «Математика-Информатика» білім беру бағдарламаларына сабақ беретін педагогтар арасынан 56 адам қатысты.

Сауалнама әдісін қолдану барысында нәтижелер сандық және сапалық деректерге негізделі отырып ұсынылды. Google Forms-та әзірленген сауалнама жабық және ашық сұрақтарды қамтыды. Сауалнама деректері бойынша зерттеуге 42 әйел мен 14 ер адам қатысты. Респонденттердің орташа жасы - 42. 3 респонденттің педагогикалық өтілі – 1 жылдан 3 жылға дейін, 14 респонденттің педагогикалық өтілі 3 жылдан 8 жылға дейін, 13 респонденттің педагогикалық өтілі 8-15 жыл, 12 респонденттің педагогикалық өтілі 16-30 жыл, 14

респонденттің педагогикалық өтілі 30 жыл және одан да көп. Енді кейбір сұрақтарға талдау жүргізіп өтейік.

«Сізге геймификация термині таныс па?», - деген сұраққа респонденттердің 30%-ы – «Термин жайлы естідім, дегенмен оның қолдану жолдарын әлі де білмеймін»; жартысына жуығы, яғни 27 адам (48%-ы) «Термин маған таныс, алайда практика жүзінде пайдаланбаймын немесе сирек пайдаланамын», респонденттердің 22%-ы «терминнің мәнін түсінемін, практика жүзінде жиі пайдаланамын», - деп жауап берді. Шындығында, көптеген адамдар бұл тұжырымдамамен таныс деп айтуға болады, бірақ оны егжей-тегжейлі зерттемеген. Мүмкін, геймификацияның артықшылықтарын толық білмегендіктен, оны оқу процесінде сирек қолданады (сурет 1).

Сізге геймификация термині таныс па?



Сурет 1. «Сізге геймификация термині таныс па?» сұрағының нәтижесі

«Геймификация элементтерін өз бетіңізше құрастыра аласыз ба?» сұрағы бойынша респонденттердің 60% - оң жауап берді, теріс жауап қайтарғандар басым көпшілігі жұмыс өтілі 30 жыл және одан да көп деп белгілеген. «Геймификация элементтерін құруда қандай түрлерін қолданғанды жөн көресіз?» сұрағы бойынша, университет педагогтарының басым бөлігі: онлайн ойын құруға арналған платформалар, білім беру квесттері, арнайы білім беру қосымшалары, интерактивті онлайн сабақтар, қолдан әзірленген қағаз ойындары және тапсырмаларды атады. «Геймификация элементтерін құру және қолдануда пайдаланатын платформалар мен сервистерді көрсетіңіз» сұрағының нәтижесі (сурет 2).

Геймификация элементтерін құру және қолдануда пайдаланылатын платформалар мен сервистер



Сурет 2. «Геймификация элементтерін құру және қолдануда пайдаланатын платформалар мен сервистерді көрсетіңіз» сұрағының нәтижесі

Алынған деректер педагогтардың 70%-ы Quizizz және Kahoot платформаларын қолданатынын көрсетті, бұл педагогтардың басым бөлігі геймификация элементтерін қолдануда пайдаланушы интерфейсі қарапайым, қолдануға жеңіл, әрі тапсырмаларды тез құруға болатын платформалар мен сервистерді таңдайтынын көрсетеді. Flippity сервисін респонденттердің 10% (6) таңдады, «Ойын практикасы академиясын» 9% (5), H5p сервисін респонденттердің 7% (4) көрсетті.

Ең сирек қолданылатын платформа «World of Classcraft (WoC)» ойын құру платформасын тек 1 респондент таңдаған. Бұл оқытуда қолдануға болатын платформалар мен сервистердің санаулы түрлерімен ғана респонденттер таныс екендігін білдіреді.

Зерттеуімізді талқылауға негіз болатын келесі сұрақ «Геймификация элементтерін оқыту процесінде қолдануға кедергі болатын факторлар». Бұл сұрақ сауалнамада ашық формада ұсынылды, және педагогтар өз жауап нұсқаларын көсетті.

Жауаптар мағыналары бойынша топталып, ең көп кездесетіндердің пайыздық мөлшерлемесі диаграммаға түсірілді (сурет 3).



Сурет 3. «Геймификация элементтерін оқыту процесінде қолдануға кедергі болатын факторлар» сұрағының нәтижесі

Сауалнаманың «Геймификация элементтерін оқытуда қолданудың білім алушыларға тигізетін кері әсерлері», - деген сұрағына қатысқандардың көпшілігі: «Білім алушылардың сыртқы мотивация мен технологияларға тәуелділік туындау қаупі», «Оқытуда назарларын жинақтай алмау қаупі» және «Материалды түсіну тереңдігінің төмендеуі», - деген жауаптарды таңдаған.

«Геймификацияны оқыту процесінде қолданудағы біліктілігіңізді арттырғыңыз келеді ме?» - деген сұраққа педагогтардың 70% - «иә, арттырғым келеді», 21% - «қажетті деңгейде білемін», 9%-«қажетті деп ойламаймын», - деп жауап қайтарды.

### Дискуссия

Сауалнаманың нәтижесінде педагогтардың басым бөлігі оқыту процесінде геймификацияны қолданбайтындығы анықталды. Сонымен қатар, сауалнаманың нәтижесі педагогтардың оқыту әдісінде ойын элементтерін интеграциялай білу бойынша білімдерін жетілдіру қажет екендігін көрсетті.

Осыған орай болашақ информатика мұғалімдеріне сабақ беретін педагогтарға арналған «Білім беру процесінде геймификация элементтерін қолдану» атты біліктілікті арттыру курсы ұйымдастыру қажет деп есептейміз.



### Қорытынды

Қорытындылай келе, жүргізілген сауалнама 6B01505 – «Информатика», 6B01502 – «Математика-Информатика» білім беру бағдарламаларының білімгерлерін оқытатын педагогтар арасында геймификация элементтерін пайдалану жағдайы туралы құнды ақпарат алуға мүмкіндік берді. Мақала педагогикалық білім берудегі геймификацияның артып келе жатқан рөлін түсінудің маңызды бастапқы нүктесі ретінде қызмет етеді, бұл инновацияға деген ынтаны жан-жақты оқытумен және оның аудиториядағы әлеуетін толық іске асыру үшін қолдаумен үйлестірудің маңыздылығын көрсетеді.

Зерттеу жұмысын жүргізу нәтижесінде геймификацияны білім беру процесінде пайдалануға қатысты тұжырымдар жасалды (Сурет 4).



Сурет 4. Геймификацияны білім беру процесінде пайдалануға қатысты тұжырымдар

Білім беруде, әсіресе болашақ информатика мұғалімдері үшін геймификация элементтерін тиімді пайдалануды одан әрі кәсіби дамыту және оқыту қажет екені анықталды. Педагогтардың басым көпшілігі бұл әдістерді қолдануға дайын, бірақ оларды тиімді қолдану үшін қолдау мен басшылықты қажет етеді.

Оқу процесінде геймификация элементтерін пайдалану бойынша ұсынылатын біліктілікті арттыру курсы ұйымдастыру осы қажеттіліктерді қанағаттандырудағы және қызықты әрі тиімді білім беру тәжірибелеріне ықпал етудегі құнды қадам болып табылады деп есептейміз.

Зерттеу жұмысының шектеулері респонденттер санының аздығы мен респонденттердің географиялық орналасуының төмен ауқымымен байланысты. Осы зерттеуді дамыту үшін зерттеуді бірнеше жоғарғы оқу орындардың оқытушыларын қатыстыра қайталауға және тақырыпты бірнеше бағытта зерттеп, күшейтуге болады.

Пайдаланылган дереккөздер тізімі

- [1] Seaborn, Katie and Deborah I. Fels. "Gamification in theory and action: A survey." *Int. J. Hum. Comput. Stud.* 74 (2015): 14-31.
- [2] Deterding, S., Khaled, R., Nacke L.E. and Dixon, D. (2011) *Gamification: Toward a Definition*. CHI 2011 Gamification Workshop Proceedings, Vancouver, 2011, 12-15.
- [3] Hamari, J., Koivisto, J. and Sarsa, H. (2014) *Does Gamification work?—A Literature Review of Empirical Studies on Gamification*. 2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, HI, 6-9 January 2014, 3025-3034. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- [4] Werbach, K. (2014). (Re)Defining Gamification: A Process Approach. In *International Conference on Persuasive Technology* (pp. 266-272). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-07127-5\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07127-5_23)
- [5] Luis de-Marcos, Eva Garcia-Lopez, Antonio Garcia-Cabot, *On the effectiveness of game-like and social approaches in learning: Comparing educational gaming, gamification & social networking*, *Computers & Education*, 2016, Pages 99-113, ISSN 0360-1315, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.12.008>.
- [6] Широколобова Анастасия Георгиевна (2022) Геймификация в условиях цифровой трансформации образования // *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Психолого-педагогич. науки*. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geymifikatsiya-v-usloviyah-tsifrovoy-transformatsii-obrazovaniya> (дата обращения: 25.10.2023).
- [7] Christo Dichev and Darina Dicheva: *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, (2017) 14:9, <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0042-5>.
- [8] Kapp, Karl M. *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons, 2012.
- [9] Conor Linehan, Ben Kirman, Shaun Lawson, Gail Chan, *Practical, appropriate, empirically-validated guidelines for designing educational games* (May 2011) Pages 1979–1988 <https://doi.org/10.1145/1978942.1979229>.
- [10] Caponetto I., Earp J., Ott M. *Gamification and education: A literature review* // *European Conference on Games Based Learning*. – Academic Conferences International Limited, 2014. – Т. 1. – С. 50.
- [11] Codish D., Ravid G. *Detecting playfulness in educational gamification through behavior patterns* // *IBM Journal of Research and Development*. – 2015. – Т. 59. – №. 6. – С. 6: 1-6: 14. <https://doi.org/10.1147/JRD.2015.2459651>
- [12] Holman C., Aguilar S., Fishman B. *GradeCraft: What can we learn from a game-inspired learning management system?* // *Proceedings of the third international conference on learning analytics and knowledge*. – 2013. – С. 260-264. <https://doi.org/10.1145/2460296.2460350>
- [13] Abdul Jabbar A. I., Felicia P. *Gameplay engagement and learning in game-based learning: A systematic review* // *Review of educational research*. – 2015. – Т. 85. – №. 4. – С. 740-779. <https://doi.org/10.3102/0034654315577210>
- [14] Schwartz R. N., Plass J. L. *Types of engagement in learning with games* // *Handbook of game-based learning*. – 2020. – С. 53-80.

References

- [1] Seaborn, Katie and Deborah I. Fels. (2015) "Gamification in theory and action: A survey." *Int. J. Hum. Comput. Stud.* 74, 14-31.
- [2] Deterding, S., Khaled, R., Nacke L.E. and Dixon, D. (2011) *Gamification: Toward a Definition*. CHI 2011 Gamification Workshop Proceedings, Vancouver, 12-15.
- [3] Hamari, J., Koivisto, J. and Sarsa, H. (2014) *Does Gamification Work?—A Literature Review of Empirical Studies on Gamification*. 2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, HI, 6-9 January 2014, 3025-3034. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- [4] Werbach, K. (2014). (Re)Defining Gamification: A Process Approach. In *International Conference on Persuasive Technology*. 266-272. Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-07127-5\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07127-5_23)
- [5] Luis de-Marcos, Eva Garcia-Lopez, Antonio Garcia-Cabot, (2016) *On the effectiveness of game-like and social approaches in learning: Comparing educational gaming, gamification & social networking*, *Computers & Education*, Pages 99-113, ISSN 0360-1315, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.12.008>.
- [6] Широколобова Анастасия Георгиевна (2022) *Geimifikatsiya v usloviyakh tsifrovoy transformatsii obrazovaniya [Gamification in the conditions of digital transformation of education]*. *Vestn. Sam. gos. tekhn. un-ta. Ser. Psikhologo-pedagogich. nauki*, №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geymifikatsiya-v-usloviyah-tsifrovoy-transformatsii-obrazovaniya> (Accessed: 25.10.2023). (In Russian)

- [7] Christo Dichev and Darina Dicheva: *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, (2017) 14:9, <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0042-5>.
- [8] Kapp, Karl M. (2012) *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons, 2012.
- [9] Conor Linehan, Ben Kirman, Shaun Lawson, Gail Chan, (2011) *Practical, appropriate, empirically-validated guidelines for designing educational games, 1979–1988*. <https://doi.org/10.1145/1978942.1979229>.
- [10] Caponetto I., Earp J., Ott M. (2014) *Gamification and education: A literature review*. *European Conference on Games Based Learning*. Academic Conferences International Limited, Volume 1, 50.
- [11] Codish D., Ravid G. (2015) *Detecting playfulness in educational gamification through behavior patterns*. *IBM Journal of Research and Development*. Volume 59, Issue 6, 6:1-6:14. <https://doi.org/10.1147/JRD.2015.2459651>
- [12] Holman C., Aguilar S., Fishman B. *GradeCraft: (2013) What can we learn from a game-inspired learning management system? Proceedings of the third international conference on learning analytics and knowledge*, 260-264. <https://doi.org/10.1145/2460296.2460350>
- [13] Abdul Jabbar A. I., Felicia P. (2015) *Gameplay engagement and learning in game-based learning: A systematic review*. *Review of educational research*. Volume 85, Issue 4, 740-779. <https://doi.org/10.3102/0034654315577210>
- [14] Schwartz R. N., Plass J. L. (2020) *Types of engagement in learning with games*. *Handbook of game-based learning*, 53-80.

С. Н. Алдажарова<sup>1</sup>, Г. Б. Исаева<sup>1\*</sup>, Б. Ерженбек

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

\*e-mail: guka\_issaeva@mail.ru

## МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ К ПРЕПОДАВАНИЮ КУРСА МЕХАНИКИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

### *Аннотация*

Развитие современных технологий способствует появлению новых методов обучения. Современный мир трудно представить без использования технологий. Рост цифровизации упрощает процесс обучения, но требует создания новой методики. Причем эта методика подразумевает под собой высокий уровень компьютерной грамотности у будущих педагогов. В статье предлагаются методы преподавания курса механики с использованием компьютерных технологий. Применяя ИКТ (информационно-коммуникационные технологии) можно демонстрировать опыты, показывать яркие интересные презентации, решать задачи. Автор статьи предлагает несколько приложений, которые способствуют более наглядному и быстрому решению задач. Использование современных методов обучения значительно упрощает процесс объяснения тем и решения задач, но требует достаточно высокого уровня владения ПК. Соответственно, будущим педагогам нужно получить необходимые навыки еще в ВУЗе. Для ведения этого курса с использованием современных технологий, необходимо уметь использовать приложения на практике, а также владеть базовыми навыками программирования. Это необходимо для того, чтобы можно было наглядно продемонстрировать ученикам промоделированные процессы, показать, как выполнять вычисления, используя пакет Mathcad и другие важные прикладные программы. Плюсы обучения с использованием ИКТ также заключаются в том, что учащиеся по итогам курса, будут владеть не только материалом программы, но и улучшат свои навыки пользования ПК.

*Ключевые слова:* цифровизация, компьютерная грамотность, ИКТ, моделирование, методика преподавания.

С. Н. Алдажарова<sup>1</sup>, Г. Б. Исаева<sup>1</sup>, Б. Ерженбек<sup>1</sup>

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

## БОЛАШАҚ ФИЗИКА МҰҒАЛІМДЕРІН ЦИФРЛАНДЫРУ ЖАҒДАЙЫНДА МЕХАНИКА ПӘНІН ОҚЫТУҒА ДАЙЫНДАУ ӘДІСТЕМЕСІ

### *Аңдатпа*

Заманауи технологиялардың дамуы оқытудың жаңа әдістерінің пайда болуына ықпал етеді. Қазіргі әлемді технологияны қолданбай елестету қиын. Цифрландырудың өсуі оқу процесін жеңілдетеді, бірақ жаңа әдістемені құруды талап етеді. Сонымен қатар, бұл әдіс болашақ мұғалімдердің компьютерлік сауаттылығының жоғары деңгейін білдіреді. Мақалада компьютерлік технологияны қолдану арқылы механика курсының оқыту әдістемесі ұсынылған. АКТ (ақпараттық-коммуникациялық технологиялар) көмегімен эксперименттер көрсетуге, жарқын, қызықты презентациялар көрсетуге, есептерді шығаруға болады. Мақала авторы мәселелерді неғұрлым анық және жылдам шешуге көмектесетін бірнеше қосымшаларды ұсынады. Оқытудың заманауи әдістерін қолдану тақырыптарды түсіндіру және есептерді шешу процесін айтарлықтай жеңілдетеді, бірақ ДҚ-ны жеткілікті жоғары деңгейде меңгеруді талап етеді. Тиісінше, болашақ ұстаздар университет қабырғасында жүргенде-ақ қажетті дағдыларды меңгеруі қажет. Бұл курсты заманауи технологияларды пайдалана отырып оқыту үшін сіз қолданбаларды іс жүзінде пайдалана білуіңіз керек, сонымен қатар бағдарламалаудың негізгі дағдыларына ие болуыңыз керек. Бұл студенттер имитацияланған процестерді анық көрсете алуы және Mathcad пакетін және басқа да маңызды қолданбалы бағдарламаларды пайдаланып есептеулерді орындау жолын көрсетуі үшін қажет. АКТ-ны пайдалана отырып оқытудың артықшылықтары сонымен қатар студенттер курсты аяқтаған кезде бағдарламалық материалды меңгеріп қана қоймай, сонымен қатар компьютерде жұмыс істеу дағдыларын жетілдіретіндігінде.

*Түйін сөздер:* цифрландыру, компьютерлік сауаттылық, АКТ, модельдеу, оқыту әдісі.

S. N. Aldazharova<sup>1</sup>, G. B. Issayeva<sup>1</sup>, B. Erzhenbek<sup>1</sup>

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

## METHODOLOGY FOR PREPARING FUTURE PHYSICS TEACHERS FOR TEACHING A MECHANICS COURSE IN DIGITALIZATION CONDITIONS

### *Abstract*

The development of modern technologies contributes to the emergence of new teaching methods. The modern world is difficult to imagine without the use of technology. The growth of digitalization simplifies the learning process, but requires the creation of a new methodology. Moreover, this technique implies a high level of computer literacy among future teachers. The article proposes methods for teaching a mechanics course using computer technology. Using ICT (information and communication technologies) you can demonstrate experiments, show bright, interesting presentations, and solve problems. The author of the article offers several applications that help solve problems more clearly and quickly. The use of modern teaching methods greatly simplifies the process of explaining topics and solving problems, but requires a fairly high level of PC proficiency. Accordingly, future teachers need to acquire the necessary skills while still at the university. To teach this course using modern technologies, you must be able to use the applications in practice, as well as have basic programming skills. This is necessary so that students can clearly demonstrate the simulated processes and show how to perform calculations using the Mathcad package and other important application programs. The advantages of learning using ICT also lie in the fact that students, at the end of the course, will not only master the program material, but will also improve their PC skills.

*Keywords:* digitalization, computer literacy, ICT, modeling, method of teaching.

### **Введение**

В условиях развития современных технологий, появляется необходимость введения новых методик обучения. Привычные методы уже не так актуальны. Современные ученики – это ученики, которые свободно используют различные устройства для поиска информации, вычислений и общения. Соответственно, современным педагогам необходимо иметь высокий уровень технической грамотности. Поэтому соответствующие навыки будущие педагоги должны получить еще в университете. Поэтому необходимо создавать новую методику обучения не только в школах с использованием информационно-коммуникационных технологий, но и методику обучения будущих педагогов. На парах и уроках надо больше использовать компьютеры и различные программы для моделирования и расчетов, чтобы учащиеся привыкали к использованию этих ресурсов и становились технически грамотными специалистами.

### **Методология исследования**

Сейчас компьютеры, телефоны, планшеты – неотъемлемая часть нашей жизни. Цифровизация значительно упрощает процесс обучения как современных учеников, так и педагогов. Теперь не нужно носить тяжелые учебники, можно все книги поместить в электронном виде в планшет или телефон. Пандемия 2020 года показала нам, что даже уроки можно вести дистанционно.

При решении задач сегодня можно применять различные компьютерные программы. Применение компьютерных технологий при решении задач не только упрощает процесс решения задачи, но и способствует развитию новых полезных навыков у учащихся. Учащиеся знакомятся с новыми приложениями, учатся пользоваться персональным компьютером на уверенном уровне.

Раздел механики включает в себя следующие подразделы: кинематика, динамика, статика. Кинематика изучает движение тел, не рассматривая причины, которые вызвали это движение. Динамика изучает движение тел и причины движения. Статика изучает условия равновесия тел. Используя специальные презентации или виртуальные опыты, можно промоделировать некоторые явления, изучаемые в разделе механики на компьютерах. К таким программам относятся Matlab, ANSYS, Excel.

ANSYS mechanical - это программный продукт, состоящий из самых передовых и мощных инструментов для решения задач прочности, динамики и кинематики (рисунки 1-4 ). С помощью данного пакета можно не только решать, но и моделировать задачи и наглядно демонстрировать эксперименты [1].

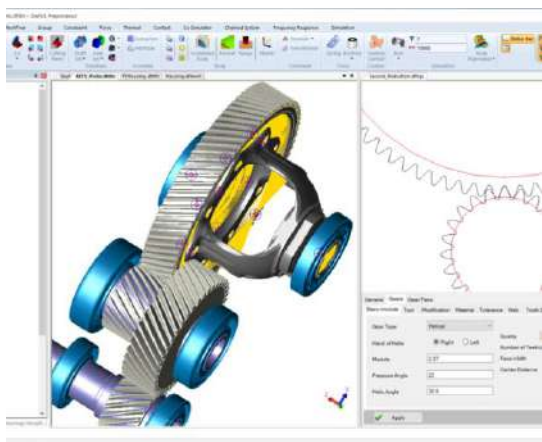


Рисунок 1. Моделирование валов редуктора с помощью ANSYS

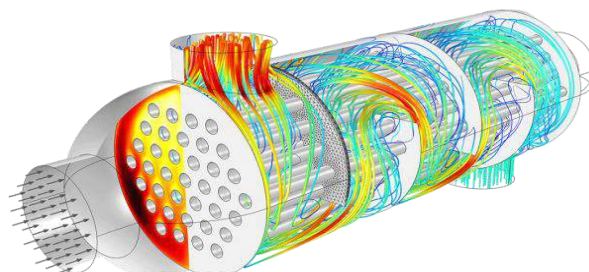


Рисунок 2. Моделирование потока жидкости в трубе с помощью ANSYS

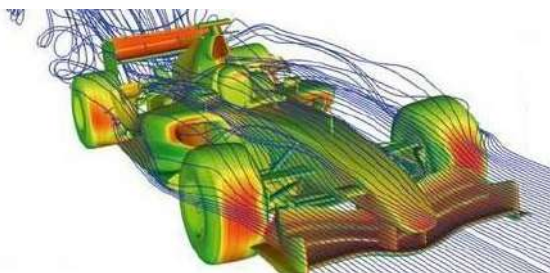


Рисунок 3. Моделирование движения машины с обтекаемой формой с помощью ANSYS

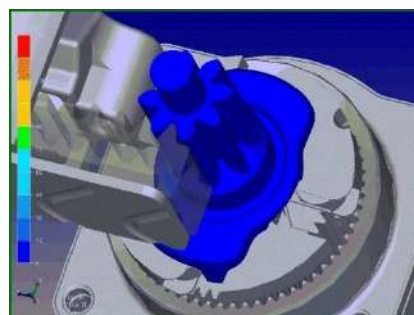


Рисунок 4. Моделирование физических задач с использованием пакета ANSYS mechanical

Еще одно важное приложение для моделирования физических процессов – MATLAB. MATLAB – пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений [2]. Пакет используют более миллиона инженерных и научных работников, он работает на большинстве современных операционных систем, включая Linux, macOS, Solaris и Windows [3]. Раздел механика включает в себя сложные задачи с громоздкими вычислениями. Применение специальных приложений для решения этих задач ускорит процесс вычисления. Для упрощения вычислений удобно использовать Mathcad [4]. Пакет функций Mathcad отлично подходит и для решения школьных задач, требующих громоздких вычислений. Достаточно присвоить конкретной переменной ее значение. Написать формулу, и программа считает значение.

Приведем пример решения задачи с использованием пакета Mathcad (рисунок 5).

*Задача 1.* Электропоезд, отходящий от станции, в течение 0,5 мин двигался с ускорением  $0,8 \text{ м/с}^2$  . определите путь, который он прошел за это время, и скорость в конце этого пути.

Решение такой задачи в тетради руками, заняло бы не меньше 15 минут: написание условия, оформление чертежа, решение, вычисления. Решение такой задачи в пакете Mathcad занимает около 3 минут: задать необходимые величины и ввести формулу. Далее вычисления очень

высокой точности программа выполняет сама. Причем при необходимости можно задать точность до 17 знаков.

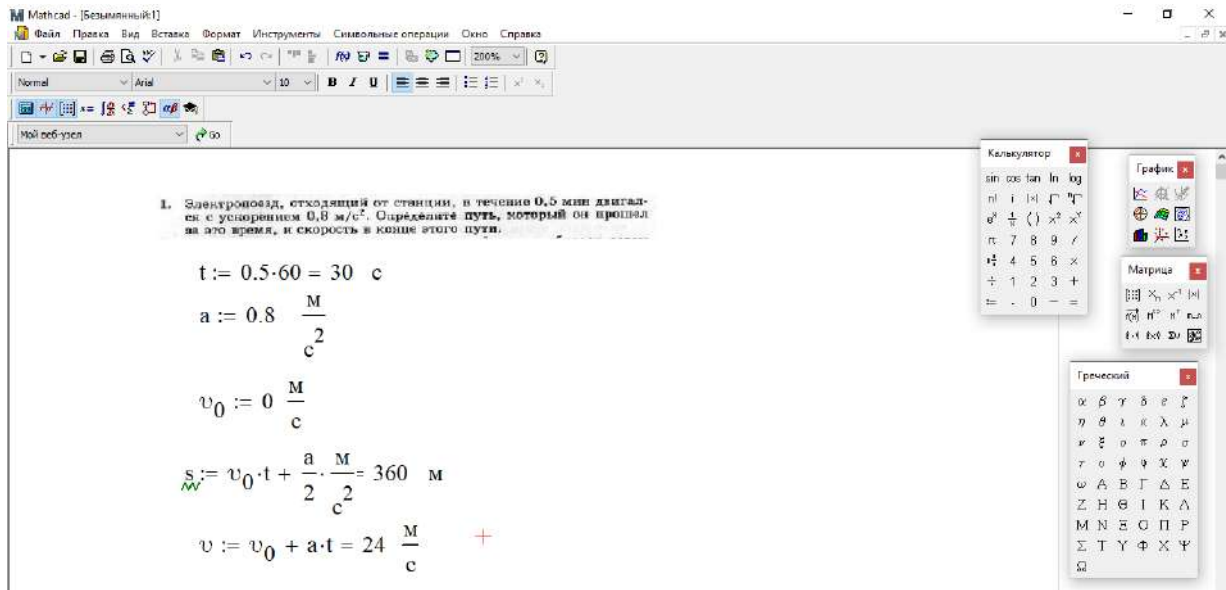


Рисунок 5. Решение задачи по механике с использованием пакета Mathcad

Задача 2. Найти силу гравитационного притяжения со стороны Земли, которая действует на человека массой 60 кг, который стоит на поверхности Земли (Рисунок 6).

Используемая формула:

$$F = G * \frac{m * M}{r^2} \quad (1)$$

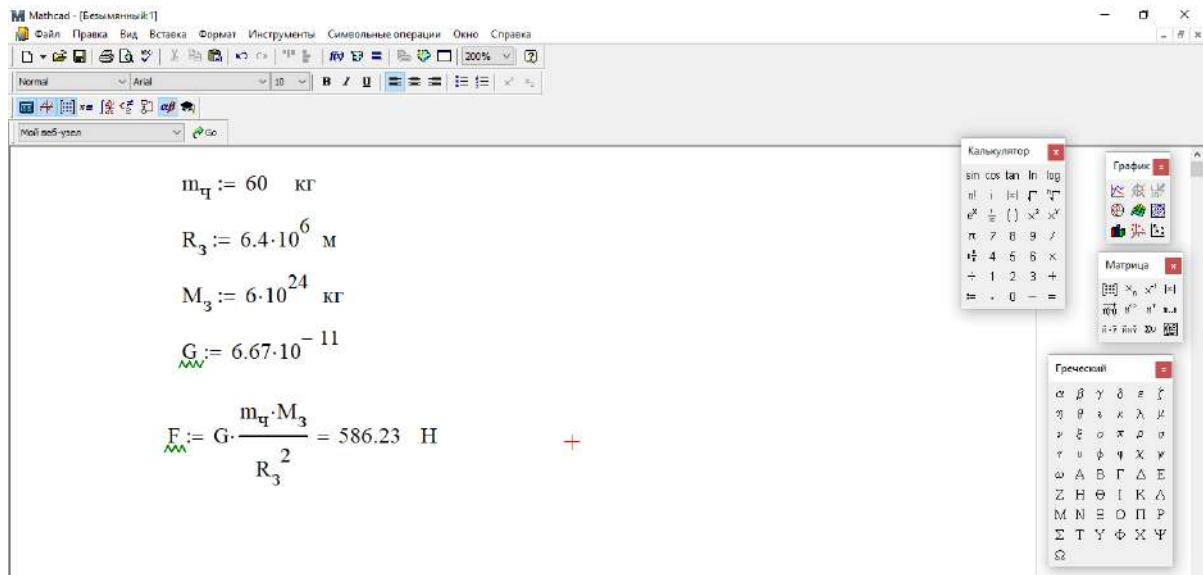


Рисунок 6. Решение задач по механике с использованием пакета Mathcad

Теперь увеличим точность результата, для этого зададим максимальное количество знаков после запятой (Рисунок 7).

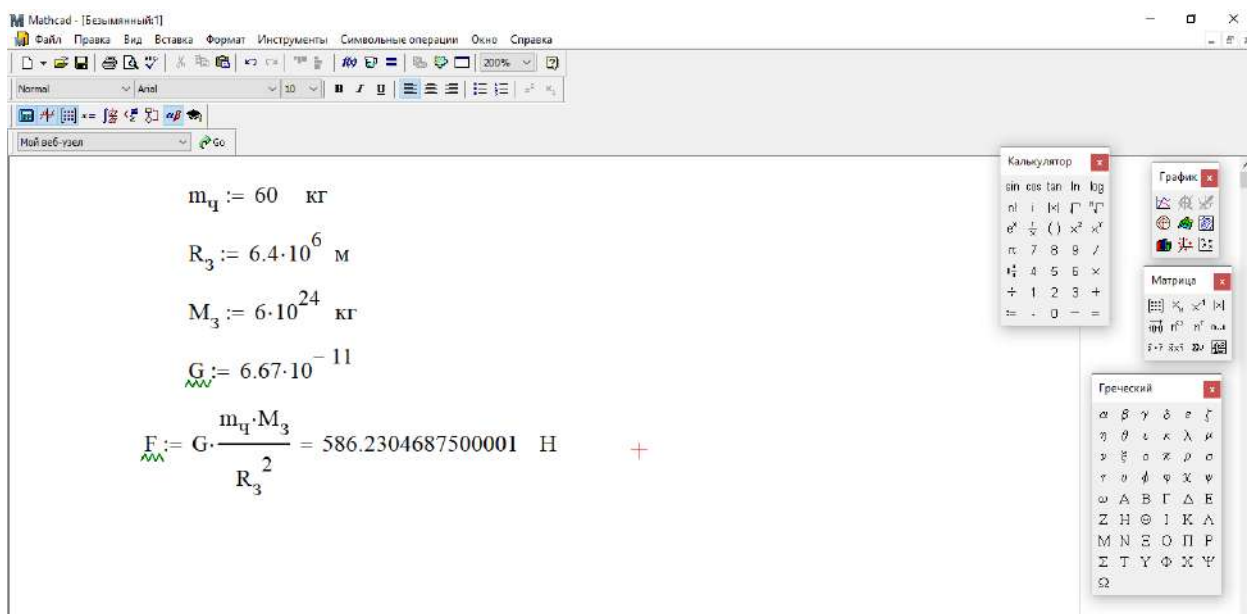


Рисунок 7. Решение задачи 2 с высокой точностью результата

Теперь найдем с помощью Mathcad график зависимости силы гравитационного притяжения от расстояния между телами. (Рисунок 8)

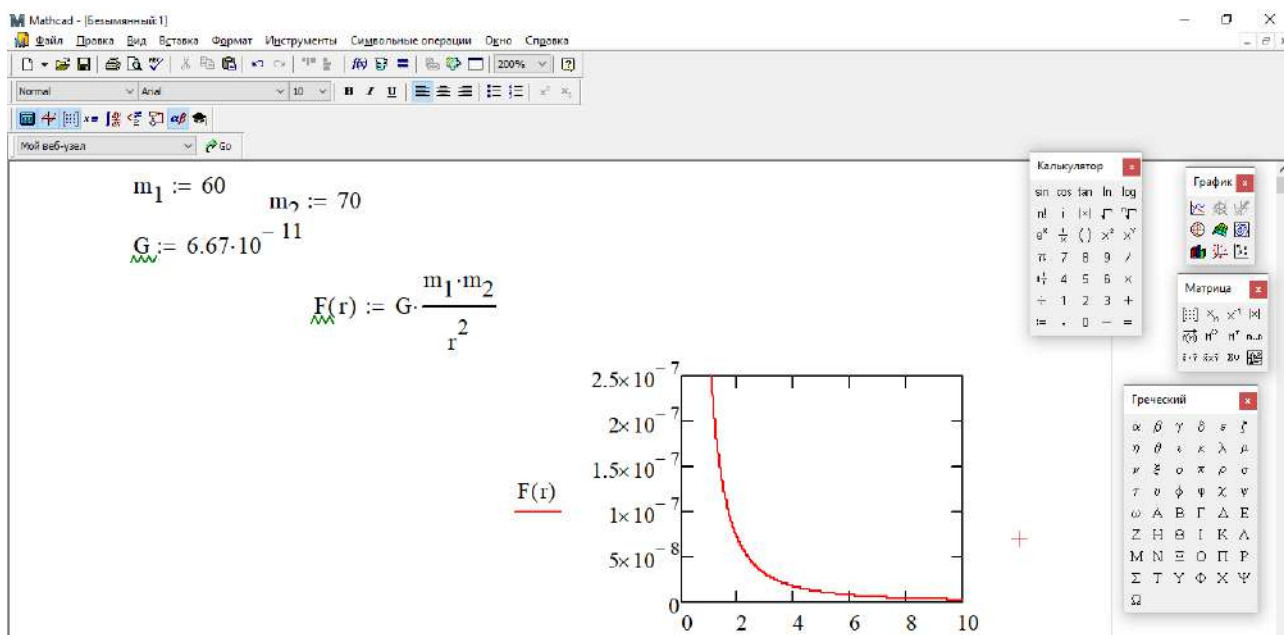


Рисунок 8. График зависимости силы гравитационного притяжения от расстояния, полученный с помощью пакета Mathcad

Далее будут представлены полезные приложения для демонстрации физических явлений.

«Snapshots of the universe» – приложение в виде интерактивных экспериментов поясняет работу законов, применяемых в астрофизике. Например, законы Кеплера, по которым вращаются планеты вокруг Солнца, теорию относительности и многое другое. Отлично подходит для того, чтобы проиллюстрировать формулы из учебников.

«Slower Light» – игра для персональных компьютеров, которая поясняет, как выглядит мир, если двигаться со скоростью, близкой к скорости света. Её разработали учёные из



Массачусетского технологического института, так что с научной точки зрения она сделана точно. После прохождения игры все эффекты, которые вы увидите, объяснят доступным языком. Она помогает уложить в голове непонятные концепции теории относительности, такие как замедление времени и сокращение длины.

«*PhET Interactive Simulations*» – это бесплатная коллекция интерактивных симуляций для изучения физики, созданная Колорадским университетом. Это приложение содержит различные симуляции, которые помогут понять сложные физические концепции, включая движение, звук, электричество и магнетизм.

«*Physics Toolbox Sensor Suite*» – это приложение, позволяющее использовать датчики мобильного устройства для исследования различных физических явлений, таких как движение, звук и свет. Это приложение имеет широкий выбор инструментов для исследования, позволяющих сделать изучение физики более интересным и интерактивным.

«*MyScript Calculator*» – это приложение-калькулятор, позволяющий вводить формулы и уравнения с помощью рукописного ввода. Это приложение позволяет вводить сложные математические формулы и уравнения, которые могут потребоваться при изучении физики, и получать быстрый ответ. Особенно удобно использование рукописного ввода формул во время работы на интерактивной панели или доске. Специальная технология распознавания рукописного ввода на интерактивных панелях. Ничто не отвлекает учащихся от наблюдения за расчетами в сложных формулах, несмотря на то смотрят они на яркий экран интерактивной панели с высоким разрешением в классе или наблюдают на экране своих ноутбуков во время дистанционного обучения.

Сейчас применяется технология командного обучения [5]. То есть, учащимся предлагается разделить на команды в случайном порядке и выбрать одну из предложенных тем. Далее команды самостоятельно ищут материалы в интернете и других ресурсах для создания своего проекта. По итогу, учащиеся защищают свой проект на презентации или в виде реферата перед классом (группой). Учитель задает им вопросы по усвоению материала, также ученики могут задать команде интересующие их вопросы [6]. Плюсы такой методики заключаются в ее современности; в том, что так растет интерес к предмету; растет самостоятельность учеников и сплоченность коллектива внутри команды [7].

### **Результаты исследования**

Развитие технологий меняет мир и требует создания новых методик преподавания, которые будут учитывать рост технического прогресса. Современным педагогам нужно уметь преподнести информацию доступно и интересно. Это реализуемо с помощью использования ярких презентаций, виртуальных опытов и так далее. Также можно учить детей основам моделирования, показывать им новые программы для расчетов. В итоге, при использовании современных программ, курс получается более интересным и наглядным. Также учащиеся помимо освоения самого курса, также знакомятся с базовыми навыками программирования и моделирования. В статье была предложена новая методика преподавания с учетом роста цифровизации. Цифровизация – это внедрение современных цифровых технологий в различные сферы жизни и производства. Цифровизация в глобальном плане представляет собой концепцию экономической деятельности, основанной на цифровых технологиях, внедряемых в разные сферы жизни и производства. И эта концепция широко внедряется во всех без исключения странах [8].

### **Дискуссия**

Если говорить в целом, проанализировав научные труды о цифровизации в образовании, то их можно раз делить на две составляющие: первая часть авторов заявляют о многочисленных плюсах данного процесса, активно сами используют цифровые технологии в образовании и всячески продвигают их использование [9]. Здесь можно выделить таких авторов, как Г. Гейбл, Д. Седера, Т. Чан, Г. Гэскел, С. Гхош, Е. Мансур, А. Томшик, М. Веллер. Вторая часть авторов

ставят под сомнение активное использование цифровых технологий в образовании, считая, что оно несет больше минусов, чем плюсов. Тут стоит отметить таких авторов, как Р. Мустафаоглы, Я. Алдхамди, Хэй Чу. В данной статье рассматривается использование цифровизации при изучении курса механики. И хотя использование ИКТ во многом упрощает процесс обучения, но также требует качественной подготовки будущих педагогов.

### **Заключение**

В статье была предложена новая методика преподавания с учетом роста цифровизации. Цифровизация – это внедрение современных цифровых технологий в различные сферы жизни и производства. Цифровизация в глобальном плане представляет собой концепцию экономической деятельности, основанной на цифровых технологиях, внедряемых в разные сферы жизни и производства. И эта концепция широко внедряется во всех без исключения странах [10].

Современные ученики и педагоги не могут представить свою повседневную жизнь без использования технологий. Развитие технического прогресса значительно упрощает процесс обучения, делает его более быстрым, доступным, интересным. Теперь получать образование можно онлайн с любой точки мира, имея только доступ к компьютеру и интернету. Используя современные презентации, диаграммы, виртуальные опыты, можно сделать процесс усвоения материала намного интереснее. Учащиеся могут самостоятельно запускать электронные лабораторные работы, могут искать дополнительную информацию и потом защищать проекты. Также можно решать задачи намного быстрее, используя предложенные в статье приложения для расчетов и моделирования. Данные приложения ускоряют процесс решения задач и делают их благодаря моделированию более наглядными и понятными.

### *Список использованных источников*

- [1] Поршнев С.В. *Компьютерное моделирование физических процессов в пакете Matlab* [Текст]. – М.: Горячая Линия Телеком, 2003, - 592 с.
- [2] Хокни Р., Иствуд Дж. *Численное моделирование методом частиц: пер. с англ.* [Текст] – М.: Мир, 1987, - 640 с.
- [3] Экитайн В. *Компьютерное моделирование взаимодействия частиц с поверхностью твердого тела: пер. с англ.* [Текст] – М.: Мир, 1995, - 321 с.
- [4] Говорухин В., Цибулин Б. *Компьютер в математическом исследовании* [Текст] – Спб.: Питер, 2001- 624 с.
- [5] Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. *Facilitating pre-service teachers' development of technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK) through collaborative design* [Text]. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 10(1), 1-12, 2017.
- [6] Kim, M. K., Kim, S. M., Khera, O., & Getman, J. *The experience of three flipped classrooms in an urban university: an exploration of design principles* [Text]. *The Internet and Higher Education*, 22, 37-50, 2014.
- [7] Киселев А.А. *Использование активных методов в обучении студентов как современная проблема высшего образования* [Текст] // *Образование, инновации, исследования как ресурс развития сообщества: материалы Международной науч.-практ. конф. (Чебоксары, 14 ноября 2018 г.). – Чебоксары: ИД «Среда», 2018. – С. 68–71.*
- [8] Киселев А.А. *Онлайн обучение: перспективы и проблемы в современном высшем образовании в подготовке профессиональных кадров для отечественных организаций* [Текст] // *Актуальные вопросы развития национальной экономики: материалы VIII Международной заочной науч.-практ. конф. (Пермь, 19 апреля 2019 г.). – Пермь: Изд-во Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2019.*
- [9] Johnston, J., Barker L.T. *Assessing the impact of technology in teaching and learning: A sourcebook for educators* Institute of Social Research, [Text] University of Michigan, 2002.

References

- [1] Porshnev S.V. (2003) *Komp'yuternoe modelirovanie fizicheskikh processov v pakete Matlab* [Computer simulation of physical processes in Matlab package]. M.: Gorjachaja Linija Telekom, 592. (In Russian)
- [2] Hokni R., Istvud Dzh. (1987) *Chislennoe modelirovanie metodom chastic* [Numerical modeling using the particle method]: per. s angl. M.: Mir, 640. (In Russian)
- [3] Jekshtajn V. (1995) *Komp'yuternoe modelirovanie vzaimodejstviya chastic s poverhnost'ju tverdogo tela* [Computer simulation of the interaction of particles with the surface of a solid body]: per. s angl. M.: Mir, 321. (In Russian)
- [4] Govoruhin V., Cibulin B. (2001) *Komp'yuter v matematicheskom issledovanii* [Computer in mathematical research]. Spb.: Piter, 624. (In Russian)
- [5] Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. *Facilitating pre-service teachers' development of technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK) through collaborative design* [Text]. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 10(1), 1-12, 2017.
- [6] Kim, M. K., Kim, S. M., Khera, O., & Getman, J. *The experience of three flipped classrooms in an urban university: an exploration of design principles* [Text]. *The Internet and Higher Education*, 22, 37-50, 2014.
- [7] Kiselev A.A. (2018) *Ispol'zovanie aktivnykh metodov v obuchenii studentov kak sovremennaja problema vysshego obrazovaniya* [The use of active methods in teaching students as a modern problem in higher education]. *Obrazovanie, innovacii, issledovaniya kak resurs razvitija soobshhestva: materialy Mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. Cheboksary: ID «Sreda», 68–71. (In Russian)*
- [8] Kiselev A.A. (2019) *Onlajn obuchenie: perspektivy i problemy v sovremennom vysshem obrazovanii v podgotovke professional'nykh kadrov dlja otechestvennykh organizacij* [Online learning: prospects and problems in modern higher education in training professional personnel for domestic organizations]. *Aktual'nye voprosy razvitija nacional'noj jekonomiki: materialy VIII Mezhdunarodnoj zaochnoj nauch.-prakt. konf. Perm': Izd-vo Permskij gosudarstvennyj nacional'nyj issledovatel'skij universitet, (In Russian)*
- [9] Johnston, J., Barker L.T. (2002) *Assessing the impact of technology in teaching and learning: A sourcebook for educators* Institute of Social Research, [Text] University of Michigan, 2002.

**Б.Х. Ахмадуллаева<sup>1\*</sup>, Л.Б. Рахимжанова<sup>1</sup>, С.Н. Исабаева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

Нур- Мубарак Египет ислам мәдениеті университеті, г. Алматы, Казахстан

\* e-mail: bakhrampasha2712@gmail.com

## **МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СИСТЕМАТИЗИРОВАННОЙ БАЗЫ ЗАДАЧ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ**

### *Аннотация*

В данной статье описывается исследование по организации обучения студентов педагогического ВУЗа преподаванию программирования на основе систематизированной базы задач. Программирование – это сложный раздел информатики, требующая высоких аналитических навыков для понимания учащимися школ, поэтому необходима отточенная методика для эффективного преподавания. Выдвинута гипотеза, что применение методики перевернутого класса при подготовке будущих учителей информатики по использованию систематизированной базы задач, составленной по определенным критериям, может сделать процесс обучения будущих учителей более эффективным и продуктивным в образовательном процессе. По результатам проведенного педагогического эксперимента доказано, что при использовании методики перевернутого класса при подготовке будущих учителей информатики с использованием систематизированной базы задач повышается эффективность обучения, мотивация и вовлеченность студентов в учебный процесс. Студенты до занятия просматривают видеолекции и изучают предоставленный материал, на занятии в аудиторной среде приобретают практические навыки и после занятия выполняют задания. Такая структура проведения занятий позволяет подготовить будущих учителей для того, чтобы они могли использовать свои знания, навыки и умения, а также профессиональные компетенции в своей будущей педагогической деятельности.

*Ключевые слова:* информатика, программирование, методика преподавания, перевернутый класс, систематизированная база задач.

Б.Х.Ахмадуллаева<sup>1</sup>, Л.Б.Рахимжанова<sup>1</sup>, С.Н. Исабаева

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

Египетский университет исламской культуры «Нур - Мубарак», Алматы, Қазақстан

## **БОЛАШАҚ МҰҒАЛІМДЕРГЕ ЖҮЙЕЛЕНГЕН БАҒДАРЛАМАЛАУ ТАПСЫРМАЛАРЫНЫҢ ҚОРЫН ҚОЛДАНУДЫ ҮЙРЕТУ ӘДІСТЕМЕСІ**

### *Аңдатпа*

Бұл мақалада педагогикалық университеттің студенттерін бағдарламалауды үйренуді жеңілдету үшін жүйеленген мәліметтер қорын енгізу бойынша зерттеулер ұсынылған. Бағдарламалау - бұл информатиканың күрделі саласы, оны түсіну үшін мектеп оқушыларына дамыған аналитикалық қабілет қажет. Сондықтан, пәнді тиімді оқыту үшін жақсы ойластырылған әдіс-тәсілдер қажет. Гипотеза белгілі бір критерийлерге негізделген жүйеленген тапсырмалар жиынтығын қолдана отырып, болашақ информатика мұғалімдерін даярлауға төңкерілген сынып әдістемесін енгізу олардың оқу процесінде тиімділігі мен өнімділігін арттыруы мүмкін деп болжайды. Педагогикалық эксперименттің нәтижелері болашақ информатика мұғалімдерін даярлауға төңкерілген сынып әдістемесін енгізу жүйеленген мәліметтер жиынтығымен қатар оқытудың тиімділігін арттыруға, оқушыларды ынталандыруға және білім беру процесіне қатысуға әкелетінін көрсетеді. Сабақты бастамас бұрын студенттер бейне дәрістерді көруге және ұсынылған мазмұнды зерттеуге қатысады. Содан кейін олар сабақ барысында сыныпта практикалық дағдыларды игереді. Сабақтан кейін олар тапсырмаларды орындай бастайды. Бұл оқыту жүйесі болашақ оқытушыларға өздерінің білімдерін, дағдыларын, таланттары мен кәсіби құзыреттерін болашақ оқытушылық қызметінде тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

*Түйін сөздер:* информатика, бағдарламалау, оқыту әдістемесі, ауыстырылған сынып, жүйеленген тапсырмалар базасы.

B.KH. Akhmadullaeva, L.B. Rakhimzhanova, S.N. Issabayeva  
Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan  
Egyptian University of Islamic Culture “Nur-Mubarak”, Almaty, Kazakhstan  
**TECHNIQUES TO INSTRUCT FUTURE EDUCATORS IN THE APPLICATION OF A  
SYSTEMATIZED PROGRAMMING TASK BASES**

*Abstract*

This paper presents a study on implementing a structured task database to facilitate programming training for students at a pedagogical university. Programming is an intricate field within computer science that necessitates advanced analytical abilities for students in school to comprehend. Therefore, a well-developed approach is necessary for efficient instruction. The hypothesis suggests that incorporating the flipped classroom methodology in training prospective computer science teachers, using a structured set of tasks based on specific criteria, can enhance the effectiveness and productivity of their training in the educational process. The results of the pedagogical experiment demonstrate that implementing the flipped classroom methodology in training future computer science teachers, along with a structured set of tasks, leads to improved teaching effectiveness, student motivation, and engagement in the educational process. Prior to the commencement of the class, students engage in the activity of viewing video lectures and studying the offered content. They then acquire practical skills in a classroom setting during the class itself. Following the session, they proceed to complete assignments. This instructional framework enables the training of prospective educators to effectively apply their knowledge, skills, talents, and professional competencies in their future teaching endeavors.

*Keywords:* computer science, programming, teaching methods, flipped classroom, systematized task base.

**Введение**

Быстрое развитие информационного общества оказывает сильное воздействие на образование в области информатики, влияя не только на содержание учебных дисциплин, но и на методику преподавания.

Одной из важнейших целей обучения информатике в школе становится решение совершенно новой, появившейся в последние годы, воспитательной задачи: уменьшение непродуктивного самостоятельного использования компьютера. Необходимо перенаправить внимание учащихся с задач, не связанных с обучением и воспитанием (многочасовые компьютерные игры, чаты, социальные сети и т.д.) на продуктивное и эффективное использование компьютера, мобильных компьютерных устройств, информационных и телекоммуникационных технологий.

Программирование занимает большую часть в школьном курсе информатики, поэтому возникает необходимость более качественной подготовки будущих учителей в вузах для обучения школьников программированию и получению эффективных результатов. Надо отметить, что в ЕНТ включены задачи в основном по программированию, а также проводятся олимпиады по информатике только по программированию.

Анализ показал, что большинство учителей информатики не владеют методикой обучения программированию школьников. На данный момент нет систематизированного сборника задач, предназначенного для школьников. К сожалению, в ГОСО РК выделяется недостаточно часов на изучение программирования [1], что приводит к необходимости разработки систематизированной базы задач в помощь учителю.

Современная подготовка будущих учителей информатики также не предусматривает необходимого количества часов для изучения методики преподавания программирования в школе [2]. Учителя информатики, владеющие профессиональной компетенцией, методикой использования систематизированной базы задач при обучении программированию значительно повысят умения и навыки обучающихся.

Целью данного исследования является разработка, реализация и оценка эффективности методики перевернутого класса (FC) с применением систематизированной базы задач по программированию в процессе обучения будущих учителей.

Выдвинута гипотеза, что применение методики перевернутого класса при обучении будущих учителей использованию систематизированной базы задач по программированию способствует более эффективному усвоению студентами учебного материала, повышению уровня их понимания и развитию навыков самостоятельной работы с образовательными ресурсами в своей дальнейшей профессиональной деятельности.

### **Методология исследования**

При проведении исследования были использованы следующие методы:

- анкетирование, которое позволило собрать информацию о начальных знаниях и опыте студентов в области программирования, а также для анализа уровня удовлетворенности полученных знаний;
- проведение педагогического эксперимента;
- тестирование, предназначенное для измерения знаний и навыков студентов до и после эксперимента и для оценивания приобретенных компетенций;
- наблюдение за процессом обучения студентов в экспериментальной и контрольной группах для анализа их активности, вовлеченности и способности к самостоятельной работе;
- анализ собранных статистических данных, включая сравнительный анализ результатов экспериментальной и контрольной групп;
- интервьюирование участников эксперимента для получения более глубокого понимания их опыта и восприятия методики перевернутого класса;
- оценка качества и доступности учебных материалов и ресурсов, предоставленных студентам для самостоятельного изучения;
- анализ данных после завершения эксперимента для выявления значимых статистических различий между группами и оценки общей эффективности методики перевернутого класса;
- изучение релевантной литературы и исследований в области образования методики перевернутого класса и преподавания программирования для определения текущих тенденций и лучших практик.

Эти методы и инструменты были использованы, чтобы получить более полное понимание эффективности методики перевернутого класса при обучении будущих учителей использованию систематизированной базы задач по программированию.

Получена обратная связь от студентов и преподавателей о качестве и эффективности методики перевернутого класса в виде отзывов, замечаний и предложений по улучшению процесса обучения.

Обучение будущих учителей методике преподавания программирования предполагает использование систематизированной базы задач.

При составлении систематизированной базы задач по программированию для отбора заданий руководствовались следующими критериями:

- по уровню сложности (начальный, средний, продвинутый) знаний и навыков целевой аудитории;
- группировка задач по тематическим категориям;
- по практической применимости. Были отобраны жизненные задачи, чтобы ученики видели практическую пользу от изучаемых навыков;
- постепенного усложнения задач. В задачник включены задачи разной сложности для прогресса обучающихся при постепенном переходе с базовых к более сложным;
- непрерывная лестница развития навыков учащихся. Последовательность задач отобрана на ранее изученных концепциях;
- по образовательным целям. Например, научить учеников решать конкретные типы задач или понимать определенные концепции;
- по типам задач разных аспектов программирования (задачи на математику, текстовую обработку, работу с графикой и др.);

- по целям обучения, которые определены в ГОСО;
- по включению игровых элементов, повышающих интерес и мотивацию обучающихся.

Задачи в сборнике систематизированы по уровню сложности, где уровень сложности связан с уровнем знаний и навыков, необходимых для успешного решения задачи и размером кода.

Например, задачи могут быть классифицированы как легкие, если для их решения достаточно базовых знаний, и как сложные, если требуются более глубокие знания или специализированные навыки. Для определения сложности задач были написаны все коды.

Сравнение задач происходит на основе сложности логики решения, объема кода, а также требуемых навыков и знаний для успешного решения. Критерием оценки сложности задач было принято количество изучаемых элементов.

Задачи первого уровня сложности относятся к ситуациям, где известны начальные элементы и требуемые модели. Обучающийся должен установить связь между элементами и моделью, а также найти неизвестные элементы. Обычно это задачи репродуктивного характера.

Задачи второго уровня требуют применения знаний в подобных ситуациях, разбиваются на подзадачи и требуют частично поисковой и репродуктивной деятельности.

К задачам третьего уровня сложности относятся ситуации, где неизвестны требуемые модели или нужно изменить имеющиеся. Задачи этого уровня также могут включать исправление ошибок, выбор моделей и т.д., они имеют проблемный характер и требуют поисковой и эвристической деятельности.

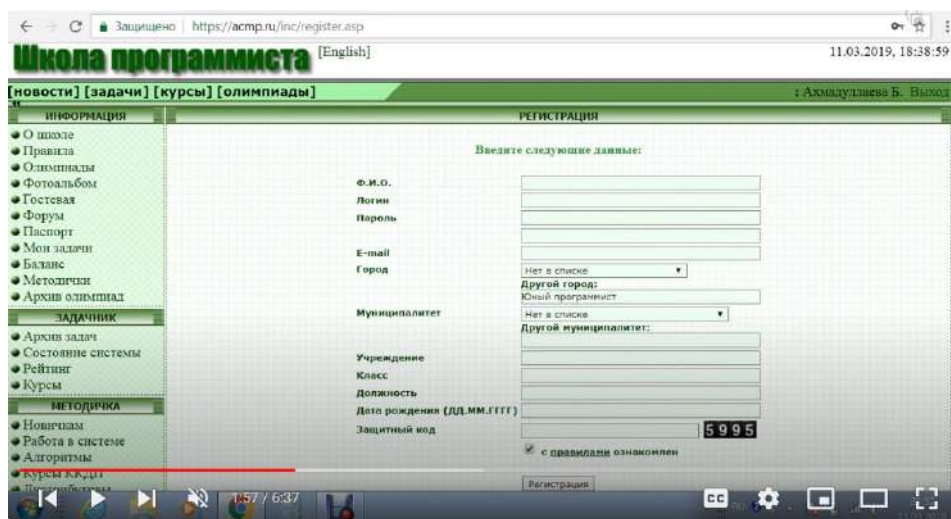
Задачи четвертого уровня могут быть поисковыми или творческими, они включают в себя ситуации, где необходимо определить возможные пути развития или достижения конечного состояния объекта, и требуют разработки информационных моделей. Такие задачи включают в себя исследования и постановку новых задач. Для эффективного использования разработанной систематизированной базы задач студентов в своей будущей педагогической деятельности выбрана методика перевернутого класса, которая является, на наш взгляд, наиболее эффективной.

При внедрении перевернутого класса (FC) используются различные инструменты, такие как видеоролики, презентационные слайды, викторины, цифровые документы через различные онлайн-платформы. В обучающей среде FC студенты сами занимаются обучением вне аудитории через просмотр видеороликов и в последующем достигают активной студенческой среды активного обучения в классе.

Перевернутый класс предоставляет студентам возможность непосредственно применять полученные знания на практике, способствует закреплению материала, самостоятельному поиску информации и ресурсов для изучения. Приобретение навыка самостоятельного обучения является важным как для будущих учителей, так и для их будущих учеников. Методика перевернутого класса позволяет индивидуальную обратную связь студентам, что помогает студентам исправлять ошибки и улучшать свои навыки. Использование видео в FC обеспечивает различные преимущества в обучении, которые нельзя получить с помощью традиционных методов. Учебный материал по использованию систематизированной базы задач по программированию и методам обучения можно просматривать перед занятиями в соответствии с временем и уровнем понимания студентов. Видеоролики создаются на основе личных записей, а также из интернета и различных источников. Удобства, полученные при использовании видеороликов, сделали их самым широко используемым инструментом в FC, доля составляет 95,34%. Для проверки понимания того, что студенты смотрели видеоролики вне аудитории в аудиторной среде проводятся викторины. Для проведения исследования были подготовлены видеолекции по теоретическому материалу о методах обучения программированию с применением систематизированной базы задач.

По видеолекциям студенты проходят регистрацию на сайтах самостоятельно и учатся использовать различные платформы с автоматической проверкой задач. Например, чтобы

учитель оценивал прогресс ученика на сайте «Школа программиста» (acmp.ru) студентам при регистрации нужно указать город – нет в списке, другой город – придуманное название своего коллектива, например «Юный программист» (рисунок 1).



Регистрация на сайте acmp.ru



Рисунок 1. Регистрация на сайте acmp.ru

По преподаванию языка программирования Python студентам предоставлены видеоуроки, развивающие педагогические компетенции (рисунок 2).

После просмотра видеолекций на практических занятиях студентами обсуждаются, разрабатываются планы уроков и видеоуроки.

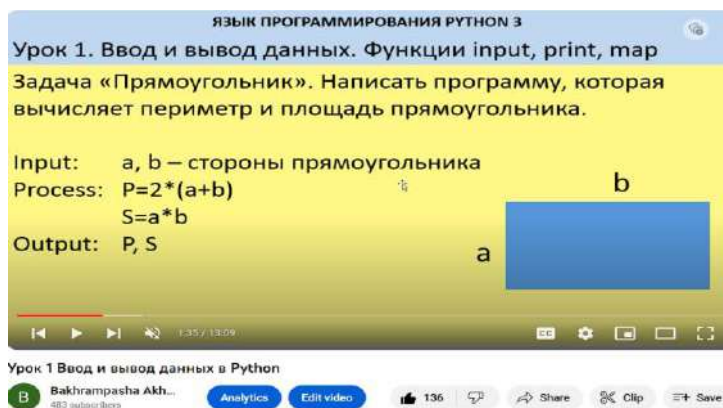


Рисунок 2. Ввод и вывод данных

С помощью автоматизированных платформ отслеживался прогресс студентов по навыкам программирования, на платформе codeforces проводились тренировки, соревнования и олимпиады. Будущим учителям необходимо уметь пользоваться с данными платформами в своей будущей профессиональной деятельности при обучении и подготовке к олимпиадам по информатике учащихся в школе. В качестве систематизированной базы задач были выбраны несколько популярных платформ (informatics.msk.ru, acmp.ru, silvertest.ru, codeforces.com) с автоматизированной проверкой задач. На сайте informatics.msk.ru с автоматической проверкой задач по программированию предоставлены задачи, систематизированные тематически, но не по сложности (рисунок 3).



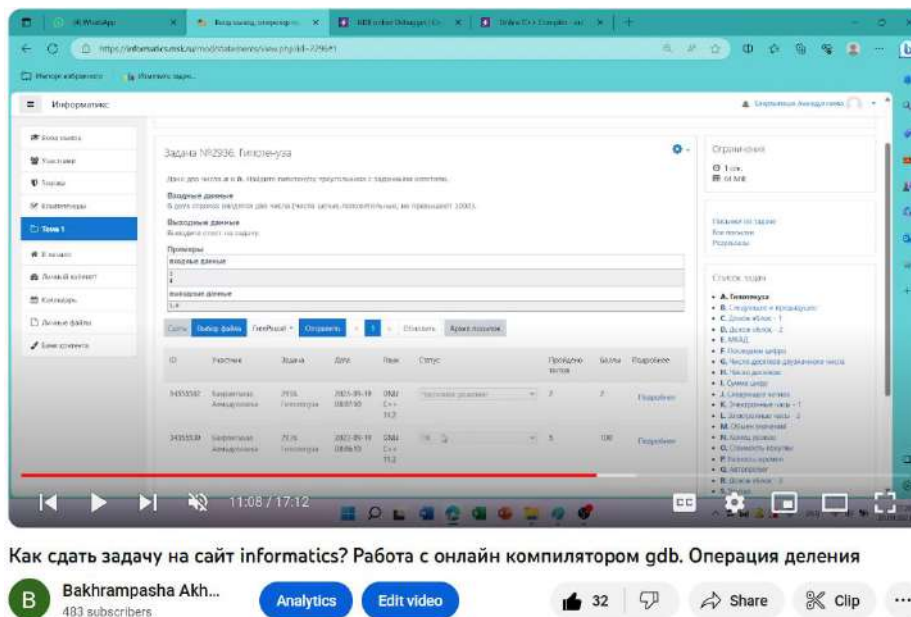


Рисунок 3. Как сдать задачу на сайт informatics

Прорешивая данные задачи, пришли к выводу, что не всегда сложные задачи предлагаются раньше легких. В связи с этим возникла необходимость систематизировать данные задачи по уровням сложности. Данный опыт будущие учителя будут применять в своей профессиональной деятельности при преподавании программирования в школе.

Систематизированная база задач, составленная по вышеизложенным критериям, является эффективной в обучении программированию и помогает ученикам развивать навыки постепенно и системно. В таблице 1 представлены систематизированные задачи по нескольким темам и уровням сложности.

Таблица 1. Систематизация задач по темам и уровням сложности

Уровень А	Уровень В	Уровень С
<i>Тема: Алгоритмы обработки массивов (сайт informatics.msk.ru) Авторский курс «Задачи из учебника К.Ю. Полякова и Е.А. Еремина»</i>		
№112289. Сколько равно X? №112298. Реверс половин №112300. Сдвиг влево №112302. Сдвиг вправо №112307. Выбрать отрицательные №112308. Каждый третий	№112290. Где равные X? №112301. Сдвиг влево K-M №112303. Сдвиг вправо K-M №112294. Три минимума №112295. Перестановка пар №112309. Выбрать повторяющиеся	№112293. Максимум и минимум №112296. Самая длинная цепочка №112310. Выбрать по делителям №112311. Выбрать простые №112312. Выбрать числа Фибоначчи
<i>Тема: «Строки» (codeforces.com)</i>		
№141. Веселая шутка №61. Быстрый математик №282. Bit++ №1146. Любите "A" №41. Перевод №1703. YES или YES? №71. Слишком длинные слова	№1367. Короткие подстроки №1619. Квадратная строка? №158. Следующий раунд №1791. Проверка Codeforces №734. Антон и Даник	160A. Близнецы 1760B. Любимая задача Atilla 59A. Слово, D. Строка 705A. Халк 1722A. Проверка правописания 1480A. Еще одна игра со строкой

### Результаты исследования

В данном разделе представлены результаты исследования, направленные на оценку эффективности применения методики перевернутого класса для обучения будущих учителей к использованию систематизированной базы задач по программированию. Результаты основаны на собранных данных и анализе проведенных экспериментов.

*Внедрение в учебный процесс.* Для проведения исследования была выбрана учебная группа будущих учителей, участвующих в эксперименте. Группа была разделена на две подгруппы: экспериментальную и контрольную. Перед началом эксперимента проводилось предварительное тестирование всех студентов, чтобы оценить их начальные знания, навыки и умения по методике преподавания и программированию.

Экспериментальной группе студентов предоставили доступ к систематизированной базе задач по программированию на языке Python и предложили им изучать контент по предоставленным материалам. Обеспечили им доступ к необходимым образовательным ресурсам и инструкциям.

Контрольная группа студентов изучали тот же материал, но в традиционной аудиторной среде с помощью лекций и практических занятий. В течении определенного периода времени отслеживались активность и прогресс студентов в обеих группах.

Проводили сбор данных об их успехах, времени, затраченном на обучение, и уровне удовлетворенности процессом обучения с помощью таблицы критерия Стьюдента (t-критерий) [3]. В двух группах учащихся – экспериментальной и контрольной – получены результаты по учебному предмету и приведены в таблицах 2 и 3 (из методических соображений приводятся результаты небольшого числа испытуемых).

Таблица 2. Результаты контрольной группы

Студенты (n=14)	Баллы (макс балл 100)		Вспомогательные расчеты	
	До начала эксперимента (X)	В конце эксперимента (Y)	d	d <sup>2</sup>
1	65	85	20	400
2	52	60	8	64
3	56	70	14	196
4	51	62	11	121
5	57	64	7	49
6	75	90	15	225
7	78	85	7	49
8	70	79	9	81
9	56	75	19	361
10	76	86	10	100
11	74	82	8	64
12	58	68	10	100
13	72	96	24	576
14	77	88	11	121
Сумма	917	1090	173	2507
Средний балл	65,5	77,9	12,4	

Расчет t-критерия применяем к результатам контрольной группы для оценки различий между успеваемостью и пониманием материала в этой группе:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum d_i^2 - \frac{(\sum d_i)^2}{n}}{n * (n - 1)}} \approx 1,4 \quad (1)$$

$$\bar{d} = \frac{\sum d_i}{n} \approx 12,35 \quad (2)$$

$$t_{\text{контр}} = \frac{\bar{d}}{S_d} \approx 8,8 \quad (3)$$

Таблица 3. Результаты экспериментальной группы

Студенты (n=14)	Баллы (макс балл 100)		Вспомогательные расчеты	
	До (X)	После (Y)	d	d <sup>2</sup>
1	65	89	24	576
2	70	90	20	400
3	66	100	34	1156
4	74	92	18	324
5	57	80	23	529
6	51	78	27	729
7	78	86	8	64
8	70	95	25	625
9	56	78	22	484
10	76	86	10	100
11	74	100	26	676
12	58	94	36	1296
13	72	86	14	196
14	77	100	23	529
Сумма	944	1254	310	7684
Средний балл	67,4	89,6	22,1	

Аналогичный расчет t-критерия применяем для экспериментальной группы:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum d_i^2 - \frac{(\sum d_i)^2}{n}}{n * (n - 1)}} \approx 2,1 \quad (1)$$

$$\bar{d} = \frac{\sum d_i}{n} \approx 22 \quad (2)$$

$$t_{\text{экс}} = \frac{\bar{d}}{S_d} \approx 10,4 \quad (3)$$

*Интерпретация результатов эксперимента.*

По результатам вычислений  $t_{\text{экс}} \approx 10,4$ ,  $t_{\text{контр}} \approx 8,8$ ,  $8,8 < 10,4$ , откуда следует вывод о том, что предложенная методика перевернутого обучения будущих учителей к использованию систематизированной базы задач по программированию в своей профессиональной деятельности эффективна.

*Анкетирование*

Проводилось анкетирование с целью выявления мнения студентов о методике перевернутого класса обучения преподаванию программирования с использованием систематизированной базы задач на автоматизированных платформах. А также для изучения их мотивации и восприятия учебного процесса.

На основе анализа данных были сформулированы выводы о влиянии данной методики на процесс обучения и достижение образовательных целей.

Студенты, участвовавшие в учебном процессе, показали более высокий уровень мотивации к учению. 92% студентов, участвовавших в эксперименте, отметили, что методика перевернутого класса способствовала лучшему восприятию учебного процесса. Они чувствовали себя более вовлеченными и заинтересованными в обучении. Большинство студентов экспериментальной группы оценивают эту методику, как более гибкой и интерактивной.

#### *Восприятие учебного процесса*

Статистические данные показали, что студенты, обучавшиеся с использованием перевернутого класса, потратили более продолжительное время на учебу и проявляли более высокую активность в решении учебных задач. Студенты обучавшиеся по данной методике по результатам тестирования показали значительный прогресс по сравнению с первоначальными знаниями, умениями и навыками. Сравнение средних оценок студентов из экспериментальной и контрольной групп показало, что студенты, обучавшиеся с использованием методики перевернутого класса, достигли более высокой успеваемости. Студенты экспериментальной группы продемонстрировали более глубокое понимание учебного материала. Они лучше усваивали ключевые понятия и навыки, представленные в видеолекциях. Преподаватели отметили положительное воздействие методики перевернутого класса на успеваемость и академическую производительность студентов. Они отмечали более глубокое понимание учебного материала и больший интерес к предмету. Результаты имеют существенные различия. Учащиеся из экспериментальной группы продемонстрировали более высокий уровень активности и информированности в учебном процессе. Кроме того, в экспериментальной группе отмечен более высокий уровень саморегуляции и ответственности за процесс обучения. Статистически значимые различия в успеваемости и понимании материала были выявлены в пользу экспериментальной группы, что свидетельствует об эффективности метода.

Экспериментальная группа имела возможность изучать материал в удобном для них индивидуальном темпе, что способствует более глубокому усвоению знаний и навыков. Студенты, обучающиеся по методике перевернутого класса, развили навыки самостоятельной работы и поиска информации. Отмечается более интенсивное использование онлайн-ресурсов и обратной связи от преподавателей.

Таким образом, результаты эксперимента подтвердили эффективность методики перевернутого класса при изучении методики преподавания программированию. Этот подход обеспечивает более глубокое понимание и систематизацию знаний, а также развитие саморегуляции студентов. В связи с этим рекомендуется широкое внедрение данной методики в образовательный процесс, особенно в сфере обучения программированию.

#### **Дискуссия**

В исследовании [4] рассмотрены четыре структуры методики перевернутого класса и проведена треугольная проверка с результатами анализа документов из 44 статей, связанных с методикой перевернутого класса в изучении программирования. Выявили цели методики перевернутого класса – подготовить студентов перед занятиями, предоставить дополнительное время в аудитории и создать активную обучающую среду в классе. Предложена структура методики перевернутого класса для изучения программирования. Эта структура имеет три фазы: предзанятия, занятия в классе и постзанятия. Авторы внесли предложения для активности и мотивационные элементы для удовлетворения концептуальных и технических потребностей при изучении программирования с использованием методики перевернутого класса.

Исследователи выявили некоторые проблемы при обучении программированию с использованием методики перевернутого класса. К ним относятся затруднения у некоторых преподавателей, вызванные подготовкой инструментов к занятиям и обеспечение участия студентов в занятиях вне класса.

В работе [5] речь идет о возможных трудностях внедрения перевернутого класса в вводные курсы по компьютерному программированию (CS1) для студентов инженерных, инженерно-технологических и программных направлений бакалавриата.

Объединение проблемно-ориентированного обучения (PBL) с различными стратегиями коллаборативного обучения в перевернутых классах для улучшения мотивации учащихся и их результатов обучения предложили исследователи в [6]. Основная идея заключалась в разработке учебного процесса на основе концепции перевернутых классов. Предложенный метод был использован для разработки целей обучения, учебного контента и повышение активности в групповой работе, тем самым формируя новые стратегии обучения для развития самостоятельности у студентов, логического мышления, навыков решения проблем, результатов обучения и мотивации к обучению. Результаты исследования показали, что предложенные стратегии обучения улучшили результаты обучения участников. Экспериментальная группа показала более высокие результаты обучения по сравнению с контрольной группой. Таким образом, участники дали положительные оценки в модели перевернутого класса, разработанной в данном исследовании.

Исследователи [7] разработали модель, включающую шесть исследовательских гипотез. В исследовании они применили модель перевернутого класса в рамках курса по программированию для изучения взаимосвязи между самоэффективностью и учебной эффективностью в курсе по программированию. Результаты этого исследования указывают на существование положительной взаимосвязи между самоэффективностью в программировании и заинтересованностью, вовлеченностью при контроле студентов данного курса. Исследователи также выявили ряд важных практических выводов и факторов, способствующих улучшению организации и проведения подобных курсов.

В своем исследовании [8] авторы использовали методику перевернутого класса с двумя группами учеников пятого класса в Макао, чтобы сравнить влияние двух педагогических стратегий: перевернутого класса и традиционного преподавания на результаты обучения учащихся. Основные результаты исследования показали, что экспериментальная группа в перевернутом классе имела значительно более высокие результаты обучения по сравнению с контрольной группой в курсе программирования. Кроме того, студенты в перевернутом классе значительно лучше овладели более сложными концепциями программирования, такими как условия и циклы.

Применяя смешанный режим обучения на основе методики перевернутого класса, исследователи придерживались концепции "Развитие, ориентированное на студента" [9].

С учетом особенностей множества тем программирования и высоких требований к комплексной способности применения знаний, была проведена практика смешанного обучения онлайн и оффлайн.

Для создания онлайн-учебных ресурсов использовали приложение Xuexitong. Смешанный режим обучения онлайн и оффлайн охватывал три этапа обучения – до, во время и после урока, и позволил расширить пространство обучения, что усилило взаимодействие в классе и повысило эффективность учебного процесса. Этот смешанный режим, ориентированный на решение проблем, исследования и сотрудничество между преподавателем и студентами, эффективно улучшил уровень обучения студентов и качество преподавания.

В статье [10] авторы сообщили об их подходе и предварительных наблюдениях по переходу к модели перевернутого класса обучения для курсов программирования первого курса бакалавриата. В рамках предварительного исследования они сравнили успеваемость студентов по итоговым экзаменам до и после перехода, а также получили обратную связь от студентов с помощью анкет. Они отметили небольшое, хотя и не значительное, улучшение

баллов за экзамены. Обратная связь студентов была положительной и указывала на высокий уровень вовлеченности студентов в новый подход.

Исследователи [11] описали результаты исследования, проведенного при анализе результатов внедрения методики перевернутого класса во вводные курсы программирования на протяжении нескольких лет, а также сравнили успеваемость студентов разных полов и специальностей. В ходе исследования не было выявлено значительных различий в успеваемости студентов между предшествующими и внедренными методами обучения. Кроме того, они установили, что тенденции в успеваемости в основном совпадали между студентами мужского и женского пола любой специальности. Однако обнаружено, что мужчины в целом показывают более высокую успеваемость в курсе программирования, хотя существует умеренная положительная корреляция между процентом женщин в этом курсе и их успеваемостью. В курсе по структурам данных ни один из полов не показал более высокой успеваемости по сравнению с другим.

В работе [12] авторы сравнивают существующую литературу со своим опытом преподавания. Как основной результат, они представили простое описание процесса и рекомендации для построения структуры курса с использованием методики перевернутого класса. Выяснили, что перевернутый класс более эффективен, чем традиционная модель лекций и упражнений. Поэтому они рекомендуют преподавателям исследовать возможность использования этой методики.

В любой предметной области для обучения требуется хорошее преподавательское мастерство, отличное знание и практические навыки преподаваемого предмета. В данной работе [13] авторы предлагают различные образовательные методики обучения студентов по программированию.

Результаты исследования указывают на потенциал методики перевернутого класса для повышения качества подготовки будущих учителей в области методики преподавания программирования. Данная методика может быть успешно интегрирована в учебный процесс для улучшения результатов обучения. На основе результатов исследования, рекомендуется рассмотреть возможность расширения применения методики перевернутого класса в образовательных программах, обучающих будущих учителей методике преподавания программирования с использованием систематизированной базы задач на платформах с автоматической проверкой.

### **Заключение**

В процессе исследования разработана систематизированная база задач по программированию соответственно определенным критериям. Разработана методика перевернутого класса для эффективного усвоения материала будущими учителями к использованию систематизированной базы задач по программированию в своей будущей педагогической деятельности.

Исследование показало, что методика перевернутого класса, в сочетании с использованием систематизированной базы задач по программированию является эффективным подходом к обучению будущих учителей. Перевернутый класс способствует развитию самостоятельности студентов, позволяет преподавателям адаптировать учебный процесс к индивидуальным потребностям студентов. Преподаватели могут предоставить дополнительные ресурсы и поддержку тем, кто нуждается в дополнительной помощи, и предоставить более сложные задания для более продвинутых студентов. Важной частью методики является система оценки и обратной связи. Студенты могут получить непосредственную информацию о своем прогрессе, что способствует дальнейшему прогрессу и повышению мотивации.

Результаты педагогического эксперимента показали, что методика перевернутого класса в сочетании с систематизированной базой задач по программированию может эффективно подготовить будущих учителей для обучения школьников программированию.

Данная методика способствует развитию навыков саморегуляции и практических умений студентов, обеспечивает индивидуальный подход, что важно для современного образования.

Список использованных источников

[1] «Об утверждении государственных общеобязательных стандартов образования всех уровней образования» (далее – ГОСО) приказ Министра образования и науки Республики Казахстан от 31 октября 2018 года № 604 (с изменениями и дополнениями на 28 августа 2020 года № 372) <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1800017669>

[2] Сайт КазНПУ имени Абая. Учебные планы. Бакалавриат. 6B01507-Информатика <https://www.kaznpu.kz/docs/plan/fizmat/bac/601507-.pdf>

[3] Лекция 6. Анализ двух выборок. лекция\_6 (tsput.ru)

[4] Abdullah M. Z., Syhanim M. S. A Flipped Classroom Framework for Teaching and Learning of Programming Rosnizam Eusoff// International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology. Vol.12 (2022) No. 2 ISSN: 2088-5334 <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0121066>

[5] Amresh A.C., Adam R., Femiani J. “Evaluating the effectiveness of flipped classrooms for teaching CSI” // Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE Pages 733 - 735 2013 <http://dx.doi.org/10.1109/FIE.2013.6684923>

[6] Chang Y.Y., Yin-Chen L.Y. «Effects of Combining Different Collaborative Learning Strategies with Problem-Based Learning in a Flipped Classroom on Program Language Learning» Sustainability (Switzerland) Volume 14, Issue 9 May-1 2022 <https://doi.org/10.3390/su14095282>

[7] Chiu P.Z., Hua-Xu L.C. «Investigating the effects of a programming course using flipped learning» // Innovations in Education and Teaching International. Volume 60, Issue 4, Pages 578 <http://dx.doi.org/10.1080/14703297.2022.2080097>

[8] Choi V.W., Lei H.M., Antonio J. The Effects of Flipped Classroom on Learning Achievement in Block-Based Programming Education// 11th International Conference on Information and Education Technology, ICIET 2023 Pages 241 - 245 2023 <http://dx.doi.org/10.1109/ICIET56899.2023.10111237>

[9] Han X.G., Yunhui «A Practical Study of Mixed Teaching Mode Based On Flipped Classroom»// 4th International Conference on Education Development and Studies, ICEDS 2023 Hilo17 March 2023to 19 March 2023 <http://dx.doi.org/10.1145/3591139.3591149>

[10] Tyler B., Abdrakhmanova M. Flipping the CS1 and CS2 classrooms in Central Asia// Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2016, 2016-November <http://dx.doi.org/10.1109/FIE.2016.7757739>

[11] Tyler B., Yessenbayeva A. A comparison of flipped programming classroom models - Results by gender and major // Proceedings - Frontiers in Education Conference, 2018-October2 July 2018 <http://dx.doi.org/10.1109/FIE.2018.8658809>

[12] Herala A., Erno V., Knutas A., Ikonen J. Teaching programming with flipped classroom method: a study from two programming courses. // Proceedings of the 15th Koli Calling Conference on Computing Education Research. November 2015. Pages 165–166. <https://doi.org/10.1145/2828959.2828983>

[13] Waite J., Sentence S. Teaching programming in schools: A review of approaches and strategies. / Raspberry Pi Foundation, 2021

References

[1] «Ob utverzhdenii gosudarstvennyh obshheobязatel'nyh standartov obrazovaniya vseh urovnej obrazovaniya» [«On approval of state compulsory education standards at all levels of education». (dalee – GOSO) prikaz Ministra obrazovaniya i nauki Respubliki Kazahstan ot 31 oktjabrja 2018 goda № 604 (s izmenenijami i dopolnenijami na 28 avgusta 2020 goda № 372) <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1800017669> (In Russian)

[2] Sajt KazNPU imeni Abaja. Uchebnye plany. Bakalavriat [Educational plans. Bachelor's degree]. 6V01507-Informatika <https://www.kaznpu.kz/docs/plan/fizmat/bac/601507-.pdf> (In Russian)

[3] Lekcija 6. Analiz dvuh vyborok. lekcija\_6 (tsput.ru) (In Russian)

[4] Abdullah M. Z., Syhanim M. S. (2022) A Flipped Classroom Framework for Teaching and Learning of Programming Rosnizam Eusoff// International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology. Vol.12, No. 2 ISSN: 2088-5334 <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0121066>

[5] Amresh A.C., Adam R., Femiani J. "Evaluating the effectiveness of flipped classrooms for teaching CSI" // *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE* Pages 733 - 735 2013 <http://dx.doi.org/10.1109/FIE.2013.6684923>

[6] Chang Y.Y., Yin-Chen L.Y. (2022) «Effects of Combining Different Collaborative Learning Strategies with Problem-Based Learning in a Flipped Classroom on Program Language Learning» *Sustainability (Switzerland)* Volume 14, Issue 9. <https://doi.org/10.3390/su14095282>

[7] Chiu P.Z., Hua-Xu L.C. «Investigating the effects of a programming course using flipped learning» // *Innovations in Education and Teaching International*. Volume 60, Issue 4, Pages 578 <http://dx.doi.org/10.1080/14703297.2022.2080097>

[8] Choi V.W., Lei H.M., Antonio J. (2023) *The Effects of Flipped Classroom on Learning Achievement in Block-Based Programming Education*// 11th International Conference on Information and Education Technology, ICIET 2023 Pages 241 – 245. <http://dx.doi.org/10.1109/ICIET56899.2023.10111237>

[9] Han X.G., Yunhui (2023) «A Practical Study of Mixed Teaching Mode Based On Flipped Classroom»// 4th International Conference on Education Development and Studies, ICEDS 2023 Hilo17 March 2023to <http://dx.doi.org/10.1145/3591139.3591149>

[10] Tyler B., Abdrakhmanova M. (2016) *Flipping the CS1 and CS2 classrooms in Central Asia*// *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, 2016, <http://dx.doi.org/10.1109/FIE.2016.7757739>

[11] Tyler B., Yessenbayeva A. (2018) *A comparison of flipped programming classroom models - Results by gender and major* // *Proceedings - Frontiers in Education Conference*, 2018-October2 July 2018 <http://dx.doi.org/10.1109/FIE.2018.8658809>

[12] Herala A., Erno V., Knutas A., Ikonen J. (2015) *Teaching programming with flipped classroom method: a study from two programming courses*. // *Proceedings of the 15th Koli Calling Conference on Computing Education Research*. November. Pages 165–166. <https://doi.org/10.1145/2828959.2828983>

[13] Waite J., Sentence S. (2021) *Teaching programming in schools: A review of approaches and strategies*. / Raspberry Pi Foundation.



**А.М. Байганова**

Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан

\*e-mail: altynzer\_70@mail.ru

## **ИНФОРМАТИКА ПӘНІНЕН ТОЛЫҚТЫРЫЛҒАН ШЫНДЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН ҚОСЫМША ӘЗІРЛЕУ**

### *Аңдатпа*

Бұл мақалада қарастырылған зерттеудің мақсаты – білім беруде толықтырылған шындық технологиялары және информатика пәнінен толықтырылған шындық технологиясына негізделген қосымша әзірлеу мәселелерін зерттеу. Мақалада қосымшаны әзірлеуге қолданған әдістер, программалау ортасын таңдау үрдісі және құру кезеңдері сипатталған. Таңдап алынған орта- Unity, Vuforia орталары. Vuforia - арнайы Unity ойын механизмін пайдаланып кросс-платформалық қосымшаларды жасауға мүмкіндік беретін тегін және үнемі жаңартылатын кітапхана. SDK iOS және Android тілдеріне де қолдау және бір уақытта екі платформаға да оңай тасымалданатын Unity жүйесінде толықтырылған шындық қосымшаларын жасауға мүмкіндік береді. Қолдану арқылы әзірленген қолданбалар iPhone, iPad, Android және Android ОЖ жұмыс істейтін телефондар мен планшеттерді қоса алғанда, мобильді құрылғылардың кең ауқымымен үйлесімді. Зерттеу әдістері - интегралды ортада программалау әдістері, программалау технологиясы, мобилді қосымшаны жобалау әдістері. Зерттеу нәтижесінде білім берудегі толықтырылған шындық технологиялары зерттелді, қосымшаны әзірлеуге арналған программалау орталарына талдау жасалды және мектеп информатика пәніне AR технологиясына негізделген қосымша әзірленді.

*Түйін сөздер:* толықтырылған шындық технологиялары, Unity, Vuforia орталары, Python программалау тілі, мобилді қосымша, маркер, объект.

А.М.Байганова

Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, г.Актобе, Республика Казахстан

## **РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ПО ИНФОРМАТИКЕ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

### *Аннотация*

Целью описанного в данной статье исследования является изучение вопросов проблем разработки приложений, основанных на технологиях дополненной реальности в образовании по информатике. В статье рассматриваются методы, применяемые для разработки приложения, процесс выбора среды программирования и этапы создания. Выбранная среда- Unity, Vuforia. Vuforia-это бесплатная и постоянно обновляемая библиотека, которая позволяет создавать кроссплатформенные приложения с использованием специального игрового механизма Unity. SDK поддерживает как языки iOS, так и Android и позволяет создавать приложения дополненной реальности в Unity, которые легко переносятся на обе платформы одновременно. Приложения, разработанные с использованием, совместимы с широким спектром мобильных устройств, включая телефоны и планшеты под управлением iPhone, iPad, Android и ОС Android. Методы исследования-методы программирования в интегральной среде, технология программирования, методы проектирования мобильных приложений. В результате исследования были изучены технологии дополненной реальности в образовании, проанализированы среды программирования для разработки приложений и разработано приложение по информатике, основанное на технологии AR.

*Ключевые слова:* технологии дополненной реальности, среда Unity, Vuforia, язык программирования Python, мобильное приложение, маркер, объект.

A. Baiganova

K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan

## DEVELOPMENT OF A COMPUTER SCIENCE APPLICATION BASED ON AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY

### Abstract

The purpose of the research described in this article is to study the issues of the problems of developing applications based on augmented reality technologies in computer science education. The article discusses the methods used for application development, the process of choosing a programming environment and the stages of creation. The selected environment is Unity, Vuforia. Vuforia is a free and constantly updated library that allows you to create cross-platform applications using a special Unity game engine. The SDK supports both iOS and Android languages and allows you to create augmented reality applications in Unity that can be easily transferred to both platforms simultaneously. Applications developed using are compatible with a wide range of mobile devices, including phones and tablets running iPhone, iPad, Android and Android OS. Research methods-programming methods in an integrated environment, programming technology, methods of designing mobile applications. As a result of the research, augmented reality technologies in education were studied, programming environments for application development were analyzed, and a computer science application based on AR technology was developed.

*Keywords:* augmented reality technologies, Unity environment, Vuforia, Python programming language, mobile application, marker, object.

### Кіріспе

Ақпараттық технологиялар қазір білім беруде кеңінен қолданылады. Бұлтық қызметтердің кең ауқымынан басқа, толықтырылған (AR) және виртуалды шындық (VR) білім беру процесінің ажырамас бөлігіне айналууда. Толықтырылған шындық дегеніміз-нақты уақыт режимінде физикалық әлемді құрылғылар (планшеттер, смартфондар) және арнайы бағдарламалар арқылы сандық мәліметтермен толықтыратын орта.

Толықтырылған шындық (ағылш. augmented reality, AR- «кеңейтілген шындық»)-компьютерлік қосымшалар арқылы нақты физикалық әлемде орналасқан қандай да бір маркермен немесе объектімен ақпараттың виртуалды қабатын құруға және сәйкестендіруге мүмкіндік беретін технология [1-2].

Маркердің ролін кез-келген графикалық визуалды объект атқарады, оған арнайы бағдарламалық құралдарды қолдана отырып, әртүрлі форматтағы виртуалды нысандарды қосуға болады. AR технологиясы бар кескінге немесе кеңістікке кескін, мәтін, бейне және аудио компоненттерді қоюға мүмкіндік береді. Осылайша алынған қосымша ақпаратты көбінесе аура деп атайды, оны маркерден смартфондар, планшеттер, AR көзілдіріктері мен шлемдері және т. б. сияқты сандық құрылғылардың барлық түрлерімен оқуға болады.

AR қосымшаларын виртуалды оқыту ресурстарының кең спектрін нақты ортаға біріктіру арқылы практикалық оқыту мүмкіндіктерін жетілдіруге болады. AR технологиясы теория мен практикалық дағдыларды үйренуге жаңа мүмкіндіктер ашады. Виртуалды және нақты тәжірибені практикалық біріктіру білімалушылардың жеке тұлғаға бағытталған қызметін дамытады. Модельдеу кеңістігін көрсету және виртуалды оқиғаларға өзінің қатысуы және AR технологиясын барлық білімалушылар үшін және білім берудің барлық деңгейлеріне әмбебап өзекті педагогикалық құралға айналды. Сонымен қатар, AR білімді шынайылықпен біріктіруге және тиімді қолдану мүмкіндігіне ие [3].

Қазіргі уақытта көптеген мобильді техникалық құрылғыларда жұмыс істейтін және AR технологиясының мүмкіндіктерін пайдалануға мүмкіндік беретін бірқатар бағдарламалық шешімдер бар.

Бұл смартфондар, планшеттер, AR көзілдіріктері, шлемдер және т.б. сияқты мобильді құрылғылардың есептеу потенциалы мен аппараттық құрамы құрылғының бейнекамерасынан нақты уақытта алынған графикалық кескінге әртүрлі сандық мазмұнды қою процесін жүзеге асыруға мүмкіндік беретіндігіне байланысты.

AR қосымшаларын құруға арналған жеткілікті платформалар (AR кітапханалары) бар. Олардың ішінде Vuforia, ARToolKit, Kudan, Catchoom, Augment, HP Reveal, WikiTude, LayAR, Blippar, EON Reality, InfinityAR және т. б.

### **Зерттеу әдіснамасы**

*Зерттеу жұмысының негізгі мақсаты:* білім беру саласында AR технологияларын қолданудың теориялық және практикалық мәселелерін зерттеу және қосымша әзірлеу. Осы мақсатты шешу үшін келесі міндеттер қойылды:

1. Ғылыми дереккөздерге талдау жасау және AR технологиясының теориялық негіздері мен мүмкіндіктерін айқындау;
2. AR технологияларын қолдану аясын зерттеу;
3. AR технологиясына негізделген программалар мен техникалық жабдықтарды зерделеу;
4. Мектеп информатика курсына «Python программалау тілінде алгоритмдерді программалау» бөліміне AR қосымшасын әзірлеу (9 сынып);
5. Қосымшаны тәжірибеден өткізу.

Толықтырылған шындық технологияларының негізгі ұғымдары, әдістері мен құралдары, білім беруде, оның ішінде мектеп оқушыларын оқытуда қолдану тәжірибесі талданды. Толықтырылған шындық элементтері бар мобильді қосымшаны дамытудың оңтайлы ортасы визуалды болуы керек. Біздің жағдайда мұндай даму ортасы - Unity ортасы, себебі Vuforia әзірлеушінің толықтырылған құралдар жинағын қолдайды. Толықтырылған шындық нысандарын пайдалану үшін Android платформасындағы смартфондарға арналған қосымша әзірленді. Оны информатиканы оқыту үрдісінде сабақта, үйде сабаққа дайындық кезінде пайдалануға болады.

Информатика пәнінен интерактивті толықтырылған шындық қосымшасын әзірлеу үшін заманауи қосымшалар қолданылады. Қосымшаны дайындауға Unity3D кроссплатформалы ортасы, Vuforia платформасы таңдалды.

Vuforia AR қосымшаларын жасау үшін 4 өнімді ұсынады:

- Vuforia Engine;
- Vuforia Studio;
- Vuforia Chalk;
- Vuforia Expert Capture.

Осы 4 өнімнің ішінен Vuforia Engine таңдалды. Себебі Vuforia Engine (бұрынғы атауы Vuforia SDK) - бұл толықтырылған шындық платформасы мен толықтырылған шындық бағдарламалық жасақтамасын жасаушы құралдар жиынтығынан (SDK – Software Development Kit) тұратын бағдарламалық жасақтама. Vuforia Engine Unity 3D «ойын қозғалтқышымен» біріктірілген, бұл AR қосымшаларын әзірлеуді айтарлықтай жеңілдетеді.

Vuforia Engine қамтамасыз етеді:

- Ең танымал және еркін таратылатын AR «қозғалтқышы» негізінде AR нысандарымен жұмыс істеу сценарийлерін жасаудың қарапайымдылығы;
- 3D деректерін шексіз қайта пайдалану;
- «Сандық кеңесші» және «сандық Қос» пайдалану мүмкіндігі;
- Пайдаланушы құрылғыларының кең спектрін қолдану (iOS, Android, WP).

AR қосымшасы («App»-frame) порталда құрылған [developer.vuforia.com](http://developer.vuforia.com) Vuforia визуализаторының негізгі модульдерін, Vuforia модульдерін AR-ге түсіндірме мәтіндерді, алдын-ала дайындалған 3D модельдерді, 2D суреттерді, сахнадағы қосымша ақпараттық компонентті қосу үшін қолданатын бағдарламалық қосымша. Vuforia кеңістіктік орналастыру, тану, және on-line режимін қолдану арқылы қадағалау үшін жауапты болып табылады. Нәтижесінде алынған Web-қосымша Unity 3D-де пакеттеледі және мобильді құрылғыларда Web бойынша қол жеткізу үшін орналастырылады. Vuforia көмегімен 3D виртуалды нысан Unity3D үшін Prefabs түріне айналады, белгі арқылы сахнаға қосылады, пайдаланушының

көзқарасын орналастыру және 3D объектісінің масштабы көптеген басқару элементтерімен реттеледі [4-5].

Қорытындылай келе, дайын сахна-Unity 3D-де Vuforia engine нысандарымен жұмыс істеу нәтижесі-iOS мобильді құрылғыларымен (iPhone, iPad) немесе Android мобильді құрылғыларымен немесе UWP (MSWindows) жұмыс істейтін компьютерлермен/мобильді құрылғылармен жұмыс істеу үшін құрастырылады және жүйелі жұмыс жасайды. «Python программалау тілінде алгоритмдерді программалау» бөліміндегі «Массивтер» тақырыбы күрделі тақырыптардың бірі. Осы тақырыпты оқыту барысында AR қосымшасын қолданып, мысалдар арқылы түсіндіру және программалау дағдыларын қалыптастыру көзделді.

*Зерттеу әдістері:*

-теориялық әдістер (зерттеу мәселесі бойынша материалдарды талдау, синтездеу және жүйелеу);

-эмперикалық әдістер (бақылау, әңгімелесу, сауалнамалар, тестілеу);

-эксперименттік зерттеуде алынған мәліметтерді өңдеудің математикалық әдістерін қолдану.

### **Зерттеудің нәтижелері**

Толықтырылған шындық қосымшасын әзірлеу әдістемелік материалдардан және олардағы нысандар-таргеттерді анықтаудан басталады. Таргеттер-бұл мобильді қосымшаның камера көрініс тапқышын бағыттау кезінде осы мақсатқа байланысты толықтырылған шындық элементі іске қосылатын нысандар. Таргеттер үш өлшемді де, екі өлшемді де кескіндер, QR код, мәтіндік элементтер және басқалар болуы мүмкін. Әзірленген қосымшада біз тапсырмаларды орындау алгоритмін көрсететін бейнелер жиынтығы байланыстырылатын графикалық белгілер объектілерінің жиынтығын қолданамыз [6-7].

- Қосымшаны жасауға дайындық;
- Vuforia есептік жазбасын жасау;
- Vuforia-ны Unity-ге біріктіру;
- Android үшін компиляция қосымшасын орнату;
- QR кодын жасау.

Алдымен ресми сайттан «Unity» орнату керек [8]. Unity қозғалтқышымен біріктірілген Vuforia SDK көмегімен AR кітапшасын әзірлеу алгоритіміне нақты тоқталайық. Толықтырылған шындық элементтері бар қосымшаны әзірлеу алгоритмі келесідей:

1. Бір немесе бірнеше даму тақырыптарын таңдау.
2. Таңдалған тақырып, пән немесе ғылыми сала бойынша қолда бар әзірлемелерді (егер бар болса) талдау.
3. Элементтер мен қосымшаларды әзірлеу үшін бағдарламалық жасақтаманы таңдау.
4. Кеңейтілген нақтылық элементтерін (белгілер мен нысандар) дамыту.
5. Таңдалған бағдарламалық жасақтамада кеңейтілген шындық элементтерімен жұмыс.
6. Қолданбаны белгілі бір операциялық жүйеге экспорттау.
  - a. компиляция қателері болған жағдайда-шешім жолдарын іздеу;
  - b. қателер болмаған жағдайда-мақсатты құрылғыда қосымшаны орнату.
7. Қосымшаның жұмысын талдау.
  - a. компиляция қателері болған жағдайда-шешім жолдарын іздеу;
  - b. қателер болмаған жағдайда-мақсатты құрылғыда қосымшаны орнату.

Толықтырылған шындық технологиясын енгізуді ескере отырып мектеп информатика курсына жоспарлауда бірнеше кезеңдерді орындау қажет:

- Мектеп информатика курсының тақырыптарын зерттеу;
- Теориялық материал мен тапсырмаларды таңдау;
- Модельдеу;
- Нұсқаулық дайындау;
- Қосымшаларды әзірлеу [9-10].

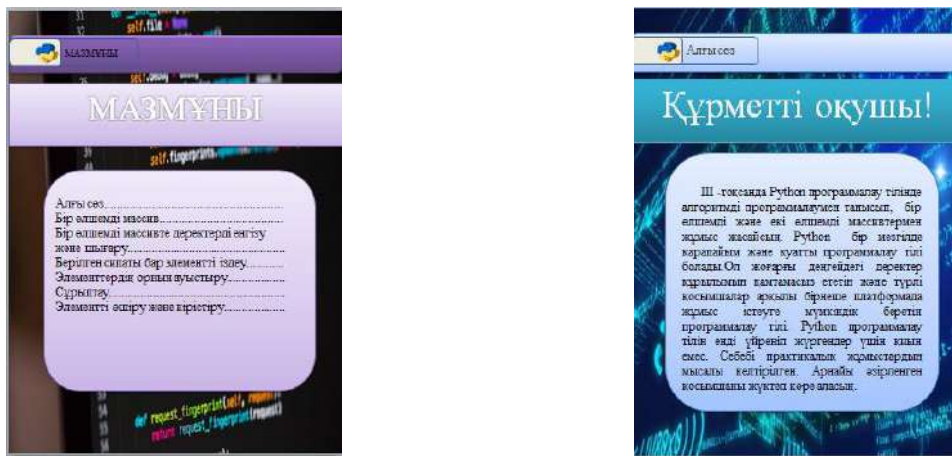
*Информатика пәніне арналған қосымша құрылымы.*

Жалпы білім беретін мектептің 9 сынып оқушыларына арналған «Python программалау тілінде алгоритмдерді программалау» практикалық жұмыс кітапшасының құрылымы: Қосымшаның басты беті (сурет 1).



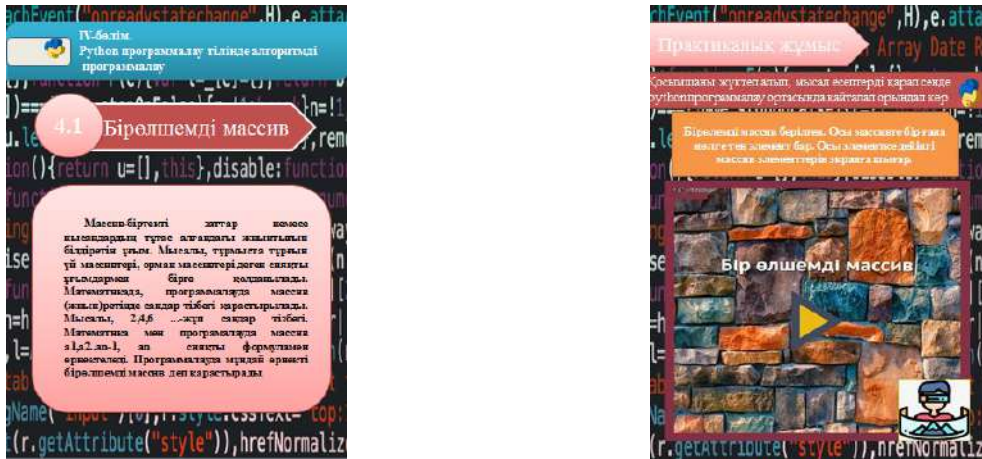
Сурет 1. «Python программалау тілінде алгоритмдерді программалау» 3D қосымшасы

Кітапша жалпы білім беретін мектептің 9 сынып оқушысы негізінде жасалынғандықтан Python программалау тілі, яғни 4-ші бөлімді толық қамтиды. Бөлім мазмұны келтірілген (сурет 2).



Сурет 2. Мазмұны

4-ші бөлімінің бірінші тақырыбы: Бірөлшемді массив. 3-ші суретте «Бір өлшемді массив» туралы теориялық материал берілсе, келесі бетінде дайын суретке белгі қойылған, смартфонға қосымшаны жүктеп алғаннан кейін, тақырыптар тізімі берілген бөлімінде «Бірөлшемді массив» тақырыбын таңдағаннан кейін камера қосылады және есепті Python программалау тілінде шығару үлгісі түсіндіріліп көрсетіледі. Оқушылардың есепті шығару үлгісін қайта қарауға, орындауға, қажетті жерде тоқтатып қайта қарау мүмкіндігі бар.



Сурет 3. Практикалық жұмыс: есептің шығарылуы (видео)



Сурет 4. «Элементті өшіру және кірістіру»

Әр тақырыптағы суретке мәзірден таңдау арқылы камера қосылады, камера қосылғаннан кейін кітапшадағы суретке апарамыз, сол кезде есептің шығару жолы көрсетіліп, түсіндіріледі (сурет 5). Тақырыпқа сәйкес теориялық материалдарда берілген.



Сурет 5. Қолданылуы

Кітапшаның артындағы qr арқылы Python9AR.apk қосымшасын жүктей аламыз (сурет 6).



Сурет 6. Python9AR.apk қосымшасын жүктеу

Қосымша жалпы білім беретін мектептің жаратылыстану-математика бағытындағы 9-сынып оқушыларына арналған «Информатика» оқулығының негізінде құрастырылды. 3D қосымшасы Информатика оқулығының «Python программалау тілі» бөлімін толық қамтиды. Толықтырылған шындық нақты әлемдегі объектілерге компьютерлік графиканы немесе мәтіндік ақпаратты қоюға мүмкіндік беретін жаңа интерактивті технология ретінде визуализация арқылы көрініс беретін технология. Бұл интерактивті технология қолданушыға бейнекамерадан суреттің үстіне арнайы 2D және 3D компьютерлік нысандарды салуға және осылайша шынайылықты "толықтыруға" мүмкіндік береді. Python программалау тілін меңгеруге, есепті шығару дағдыларын қалыптастыруға, қосымша қайталау, қарау, үйрену мүмкіндігі және пәнге деген қызығушылығы артып, дербес жұмыс жасау мүмкіндігі қалыптасады[11]. Әсіресе елімізде қалыптасқан санитарлық эпидемиологиялық жағдайда көмекші құралдың бірі болып табылды. Оқушылар түсінбеген тақырыбын жеке, ата-анамен үйде қайталап, есептерді шығару жолын, яғни Python программалау тілін меңгерді. Қосымша информатика пән мұғалімдері мен оқушыларға арналады.

### Дискуссия

Тәжірибелік-эксперименттің зерттеу жұмыстары Ғ.Ақтаев атындағы №6 мектеп-гимназиясында 2021-2022 оқу жылының 3-ші тоқсанында жүргізілді. Экспериментке 9 «Ә», 9«А» сынып оқушылары қатысты. «Информатика» пәнін оқытуда осындай жиынтықты пайдалану білім алушыға материалды ұсынудың қай форматына артықшылық беретінін өз бетінше таңдауға мүмкіндік береді: біреуге тапсырманы орындау үшін бейнеролик көру жеткілікті болса, біреуге тек теориялық материалмен танысу, ал біреуге олардың жиынтығы қажет.

Зерттеу нәтижесі зерттеу аяқталғаннан кейін оқушылардан алынған сауалнама талданғаннан кейін жасалды. Нәтижесінде эксперименттік топтың оқушыларының 85% қызығушылығының артқанын, 75% пәнді меңгеруді сол форматта жалғастырғысы келетінін хабарлады. Зерттеу нәтижелері бойынша білім алушылардың эксперименттік тобында зерттелетін тақырыпқа деген ынта мен қызығушылықтың артуы, сондай-ақ тақырыпты зерделеу кезінде тапсырмалардың орындалу жылдамдығы артты.

### Қорытынды

Толықтырылған шындық технологиясы қарқынды дамып келеді және оны әртүрлі салаларда қолдануға болады. Оны пайдалану кәсіби қызметтің кейбір түрлерін жеңілдетуге, оқу материалдарының көрнекілігін арттыруға және мазмұнын интербелсенділеу мүмкіндігін береді. Мектептің электрондық білім беру кеңістігіне жаңа технологияларды енгізу олардың педагогтың жеке ақпараттық-коммуникациялық ортасына интеграциялануымен бір мезгілде

өтуі маңызды. Толықтырылған шындық – бұл біз ақпараттық технологиялар ғасырында өмір сүріп жатқандықтан ғана емес, сонымен қатар оқушы үшін де, ересек адам үшін де толықтырылған шындық бізді қоршаған пәндік орта мен кеңістікті білудің ең тиімді әдісі болғандықтан алға жылжудың нақты жолы.

Жүргізілген зерттеу нәтижелері толықтырылған шындық технологияларының орта мектепте «Информатика» пәні шеңберінде сабақ өткізудің ең тиімді технологияларының бірі болып табылатынын көрсетті. Контентті мұғалім таңдайды және тек қажетті ақпаратты қамтиды. Бұл оқуға шоғырлануға мүмкіндік береді. Сондай - ақ, оқушы материалды өз бетінше таңдай алады, ол үшін ең қиын тапсырмаларды егжей-тегжейлі зерттей алады. Бұл тақырыпты зерттеуге уақытты оңтайландыруға мүмкіндік береді. Нәтижесінде Python программалау тілін меңгеруде ынталары артып, есепті шығару дағдылары қалыптасты, тапсырманы қайталау, қарау, үйрену мүмкіндігі мен дербес жұмыс жасау мүмкіндігі және ақпаратты өңдеудің қазіргі заманғы әдістерін, оның ішінде толықтырылған шындық технологиялары мен қосымшаларды қолдана отырып, зерделеу мүмкіндігі қалыптасты. Ұсынылған қосымша құрылғыларды қажет етпейді, оны ең аз шығындармен қолданыстағы смартфон технологиясын қолдану арқылы жүзеге асыруға болады. Қосымшаны мектеп мұғалімдері, оқушылар, студенттер, сонымен қатар Python программалау тілін меңгеремін деген қолданушыларда пайдалана алады.

*Пайдаланылған дереккөздер тізімі*

[1] Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). *Evaluation of Learners' Attitude toward Learning in ARIES Augmented Reality Environments*. *Computers & Education*, 68, 570-585. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.014>

[2] Samarth Singhal, Sameer Bagga, Praroop Goyal and Vikas Saxena (2012). *Article: Augmented Chemistry: Interactive Education System*. *International Journal of Computer Applications* 49(15):1-5, July.

[3] Байганова А.М., Мұхамбет А.К. (2020) *Виртуалды және кеңейтілген шындық// Актуальные научные исследования в современном мире. Журнал. Выпуск 5(61), часть 2, С.31-35.*

[4] Белова О. П., Казнин А. А. *Применение технологии дополненной реальности для графической визуализации учебных задач пространственной геометрии // Научно-методический электронный журнал «Концепт».* – 2017. – Т. 39. – С. 3521–3525. – URL: <http://e-koncept.ru/2017/971031.htm>.

[5] Allan Fowler (2019). *Beginning iOS AR Game Development: Developing Augmented Reality Apps with Unity-2019* p.261.

[6] Hocking, J. (2022). *Unity in Action, Third Edition: Multiplatform Game Development in C#. Соединенные Штаты Америки: Manning.*

[7] Акулич, Маргарита (2015) *Дополненная, виртуальная, смешанная реальность и маркетинг / Маргарита Акулич.* - М.: Издательские решения, 2015. - 869 с.

[8] Линовес, Джонатан (2015) *Виртуальная реальность в Unity / Джонатан Линовес.* - М.: ДМК Пресс, 2015. - 247 с.

[9] Pena A.M., Ragan E.D. (2017) *Contextualizing construction accident reports in virtual environments for safety education*. 2017 IEEE Virtual Reality (VR), Los Angeles, CA, 2017, pp. 389-390. doi: 10.1109/VR.2017.7892340

[10] Wilcocks K., Halabi N., Kartick P., Uribe-Quevedo A., Chow C., Kapralos B. (2017) *A virtual cardiac catheterization laboratory for patient education: The angiogram procedure*. 2017 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA), Larnaca, 2017, pp. 1-4. doi: 10.1109/IISA.2017.8316384

[11] Байганова А.М., Өтепова Д.Д. *Мектеп информатика курсына «толықтырылған шындық» технологиясын қолданудың дидактикалық мүмкіндіктері // Actual scientific research in the modern world Journal.* - Pereiaslav, 2023. - Issue 2(94), pp. 82 – 86.



References

- [1] Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). Evaluation of Learners' Attitude toward Learning in ARIES Augmented Reality Environments. *Computers & Education*, 68, 570-585. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.014>
- [2] Samarth Singhal, Sameer Bagga, Praroop Goyal and Vikas Saxena (2012). Article: Augmented Chemistry: Interactive Education System. *International Journal of Computer Applications* 49(15):1-5, July.
- [3] Baiganova A.M., Muhambet A.K.(2020) Virtualdy zhane keneitilgen shyndyq [Virtual and augmented reality]. *Aktualnye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire. Zhurnal. Vypusk 5(61), chast' 2, 31-35(In Kazakh)*
- [4] Belova O. P., Kaznin A. A. (2017) *Primenenie tehnologii dopolnennoj real'nosti dlja graficheskoy vizualizacii uchebnyh zadach prostranstvennoj geometrii [Application of augmented reality technology for graphic visualization of educational tasks of spatial geometry]. Nauchno-metodicheskij jelektronnyj zhurnal «Koncept». T. 39. 3521–3525 (In Russian)*
- [5] Allan Fowler (2019). *Beginning iOS AR Game Development: Developing Augmented Reality Apps with Unity-2019*. 261.
- [6] Hocking, J. (2022). *Unity in Action, Third Edition: Multiplatform Game Development in C#*. Соединенные Штаты Америки: Manning.
- [7] Akulich, Margarita (2015) *Dopolnennaja, virtual'naja, smeshannaja real'nost' i marketing [Augmented, virtual, mixed reality and marketing]. Margarita Akulich. M.: Izdatel'skie reshenija, 869. (In Russian)*
- [8] Linoves, Dzhonatan (2015) *Virtual'naja real'nost' v Unity [Virtual Reality in Unity]/ Dzhonatan Linoves. M.: DMK Press, 247. (In Russian)*
- [9] Pena A.M., Ragan E.D. (2017) *Contextualizing construction accident reports in virtual environments for safety education. 2017 IEEE Virtual Reality (VR), Los Angeles, CA., 389-390. doi: 10.1109/VR.2017.7892340*
- [10] Wilcocks K., Halabi N., Kartick P., Uribe-Quevedo A., Chow C., Kapralos B. (2017) *A virtual cardiac catheterization laboratory for patient education: The angiogram procedure. 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA), Larnaca., 1-4. doi: 10.1109/IISA.2017.8316384*
- [11] Baiganova A.M., Otepova D.D. (2023) *Mektep informatika kursyna «tolyqtyrylgan shyndyq» tehnologijasyn qoldanudyn didaktikalyq mymkindikteri [Didactic possibilities of using the technology of "augmented reality" in the school course of informatics]. Actual scientific research in the modern world. Journal. Pereiaslav, Issue 2(94), 82 – 86. (In Kazakh)*

**Т.О. Балыкбаев<sup>1</sup>, Е.Ы. Бидайбеков<sup>2\*</sup>, В.В. Гриншкун<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Национальная академия наук Республики Казахстан, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Московский городской педагогический университет, г. Москва, Российская Федерация

\*e-mail: esen\_bidaibekov@mail.ru

## **О ГЛОБАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ**

### *Аннотация*

В статье рассматриваются факторы, значимые для интеграции и унификации разрозненных цифровых ресурсов в рамках единых сред. Подчеркивается целесообразность и возможность построения таких сред не только в рамках информатизации отдельных образовательных организаций, но и в рамках глобализации образовательных систем, что значимо для усиления трансграничности образования, в том числе и в тюркоязычном сообществе. В настоящее время во всех сферах деятельности человека, включая систему математического и естественнонаучного образования, в большинстве стран накоплено огромное количество разрозненных цифровых ресурсов. В связи с этим целесообразно сосредоточиться не столько на разработке новых средств и технологий, сколько на определении способов их объединения в единые комплексы не только в одном государстве, но и на региональном или мировом уровне. Неслучайно большинство ученых считают, что создание и внедрение цифровой образовательной среды – это способ объединения разрозненных цифровых средств и систем, применяемых в системе образования.

*Ключевые слова:* цифровые ресурсы, информатизация образования, глобализация образования, цифровая образовательная среда, интеграция, унификация.

**Т.О. Балыкбаев<sup>1</sup>, Е.Ы. Бидайбеков<sup>2</sup>, В.В. Гриншкун<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>3</sup>Мәскеу қалалық педагогикалық университеті, Мәскеу қ., Ресей

## **ЦИФРЛЫҚ БІЛІМ БЕРУ ОРТАСЫНЫҢ ЖАҢА ДАНУЫ ТУРАЛЫ**

### *Аңдатпа*

Мақалада біртұтас орта шеңберінде шашыранқы цифрлық ресурстарды біріктіру және біріздендіру үшін маңызды факторлар қарастырылады. Жекелеген білім беру ұйымдарын ақпараттандыру шеңберінде ғана емес, білім беру жүйелерін жаһандандыру шеңберінде де осындай ортаны құрудың орындылығы мен мүмкіндігі атап өтіледі, бұл білім берудің трансшекаралық сипатын, оның ішінде, түркітілдес қоғамдастықта күшейту үшін маңызды. Қазіргі уақытта адам қызметінің барлық салаларында, соның ішінде математикалық және жаратылыстану білім беру жүйесінде көптеген елдерде бір-бірінен айырмашылығы бар цифрлық ресурстардың үлкен көлемі жинақталған. Осыған байланысты жаңа құралдар мен технологияларды әзірлеумен ғана шектеліп қоймай, сонымен қатар оларды бір мемлекетте ғана емес, аймақтық немесе жаһандық деңгейде біртұтас кешендерге біріктіру жолдарын да анықтауға назар аударған жөн. Ғалымдардың көпшілігі цифрлық білім беру ортасын құру және енгізу - бұл білім беру жүйесінде қолданылатын әртүрлі цифрлық құралдар мен жүйелерді біріктірудің тәсілі деп санайтыны кездейсоқ емес.

*Түйін сөздер:* цифрлық ресурстар, білім беруді ақпараттандыру, білім беруді жаһандандыру, цифрлық білім беру ортасы, интеграция, біріздендіру.

Т.О. Balykbaev<sup>1</sup>, Е.Е. Bidajbekov<sup>2</sup>, V.V. Grinshkun<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Academy of Science Republic of Kazakhstan, Almaty, Қазақстан

<sup>2</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Қазақстан

<sup>3</sup>Moscow City University, Москва, Российская Федерация

## ABOUT THE GLOBALIZATION OF THE DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT

### Abstract

The article discusses factors that are significant for the integration and unification of disparate digital resources within unified environments. The feasibility and possibility of building such environments not only within the framework of informatization of individual educational organizations, but also within the framework of the globalization of educational systems is emphasized, which is significant for strengthening the cross-border nature of education, including in the Turkic-speaking community. Currently, in all areas of human activity, including the system of mathematics and natural science education, a huge amount of disparate digital resources has been accumulated in most countries. In this regard, it is advisable to focus not so much on the development of new tools and technologies, but on determining ways to combine them into single complexes not only in one state, but also at the regional or global level. It is no coincidence that most scientists believe that the creation and implementation of a digital educational environment is a way to unite disparate digital tools and systems used in the education system.

*Keywords:* digital resources, informatization of education, globalization of education, digital educational environment, integration, unification

### Введение

*Постановка проблемы.* Вопросы построения и развития цифровых образовательных сред для разных уровней системы образования рассматривались в научной и учебно-методической литературе [1, 2], [3], [4] (С.Л. Атанасян, Б.С. Ахметов, Е.Ы. Бидайбеков, С.Г. Григорьев, В.В. Гриншкун, И.Г. Захарова, Е.К. Хеннер). Подходы к оценке эффективности образования и управления его качеством отражены в научной, научно-публицистической и учебной литературе казахстанских и российских авторов [5], [6] (Т.О. Балыкбаев, Н.М. Борытко, Д.И. Иванов, В.И. Загвязинский, И.А. Колесникова, Н. Курмангалиева, А.Г. Каспржак, А.Н. Майоров, А.М. Новиков, М.М. Поташник, В.А. Сластенин, П.И. Третьяков). В числе зарубежных авторов, посвятивших свои публикации разработке новых управленческих решений и подходов к комплексной информатизации, направленных на развитие всех ступеней образования, можно выделить несколько ученых [7] (М. Барбер., Дж. Брунер, М. Муршед, Д. Россидис, М. Фуллан, А. Шляйхер, Э.Ханушек, Л. Воссман, С. Гиббонс, С.Макнейли, М. Виаренго, А. Хобсон, А.Мальдерез, П. Блатчфорд, П. Бассет, П. Браун, К. Шваб и др.). Содержательные, методические и организационные подходы к информатизации и цифровизации школ и вузов рассмотрены в работах [8] (Т.О. Балыкбаева, С.А. Бешенкова, Е.Ы. Бидайбекова, Т.А. Бороненко, С.Г. Григорьева, В.В. Гриншкун, О.Ю. Заславской, А.М. Кондакова, А.А. Кузнецова, И.В. Левченко, М.П. Лапчика, Г.К. Нургалиевой, Н.Т. Ошановой, И.В. Роберт, А.Е. Сагимбаевой, А.Л. Семенова).

В этих и других работах прослеживается стремление к ликвидации неоправданного многообразия цифровых ресурсов одинакового назначения, но различных по совокупности параметров, уменьшению технических, интерфейсных, смысловых, дидактических и других различий в функционировании и применении в образовании цифровых средств и систем.

Необходимо проведение соответствующих исследований и разработок, направленных на решение *проблемы поиска путей и преимуществ интеграции и унификации цифровых средств и систем*, применяемых в разных образовательных организациях и системах образования разных стран. Прогнозирование последствий формирования и внедрения цифровой образовательной среды, а также учет рекомендаций, вырабатываемых в ходе таких исследований, может позволить развивать системы образования в направлении подготовки кадров, способных высококачественно осуществлять профессиональную деятельность в

условиях повсеместного внедрения цифровых технологий, что в настоящее время значимо абсолютно для всех государств и регионов мира.

### **Методология исследования**

В ходе проводимых исследований, связанных с разработкой теоретических и практических основ развития цифровой образовательной среды, используются методы анализа статистических и социологических данных, методы сопоставительных исследований, методы сравнения и обобщения полученных результатов, методы экспертной оценки.

Задачи, решаемые в рамках таких исследований:

- анализ международного опыта комплексного применения современных цифровых технологий в образовательных организациях;
- изучение казахстанских, российских и зарубежных нормативно-правовых актов, информационно-аналитических материалов, статистических данных, характеризующих состав, направления внедрения и особенности использования цифровой образовательной среды;
- сбор и обработка данных о состоянии и развитии систем образования разных регионов и стран в условиях использования цифровых технологий;
- определение возможности и преимуществ цифровизации учебной, контрольно-измерительной, внеучебной, научно-методической и организационно-управленческой деятельности образовательных организаций;
- выработка рекомендаций по развитию структуры и компонентного состава цифровой образовательной среды для глобальной и региональных систем образования;
- прогнозирование развития систем образования в условиях формирования и внедрения цифровой образовательной среды;
- разработка рекомендаций по совершенствованию педагогических, организационных, управленческих и других ресурсов образовательных организаций для подготовки кадров к работе в условиях использования цифровых технологий.

За счет применения указанных методов и решения перечисленных задач в рамках исследования возможна выработка рекомендаций для оценки степени влияния комплексного использования цифровых технологий на развитие региональных систем образования, корректировки и обоснования принимаемых управленческих решений, направленных на совершенствование функционирования таких систем образования, внедрения в практику новых цифровых технологий и создания современной цифровой образовательной среды.

Например, цифровизация Казахского национального педагогического университета им. Абая описывается специально разработанной концепцией [1], согласно которой комплексность такой цифровизации должна базироваться на теоретическом подходе, согласно которому необходимо объединение ресурсов, задействованных в информационном обеспечении:

- учебного процесса,
- контроля и измерения результатов обучения,
- внеучебной деятельности,
- научной и методической деятельности,
- организационно-управленческой и хозяйственной деятельности.

Положения, выводы и предложения, сформулированные в концепции, опираются на предварительно проведённый анализ:

- сложившихся в КазНПУ им. Абая информационных потоков,
- работоспособности и эффективности уже имеющихся цифровых средств, систем и сетей,
- наличия естественных потребностей в использовании электронных ресурсов,
- наличия кадрового потенциала и потребностей в нем.

Разработка концепции и определение её структуры опирались на наличие в КазНПУ им. Абая следующих предпосылок и факторов, значимых для проведения работ по комплексной цифровизации университета:

- потребность в определении используемых терминов, таких как «цифровой университет», «цифровая образовательная среда» и других для формулирования чётких действий работникам,

- необходимость выявления целей, определения преимуществ и рисков формирования и внедрения в КазНПУ им. Абая цифрового университета,

- потребность в описании структуры цифрового университета, видов информационных потоков и данных,

- целесообразность системной разработки подходов к взаимосвязанной и взаимообусловленной цифровизации учебной и методической, контрольно-измерительной, внеучебной и воспитательной, научной и исследовательской, а также организационно-управленческой деятельности университета,

- значимость поиска возможностей и преимуществ использования технологий четвёртой промышленной революции (блокчейн, большие данные, дополненная и смешанная реальность, цифровая робототехника и мехатроника, искусственный интеллект и т.п.) в цифровизации всех видов деятельности университета,

- потребность в определении механизмов, требований и условий, позволяющих интегрировать разрозненные средства и технологии цифровизации различных видов деятельности университета,

- необходимость формирования способов взаимодействия КазНПУ им. Абая со сторонними организациями с целью формирования цифрового университета,

- целесообразность создания модели, содержания, методов и средств подготовки сотрудников университета к работе в новых условиях,

- необходимость систематизации и описания способов привлечения имеющихся в КазНПУ им. Абая цифровых, материальных и кадровых ресурсов для формирования цифрового университета.

Перечень общих и частных мер, направленных на комплексную цифровизацию и информатизацию КазНПУ им. Абая, предусматривающих его трансформацию в цифровой университет, может быть значительно расширен.

Аналогичные подходы применяются и в ходе формирования цифровой образовательной среды в российских вузах и вузах Республики Беларусь, в числе которых:

Российский университет дружбы народов,

Московский городской педагогический университет,

Курский государственный университет,

Курский государственный медицинский университет,

Вятский государственный университет,

Красноярский государственный педагогический университет,

Белорусский государственный университет,

Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка.

Настоящее исследование базируется на анализе особенностей использования цифровых технологий в этих и других университетах разных стран. В той или иной степени в таких вузах создаются и используются цифровые ресурсы, способствующие комплексной информатизации всех вышеотмеченных видов образовательной деятельности.

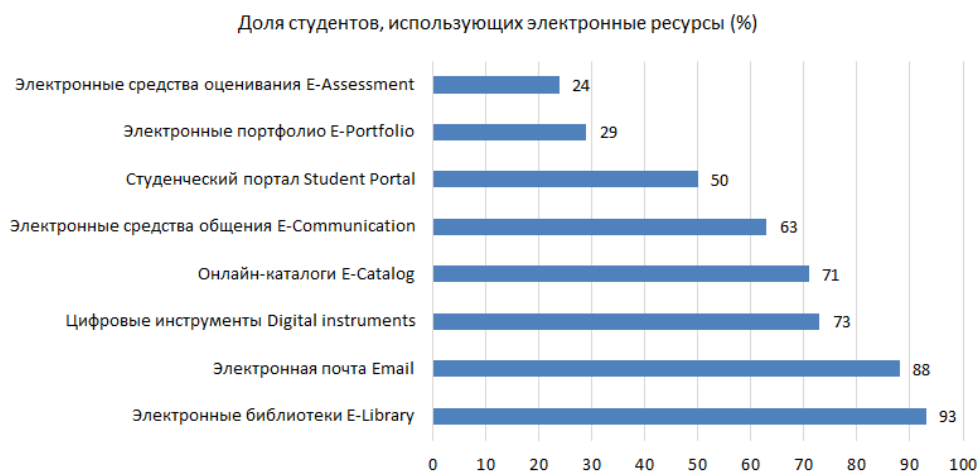
### **Результаты исследования**

Анализ текущей ситуации в области цифровых ресурсов и научной литературы показывает, что в течение прошедших десятилетий было предпринято значительное количество усилий для создания разнообразных цифровых ресурсов и соответствующих методологических разработок. Однако, практически не проводилась работа в направлении унификации этих

ресурсов (то есть разработки общих подходов к их созданию, функционированию и использованию) и интеграции их в комплексные образовательные системы, способные решать разнообразные задачи. Несмотря на то, что некоторые попытки объединения таких ресурсов были предприняты в рамках больших проектов и коллекций, таких как "Единое окно доступа к электронным ресурсам", "ФЦИОР", "Российская электронная школа", "Московская электронная школа" в России, "BilimLand", "iMekter" в Казахстане и другие, в большинстве случаев ресурсы, оформленные в соответствии с общими правилами, не взаимодействовали друг с другом или с ресурсами других типов. В других случаях коллекции содержали отдельные ресурсы, которые охватывали только некоторые аспекты образовательной деятельности, такие как объяснение нового материала, выполнение определенных лабораторных работ или ведение учета оценок и т.д.

Важно отметить, что, несмотря на множество разработанных ресурсов и систем, до настоящего времени не было создано единой системы и методологии, способной автоматизировать все аспекты деятельности образовательных учреждений. В случае наличия общих подходов, систем и методологических разработок можно было бы быстро и унифицировано подготовить педагогов и студентов к работе с этими ресурсами, а также связать различные дисциплины и виды обучения, включая очное и дистанционное образование, что характерно для многих стран и регионов мира. Следует отметить, что отсутствие единой обширной информационной системы характерно не только для Казахстана, России и Белоруссии, но и для всей мировой системы образования. На рисунке 1 отражены результаты одного из исследований, проведенного на базе большого количества вузов в странах Европейского союза.

Существенная разница в применении конкретных технологий обусловлена не их образовательной значимостью и реальной востребованностью (доступ к библиотекам – более 90%, доступ к портфолио и экзаменационным материалам – менее 30%), а несвязностью и локальной недоступностью этих ресурсов, непредоставлением их в рамках единой системы.



Источник: [9]

Рисунок 1. Недостаточная интеграция электронных ресурсов

Способом решения подобных проблем может стать определение и внедрение подходов к унификации и интеграции разрозненных цифровых ресурсов в единые для школы или вуза цифровые системы, «покрывающие» преимуществами информатизации все, без исключения, виды деятельности, характерные для образовательных организаций (в том числе, и дистанционную работу). Эти системы могут рассматриваться как цифровые образовательные среды [10] таких организаций. Для основы проводимых исследований, важно определить правильное понимание "информатизации образования" и роли цифровых технологий в этом контексте. Под информатизацией образования следует понимать область деятельности,

которая направлена на организацию и систематизацию знаний, как существующих, так и новых, с целью достижения педагогических целей обучения и воспитания, с использованием технологий и средств для сбора, обработки, хранения и распространения информации. Проще говоря, информатизацией образования можно считать деятельность педагогов и других работников образовательных учреждений, направленную на обеспечение системы образования информацией и ресурсами для ее обработки. В этом контексте, информатизацию образования можно рассматривать как учебный предмет или группу предметов для современной подготовки педагогов.

Важно отметить, что в понятии "информатизация образования" отсутствуют термины "компьютер" и "цифровые технологии". Информатизация не обязательно предполагает компьютеризацию или цифровизацию. Работа с информацией в образовании может быть эффективно осуществлена с использованием цифровых средств или без них, что доказано многолетней практикой обучения студентов и школьников с помощью книг и тетрадей.

Очевидно, что в рамках развития информатизации необходимо умело сочетать использование как цифровых, так и нецифровых средств обучения и воспитания. Все больше внимания уделяется особенностям использования цифровых технологий при работе с информацией. Информатизация образования является фундаментальной научной основой, определяющей в том числе все процессы, связанные с цифровой трансформацией образования. Для организации и объединения технологических и методологических ресурсов, используемых в образовательных учреждениях, можно применить классификацию видов деятельности, характерных для этих учреждений. Эти виды деятельности включают учебную, внеучебную, контрольно-измерительную, научно-методическую и организационно-управленческую деятельность. Кроме того, можно также учесть другие, более специфичные виды деятельности, которые могут быть характерны для конкретных образовательных учреждений.

Важно отметить, что в большинстве стран технологические и методологические разработки, предназначенные для одного из вышеуказанных видов деятельности, обычно не применимы к другим видам деятельности. На данный момент не существует цифровых систем и инструментов, способных охватывать все перечисленные виды деятельности в образовательных учреждениях и удовлетворять потребности всех их работников.

В рамках проводимого исследования можно рассмотреть следующие механизмы для стандартизации и связывания различных цифровых ресурсов, независимо от вида деятельности, который они автоматизируют:

- использование общих баз данных и установление принципов организации информационных потоков и обмена информацией между цифровыми ресурсами.
- унификацию содержания цифровых ресурсов, выработку формальных методов описания содержания и терминологии образовательных областей;
- единообразное использование элементов математической теории графов и цифровых иерархических структур при структуризации информации в рамках разработки новых средств для образования;
- введение единой системы спецификаций и метаописания цифровых ресурсов;
- создание единого комплекса требований к качеству цифровых средств для образования;
- реализация единой унифицированной апробации и экспертизы цифровых ресурсов;
- соблюдение единой терминологии в разработке, экспертизе и эксплуатации цифровых средств для образования.

При внедрении описанных изменений цифровая образовательная среда образовательной организации станет программно-телекоммуникационным пространством, основанным на использовании цифровых технологий и оборудования. Это пространство будет обеспечивать доступ к информации высокого качества и поддерживать потребности обучающихся, педагогов, родителей, администрации учебного заведения и общественности, независимо от формы обучения, будь то очная, дистанционная или смешанная.

С учетом вышеизложенного цифровая образовательная среда может быть разработана как интегрированная система с множеством компонентов [11], каждый из которых соответствует разным видам образовательной деятельности, включая учебную, внеучебную, научную, методическую, измерительную, контрольную и административно-управленческую работу. Эти подходы могут быть расширены и применены на уровне региона или государства и использованы для развития образовательных систем в различных областях, таких как математика, естественные науки и другие.

Преимущества такого подхода включают:

- ускорение обучения и повышение эффективности использования цифровых ресурсов учащимися и педагогами независимо от формы обучения;
- упрощение технической интеграции через стандартные цифровые комплексы и интернет-порталы;
- улучшение методической интеграции между разными предметами и дисциплинами;
- подготовку персонала, способного использовать цифровые технологии в различных образовательных контекстах;
- развитие новых технологий и методов обучения, а также поддержку персонализации обучения и воспитания;
- создание и защиту единых цифровых систем с экономическими и управленческими преимуществами.

Очевидно, что большинство этих мер должны базироваться на исследованиях, проводимых научно-педагогическим сообществом, и могут быть координированы через межрегиональные и междисциплинарные научные организации. Эти исследования включают в себя поиск идеологии, содержания, терминологии и методической основы для интеграции и унификации цифровых ресурсов, а также разработку моделей внедрения такой среды в конкретных образовательных организациях и оценку ее педагогических и других эффектов. Эти и другие подходы позволяют вузу или школе, формирующей у себя цифровую образовательную среду максимально комплексно участвовать в реализации государственных программ, таких как казахстанская программа «Цифровой Казахстан» или российский приоритетный национальный проект «Образование». При комплексной цифровизации необходимо опираться на имеющийся опыт, сложившийся в мире и каждой отдельно взятой стране.

В Казахстане соответствующим примером может стать национально-исторический научный и просветительский опыт казахского народа, явным компонентом которого является математическое и естественнонаучное наследие Аль-Фараби, исследованное в Казахском национальном педагогическом университете имени Абая в рамках практической информатизации образовательного процесса [12]. Существенным подспорьем для комплексного использования цифровых технологий окажутся также и сложившиеся в стране научные школы в области информатизации образования. Помимо рассмотренного выше, в развитии цифровой образовательной среды, необходимо уделить внимание появлению новых цифровых и других технологий. В различных публикациях все чаще появляются идеи о начале новой, четвертой по счету индустриальной революции, известной как "четвертая промышленная революция" или "революция 4.0". Однако, на данный момент не существует однозначных критериев, согласно которым можно было бы характеризовать эту индустриальную революцию, которая выделяется благодаря интеграции технологий и стиранию границ между цифровой, физической и биологической сферами. Поэтому при комплексной цифровизации следует изучать и учитывать те технологии, которые уже существуют и связаны с новой индустриальной революцией, а также рассматривать социальные последствия и разрабатывать действия, которые могут улучшить систему образования в целом и способствовать развитию цифровой образовательной среды, в частности. Новая индустриальная революция обычно связывается с внедрением таких технологий, как большие данные, интернет вещей, новая цифровая робототехника, виртуальная, смешанная и дополненная реальность, 3D-печать и квантовые вычисления.



Каждая из этих технологий и особенности их внедрения в общество и производство предоставляют особые возможности и вызовы, которые требуют особого внимания и анализа со стороны образовательных систем. Эти изменения в технологическом ландшафте указывают на важность адаптации системы образования к новым вызовам и направлениям, которые сопровождают инновации в области науки и технологии.

Существует несколько факторов, которые обуславливают необходимость превращения информационных ресурсов в цифровой формат. Среди этих факторов можно выделить следующие: схожесть информационных процессов, системность и унификация средств обработки информации, способность к интеграции различных процессов и легкий доступ к информации. Такие значительные изменения способствуют созданию синергии между всеми пятью видами деятельности, характерными для учебных заведений: образовательным процессом, научно-методической работой, воспитанием, оценкой образовательного процесса и управлением учебным заведением.

Технология блокчейн, являющаяся одной из технологий новой индустриальной революции, может служить примером использования цифровых технологий для решения проблем, связанных с защитой данных, что немаловажно при развитии глобальной цифровой образовательной среды [6]. Первоначальное появление технологии блокчейн в качестве инструмента для проведения транзакций с электронной валютой «биткоин» в настоящий момент получило развитие как обособленная технология, которая может использоваться за рамками оперирования криптовалютами. Можно перечислить следующие особенности технологии блокчейн, значимые для ее использования в рамках развития глобальной цифровой образовательной среды:

– блокчейн – это цепочка блоков, содержащих информацию, ее копии хранятся на разных компьютерах независимо друг от друга,

– каждый блок состоит из «транзакций», в этом качестве может выступать запись об операции, или алгоритме взаимодействия блоков (смарт-контракт). Все транзакции шифруются специальным алгоритмом хеширования. Хэш-функция обеспечивает взаимодействие разных объектов, соотносит их значения,

– блокчейн представляет собой распределенный цифровой журнал, хранящий записи о практически всем, что имеет ценность в рамках единой цифровой среды.

Необходимо подчеркнуть, что многие из упомянутых выше предложений, связанных с комплексной информатизацией, будут способствовать более активному участию школ и университетов в мировом информационном образовательном контексте и будут обеспечивать заметный вклад в процесс глобализации образования. Именно так будут созданы дополнительные шансы для преподавателей и учащихся получить более широкий доступ к мировым источникам информации, а не ограничиваться национальными или региональными образовательными, научными и другими ресурсами. Это приведет к расширению возможностей для преподавателей и студентов по использованию мировых информационных ресурсов. Современные цифровые ресурсы и массовые открытые онлайн-курсы (МООС) как составные части глобальной цифровой среды будут изначально создаваться с ориентацией на широкую аудиторию. Телекоммуникационные технологии и системы электронного перевода также позволят включить зарубежных преподавателей в образовательный процесс и способствовать как реальной, так и виртуальной международной мобильности студентов. Еще одной значительной тенденцией в процессе комплексной информатизации высшего образования является интеграция в учебный процесс все большего числа упомянутых открытых онлайн-курсов в качестве компонентов формируемой глобальной цифровой среды. Многие из них разрабатываются авторскими коллективами, не принадлежащими к университету, в котором такие курсы внедряются. С одной стороны, это позволяет расширить возможности по содержанию и методическому обеспечению реализуемых образовательных программ. С другой стороны, это также подразумевает необходимость дополнительных усилий по адаптации, интеграции и унификации нового учебного материала с

существующими учебными курсами. Такая работа продолжается. Эта задача также подразумевает проведение дополнительных педагогических исследований, поскольку количество таких курсов и количество студентов, которые используют их в рамках своей учебной программы, постоянно увеличивается.

### **Дискуссия**

Следует сформулировать несколько рекомендаций, имеющих отношение к развитию цифровой образовательной среды в рамках четвертой индустриальной революции, в целом.

Образовательная система должна стремиться в будущем, и скорее всего, нацеливаться не на четвертую индустриальную революцию, которая по мнению ученых имеет место уже сегодня, а на революции будущего. Примером универсального рецепта для повышения «неустареваемости» образования, приобретаемого обучающимися, следует рассматривать повышение фундаментальности образования [13], применяя ее в качестве защиты от частой смены технологий. Это приведет к уделяемому вниманию не только изучению особенностей новой техники и обучению ее использованию, но также установит приоритет на понимание принципов ее совершенствования. Значительное внимание будет уделено изучению фундаментальных учебных курсов с обновленным материалом и комплексом практических заданий.

Обучение также будет включать в себя подходы к прогнозированию развития технологий, интегрируя фундаментальные исследования, проводимые учеными, с основательной подготовкой обучающихся. Важным фактором в адаптации образовательной системы к революционным процессам на производстве, безусловно, будет сотрудничество образовательных организаций и их цифровой среды с постоянно обновляемыми предприятиями.

Продолжая разговор о применении цифровых технологий в образовании в этой связи важно отметить, что такая фундаментальность приводит не только к освоению особенностей устройства и функционирования новых конкретных компьютерных и программных систем, но и к необходимости понимания преимуществ обучения принципам и инвариантным основам их построения и развития, которые мало изменяются с годами. Целесообразно предусмотреть в вузах обучение фундаментальным по содержанию учебным курсам с комплексом лабораторных работ на новейшем оборудовании, освоение приемов прогнозирования путей совершенствования цифровых систем и формируемой глобальной цифровой образовательной среды. В высшей школе должна быть предусмотрена интеграция фундаментальной подготовки обучающихся с фундаментальной научной деятельностью педагогов и ученых. Все это можно и нужно сделать за счет демонстрации студентам общих мало устаревающих способов исполнения технологических операций с применением конкретных технических устройств, а не нацеливать обучение только лишь на освоение отдельных, пусть и очень актуальных сегодня, образцов техники и технологий.

В вузах России, Казахстана, Белоруссии и многих других стран следует отдать приоритет сочетанию повышения размера классической и фундаментальной составляющих подготовки студентов с практикой на реальном современном оборудовании, доля которого неуклонно растет на развивающихся предприятиях в условиях развития цифровой экономики. Очевидно, что создание глобальной цифровой образовательной среды может являться частью и внести существенный вклад в развитие такой экономики.

### **Заключение**

Проведение описанной интеграционной деятельности в рамках развития глобальной и региональных систем образования может дать существенный эффект. В частности, уже сегодня можно прогнозировать развитие трансграничности образования, распространение и унификацию информации о системах образования, координацию развития и возможность сравнения систем образования разных стран, повышение доступности глобальных

информационных ресурсов. Кроме этого, внедрение единой цифровой образовательной среды, построенной по единым правилам, будет способствовать расширению академической мобильности педагогов и обучающихся, возможности продолжения обучения в другой стране, непрерывности образования в течение всей жизни, технической интеграции и информационному обмену между глобальными информационными образовательными ресурсами. Наряду с этим у педагогов и методистов появится возможность в рамках применения цифровой образовательной среды использовать при формировании содержания обучения не только национальные источники информации, но и информационные ресурсы из других стран. Разные государства могли бы осуществлять совместные фундаментальные научно-педагогические исследования соответствующих путей обновления и интеграции информационных технологий, информационных ресурсов и их содержательного наполнения, унифицированных систем подготовки педагогов в области информатизации образования, методических систем обучения разным дисциплинам в условиях подобной комплексной информатизации образования.

*Список использованных источников*

[1] Государственная программа «Цифровой Казахстан». Утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан №827 от 12.12.2017. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://zerde.gov.kz/upload/docs/Digital>

[2] Атанасян С.Л., Григорьев С.Г., Гриншкун В.В. Проектирование структуры информационной образовательной среды педагогического вуза. // Информатика и образование. / М., 2009, №3. С. 90-96.

[3] Балыкбаев Т.О., Бидайбеков Е.Ы., Ахметов Б.С., Гриншкун В.В. Концепция цифровизации Казахского национального педагогического университета имени Абая. / Алматы: Издательство «Ұлағат», – 2020. 122 с.

[4] Балыкбаев Т.О., Бидайбеков Е.Ы., Гриншкун В.В. КазНПУ – «Цифровой университет»: особенности формирования и развития. // Вестник КазНПУ им. Абая. Серия «Физико-математические науки». / Алматы – 2018. №2(62). С.13-19.

[5] Балыкбаев Т.О., Бидайбеков Е.Ы., Гриншкун В.В. Построение «Цифрового университета» в КазНПУ им. Абая как подход к информатизации педагогического образования. // Вестник МГПУ. Серия информатика и информатизация образования. / М., – 2019, №2 (48), С. 8-16.

[6] Бидайбеков Е.Ы., Курмангалиева Н.А., Гриншкун В.В. Использование технологии блокчейн в организационно-управленческой деятельности университета. // Информатизация непрерывного образования 2018: материалы Международной научной конференции. /М: РУДН, 2018. Т.2. С. 645-649.

[7] Шваб К. Четвертая промышленная революция. / М.: ООО «Издательство «Эксмо», 2016. 208 с.

[8] Бидайбеков Е.Ы., Гриншкун В.В., Ошанова Н.Т., Сагимбаева А.Е. Особенности формирования системы обучения цифровым технологиям в образовании при подготовке бакалавров педагогического направления. // Вестник КазНПУ им. Абая. Серия «Физико-математические науки». / Алматы, – 2018. № 2(62). С.39-46.

[9] Gaebel M., Kupriyanova V., Morais R., Colucci E. E-learning in European Higher Education Institutions. European University Association. – 2014. С. 35.

[10] Гриншкун В.В., Краснова Г.А. Современная цифровая образовательная среда: ресурсы, средства, сервисы. / М.: Издательство «Проспект», – 2023. 216 с.

[11] Левицкий М.Л., Гриншкун В.В., Заславская О.Ю. Многокомпонентная модель унификации и интеграции цифровых ресурсов вуза Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования., 2023. №1 (63). С. 7-23.

[12] Бидайбеков Е.Ы., Бостанов Б.Г., Гриншкун В.В., Умбетбаев К.У. О разработке и использовании образовательного портала по геометрическому наследию аль-Фараби в качестве средства информатизации обучения истории математики. // Вестник МГПУ. Серия информатика и информатизация образования. / М.: МГПУ, – 2015, №4(34). С. 30-37.

[13] Бидайбеков Е.Ы., Гриншкун В.В., Камалова Г.Б. О фундаментализации подготовки педагогов в области информатики и информатизации образования. / Материалы X Всероссийской научно-практической конференции «Применение информационно-коммуникационных технологий в образовании», / ЙошкарОла: МарГУ, – 2013. С. 187-192.

References

- [1] Gosudarstvennaja programma «Cifrovoj Kazahstan». Utverzhdena postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Kazahstan №827 ot 12.12.2017. [State program “Digital Kazakhstan”. Approved by Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan No. 827 dated December 12, 2017]. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://zerde.gov.kz/upload/docs/Digital>
- [2] Atanasjan S.L., Grigor'ev S.G., Grinshkun V.V. (2009) Proektirovanie struktury informacionnoj obrazovatel'noj sredy pedagogicheskogo vuza. [Designing the structure of the information educational environment of a pedagogical university]. *Informatika i obrazovanie*. M., №3, 90-96.
- [3] Balykbaev T.O., Bidajbekov E.Y., Ahmetov B.S., Grinshkun V.V. (2020) Koncepcija cifrovizacii Kazahskogo nacional'nogo pedagogicheskogo universiteta imeni Abaja. [Digitalization concept of the Kazakh National Pedagogical University named after Abai]. *Almaty: Izdatel'stvo «Ylazat»*, 122.
- [4] Balykbaev T.O., Bidajbekov E.Y., Grinshkun V.V. (2018) KazNPU – «Cifrovoj universitet»: osobennosti formirovanija i razvitija. [KazNPU - “Digital University”: features of formation and development]. *Vestnik KazNPU im. Abaja. Serija «Fiziko-matematicheskie nauki»*. Almaty, №2(62), 13-19.
- [5] Balykbaev T.O., Bidajbekov E.Y., Grinshkun V.V. (2019) Postroenie «Cifrovogo universiteta» v KazNPU im. Abaja kak podhod k informatizacii pedagogicheskogo obrazovanija. [Construction of a “Digital University” at KazNPU named after. Abaya as an approach to informatization of teacher education]. *Vestnik MGPU. Serija informatika i informatizacija obrazovanija*. M., №2 (48), 8-16.
- [6] Bidajbekov E.Y., Kurmangalieva N.A., Grinshkun V.V. (2018) Ispol'zovanie tehnologii blokchejn v organizacionno-upravlencheskoj dejatel'nosti universiteta [The use of blockchain technology in the organizational and management activities of the university]. *Informatizacija nepreryvnogo obrazovanija – 2018 (ICE-2018): materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii*. M: RUDN, T. 2., 645-649.
- [7] Shvab K. (2016) Chetvertaja promyshlennaja revoljucija [Fourth Industrial Revolution]. M.: OOO «Izdatel'stvo «Jeksno»», 208.
- [8] Bidajbekov E.Y., Grinshkun V.V., Oshanova N.T., Sagimbaeva A.E. (2018) Osobennosti formirovanija sistemy obuchenija cifrovym tehnologijam v obrazovanii pri podgotovke bakalavrov pedagogicheskogo napravlenija [Features of the formation of a system of teaching digital technologies in education in the preparation of bachelors in pedagogy]. *Vestnik KazNPU im. Abaja. Serija «Fiziko-matematicheskie nauki»*. Almaty, № 2(62). 39-46.
- [9] Gaebel M., Kupriyanova V., Morais R., Colucci E. (2014) E-learning in European Higher Education Institutions. *European University Association*, 35.
- [10] Grinshkun V.V., Krasnova G.A. (2023) Sovremennaja cifrovaja obrazovatel'naja sreda: resursy, sredstva, servisy [Modern digital educational environment: resources, tools, services]. M.: Izdatel'stvo «Prospekt», 216.
- [11] Levickij M.L., Grinshkun V.V., Zaslavskaja O.Ju. (2023) Mnogokomponentnaja model' unifikacii i integracii cifrovych resursov vuza [Multi-component model of unification and integration of university digital resources]. *Vestnik MGPU. Serija: Informatika i informatizacija obrazovanija*, №1 (63), 7-23.
- [12] Bidajbekov E.Y., Bostanov B.G., Grinshkun V.V., Umbetbaev K.U. (2015) O razrabotke i ispol'zovanii obrazovatel'nogo portala po geometricheskomu naslediju al'-Farabi v kachestve sredstva informatizacii obuchenija istorii matematiki [On the development and use of an educational portal on the geometric heritage of al-Farabi as a means of informatization of teaching the history of mathematics]. *Vestnik MGPU. Serija informatika i informatizacija obrazovanija*. M.: MGPU, №4(34), 30-37.
- [13] Bidajbekov E.Y., Grinshkun V.V., Kamalova G.B. (2013) O fundamentalizacii podgotovki pedagogov v oblasti informatiki i informatizacii obrazovanija [On the fundamentalization of teacher training in the field of computer science and informatization of education]. *Materialy X Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Primenenie informacionno-kommunikacionnyh tehnologij v obrazovanii»*, JoshkarOla: MarGU, 187-192.

**А.А. Бекежанова<sup>1\*</sup>, Н. Құрманбекқызы<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Қазақстан-Ресей медициналық университеті, Алматы қ., Қазақстан

\*e-mail: bekezhanovaaltynshash@gmail.com

## **БОЛАШАҚ ИНФОРМАТИКА МҰҒАЛІМДЕРІНЕ ИНФОГРАФИКАНЫ ПАЙДАЛАНЫП ОБЪЕКТИГЕ БАҒЫТТАЛҒАН ПРОГРАММАЛАУДЫ ОҚЫТУДЫҢ ӘДІСТЕРІ**

### *Аңдатпа*

Мақалада болашақ информатика мұғалімдерін инфографиканы пайдаланып объектіге-бағытталған программалауға оқыту әдістері және олардың пәндік құзыреттілігін қалыптастыруға әсері қарастырылған. Бұл тәсіл барған сайын танымал бола түсуде, өйткені инфографика ақпаратты көрнекі түрде ұсынудың тиімді құралы болып табылады. Зерттеудің негізгі мақсаттары болашақ информатика мұғалімдерін объектіге-бағытталған программалауға оқыту кезінде инфографиканы пайдаланудың тиімділігін зерттеу болды. Бұл ретте болашақ информатика мұғалімдерінің объектіге-бағытталған программалаудағы пәндік құзыреттілігін дамытуға басты назар аударылды. Мақала авторлары болашақ информатика мұғалімдері студенттер тобында жүргізілген зерттеу нәтижелерін ұсынады. Студенттерге объектіге-бағытталған программалаудың негізгі ұғымдары мен принциптерін түсіндіру үшін инфографика қолданылды. Зерттеу нәтижесінде инфографиканы қолдану студенттердің материалды жақсы меңгеруіне ықпал ететіні және пәндік құзыреттілігін дамытудың тиімді әдісі екені анықталды. Бұл тәсіл объектіге-бағытталған программалаудың негізгі принциптерін жақсырақ түсінуге және қолдануға ықпал етеді және информатиканың оқу бағдарламалары мен оқыту әдістерін әзірлеуде пайдалы болуы мүмкін.

*Түйін сөздер:* объектіге-бағытталған программалау, инфографика, информатика мұғалімі, жоғары білім, визуалдау құралдары, оқыту әдістері және формалары.

**А.А. Бекежанова<sup>1</sup>, Н. Курманбекқызы<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Казахстанско-Российский медицинский университет, г. Алматы, Казахстан

## **МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ ОБЪЕКТНО- ОРИЕНТИРОВАННОМУ ПРОГРАММИРОВАНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОГРАФИКИ**

### *Аннотация*

В статье рассмотрены методы обучения будущих учителей информатики объектно-ориентированному программированию с использованием инфографики и их влияние на формирование предметной компетенции. Такой подход становится все более популярным, поскольку инфографика является эффективным инструментом визуального представления информации. Основными задачами исследования являлись изучение эффективности применения инфографики при обучении будущих учителей информатики по объектно-ориентированному программированию. При этом основное внимание акцентировалось на формирование предметной компетенции будущих учителей информатики по объектно-ориентированному программированию. Авторы статьи представляют результаты исследования, проведенного в группе студентов, будущих учителей информатики. Участники обучались с применением методов, в которых инфографика использовалась для объяснения ключевых концепций и принципов объектно-ориентированного программирования. В результате исследования было выявлено, что использование инфографики способствует лучшему усвоению материала студентами и является эффективным методом для формирования предметной компетенции. Этот подход способствует лучшему пониманию и применению основных принципов объектно-ориентированного программирования и может быть полезен в разработке учебных программ и методик преподавания информатики.

*Ключевые слова:* объектно-ориентированное программирование, инфографика, учитель информатики, высшее образование, предметная компетенция, методы и формы обучения.

A.A. Bekezhanova<sup>1</sup>, N. Kurmanbekkyzy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kazakh-Russian medical university, Almaty, Kazakhstan

## METHODS OF TEACHING FUTURE COMPUTER SCIENCE TEACHERS OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING USING INFOGRAPHICS

### *Abstract*

The article considers the methods of teaching future teachers of computer science in object-oriented programming using infographics and their influence on the formation of subject competence. This approach is becoming more and more popular because infographics is an effective tool for visual presentation of information. The main objectives of the research were to study the effectiveness of infographics application in teaching future teachers of computer science in object-oriented programming. At the same time, the main attention was focused on the formation of subject matter competence of future teachers of computer science in object-oriented programming. The authors of this article present the results of a study conducted on a group of student future computer science teachers. Participants were taught using methods in which infographics were used to explain key concepts and principles of object-oriented programming. The study found that the use of infographics promotes better learning among student teachers and is an effective method for building subject matter competence. This approach contributes to a better understanding and application of the basic principles of object-oriented programming and can be useful in the development of curricula and methods of teaching computer science.

*Keywords:* object-oriented programming, infographics, computer science teacher, higher education, visualization tools, methods and forms of education.

### **Кіріспе**

Қазіргі цифрлық қоғамда информатика барған сайын танымал пәнге айналууда. Студенттердің программалау саласындағы негізгі білім мен дағдыларды меңгеруіне мүмкіндік беретін пәндік құзыреттілігін дамытуда информатика мұғалімдері маңызды рөл атқарады. Объектіге-бағытталған программалау негізгі программалау тәсілдерінің бірі болып табылады және қазіргі заманғы бағдарламалық жасақтаманы әзірлеуде кеңінен қолданылады. Болашақ информатика мұғалімдерін объектіге-бағытталған программалау бойынша оқыту оларға осы білімді оқушыларға беруге және олардың программалау саласына сәтті енуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Болашақ информатика мұғалімдерінің пәндік құзыреттілігін дамыту мәселесі объектіге-бағытталған программалау курсының оқытудың ең маңызды міндеті болып табылады. Объектіге-бағытталған программалау курсының оқыту барысында пәндік құзыреттілікті дамыту мәселесін көптеген ғалымдар зерттеген.

Пәндік құзыреттіліктер адамзат мәдениетінің жекелеген салалары тұрғысынан талдау және әрекет ету қабілетін білдіреді; бұл белгілі бір пәндік саладағы нақты іс-әрекетті нәтижелі орындау үшін қажетті ерекше қабілеттер және жоғары мамандандырылған білімдерді, пәндік білік, дағдылардың және ойлау тәсілдерінің ерекше түрін қамтиды. Жоғары білікті кәсіби маманды дайындау болашақ мамандардың кәсіби және жалпы мәдени құзыреттіліктерінің қалыптастыруды білдіреді. Өз кезегінде болашақ маманның кәсіби құзыреттілігін қалыптастыру оларға тек оқу пәндерінің тізбесін меңгерту арқылы ғана емес, сонымен қатар пәнді меңгеру процесінде қалыптасатын кәсіптік білік пен дағдыларды қамтитын білім мазмұны арқылы да жүзеге асырылады. Сонымен, маманның пәндік құзыреттілігін дамыту оның кәсіби құзыреттілігін дамытудың құрамдас бөлігі болып табылады.

А.В. Хуторской білім беру мазмұнына сәйкес құзыреттіліктің үш деңгейлі иерархиясын ажыратады [1]:

- 1) негізгі құзыреттер – білім берудің жалпы (мета-пәндік) мазмұнына қатысты;
- 2) жалпы пәндік құзыреттер – оқу пәндері мен білім беру бағыттарының белгілі бір шеңберіне жатады;
- 3) пәндік құзыреттер – оқу пәндері шеңберінде нақты сипаттамасы және қалыптасу мүмкіндігі бар құзыреттің алдыңғы екі деңгейіне қатысты жеке.

Қ.Қ. Гомоюнов пәндік құзыреттілікті жеке тұлғаның сәйкес оқу пәнін немесе пәндер тобын оқу процесінде қалыптасқан, берілген талаптарға сәйкес кез келген пәндік саладағы іс-әрекетті жүзеге асыру қабілеті ретінде анықтайды [2]. Л.И. Кошалковскаяның пікірінше, пәндік құзыреттілік – бұл белгілі бір пәндік саладағы нақты іс-әрекетті тиімді орындауға қажетті пәндік біліктер мен дағдылардың және ойлау тәсілдерінің ерекше түрін қамтитын нақты қабілеттер [3]. Н.А. Шектибаев пәндік құзыреттілікті пән, пәндік сала бойынша меңгерілген ғылыми білімдер мен іскерліктерді және оны оқытудағы әдістемелік әрекеттерді педагогикалық үдерісте эмоциональды-құндылық қатынастармен жүзеге асыру қабілеттілігі ретінде анықтайды [4]. Пәндік құзыреттілік – таным саласындағы тәжірибеге бағытталған біліктер, шығармашылық есептерді шешуге, практикалық іс-әрекетте қол жеткізілген біліктер мен дағдыларды және іс-әрекет тәсілдерін қолдануға және дамытуға дайын болуы; берілген пәндік саладағы интеллектуалдық біліктер, қолда бар ақпарат негізінде жаңа білімді синтездеу қабілеті [5].

Сонымен, ғылыми зерттеулерде пәндік құзыреттілік одан әрі кәсіби қызметте және күнделікті өмірде маңызды болып табылатын негізгі білімдердің, білік пен мен дағдылардың болуын болжайтын нақты пәндік саладағы білім негізі ретінде қарастырылады. Д.В.Моглан педагогикалық бағыттағы бакалаврдың объектіге-бағытталған программалау саласындағы құзыреттілігін бакалаврдың объектіге-бағытталған программалау әдістемесі (ұғымдары, принциптері, механизмдері) саласындағы білімін қолдана білуі және зерттелетін пәндік саладағы объектілерді анықтау және құрылымдау, объектілердің мақсатын және олардың арасындағы өзара әрекеттесуді анықтау, объектілерді өңдеу алгоритмдерін әзірлеу, білім беру қолданбаларын құру мақсатында білім беру мәселелерін шешу үшін объектіге бағытталған бағдарламалау тілі мен визуалды бағдарламалау ортасын қолдану арқылы жүзеге асыру қабілеті деп түсінеді [6]. М.А. Родионов, И.В. Акимова, О.М. Губанова кәсіптік құзыреттіліктің пәндік компонентін ойдағыдай қалыптастыру келесі шарттармен қатар жүруі керек деп есептейді: заманауи педагогикалық технологиялар мен заманауи бағалау құралдарын қолдану; білім беру мекемесінің әдістемелік жұмысын, оның ішінде педагогтардың жоғары кәсіби деңгейін үнемі жаңартып отыру; пәндер бойынша тиісті әдістемелік базаның болуы; заманауи электрондық білім беру ортасын құру және жаңғырту [7]. Ш.А. Клеблев болашақ инженер-бағдарламашылардың объектіге-бағытталған программалаудағы пәндік құзыреттілігін объектіге-бағытталған программалауды білу, сәйкес білік пен дағдылар, жеке тапсырманы орындау тәуелсіздігі және кәсіби қызмет саласында жоғары деңгейде түсіну деп анықтайды [8].

Бірқатар ғалымдардың еңбектеріне сүйенсек пәндік құзыреттіліктерді инфографика құралдарын қолдану арқылы дамыту әдістемесі тиімді болып табылады. Инфографика құралы арқылы:

- студенттердің оқу курсының мазмұнын меңгерудегі көрсеткіштерін жақсарту, студенттердің интеллектуалдық, өмірлік дағдылары мен эмоционалдық дамуын арттыруға (Оздамли және Оздал, 2018) [9];

- сабақты қызықты ету және студенттерді белсендіру үшін уақытты тиімді пайдалануға, курс мазмұнын нақтылауға (Ibrahem & Alamro, 2021) [10];

- студенттердің дағдылары мен мотивациясын жақсартуға, маңызды көлемдегі ақпаратты оңай және тиімді өңдеуге және ұсынуға (Heimbürger et al., 2020) [11];

- графикалық дизайн, ақпаратты сүзу, синтездеу, негізгі ұғымдарды және олардың арасындағы байланыстарды анықтау сияқты дағдыларды дамытуға болады.

Инфографика ақпаратты визуализациялаудың және оқу процесін жеңілдетудің тиімді құралы болып табылады. Объектіге-бағытталған программалауды оқытуда инфографиканы пайдалану информатика мұғалімдеріне ақпаратты неғұрлым анық және түсінікті түрде ұсынуға мүмкіндік береді, бұл оқушылардың жақсы оқуына ықпал етеді.

Әртүрлі пәндер бойынша пәндік құзыреттілікті дамытуда инфографика мүмкіндіктерін қолдануды М. Заборная, Л. Тархова, Синтия Г. Кьямбао, Джейсон Й. Пунцалан және т.б.

еңбегінен көрсек болады. Мысалы, Л. Тархова Информатика, Ақпараттық технологиялар пәнін оқыту барысында инфографиканы пәндік құзыреттілікті дамытуда қолдануға болатынын айтады, Синтия Г. Кьямбао, Джейсон Й. Пунцалан физиканы оқыту барысында инфографика студенттердің пәндік құзыреттіліктерін дамытуға көмектестінің анықтаған, Б. Баглама Басак, Ю. Юкесой, Х. Узунбойлу, Д. Озкан математиканы оқыту барысында инфографиканы пайдалану тиімділігі туралы және пән бойынша білімді меңгерудегі артықшылықтары туралы айтады.

Болашақ информатика мұғалімдеріне инфографиканы пайдаланып объектіге-бағытталған программалауды оқыту әдістемесі тақырыбы салыстырмалы түрде жаңа және жеткіліксіз зерттелген. Бұл осы саланы тереңірек зерттеп, жаңа нәтижелер мен әдістерді жариялау қажеттілігін тудырады. Болашақ информатика мұғалімдеріне объектіге-бағытталған программалауды инфографиканы пайдаланып оқыту әдістерін қарастыратын мақала осы саладағы білім сапасын арттыру үшін құнды материал бола алады. Мұғалімдерді жаңа әдістер мен технологияларды пайдалана отырып оқыту оларға студенттерді болашақ еңбек нарығының талаптарына жақсырақ дайындауға көмектеседі.

Жалпы алғанда, осы тақырып бойынша мақала өзекті болып табылады, өйткені ол пәндік құзыреттілік өзектілігін, объектіге-бағытталған программалаудың маңыздылығын, инфографиканың тиімділігін және тақырып бойынша зерттеулердің болмауын біріктіреді. Оның нәтижелері болашақ информатика пәні мұғалімдерінің білім сапасын арттыруға және дайындық деңгейін арттыруға пайдалы болуы мүмкін. Дегенмен осы уақытқа дейін жарияланған еңбектерде объектіге-бағытталған программалауда пәндік құзыреттіліктерді қалыптастыру үшін инфографика құралдарын пайдалану бойынша зерттеу жұмыстары жүргізілмеген.

### **Зерттеу әдіснамасы**

Бұл жұмысты орындау барысында келесі зерттеу әдістері қолданылды: зерттеу мәселесі бойынша педагогикалық және әдістемелік әдебиеттерді талдау, жинақтау, қорыту, объектіге-бағытталған программалау бойынша оқу бағдарламаларын талдау және оны жүйелеу; сауалнама, тестілеу әдістері, алдыңғы қатарлы тәжірибелерді зерделеу.

Зерттеу мақсатына жету үшін инфографиканы оқу процесінде пайдалану мәселесіне арналған ғылыми әдебиеттерді теориялық талдау негізінде студенттердің оқытылатын пәнге қатынасын және олардың бастан кешіретін қиындықтарын анықтау мақсатында ғылыми бақылау, сұрақ қою, оқу материалын меңгеруде пәндік құзыреттілікті дамыту үшін инфографиканы пайдалану әдістері қарастырылды. Біз инфографиканы оқу материалымен жұмыс істеудің барлық кезеңдерінде, оны таныстырудан бастап, қолдануға дейін енгіздік. Инфографиканы пайдаланып объектіге-бағытталған программалауды оқытудың тиімділігін бағалау үшін эксперименттік және бақылау топтарында оқытуды жүзеге асыруды көздейтін педагогикалық эксперимент жүргізілді. Студенттердің білім деңгейін анықтау үшін тест тапсырмалары даярланды, сонымен қатар, жүргізілген эксперимент нәтижесін өңдеу үшін математикалық статистика әдістері қолданылды.

Педагогикалық эксперимент Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің информатика кафедрасында жүргізілді. Эксперименттік жұмыстың мақсаты алға қойылған гипотезаның сенімділігін тексеру, сонымен қатар объектіге-бағытталған программалау курсының оқыту барысында студенттердің пәндік құзыреттілігін дамытуда инфографиканы пайдалану тиімділігін тексеру

Болашақ информатика пәні мұғалімдерінің объектіге-бағытталған программалау саласындағы пәндік құзыреттілігін дамыту үшін әртүрлі тәсілдер мен оқыту әдістерін қолдану қажет. Объектіге-бағытталған программалау негіздерін оқыту әдістері ретінде дәстүрлі әдістер, мысалы, түсіндірмелі-иллюстративті, репродуктивті, зерттеушілік және т.б. пайдаланылады, оған қосымша бағдарламалауды арнайы оқытуға бағытталған арнайы әдістер ұсынылады - сәйкесінше әдістеме таңдалған тапсырмалар, демонстрациялық әдіс, жоба әдісі.



Объектіге-бағытталған программалау негіздерін оқытуға бағытталған пәндер бойынша оқу сабақтарын өткізу формалары дәрістер, зертханалық сабақтар, студенттердің өзіндік жұмыстары және бақылау іс-әрекеттері болып табылады. Біз ұсынған әдістеме аясында барлық формаларды енгізудің ерекшелігі практикалық жұмыс үшін тапсырмаларды құру, тест тапсырмаларын орындау және өзін-өзі бақылау үшін пайдалану ұсынылатын инфографиканың белсенді қолданылуы болып табылады.

Эксперимент барысында инфографиканы қолдана отырып дәріс өткізудің келесі әдістері қолданылды:

- студенттерге объектіге-бағытталған программалау ұғымдары мен принциптерін визуалдауға көмектесетін көрнекі диаграммалар мен схемаларды қолдану; Мысалы, инкапсуляция, мұрагерлік және полиморфизм сияқты объектіге-бағытталған программалау негізгі принциптерін нақты көрсететін диаграмма жасалды. Көрнекі класс немесе тізбектер диаграммалары студенттерге әр принциптің қалай жұмыс істейтінін түсінуге көмектесті.

- студенттер объектіге-бағытталған программалау іс жүзінде қалай жүзеге асырылатынын көре алатындай код мысалдарын қосу; Код мысалдары мен инфографиканы қолдана отырып, әр қағидаға егжей-тегжейлі түсініктеме берілді. Инфографика арқылы студенттер әр жобалау үлгісі туралы тереңірек білді, кодтың мысалдары келтірілді және инфографикада әр жоба үлгісінің сызбалары айқын көрсетілді.

- студенттердің тақырыпты түсінуін жақсарту үшін инфографиканың әртүрлі түрлері (класс диаграммалары, реттіліктер, жоба үлгі сызбалары).

Объектіге-бағытталған программалау курсы оқыту барысында студенттерге практикалық сабақтарды өту барысында инфографика келесі жолмен қолданылды:

1. Код мысалдары: студенттерге объектіге-бағытталған программалаудың негізгі ұғымдарын қолданылуын көрсететін код мысалдарын қарастыру ұсынылды. Инфографика кодтың қалай жұмыс істейтінін және класстардың бір-бірімен қалай байланысатынын түсіндіру үшін қолданылды.

2. Жаттығулар: студенттерге объектіге-бағытталған программалаудың негізгі ұғымдарына қатысты тапсырмаларды немесе жаттығуларды шешу ұсынылды. Инфографика олардың шешімдерін визуализациялауға және тұжырымдамаларды дұрыс қолдануға көмектесу үшін қолданылды.

3. Gtmag-квест: практикалық сабақ барысында ойын элементі қолданылады, онда студенттер инфографиканы анықтамалық материал ретінде қолдана отырып, объектіге-бағытталған программалаудың негізгі ұғымдарына қатысты сұрақтарға дұрыс жауаптарды таңдауы керек.

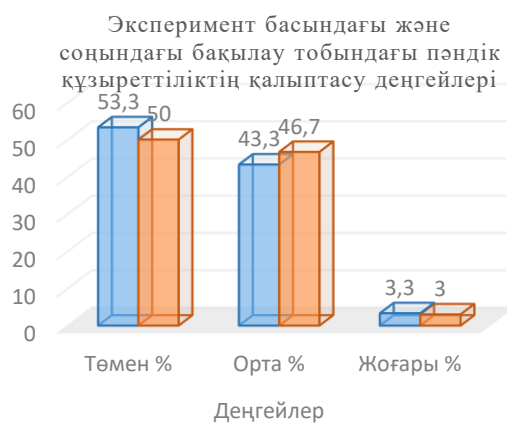
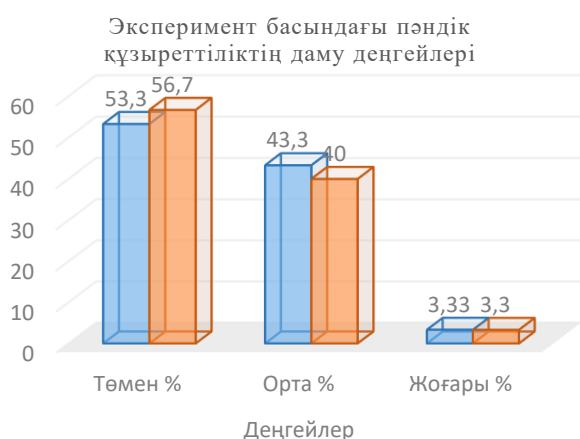
4. Кері байланыс және талқылау: инфографика студенттерге объектіге-бағытталған программалаудың негізгі ұғымдарына туралы өз ойлары мен пікірлерін білдіру үшін талқылау ретінде пайдаланылды. Студенттерден қызықты мәліметтерді белгілеуді, сұрақтар қоюды немесе тұжырымдамаларды қолдану мысалдарымен бөлісуді сұрауға болады.

### **Зерттеу нәтижелері**

Эксперименттік жұмыстың бірінші (дайындық) кезеңінде анықтау және іздеу эксперименттері жүргізілді, оның барысында келесі негізгі міндеттер шешілді: зерттеудің өзектілігін анықтау; зерттеу мәселесі бойынша ғылыми-әдістемелік әдебиеттерді оқу; болашақ информатика мұғалімінің пәндік құзіреттілігінің құрамдас бөліктерінің мазмұнын және оны объектіге-бағытталған программалау курсына дамытуға ықпал ететін педагогикалық шарттарды анықтау; Объектіге-бағытталған программалау курсына инфографиканы пайдаланып оқыту әдістемесін әзірлеу және ішінара тестілеу; дәстүрлі оқыту әдістерін пайдалана отырып, Объектіге-бағытталған программалау курсына оқытын студенттердің бақылау тобындағы (БТ) пәндік құзіреттілік даму деңгейін диагностикалау.

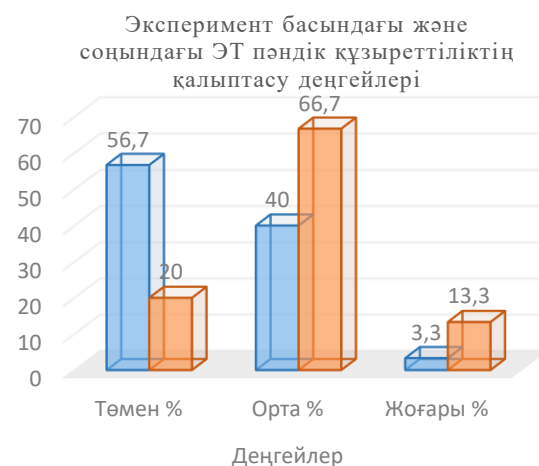
Тәжірибелік-эксперименттік жұмыстың нәтижелілігінің негізгі мақсаты мен критерийі студенттердің қалыптасқан пәндік құзіреттілік деңгейін жоғарылату болды. Пәндік

құзыреттіліктің қалыптастырылған құрамдас бөліктерінің көрсеткіштерін сапалық бағалау баллдардағы сандық бағалаумен сәйкестендірілді. Студенттің пәндік құзыреттілігінің даму деңгейі қандай деген сұрақтың шешімі оның алған жалпы балын пәндік құзыреттілік даму деңгейлерін бағалау шкаласымен салыстыру негізінде жасалды. Педагогикалық эксперименттің екінші (негізгі) кезеңінің міндеті қалыптастырушы эксперимент – болашақ информатика мұғалімдеріне объектіге-бағытталған программалау курсының оқыту барысында инфографиканы пайдалану арқылы пәндік құзыреттілікті дамыту әдістемесінің тиімділігін тексеру болды. Қалыптастырушы эксперимент Математика, физика және информатика институтының оқу процесі жағдайында өтті. Эксперименттік топқа (EG) Объектіге-бағытталған программалау курсының оқитын 30 студент кірді. Анықтау және қалыптастыру экспериментінің нәтижелері 1-суретте (а, ә, б, в) берілген.



а) Оқытудың басындағы БТ және ЭТ пәндік құзыреттіліктің даму деңгейлері

ә) Оқытудың басындағы және соңындағы БТ пәндік құзыреттіліктің қалыптасу деңгейлері



б) Оқытудың соңындағы пәндік құзыреттіліктің даму деңгейлері

в) Оқытудың басындағы және соңындағы ЭТ пәндік құзыреттіліктің қалыптасу деңгейлері

Сурет 1. Бақылау және эксперименттік топтағы студенттердің пәндік құзыреттілігінің даму деңгейлерін салыстыру

Эксперименттік жұмыстың үшінші (қорытынды) кезеңінде нәтижелерге сапалық және сандық талдау жүргізілді. Алынған мәліметтер математикалық өңделіп, жалпыланып, жүйеленді. Пәндік құзыреттіліктің даму деңгейлерінің өзгеруін бағалау үшін біртектіліктің статистикалық  $\chi^2$  критерийін қолдандық.

Эксперимент басында бақылау тобындағы 16 студент пәндік құзыреттіліктің төменгі деңгейін көрсетті, ал 13 студент орта деңгейді көрсетті, 1 студент жоғары деңгейді көрсетті. Өз кезегінде эксперименттік топтағы 17 студент пәндік құзыреттіліктің төменгі деңгейін көрсетті, ал 12 студент орта деңгейді көрсетті, 1 студент жоғары деңгейді көрсетті. Эксперимент соңында дәстүрлі оқыту әдістері қолданылған бақылау тобының көрсеткіші бойынша 15 студент пәндік құзыреттіліктің төменгі деңгейін көрсетті, ал 14 студент орта деңгейді көрсетті, 1 студент жоғары деңгейді көрсетті. Өз кезегінде инфографика қолданылған эксперименттік топтағы 6 студент пәндік құзыреттіліктің төменгі деңгейін көрсетті, ал 20 студент орта деңгейді көрсетті, 4 студент жоғары деңгейді көрсетті.

Оқытудың басындағы БТ және ЭТ пәндік құзыреттілік даму деңгейлерінің арасындағы айырмашылықтарды анықтау үшін  $\chi^2$  біртектілік статистикалық критерийін қолдану үшін олардың сипаттамалары 0,01 мәнділік деңгейімен сәйкес келетіні көрсетілді. Оқытудың басы мен соңындағы ЭТ пәндік құзыреттілігінің даму деңгейлерін салыстыру 99% сенімділікпен статистикалық маңызды айырмашылықтардың ( $\chi^2_{\text{эмп}} = 8.53, \chi^2_{\text{крит}} = 6,635$ ) бар екенін көрсетті. Бұл БТ және ЭТ пәндік құзыреттіліктің даму деңгейлері бойынша оқушылардың бөлінуіндегі айырмашылықтарды кездейсоқ себептермен түсіндіруге болмайтынын, арнайы ұйымдастырылған іс-әрекеттің салдары екенін көрсетеді. Алынған эксперимент нәтижесі объектіге-бағытталған программалауды оқытуда инфографика құралдарын пайдалану болашақ информатика мұғалімдерінің пәндік құзыреттіліктерін дамытудағы оң әсерін растайды.

### Дискуссия

Жоғарыда аталған инфографикаға негізделген оқыту әдістері болашақ информатика мұғалімдерінің пәндік құзыреттілігін тиімді дамытуға мүмкіндік береді. Мақалада ұсынылған оқыту әдістері мен инфографиканы пайдалану болашақ информатика мұғалімдерін даярлауда оқу үдерісінде тікелей қолданылуы мүмкін, бұл олардың пәндік құзыреттілік деңгейін арттыруға көмектеседі. Зерттеу нәтижелері информатика саласындағы заманауи оқыту тәжірибесін дамытуға және жетілдіруге ықпал етеді.

### Қорытынды

Болашақ информатика мұғалімдерін инфографиканы пайдалана отырып объектіге-бағытталған программалауды оқыту әдістемесі туралы мақаланы қорытындылай келе, бұл тәсіл студенттердің пәндік құзыреттілігін тиімді дамытуға мүмкіндік беретінін атап өткен жөн. Оқытуда инфографиканы пайдалану абстрактілі ұғымдар мен күрделі алгоритмдерді визуализациялауға көмектеседі. Бұл, әсіресе визуалды ойлау қабілеті бар студенттер үшін оқу үдерісін қызықты әрі қолжетімді етеді. Олар ақпараттың графикалық бейнелерін пайдалану арқылы объектіге-бағытталған программалаудың негізгі принциптерін оңай түсініп, есте сақтай алады. Сонымен қатар, инфографика арқылы визуалды оқыту студенттерге білімдері мен дағдыларын жақсы құрылымдауға мүмкіндік береді, бұл материалды тереңірек түсінуге ықпал етеді. Олар әртүрлі ұғымдар арасындағы қарым-қатынастарды көре алады және бірінен екіншісіне оңай ауысады. Дегенмен, информатиканы оқытуда инфографиканы пайдалану өз алдына мақсат болмайтынын ескерген жөн. Ол программалауды оқытудың әртүрлі әдістері мен тәсілдерінің ішінде кеңірек контекстке қосылуы керек. Оқытудың әртүрлі әдістерін біріктіру және практикалық тапсырмаларды белсенді қолдану студенттердің пәндік құзыреттілігін ғана емес, сонымен қатар шешім қабылдау дағдыларын, шығармашылық ойлауды және алған білімдерін практикада қолдана білуді дамытуға көмектеседі. Олай болса, болашақ информатика мұғалімдеріне объектіге-бағытталған программалауды оқытуда

инфографиканы пайдалану студенттердің пәндік құзыреттілігін дамытуға мүмкіндік беретін тиімді әдіс болып табылады. Ол оқуды жақсартуға ықпал етеді, білімді жүйелеуді жеңілдетеді және студенттерге ұғымдар арасындағы байланысты көруге көмектеседі. Дегенмен, инфографиканы пайдалануды кешенді оқыту тәсіліне енгізу маңызды, ол сонымен қатар информатиканы тиімді оқыту үшін барлық қажетті дағдылар мен атрибуттарды дамыту үшін практикалық әрекеттер мен басқа әдістерді қамтиды.

#### Пайдаланылған дереккөздер тізімі

- [1] Хуторской АВ Технология проектирования ключевых и предметных компетенций//Интернет-журнал "Эйдос".-2005.
- [2] Гомоюнов К.К. Словарь терминов Санкт-Петербургского государственного политехнического университета механико-машиностроительного факультета // Кафедра прикладной геометрии и дизайна. – URL: <http://agd.mmfm.spbstu.ru/GI/golssary.html>
- [3] Кошалковская Л. И. Формирование предметной компетентности. Проблемы. Поиск. Решения // Официальный интернет-сайт Донецкой специализированной физико-математической общеобразовательной школы.– URL: <http://17.agniage.net/optim/li/pk.doc>.
- [4] Ахметов М.А. Формирование предметных компетентностей школьников (на примере естественно-научного профиля) // Программа развития инновационных процессов в образовании. Муниципальное образовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа №31 им. Героев Свири» г. Ульяновска. – 2011. URL: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-493438.html>
- [5] Шектибаев Н.А.(2022) «Ядро және элементар бөліктер физикасы» элективті курсының оқыту барысында болашақ физика мұғалімдерінің пәндік құзыреттілігін дамыту әдістемесі (Докторлық диссертация). Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті
- [6] Моглан Д.В. Методика обучения объектно-ориентированному программированию бакалавров направления "Педагогическое образование" в условиях сетевого сообщества: автореферат дис. кандидата педагогических наук : 13.00.02 / Моглан Диана Васильевна; [Место защиты: Рос. гос. пед. ун-т им. А.И. Герцена]. - Санкт-Петербург, 2016. - 23 с.
- [7] Родионов М.А., Акимова И.В. Подготовка будущих учителей информатики к обучению школьников объектно-ориентированному программированию //Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2015. – №1 (37). - С. 247-251
- [8] Клеблеев Ш.А. Модель формирования предметной компетентности по объектно-ориентированному программированию у будущих инженеров-программистов // Kant. 2018. №4 (29).- 36-14с.
- [9] Heimbürger, A., Keto, H., & Isomöttönen, V. (2020). Learning via summarizing infographics assignment in software engineering management e-course? In: 2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). Uppsala: IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9274229>
- [10] Ibrahim, U. M., & Alamro, A. R. (2021). Effects of infographics on developing computer knowledge, skills and achievement motivation among hail university students. International Journal of Instruction, 14(1), 907-926. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14154a>
- [11] Ozdamli, F., & Ozdal, J. (2018). Developing an instructional design for the design of infographics and the evaluation of infographic usage in teaching based on teacher and student opinions. EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 14(4), 1197-1219. <https://doi.org/10.29333/ejmste/81868>

#### References

- [1] Хуторской АВ Технология проектирования ключевых и предметных компетенций//Интернет-журнал "Эйдос".-2005.
- [2] Гомоюнов К.К. Словарь терминов Санкт-Петербургского государственного политехнического университета механико-машиностроительного факультета // Кафедра прикладной геометрии и дизайна. – URL: <http://agd.mmfm.spbstu.ru/GI/golssary.html>
- [3] Кошалковская Л.И. Формирование предметной компетентности. Проблемы. Поиск. Решения //Официальный интернет-сайт Донецкой специализированной физико-математической общеобразовательной школы.– URL: <http://17.agniage.net/optim/li/pk.doc>.

[4] Axmetov M.A. Formirovanie predmetny`x kompetentnostej shkol`nikov (na primere estestvenno-nauchnogo profilya) // Programma razvitiya innovacionny`x processov v obrazovanii. Municipal`noe obrazovatel`noe uchrezhdenie «Srednyaya obshheobrazovatel`naya shkola №31 im. Geroev Sviri» g. Ul`yanovska. – 2011. URL: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-493438.html>

[5] Shektibaev N.A.(2022) «Yadro zhәне elementar bөлшекter fizikasy» elektivti kursyn oқыtu barysynda bolashaq fizika mұzalimdepiniң pәndik qўzyrettiligin damytu әdistemesi (Doktorlyq dissertaciya). Qozha Axmet Yacaui atyndaғы Xalyqaralyq qazaq-tүpik univepciteti

[6] Moglan D.V. (2016) Metodika obuchenija ob#ektно-orientirovannomu programmirovaniyu bakalavrov napravlenija "Pedagogicheskoe obrazovanie" v uslovijah setevogo soobshhestva [Methodology of teaching object-oriented programming to bachelors of "Pedagogical Education" direction in the conditions of network community]: avtoreferat dis. ... kandidata pedagogicheskix nauk: 13.00.02 / Moglan Diana Vasil'evna; [Mesto zashhity: Ros. gos. ped. un-t im. A.I. Gercena]. - Sankt-Peterburg, - 23 (in Russina)

[7] Rodionov M.A., Akimova I.V. (2015) Podgotovka budushhih uchitelej informatiki k obucheniju shkol`nikov ob#ektно-orientirovannomu programmirovaniyu [Preparing future teachers of computer science to teach object-oriented programming to schoolchildren]. Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo. Serija: Social'nye nauki, № 1 (37), 247-251. (in Russina)

[8] Klebleev Sh.A. Model` formirovaniya predmetnoj kompetentnosti po ob`ektно-orientirovannomu programmirovaniyu u budushhix inzhenerov-programmistov // Kant. 2018. №4 (29).-36-14c.

[9] Heimbürger, A., Keto, H., & Isomöttönen, V. (2020). Learning via summarizing infographics assignment in software engineering management e-course? In: 2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). Uppsala: IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9274229>

[10] Ibrahim, U. M., & Alamro, A. R. (2021). Effects of infographics on developing computer knowledge, skills and achievement motivation among hail university students. International Journal of Instruction, 14(1), 907-926. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14154a>

[11] Ozdamli, F., & Ozdal, J. (2018). Developing an instructional design for the design of infographics and the evaluation of infographic usage in teaching based on teacher and student opinions. EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 14(4), 1197-1219. <https://doi.org/10.29333/ejmste/81868>

**Н.Н. Керімбаев<sup>1</sup>, Ә.Б. Сәкенова<sup>1\*</sup>**

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

\*e-mail: asemgulsakenova00@gmail.com

## **ИНФОРМАТИКАДА БІРЛЕСІП ОҚЫТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУДЫҢ ПЕДАГОГИКАЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ**

### *Аңдатпа*

Бұл мақалада информатика сабақтарында бірлесіп оқыту технологиясын қолданудың маңыздылығы мен оның білім сапасын арттыруға әсері қарастырылады. Бірлесіп оқыту – бұл оқушылар топта жұмыс істейтін, бір-бірімен мәселелерді бірлесіп шешу әдісі. Мақалада бұл технологияның тиімді жақтары мен артықшылықтары айтылады, мысалы, оқушылардың ынтымақтасын арттыру, коммуникативті дағдыларды жетілдіру, сыни тұрғыдан ойлауды дамыту және т.б. Бірлесіп оқытудың ғылыми анықтамалары мен шетел ғалымдарының көзқарастары, сонымен қатар осы оқыту түрін пайдаланудағы негізгі принциптер ашып көрсетіледі. Қоғамда «бірлесіп оқыту» және «бірлескен оқыту» деп аталатын егіз ұғым бар. Осы екі ұғымның айырмашылықтары айшықталып, бірлесіп оқытудың негізгі формалары талданады. Сондай-ақ информатика сабақтарында ынтымақтастықты ұйымдастыруға болатын әртүрлі әдістер мен құралдар қарастырылады. Олар Wordwall.net, Flippity.net, LearningApps.org платформалары. Осы аталған платформаларға салыстырмалы талдау жасалып, тиімді білім беру платформасы анықталды. Анықталған білім беру платформасында мысал қарастырылып, қолданылу аясы көрсетіледі. Бірлесіп оқыту әрбір оқушының екі жақты күшті және әлсіз жақтарын құрметтейді, оларға команданың бір бөлігі және жеке тұлға ретінде өсуге мүмкіндік береді деген қорытынды жасалады.

*Түйін сөздер:* бірлесіп оқыту, информатика, топтық жұмыс, белсенді оқыту, бірлесіп оқыту платформалары, Wordwall.net, Flippity.net, LearningApps.org

**Н.Н. Керимбаев<sup>1</sup>, А.Б. Сакенова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

## **ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СОВМЕСТНОГО ОБУЧЕНИЯ В ИНФОРМАТИКЕ**

### *Аннотация*

В этой статье рассматривается важность использования технологии совместного обучения на уроках информатики и ее влияние на повышение качества образования. Совместное обучение – это метод совместного решения проблем друг с другом, при котором учащиеся работают в группах. В статье рассказывается о преимуществах и недостатках этой технологии, таких как повышение мотивации учащихся, улучшение коммуникативных навыков, развитие критического мышления и т. д. Раскрываются научные определения совместного обучения и взгляды зарубежных ученых, а также основные принципы использования данного вида обучения. В обществе существуют понятия, известное как «совместное обучение» и «совместное обучение». Выделяются различия между этими двумя понятиями и анализируются основные формы совместного обучения. Также на уроках информатики рассматриваются различные методы и инструменты, с помощью которых можно организовать сотрудничество. Это Wordwall.net, Flippity.net, LearningApps.org платформы. Был проведен сравнительный анализ этих платформ и определена эффективная образовательная платформа. На определенной образовательной платформе будет рассмотрен пример и показана область применения. Делается вывод, что совместное обучение уважает двусторонние сильные и слабые стороны каждого учащегося, позволяя им расти как часть команды и как личности.

*Ключевые слова:* совместное обучение, информатика, групповая работа, активное обучение, платформы для совместного обучения, Wordwall.net, Flippity.net, LearningApps.org

N.N. Kerimbaev <sup>1</sup>, A.B. Sakenova <sup>1</sup>

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

## PEDAGOGICAL ASPECTS OF USING COLLABORATE LEARNING TECHNOLOGY IN COMPUTER SCIENCES

### Abstract

This article discusses the importance of using collaborative learning technology in computer science lessons and its impact on improving the quality of education. Collaborative learning is a method of solving problems together with each other, in which students work in groups. The article describes the advantages and advantages of this technology, such as increasing student motivation, improving communication skills, developing critical thinking, etc. The scientific definitions of coeducation and the views of foreign scientists are revealed, as well as the basic principles of using this type of training. In society, there is a twin concept known as "co-education" and "co-education". The differences between these two concepts are highlighted and the main forms of joint learning are analyzed. Also, computer science lessons consider various methods and tools with which you can organize cooperation. They Wordwall.net, Flippity.net, LearningApps.org platforms. A comparative analysis of these platforms was carried out and an effective educational platform was determined. An example will be considered on a specific educational platform and the scope of application will be shown. It is concluded that co-education respects the bilateral strengths and weaknesses of each student, allowing them to grow as part of a team and as individuals.

*Keywords:* collaborative learning, informatics, group work, active learning, collaborative learning platforms, Wordwall.net, Flippity.net, LearningApps.org

### Кіріспе

Қазіргі уақытта педагогикалық технологиялар білім берудің құрамдас бөлігі болып табылады және білім сапасын арттыруда маңызды рөл атқарады. Соңғы білім беру парадигмасы белсенді және ұжымдық оқыту әдістеріне көбірек мән береді. Мұндай әдістердің ішінде бүкіл әлем бойынша білім беру мекемелерінде белсенді зерттелетін және енгізілетін, оқушылардың білімдері мен тәжірибелерін тиімді бөлісуге, топпен жұмыс істеуге және білім алу барысында жақсы нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік беретін бірлесіп оқыту ерекше орын алады. Оқытудың бұл әдісі дәстүрлі дәріс моделінен асып түседі және оқушылардың білімін ғана емес, әлеуметтік дағдыларын да дамытады.

Қазақстан Республикасының президенті Қасым-Жомарт Тоқаев білім жүйесіне жаңашылдық енгізу туралы Тәуелсіздік сарайында өткен Тамыз конференциясында мәлімдеген болатын.

«Біз мемлекетіміздің тағдырын жас ұрпаққа сеніп тапсыруымыз үшін жаңа ұрпақ еңбекқорлықтың идеялары мен құндылықтарына тәрбиеленуі керек. Еңбекқор ұлтты тәрбиелеуде біздің педагогтарымыздың негізгі міндеті жатыр. Ол үшін жаһандық инновациялар мен әлемдік білім берудегі өзгерістердің алдыңғы қатарында болу өте маңызды. Қазіргі таңда IT және биотехнология салаларында орын алған жаңалықтар адамзат өмірін өзгертуде. Сондықтан білім беру жүйесі тың өзгерістерге тез бейімделуді қажет етеді. Әлемнің алдыңғы қатарлы мектептері балалардың шығармашылық әлеуетін дамытумен қарқынды айналысады, цифрлық технологиялар мен нақты ғылымдарды үйретеді. Сонымен қатар оқыту әдістемелерін ойын форматтарына қарай өзгертуде, жаңа әдістер мен дағдыларды үнемі іздестіруде. Біз барлығымыз Қазақстанды гүлденген және дамыған елге айналдыруға ұмтыламыз. Мұның кілті – сапалы, қол жетімді және заманауи білім. Қазір, бұрынғыдан да, осы саланың дамуына жаңа, қуатты серпін беру маңызды», - деді Тоқаев [1]. Бұл жаңа ұрпақтың бір-бірімен бауырмал, ойын ашық жеткізе алатын, көшбасшылық пен ұйымдастырушылық қабілеттерін бойына сіңіруге мүмкіндік беретін бірлесіп оқыту технологиясын қолдану қазіргі заман талабына сай, өзекті мәселе деп білеміз. Соның ішінде цифрлық технологияның дамыған заманында информатика сабағында біріктіре қолдану өте маңызды.

Бірлесіп оқыту – бұл топтық жұмысқа және ортақ мақсатқа жету үшін топтарды біріктіруге негізделген оқу стратегиясы [2]. Бұл оқыту стратегиясының негізгі элементі ол адамдардың тәуелсіз болуының және жеке жауапкершілікті басқара отырып, өз дағдыларын көрсетуінің оң әсерін көрсетеді. Бірлесіп оқытуда оқушылар бір-бірімен тапсырма немесе жоба бойынша жұмыс істейді. Дегенмен, оқытудың бұл түрінде оқушылар топтық әрекетте бірігіп жұмыс істейтінін, бірақ олардың әрқайсысының назар аударатын өз міндеттері бар екенін атап өткен жөн. Бұл ортадағы адамдардың іс-әрекеттері кеңірек топқа қалай әсер ететінін көру арқылы өз дағдыларын шыңдауға мүмкіндік береді.

Информатика пәнінен білім беруде бірлесіп оқыту технологиясының негізгі артықшылықтарының бірі – оқушылардың белсенділігін арттыру мүмкіндігі болып табылады. Информатика басқа оқу пәндерімен салыстырғанда ерекше еңбекті қажет етеді. Яғни әмбебаптылықты, көп дербестікті, мектеп оқушыларының күнделікті жұмысын толық қадағалауды, күнделікті бағдарламалауға енгізіліп жатырған ақпараттарды меңгеруді, жүйелі жұмысты талап етеді. Ақпараттарды толық меңгермей, қазіргі заманның жаңа ағымына ілесе алмасаңыз, информатиканы меңгеру мүмкін емес. Сондықтан информатика пәні мұғалімінің қазіргі міндеті – жаңа ақпараттық технологияларды үнемі зерттеп, оқу үрдісіне енгізу. Жаңа педагогикалық технологияларды қолдану оқушылардың өзін-өзі бағалауын арттыруға мүмкіндік береді, олардың әлеуметтену тәжірибесін, ұжымды нығайтуды қамтамасыз етеді. Мұғалім мен оқушы арасындағы қарым-қатынас айтарлықтай өзгереді. Жаңа педагогикалық технологиялар – мұғалім іс-әрекетінің жаңа траекториясы, оның мектеп оқушыларымен қарым-қатынасының жаңа түрі. Жаңа педагогикалық технологиялардың бірі – бірлесіп оқыту. Жалпы білім беру жүйесінде бірлесіп оқытудың бірнеше нұсқалары бар. Мұғалім сабақ беру барысында бұл нұсқаларды өз шығармашылығымен, оқушыларға қатысты әртараптандыруы мүмкін. Бірақ бірлесіп оқытуға қатысты белгілі бір принциптер мен шарттарды қатаң сақтауға міндетті.

Бірлесіп оқыту технологиясы бұл «мұғалім-оқушы(лар)» қарым-қатынасының бірлескен ұйымы, өзара дамыту, оқушылардың ұжымда, шағын топта және жұпта білімдерін бірлесіп меңгеруі, оның негізгі идеясы оқу міндеттерін орындау болып табылады. Ең бастысы, мұғалімдер бірлесіп оқыту технологияларын қолдану барысында зерттелетін тақырыпқа, шешілуге тиісті мәселеге назар аударуы керек. Сонымен қатар бірлесіп білім беру технологияларын қолдануда оқушылардың жас ерекшеліктері, психологиялық ерекшеліктері, дүниетанымдық деңгейі, өмірлік тәжірибесі ескерілсе, сабақтың тиімділігі артады. Бірлесіп білім беру технологиясы интеллектуалдық, адамгершілік және дене қабілеттерін, қызығушылықтарын, мотивтерін дамытуға негізделген оқушылардың дүниетанымын қалыптастыру мақсатына ықпал етеді [3]. Бірлесіп оқыту технологиясының «бірлескен оқытудан» айырмашылығы, ол оқушыларға жұппен де, шағын топпен де жұмыс жасай отырып, топта жұмыс істеу дағдыларын береді.

Білім алу барысында оқушылар мен студенттердің қабілеттері әртүрлі деңгейде болады, кейбіреулері мұғалімнің айтқанын тез түсінетіні, коммуникативті дағдыларды да тез меңгеретіні белгілі. Ал кейбір оқушылар мен студенттер үшін бұл процесс қиын, яғни оқу материалының мазмұнының мәнін толық түсіну үшін тек көбірек уақыт қажет емес, сонымен қатар қосымша мысалдар, жаттығулар немесе түсініктемелер қажет. Мұндай оқушы (оқушылар) түсінбеген жерлерін түсіну үшін сабақ барысында барлық оқушылардың алдында сұрақ қойғысы келмейді. Сондықтан осындай мәселелерді шешуде бірлесіп оқытудың маңыздылығы жоғары.

Мақалада информатикада бірлесіп оқыту технологиясын қолданудың педагогикалық аспектілері қарастырылады, оның оқушылардың белсенділігіне, сыныптастарымен өзара әрекеттесуіне және дағдыларын дамытуға әсері зерттеледі. Бірлесіп оқытуды қолдану кезіндегі сақталуы шарт негізгі принциптер, оқушылар санына, тапсырма құрылымына, зерттелетін тақырыпқа сәйкес ұсынылатын бірлесіп оқыту нұсқаларына, информатика сабағында қолдануға көмек беретін білім беру платформаларына талдау жүргізіледі.



Қолданыстағы зерттеулер мен тәжірибелік мысалдарды талдау арқылы информатика бойынша білім беруде бірлесіп оқыту технологиясының тиімді интеграциясы туралы түсінік беруге бағытталған.

### **Зерттеу әдіснамасы**

Зерттеу жұмыстары барысында ғылыми әдебиеттерді, практикалық тәжірибелерді, сондай-ақ деректерді салыстырмалы талдау, бақылау әдістері қолданылды және педагогикалық эксперимент жүргізілді. Бұл әдістер информатика сабақтарында бірлесіп оқыту технологиясын қолданудың маңыздылығына объективті баға алуға және оның білім сапасын арттырудағы тиімділігін анықтауға мүмкіндік береді.

Ұжымдық немесе бірлесіп оқыту идеологиясын американдық педагогтар Джонс Хопкинс университетінендегі Роберт Славин, Миннесота университетінен Роджерс Джонсон және Дэвид Джонсон, Калифорния университетіндегі Элиот Аронсон тобы әзірледі және ұсынды. Бұл американдық педагогтар бірлесіп оқытуды келесідей тұжырымдаған болатын: «Бірлесіп оқыту – білім беру стратегиясы, онда білім алушылардың бірлескен білімдерін құру мақсатында білім, тәжірибе және идеялар алмасуға белсенді қатысуы. Олар бірлесіп зерттеулер жүргізе алады, талқылайды, мәселелерді шеше алады және нақты жағдайларда жаңа білімді қолдана алады. Бірлесіп оқыту ұжымдық интеллектке ықпал етеді және оқу сапасын жақсартады» [4].

С. Kaendler: «Бірлесіп оқытуды екі немесе одан да көп оқушылардың топтық мәселені шешу үшін бірлесіп жұмыс істеу процесі ретінде анықтауға болады. Олар бұған өз білімдерімен бөлісу және осылайша ортақ негізді дамыту және білімді біріктіру арқылы қол жеткізе алады» деп тұжырым жасайды.

Д.А. Леонтьев бірлескен іс-әрекет пен жеке іс-әрекеттің айтарлықтай айырмашылығын көрсетті: «Құрылымы бойынша бірлескен іс-әрекет жеке әрекетке ұқсас. Айырмашылығы бірлесіп оқыту екі немесе одан да көп субъектілер арасында таралады, олардың әрқайсысы берілген тапсырманы жеке жеке орындап, тапсырма соңында біріктіріліп, бірлескен субъект ретінде әрекет етеді» [5].

Е.Ю. Мизурова «жұмыстың топтық және ұжымдық формалары мұғалімнің ықпалының аз болуын, оқушылардың дербестігі мен ынтымақтастығы дәрежесінің жоғары болуын талап етеді» деп атап көрсетеді [6].

Қазақстандық ғалым Ғ.М. Құсайынов педагогикалық технология туралы тұжырымында педагогикалық технологияны ұжымдық оқыту түрімен байланыстырады. «Педагогикалық технология – оқыту процесіндегі ұжымдық оқыту әдісі және мұғалімнің жоспарлы оқыту мен тәрбиелеу жолындағы мақсаттары мен нәтижеге жетуі. Себебі, ұжымдық тәрбие әдісі заман талабына сай жан-жақты дамыған тұлғаны тәрбиелеуге мүмкіндік береді. Педагогикалық оқу жоспарлары мен бағдарламаларында берілген оқу материалын оқушылардың бір-бірімен оқыту арқылы өздері меңгеру процесі» деп санайды [7].

Валамистің пайымдауынша: «Бірлесіп оқыту – бірлескен жұмыс арқылы оқуды жақсарту үшін топтарды пайдаланудың білім беру тәсілі. Екі немесе одан да көп оқушылардан тұратын топтар есептерді шешу, тапсырмаларды орындау немесе жаңа ұғымдарды меңгеру үшін бірлесіп жұмыс істейді. Өз ұстанымдарын қорғау, идеяларды қайта құру, басқа көзқарастарды тыңдау және өз ойларын айту арқылы оқушылар жеке тұлғаға қарағанда топ ретінде толық түсінікке ие болады» дейді. Ал Кэролайн Гон, П. Дилленбург, К.А. Брюффи Уильямс және Перси ғалымдарының пікірінше, бірлесіп оқыту – білім алу, дағдыларды дамыту және мәселелерді шешу барысында оқуға қатысушылардың бір-бірімен белсенді ынтымақтасатын педагогикалық тәсілі [8,9]. Яғни бірігіп жұмыс істеу сізге жеке ойлап таппаған идеяларды тудырады және сіздің жұмысыңыздың тез бітуіне көмектеседі.

Біздің пікірімізше, бірлесіп оқыту – ортақ мақсаттарға жету үшін оқушылардың өзара әрекеттесу жағдайларын ұйымдастыруға негізделген оқытудың нысаны мен әдісі. Пікірлес құрбыларымен қарым-қатынаста болу олардың еркіндік сезімін оятады. Оқушылар шағын

топтарда оқу барысында өздерін қауіпсіз сезінеді және оқу жетістіктерін арттыра алады, ал мұғалімдер мен оқушылар арасындағы жағымды қарым-қатынастар оқу ортасын әлеуметтік жағынан қолайлы етеді. Бұл жағдайда мұғалімдер тек білім тасымалдаушысы ғана емес, сонымен қатар оқушылар ұжымдарының шығармашылық жұмысының жетекшісі және үйлестірушісі болып табылады.

Бұл анықтамалар белсенді ынтымақтастық, өзара әрекеттесу, білім алмасу және білім беру немесе интеллектуалдық нәтижелерге бірлесіп қол жеткізу мақсаты сияқты бірлесіп оқытудың негізгі аспектілерін көрсетеді.

Бірлесіп оқыту әртүрлі елдерде әртүрлі тәсілдермен жүргізіледі және жеткілікті тәжірибеге ие. Мысалы, Ташкент теміржол инженерлері институтының Мирабад академиялық лицейінде он жылдық жұмыс тәжірибесі топтық бірлескен оқыту дәстүрлі білім беру түрімен салыстырғанда оқу үлгерімі мен білім сапасын арттыруға мүмкіндік беретінін көрсетті («Информатика» пәні бойынша тәжірибелік сабақтарда) [10]. Топтық оқыту «мұғалім-топ-оқушы» түріндегі үш жақты қарым-қатынасқа негізделген.

Сонымен қатар Алматы қаласындағы №69 орта мектепте информатикамен тығыз байланысты робототехника сабағында бірлесіп оқыту арқылы оқушылардың есептеуіш ойлау қабілеттерін дамытуға негізделген педагогикалық эксперимент жүргізілген. Зерттеулер оқушы мен мұғалімнің, оқушы мен оқушының өзара әрекеті мен ынтымақтастығы дамудың оң нәтижесін берген. Зерттеу аясында ашық сауалнама жүргізілген. Сауалнамаға 48 оқушы (25 ұл, 23 қыз) қатысқан. Сауалнама нәтижесі қыздарға қарағанда ұлдардың робототехниканы үйренуге деген қызығушылығы басым екендігі және бірлесіп оқыту әдісі балалардың танымдық қабілеттерін дамытуға және оқу процесінде коммуникативтік функцияларды қалыптастыруға ықпал ететіндігін көрсеткен [11].

Білім беру саласындағы информатика пәнінде бірлесіп оқыту технологиясын қолданудың тиімділігін анықтау бойынша, «бірлесіп оқыту» және «бірлескен оқыту» ұғымдары бойынша теориялық талдау жүргізілді. Бірлесіп оқытуды жүзеге асыруға арналған Wordwall.net, Flippity.net және LearningApps.org интерактивті білім беру платформаларына салыстырмалы талдау қарастырылды. Талдау нәтижесінде озық шыққан тиімді платформа бойынша эксперименттік тәжірибе жүргізілді. Зерттеу нәтижелері оқушылардың пікірлерін талдау негізінде алынды. Сондай-ақ талданған құралдар мектеп оқушыларының «Информатика» пәні бойынша танымдық белсенділігін бағалауға мүмкіндік берді.

### **Зерттеу нәтижелері**

Қоғамда «бірлесіп оқыту» және «бірлескен оқыту» деп аталатын егіз ұғым бар. Бұл екеуі бір қарағанда ұқсас және шатасарлықтай көрінуі мүмкін және оқытудың осы екі түрінің айырмашылығы неде екендігі туралы түсініксіздік бар. Бірақ екеуінің айырмашылықтары мен талап-міндеттері әртүрлі. Шындығында, бірлескен оқыту – бірлесіп оқудың бір түрі, сондықтан бір қарағанда екеуі ұқсас болып көрінуі мүмкін.

Бірлесіп оқыту мен бірлескен оқудың айырмашылығы мынада: бірлесіп оқытуда қатысушылар өздерінің оқуы мен табысының белгілі бір бөліміне, сондай-ақ жалпы топ үшін жауапты болады. Барлық топ мүшелері үйренетін ұғымдарды түсінетініне көз жеткізу үшін өздерінің білімдері мен ресурстарын пайдалануы керек.

Бірлескен оқытудың рөлдері мен құрылымы алдын ала анықталған және олар көбінесе театр қойылымының актерлері мен экипажымен салыстырылады. Яғни мұнда жобаны мұқият қадағалайтын режиссер бар [12]. Ал бірлесіп оқытуда жеке қатысушылар өздерінің командалық оқуы мен табысқа жетуі үшін жауапкершілікті өз мойнына алуы керек, яғни олардың рөлдері, ресурстары және ұйымы өздеріне қалдырылады. Келісім ережелерін басқаратын директор жоқ, сондықтан топ өзін-өзі басқаруы керек.

Бірлесіп оқытуды енгізген американдық педагогтар Д.В. Джонсон, Р.Т. Джонсон, К.А. Смит және Э. Аронсон бірлесіп оқытуды 1-суретте көрсетілгендей нұсқаларда қолдануды ұсынды [13]. Олар: ұжымдық, кішігірім топтық және жұптық нұсқа.



Сурет 1. Бірлесіп оқыту технологияларын қолданудың формалары

Student team learning немесе қысқаша STL, ол «ұжымдық оқыту» дегенді білдіреді. Бұл технология бүкіл топтың мақсаттарына және оның жетістігіне үлкен мән береді. Мұғалім жаңа тақырыпты түсіндіре салысымен оқушылар материалды бекітуге арналған топтық тапсырма алады, мұнда тапсырмалар барлық қатысушылар арасында таратылады. Бүкіл топқа тапсырманы түсіндіреді. Содан кейін барлық топтар жұмысын аяқтағаннан кейін мұғалім жаңа тақырыпты түсініп, меңгергенін тексеру мақсатында жеке бақылау жұмыстарын таратады.

*Кішігірім топтық (Jigsaw).* Бірлесіп оқытуды ұйымдастырудың бұл тәсілін 1978 жылы профессор Элиот Аронсон әзірлеген. Мұнда оқушылар 4-6 адамнан тұратын кішігірім топтарды құрады және топ бойынша оқу материалын пысықтайды, мағыналық бөліктерге бөлінеді. Мысалы, «Санау жүйелері» сияқты тақырыппен жұмыс істегенде, осыған ұқсас ішкі тақырыптар: екілік, сегіздік, оналтылық, ондық санау жүйелері және т.б. бөлінеді. Әр топ мүшесі өз бөлімінде материал табуы керек. Осыдан кейін бір мәселені зерттейтін, бірақ әртүрлі топтардың өкілдері болып табылатын оқушылар ақпарат алмасу үшін «сарапшылар» кездесуін ұйымдастырады. Содан кейін, өз топтарына оралған кезде, олар өздері үйренген барлық жаңа нәрселерді бір-біріне үйретеді.

*Learning Together.* Бұл бірге оқыту технологиясын Дэвид Джонсон мен Роберт Джонсон 1987 жылы Миннесота университетінде әзірлеген. Бұл оқыту нұсқасында оқушылар жұпқа бөлінеді. Әр жұп біртұтас тақырып бойынша жеке тапсырма алады және бірлескен жұмыс негізінде жұп мүшелері өздеріне берілген материалды меңгереді. Содан кейін ол бұл туралы командаға хабарлайды. Атап өткеніміздей бірлесіп оқытудың бірнеше нұсқалары бар. Мұғалім сабақ беру барысында бұл нұсқаларды өз шығармашылығымен және оқушыларға қатысты әртараптандыруы мүмкін, бірақ бірлесіп оқытудың негізгі принциптерін қатаң сақтау арқылы ғана жүзеге асыруы керек. Олар:

1. Мұғалім оқушылардың топтарын сабақ алдында бала үйлесімділігіне байланысты психологиялық ескере отырып құрады. Әр топта мықты оқушы, орташа және әлсіз (егер топ үш оқушыдан тұратын болса), қыздар мен ұлдар болуы керек. Егер топ бірнеше сабақта бірқалыпты жұмыс істесе, онда олардың құрамын өзгерту қажет емес (бұл негізгі топтар деп аталады). Егер қандай да бір себептермен жұмыс өте жақсы жүрмесе, топ құрамын сабақтан сабаққа өзгертуге болады.

2. Топқа бір тапсырма беріледі, бірақ оның рөлдерін орындау кезінде топ мүшелерін тағайындайды (рөлдерді әдетте оқушылардың өздері бөледі, бірақ кейбір жағдайларда мұғалім ұсыныстар бере алады).

3. Бір оқушының емес, бүкіл топтың жұмысы бағаланады, яғни, бағалау бүкіл топқа бір беріледі. Тек кейде сонша білім емес, оқушылардың күш-жігері де бағалануы маңызды, себебі әрқайсысының өз «үлесі» бар. Сондықтан кейбір жағдайларда оқушылар өз жұмыстарының нәтижелерін өздері бағалай алады.

4. Топтың оқушысын мұғалім өзі тандайды, ол тапсырма бойынша есеп беруі керек. Егер әлсіз оқушы бірлескен жұмыстың нәтижесін көрсете алса, басқа топтардың сұрақтарына жауап берсе, онда мақсат орындалды және топ тапсырманы жеңді, өйткені кез келген тапсырманың мақсаты формальды түрде орындалмайды (дұрыс/бұрыс шешу), бірақ топтың әрбір мүшесінің материалды меңгеруі маңызды [14].

Бұл технологияны жасаушылар оқу іс-әрекетін ұйымдастырудың әдеттегі формаларынан келесі айырмашылықтарды анықтады:

- барлық топ мүшелерінің өзара тәуелділігі;
- әрбір топ мүшесінің өз табысына және жолдастарының табысына жеке мүддесі;
- оқушылардың топтағы бірлескен оқу, тәрбиелік, шығармашылық және басқа да әрекеттері;

- топтағы оқушылардың іс-әрекетін әлеуметтендіру;

- топ жұмысын жалпы бағалау [15].

Жалпы топ үшін де, жеке тұлға ретінде оқушылар үшін де бірлесіп оқытудың көптеген артықшылықтары бар. Бірлесіп оқытудың ұйымдастырушылық артықшылықтарының қатарына өзін-өзі басқару және көшбасшылық қабілеттерін дамыту жатады. Жеке тұлғаларға ортақ мақсатқа жету үшін бірігіп жұмыс істеу тапсырмасы берілгенде, оларға жоғары деңгейдегі дағдыларды дамытуға мүмкіндік беріледі. Сонымен қатар келесідей артықшылықтарды айырықша атап өтуге болады:

- оқытуды нағыз белсенді үдеріске айналдырады. Оқушы өз ойларын жүйелеп, өз пікірін көрсету үшін біртұтас дәлел келтіруі керек, осы ойды жолдастарының алдында қорғауы және басқаларды өз дәлелдерінің дұрыстығына сендіруі керек. Бұл белсенді қатысу адамның көбірек білім алуын және есте сақтауын білдіреді.

- оқушылар әртүрлі көзқарастарды тыңдаудан көп нәрсені үйренеді, жаңа ақпаратты қабылдайды және жаңа идеялар енгізілген сайын өз көзқарастарын реттейді.

- сыни және тез ойлауға үйретеді. Оқушы жауаптарды тез синтездеу керек, егер олардың дәлелдері жетіспейтінін байқаса, өз идеяларын тез арада түзетуі керек.

- оқушы басқалардың өз идеялары арқылы сөйлесуін тыңдайды, өз ойлары мен жолдастарының дәлелдерін жақтап, немесе қарсы ұсынатын болады. Бұл динамикалық тәсіл оқушылардың тақырыпты толық түсінуін білдіреді, өйткені олар оны барлық қырынан қарастыру керек. Әртүрлі пікірлер мен көзқарастарға құрметпен қарап, төзімділікті дамытуға көмектеседі.

- оқушылар аудиторияның алдында жақсы сөйлеуге, белсенді тыңдауға, идеяларға қарсы тұруға және басқалармен бірге идеялар шеңберін құруға үйренеді.

- ынтымақтастықты жақсартады. Белгілі бір мақсат қойғанда, оқушылар бір-бірімен ойлы пікірталасқа түседі, бұл олардың тақырыпты түсінуін де, бір-біріне деген құрметін де арттырады. Мысалы, үлкен компаниялар мен жұмыс орындарындағы програмисттер көпшілік жағдайда топтасып жұмыс жасайды, сол себепті оқушылар бірлесіп оқу арқылы топта тиімді жұмыс істеуге, жауапкершілікті бөлісуге, мәселелерді бірлесіп шешуге үйренеді. Бұл информатика сабағында бірлесіп оқытудың маңызыдылығын айқындайды.

Информатика пәнінде ынтымақтастықты ұйымдастыру үшін бірлесіп оқытудың 3 нұсқасына негіздей отырып, әртүрлі әдістер мен құралдарды пайдалануға болады. Мысалы, жобалық жұмыс, пікірталас, «пазл», «ойлан-жұптас-бөліс» әдістері, топтық тапсырмалар, интерактивті онлайн платформалар және т.б. Оқушылардың бірлескен жұмысқа қатысуына қолайлы жағдай жасау үшін олардың жеке ерекшеліктерін ескеру маңызды.

«Пазл» әдісі: бірлесіп оқытуды қолдануда әрбір оқушы жобаның белгілі бір бөлігіне және топ жұмысына жауап береді. Оқушылар тапсырмаға сәйкес берілген бөліктерін біріктіру үшін топ болып өз дағдыларын қолдануы керек.

«Ойлан-жұптас-бөліс» әдісі: оқытудың бұл әдісінде оқушыларға нақты сұрақ беріледі. Олар бір-біріне тәуелді және үнсіз өз ойларын жазады. Сабақ барысында оқушылар серіктесімен жұптасып, ортақ мақсаттарға жету үшін идеяларды талқылайды [16]. Тапсырма

орындалғанына көз жеткізгеннен кейін, мұғалім оқушылардан өз жауаптарымен бөлісуді сұрайды.

«Ішкі-сыртқы шеңбер» әдісі: бұл оқыту стратегиясында оқушылар бірі екіншісінің ішінде болатындай екі шеңбер құрады. Ішкі шеңбердегі оқушылар сыртқы шеңбердегі оқушыларға тақырып бойынша сұрақтар қояды, сыртқы шеңбердегі оқушылар сағат тілінің бағытымен бір қадамнан жылжу арқылы ішкі шеңбердегілердің сұрақтарына жауап береді. Оқушылар жаңа серіктесімен идеяларды талқылау үшін кезекпен уақыт алады.

Бірлесіп оқыту соңында бағалауды жүзеге асыруды келесідей сұрақтар қою арқылы анықтауға болады: Оқушылар топта қаншалықты жақсы жұмыс істеді және тапсырманы орындай алды ма? Оқушылар қандай дағдыларды көрсетті? Оқушылардың қандай топтық жұмыс дағдыларын дамыту керек? Алдағы жұмыста нені өзгертер едіңіз? Шағын топтарда жұмыс істеу оқушыларға тақырыптың негізгі мазмұнын түсінуге қалай көмектесті?

Бірлесіп оқытудағы әлеуметтік өзара әрекеттестіктің педагогикалық әдістерінің мақсаты – оқушыларға өз құрбыларынан білім алу, өсу және жаңа дағдыларды дамыту мүмкіндігін беру. Басқа оқыту стратегияларынан айырмашылығы, бірлесіп оқыту барысында мұғалім жиі минималды болады. Мұғалімнің негізгі міндеті – оқушыларды тақырыпқа бағыттап, олардың жұмысына немесе жобасына назар аудару. Топпен жұмыс істегенде, кейбір оқушылар берілген тапсырмаға назар аударудың орнына тақырыптан шығып, сөйлесе бастайды. Сондықтан мұғалім бірлесе жұмыс істейтін топты қадағалап отыруы керек, олар жаңа нәрсеге ұмтылмай, тапсырмаға нық шоғырланғанына көз жеткізуі керек. Сыныпта немесе білім беру ортасында бірнеше топ жұмыс істейтін болса, мұғалімге бір уақытта әр команданы қадағалау қиын. Дегенмен, мұғалім топтарды жиі тексеріп, олардың тақырыптан ауытқып кетпегеніне көз жеткізіп отыруы керек. Мұғалімдер әңгімені қалпына келтіру үшін кеңестер мен нұсқаулар бере алады.

### Дискуссия

Зерттеу жұмысын жүргізу барысында информатикада бірлесіп оқытуды жүзеге асыруға арналған білім беру платформаларына салыстырмалы талдау жүргізілді. Ол үшін қазіргі таңда мектептерде сабақ өту барысында көп қолданылып жүрген 3 платформа таңдалып алынды. Олар Wordwall.net, Flippity.net және LearningApps.org. Бұл платформалар сабақ барысында тапсырмалар беруге, кері байланыс алуға, білімін тексеруге таптырмас құрал. Wordwall.net, Flippity.net және LearningApps.org – бұл интерактивті білім беру ойындарын жасау үшін пайдаланылатын және мұғалімдер сыныпта белсенді түрде пайдаланатын танымал веб-қосымшалар. Wordwall.net, Flippity.net, LearningApps.org платформалары бірлесіп оқуда маңызды рөл атқарады және бірнеше себептер бойынша мұғалімдер мен оқушылар үшін пайдалы болуы мүмкін:

1. Оқыту әдістерін кеңейту. Бұл платформалар интерактивті оқу материалдарын жасауға арналған әртүрлі құралдар мен үлгілерді ұсынады. Бұл мұғалімдерге білімді тиімді тасымалдау және оқу материалын түсінуді жақсарту үшін ойындар, викториналар, кроссвордтар, сәйкестендіру жаттығулары және т.б. сияқты оқытудың әртүрлі әдістерін қолдануға мүмкіндік береді.

2. Оқушылардың белсенді қатысуы. Осы платформаларда жасалған интерактивті іс-әрекеттер мен ойындар оқушыларды оқу процесіне белсенді қатысуға ынталандырады. Оқушылар мазмұнды өзара талқылай алады, мәселелерді шеше алады, сұрақтарға жауап бере алады және оларды қызықтыру және оқуды жақсарту үшін жылдам кері байланыс ала алады.

3. Оқытуды даралау және саралау. Платформалар мұғалімдерге әр оқушының жеке қажеттіліктері мен дайындық деңгейіне сәйкес материалдарды жасауға және реттеуге мүмкіндік береді. Бұл әр оқушының деңгейі мен қызығушылығына сәйкес тапсырмаларды ұсына отырып, оқу процесін жекелендіруге көмектеседі.

4. Бірлескен оқу және идеялармен бөлісу. Платформалар мұғалімдерге өз материалдарын басқа мұғалімдермен және оқушылармен бөлісуге мүмкіндік береді. Бұл бірлесіп оқуды және озық тәжірибелермен бөлісуді ынталандырады.

5. Қол жетімділік және тарату. Үш платформаның барлығы онлайн режимінде қол жетімді және оларды интернетке кіру мүмкіндігі бар кез келген жерде пайдалануға болады. Оқушылар оларды сабақта да, қашықтан да пайдалана алады, әсіресе бұл бүгінгі білім беру жағдайында өзекті. Сонымен қатар, осы платформаларда жасалған материалдарды оңай бөлісуге және оқушыларға пайдалануға болады.

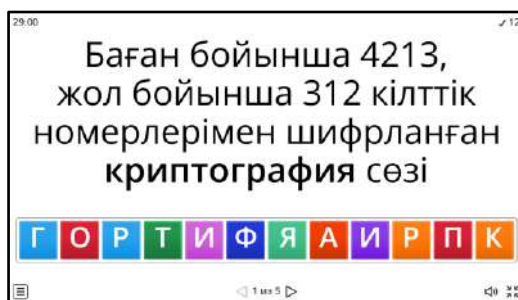
Үш платформаны салыстыра келе, 1-кестеден көріп отырғанымыздай әрбір платформа бір-бірінен өзіндік артықшылықтарымен ерекшеленеді. Дегенмен талдау нәтижесінде Wordwall.net және LearningApps.org платформалары тең түсті. Екі платформаны салыстыратын болсақ, LearningApps.org платформасы 22 тілді қолдайды және 21 шаблон түрін қолдануға мүмкіндік береді. Ал Wordwall.net платформасы 43 тілді қолдайды және 18 шаблон түрін тегін ұсынады, егер ақылы версиясын сатып алсаңыз, 36 шаблон түрі қолжетімді болады, соның ішінде кроссвордтар, анаграммалар, сәйкестендіру ойындары, викториналар, басқатырғыштар және т.б. Wordwall-да өз қажеттіліктеріңізге сай пайдалануға немесе теңшеуге болатын дайын үлгілердің үлкен кітапханасы бар. Мазмұныңызды Wordwall бағдарламасына импорттай аласыз және ойындарыңызға суреттер мен бейнелерді қоса аласыз [17-19]. Сондықтан осындай артықшылықтарына назар аударара отырып, біз Wordwall.net платформасы алдыңғы орында деген қорытынды жасадық.

Кесте 1. Бірлесіп оқыту платформаларын талдау

Сипаттама	Wordwall.net	Flippity.net	LearningApps.org
Интерфейс түсінікті	+	+	+
Тегін	-	+	+
Дайын шаблон	+	+	+
Тіркелудің қажеті жоқ	-	+	-
Видео сұрақ	-	+	+
Топқа бөлу генераторы	-	-	-
Көп тілді	+	-	+
Музыкалық эффект	+	-	-
Рейтингтік кесте	+	-	-
QR кодын қолдану	+	-	+
Информатикаға арналған дайын мысалдар	+	-	+

Салыстырмалы талдаудың қорытындысы бойынша озық шыққан Wordwall.net платформасы көмегімен эксперименттік тәжірибе жүргізілді. Тәжірибеге Маңғыстау облысы, Түпқараған ауданындағы Сайын Шапағатов мектеп гимназиясының 10 «А» сынып оқушылары қатысты. Жалпы саны 26 оқушы. Wordwall.net платформасында «Ақпаратты қорғау әдістері. Резервтік көшіру және шифрлеу» тақырыбы бойынша тапсырмалар құрастырылды. 2-суретте Wordwall.net платформасында құрылған «Шатасқан әріптер» әдісі көрсетілген. Мұнда оқушылар екі рет орын ауыстыру шифры бойынша берілген тапсырманы орындайды. Тапсырма бірнеше кезеңнен тұрады. Оқушылар тапсырманы шешу арқылы шатасқан әріптерді дұрыс орналастырып, топ бойынша жарысады. Топ оқушылары кезек-кезек тапсырманы жылдам шеше отырып, бірлесіп тапсырманы орындап шығады.

Нәтижесінде білім алушылардың 96%-ы бірлесіп оқыту технологиясымен сабақ өтудің қызықты, әрі түсінікті болғандығы жөнінде өз пікірлерін қалдырып, оң көзқарастарын білдірді. Сондай-ақ, оқушылармен жүргізілген эксперименттік жұмыстың соңында оқу іс-әрекетінің сапасы мен қатысуын бағалау мақсатында сауалнама жүргізілді.



Сурет 2. «Шатасқан әріптер» әдісі

Бірқатар оқушылар атап өтті:

- берілген тапсырмаларды орындау үшін материалдар мен ақпарат алмасу және достарымның көмегі маңызды (90%);
- топтың әрбір мүшесі үй тапсырмасын қаншалықты жақсы орындаса, топ соғұрлым жақсы нәтиже алады (95%);
- әр топ мүшесі топтың іс-әрекетіне қатысуға ұмтылады (90%);
- тапсырмаларды орындау кезінде топтағы оқушылар өзара байланысады (100%);
- топтағы әрбір адамның көзқарасы мен пікірлерін тыңдаймыз (100%);
- біз бәріміз бірге жұмыс істейміз және барлығы жұмыс процесі туралы біліп отырады (100%);
- сұрақ қойылғанда топтағы оқушылар бір-бірімізді толықтырып отырдық (96%);
- бірлесіп оқу пән материалдарын түсіну үшін пайдалы деп санаймын (100%);
- сыныптастарыммен шығармашылық тапсырмалар дайындау арқылы көп нәрсені үйрендім (100%);
- топтық жұмыс кезінде менің мотивациям арта түсті (96%).

### Дискуссия

Жоғарыда келтірілген оқушылардың жауаптары топтық жұмыс пен коммуникативті дағдыларды дамыту, сонымен қатар танымдық белсенділікті дамыту үшін бірлесіп оқудың маңыздылығы мен мүмкіндіктерін көрсетеді. Информатика сабағында бірлесіп оқуды табысты өткізу үшін топта жұмыс істеуге қолайлы жағдай жасау, тапсырмаларды орындау үшін нақты нұсқауларды әзірлеу қажет. Сондай-ақ оқушыларды тиімді қарым-қатынас жасауға, қақтығыстарды шешуге және кері байланыс беруге үйрету маңызды.

### Қорытынды

Информатикада бірлесіп оқыту технологиясын қолдану осы саладағы білім беру сапасын жақсарту үшін айтарлықтай әлеуетке ие. Біздің зерттеуіміз бойынша бұл процестің педагогикалық аспектілері оқушылардың белсенді қатысуының, ынтымақтастық дағдыларын дамытудың, топтық динамиканың және проблемаларды шешу дағдыларын қалыптастырудың маңыздылығын көрсетті. Дұрыс ұйымдастырылған бірлесіп оқыту оқушыларға ақпараттық ұғымдарды тереңірек түсінуге және қажетті құзыреттерді дамытуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бірлесіп оқыту технологиясы мұғалімдерге нақты уақыт режимінде бақылау және бағалау функциялары арқылы оқушылардың үлгерімі мен түсінігі туралы құнды ақпарат алуға, оқушылар қиындықтарға тап болуы мүмкін бағыттарды анықтауға және атаулы қолдау мен кері байланыс беруге көмектеседі. Бұл өз кезегінде оқушылардың табысты оқу үлгеріміне ықпал етеді. Қорытындылай келе, бірлесіп оқыту әрбір оқушының екі жақты күшті және әлсіз жақтарын құрметтейді, оларға команданың бір бөлігі және жеке тұлға ретінде өсуге мүмкіндік береді. Информатикада бірлесіп оқыту технологиясын пайдалану оқушылардың құзыреттілігін дамытуға және ақпараттық технологиялар саласындағы табысты кәсіби іс-әрекетке дайындауға ықпал ететін тиімді және перспективалы әдіс болып табылады.

## АЛҒЫС

Жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің гранттық қаржыландыруы есебінен № АР19676457 "Білім беру телематикасындағы модельдеу және кері байланысты басқару" жобасы аясында орындалды.

### Пайдаланылған дереккөздер тізімі

[1] Мемлекет басшысы тамыз конференциясына қатысты. Қазақстан Республикасы Президентінің ресми сайты. [URL:https://www.akorda.kz/kz/events/astana\\_kazakhstan\\_participation\\_in\\_events/memleket-basshysy-tamyz-konferenciyasyna-katysty](https://www.akorda.kz/kz/events/astana_kazakhstan_participation_in_events/memleket-basshysy-tamyz-konferenciyasyna-katysty) (Қаралған күні: 6.04.2023)

[2] Мухаметдинов Д. Ф. Взаимодействие преподавателя и учащихся на уроке информатики как основа эффективного обучения //XX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета, 2018, с. 85-89.

[3] Рахимов З. Т. Эффективность использования технологии совместного обучения в образовательном процессе //Вестник науки и образования, 2019, №. 4-1 (58), с. 50-54.

[4] Veldman M. A., Kostons D. Cooperative and collaborative learning: considering four dimensions of learning groups //Pedagogische Studien, 2019, Т. 96, №. 2.

[5] Проненко Е.А., Цахилова К.О., Агасян А.А. Технология совместного обучения как реализация совместной мыслительной деятельности: смысловые аспекты // Мир науки. Педагогика и психология, 2020 №2, <https://mir-nauki.com/PDF/59PSMN220.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/59PSMN220

[6] de Hei M. et al. Developing intercultural competence through collaborative learning in international higher education //Journal of Studies in International Education, 2019, Т. 24, №. 2, pp. 190-211. DOI: <https://doi.org/10.1177/1028315319826226>

[7] Бөрібекова Ф.Б., Жанатбекова Н.Ж. Қазіргі заманғы педагогикалық технологиялар. Алматы, 2014. – б. 11–16.

[8] Lee W. W. S., Yang M. Effective collaborative learning from Chinese students' perspective: a qualitative study in a teacher-training course //Teaching in Higher Education, 2023, Т. 28, №. 2, pp. 221-237.

[9] Makransky G., Petersen G. B. The theory of immersive collaborative learning (TICOL) //Educational Psychology Review. – 2023. – Т. 35. – №. 4. – С. 103. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09822-5>

[10] Мусамедова К. А., Халиков А. А. О методе совместного обучения в образовательном процессе //Universum: Психология и образование, 2020, № 6 (72), с. 8-10.

[11] Серік М., Georgi Dimitrovski, Нұрым Н. Робототехниканы бірлесіп оқыту процесінде оқушылардың есептеу ойлауын қалыптастыру. Абай атындағы ҚазҰПУ Хабаршысы «Физика-математика ғылымдары» сериясы. №1(81), 2023, Б.257–264. DOI: <https://doi.org/0.51889/2959-5894.2023.81.1.029>

[12] Chowdhury, Takad Ahmed. "Fostering Learner Autonomy through Cooperative and Collaborative Learning." Shanlax International Journal of Education, vol. 10, no. 1, 2021, pp. 89–95. DOI: <https://doi.org/10.34293/education.v10i1.4347>

[13] MacLeod J., Yang H. H. Intercultural computer-supported collaborative learning: Theory and practice // Digital technologies and instructional design for personalized learning. IGI Global, 2018, pp. 80-97.

[14] Бурнашев Р. Ф. и др. Технология процесса обучения как процедура совместной деятельности преподавателя и студента //Science and Education, 2022, Т. 3, №. 2. с. 1384-1391.

[15] Tadjibaeva A., Tashlanova N. The collaborative approach in content and language learning //Теория и практика современной науки. – 2020. – №. 6 (60). – С. 31-34.

[16] Қадырқұлов Р.А., Гаипбаева У.А. Информатика. Әдістемелік нұсқау: Жаратылыстану-математика бағытындағы жалпы білім беретін мектептің 10-сынып мұғалімдеріне арналған. – Алматы: Алматыкітап баспасы, 2019. – 168 б.

[17] «Wordwall» веб-қосымша [Электрондық ресурс]. Қол жеткізу режимі: <https://wordwall.net/>.

[18] «flippity-net» веб-қосымша [Электрондық ресурс]. Қол жеткізу режимі: <https://nitforyou.com/flippity-net/>.

[19] «LearningApps.org» веб-қосымша [Электрондық ресурс]. Қол жеткізу режимі: <https://learningapps.org/>



References

- [1] Memleket basshysy tamyz konferenciyasyna qatysty. Қазақстан Respublikasy Prezidentiniң resmi sajty [The head of state attended the August conference. Official site of the President of the Republic of Kazakhstan]. URL: [https://www.akorda.kz/kz/events/astana\\_kazakhstan/participation\\_in\\_events/memleket-basshysy-tamyz-konferenciyasyna-katysty](https://www.akorda.kz/kz/events/astana_kazakhstan/participation_in_events/memleket-basshysy-tamyz-konferenciyasyna-katysty) (In Kazakh)
- [2] Muhametdinov D. F. (2018) Vzaimodejstvie prepodavatelja i uchasshihhsja na uroke informatiki kak osnova jeffektivnogo obuchenija [Interaction between the teacher and students in the informatics lesson as the basis for effective learning]. XX Vserossijskaja studencheskaja nauchno-prakticheskaja konferenciya Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta, 85-89. (In Russian)
- [3] Rahimov Z. T. (2019) Jeffektivnost' ispol'zovaniya tehnologii sovmestnogo obuchenija v obrazovatel'nom processe [Efficiency of using collaborative learning technology in the educational process]. Vestnik nauki i obrazovaniya, №. 4-1 (58), 50-54. (In Russian)
- [4] Veldman M. A., Kostons D. (2019) Cooperative and collaborative learning: considering four dimensions of learning groups //Pedagogische Studien, T. 96, №. 2.
- [5] Pronenko E.A., Cahilova K.O., Agasijan A.A. (2020) Tehnologija sovmestnogo obuchenija kak realizaciya sovmestnoj myslitel'noj dejatel'nosti: smyslovyje aspekty [Collaborative learning technology as a realization of joint mental activity: semantic aspects]. Mir nauki. Pedagogika i psihologija, №2. DOI: 10.15862/59PSMN220. (In Russian)
- [6] de Hei M. et al. (2019) Developing intercultural competence through collaborative learning in international higher education //Journal of Studies in International Education, T. 24, №. 2, 190-211. DOI: <https://doi.org/10.1177/1028315319826226>.
- [7] Børbekova F.B., Zhanatbekova N.Zh. (2014) Қазирgi zamanzy pedagogikalық tehnologijalar [Modern pedagogical technologies]. Almaty, 11–16. (In Kazakh)
- [8] Lee W. W. S., Yang M. (2023) Effective collaborative learning from Chinese students' perspective: a qualitative study in a teacher-training course //Teaching in Higher Education, T. 28, №. 2, 221-237.
- [9] Makransky G., Petersen G. B. (2023) The theory of immersive collaborative learning (TICOL) //Educational Psychology Review. T. 35. №. 4. 103. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09822-5>
- [10] Musamedova K. A., Halikov A. A. (2020) O metode sovmestnogo obuchenija v obrazovatel'nom processe [About the method of joint learning in the educational process] universum: Psihologija i obrazovanie, №. 6 (72), 8-10. (In Russian)
- [11] Serik M., Georgi Dimirovski, Nұrym N. (2023). Robototehnikany birlesip oқыtu procesinde oқushylardyң esep-teu ojlauyn қалыптастыру [Formation of computational thinking of students in the process of joint teaching of robotics]. Abaj atyndaғы ҚазҰПУ Хабарshysy «Fizika-matematika ғылымдары» serijasy. №1(81), 257–264. DOI: <https://doi.org/10.51889/2959-5894.2023.81.1.029>. (In Kazakh)
- [12] Chowdhury, Takad Ahmed. (2021) “Fostering Learner Autonomy through Cooperative and Collaborative Learning.” Shanlax International Journal of Education, vol. 10, no. 1, 2021, 89–95. DOI: <https://doi.org/10.34293/education.v10i1.4347>
- [13] MacLeod J., Yang H. H. (2018) Intercultural computer-supported collaborative learning: Theory and practice //Digital technologies and instructional design for personalized learning. IGI Global, pp. 80-97.
- [14] Burnashev R. F. i dr. (2022) Tehnologija processa obuchenija kak procedura sovmestnoj dejatel'nosti prepodavatelja i studenta [Technology of the learning process as a procedure for the joint activity of a teacher and a student]. Science and Education, T. 3, №. 2, 1384-1391. (In Russian)
- [15] Tadjibaeva A., Tashlanova N. (2020). The collaborative approach in content and language learning //Teorija i praktika sovremennoj nauki. №. 6 (60). – S. 31-34.
- [16] Kadyrkulov R.A., Gaipbaeva U.A., (2019) Informatika. Әdistemelik нұсқау: Zharatylystanu-matematika бағытындағы zhalpy bilim беретin mekteptiң 10-synyp мұғалimдерine арналған [Computer science. Methodological instruction: for teachers of the 10th grade of a general education school in the field of science and mathematics]. Almaty: Almatykitap baspasy. 168. (In Kazakh)
- [17] «Wordwall» veb-qosımsha [Élektrondıq reswrws]. – Qol jetkizw rejimi: <https://wordwall.net/>.
- [18] «flippity-net» veb-qosımsha [Élektrondıq reswrws]. Qol jetkizw rejimi: <https://nitforyou.com/flippity-net/>.
- [19] «LearningApps.org» veb-qosımsha [Élektrondıq reswrws]. – Qol jetkizw rejimi: <https://learningapps.org/>

**П.Ш. Сабырханова<sup>1\*</sup>, Н.К. Аширбаев<sup>1</sup>, Т.М. Мырзабеков<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Ө.Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университеті, Шымкент қ., Қазақстан

\*e-mail: sabyrkhanova@mail.ru

## **БОЛАШАҚ МАТЕМАТИКА МҰҒАЛІМДЕРІНІҢ ЦИФРЛЫҚ БІЛІМ БЕРУ ҮДЕРІСІНЕ ИНТЕГРАЦИЯЛАУ ДАЙЫНДЫҒЫН ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІ**

### *Аңдатпа*

Мақала жоғары оқу орындарының студенттерінің математикалық анализ курсына, атап айтқанда, функцияның дифференциалдық және интегралдық есептеулерін және оны оқытуда инновациялық цифрлық шешімдерді қолдануға дайындық деңгейін зерттеуге арналған. Жұмыста 4 курс студенттері (М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті, Ө.Жанибеков атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық университеті) арасында, Google Forms арқылы жүргізілген тәуелсіз сауалнама арқылы студенттердің алдын ала білім деңгейі және олардың оқытудың жаңа инновациялық әдістеріне көзқарасы бағаланды. Авторлар оқу процесінде цифрлық шешімдер қабылдауға байланысты негізгі трендтер мен мәселелерді бөліп көрсете отырып, алынған деректерді талдайды. Математикалық анализды оқытуда инновациялық тәсілдердің практикалық қолданылуын көрсететін есептің мысалын ұсынуға ерекше назар аударылады. Зерттеу нәтижелері оқытудың инновациялық әдістерін математикалық анализды зерттеу процесіне сәтті бейімдеу және біріктіру үшін қажетті әрекеттерді анықтауға мүмкіндік береді. Мақала қорытындысында инновациялық технологиялардың білім беру процесіне сәтті интеграциялануын қамтамасыз ету үшін олардың цифрлық құзыреттілігін дамытуды ескере отырып, болашақ математика мұғалімдерін даярлау бойынша білім беру бағдарламаларын жақсарту бойынша ұсыныстар ұсынылады.

*Түйін сөздер:* зерттеу, сауалнама, математикалық білім, жоғары білім, математикалық талдау.

**П.Ш. Сабырханова<sup>1</sup>, Н.К. Аширбаев,<sup>1</sup> Т.М. Мырзабеков<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Южно-Казахстанский педагогический университет имени О. Жанибекова,  
г. Шымкент, Казахстан

## **МЕТОДЫ АНАЛИЗА ГОТОВНОСТИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ МАТЕМАТИКИ К ИНТЕГРАЦИИ В ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС**

### *Аннотация*

Статья посвящена изучению уровня подготовки, студентов высших учебных заведений, к использованию инновационных цифровых решений при изучении курса математического анализа, в частности, дифференциального и интегрального исчисления функции. В работе оценивался уровень предварительных знаний студентов 4 курса (Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Южно-Казахстанский государственный педагогический университет имени О.Жанибекова), а также их подход к новым инновационным методам обучения посредством независимого опроса, проведенного через Google Forms. Авторы анализируют полученные данные, выделяя основные тенденции и проблемы, связанные с принятием цифровых решений в процессе обучения. Особое внимание уделяется представлению примера задачи, отражающей практическое применение инновационных подходов в обучении математическому анализу. Результаты исследования позволяют определить действия, необходимые для успешной адаптации и интеграции в процесс изучения математического анализа, инновационных цифровых решений и методов обучения. В заключении статьи предлагаются предложения по улучшению образовательных программ по подготовке будущих учителей математики с учетом развития их цифровой компетентности для обеспечения успешной интеграции инновационных технологий в образовательный процесс.

*Ключевые слова:* исследование, опрос, математическое образование, высшее образование, математический анализ

P. Sabyrkhanova<sup>1</sup>, N. Ashirbayev<sup>1</sup>, T. Myrzabekov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>M. Auezov South-Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

<sup>2</sup>O. Zhanibekov South-Kazakhstan Pedagogical University, Shymkent, Kazakhstan

## METHODS FOR ANALYZING THE READINESS OF FUTURE MATHEMATICS TEACHERS TO INTEGRATE INTO THE DIGITAL EDUCATIONAL PROCESS

### *Abstract*

The article is devoted to the study of the level of preparation of students of higher educational institutions for the use of innovative digital solutions when studying the course of mathematical analysis, in particular, differential and integral calculus of a function. The work assessed the level of preliminary knowledge of 4th year students (M. Auezov South Kazakhstan University, O. Zhanibekov South Kazakhstan State Pedagogical University), as well as their approach to new innovative teaching methods through an independent survey conducted through Google Forms. The authors analyze the data obtained, highlighting the main trends and problems associated with digital decision-making in the learning process. Special attention is paid to the presentation of an example of a problem reflecting the practical application of innovative approaches in teaching mathematical analysis. The results of the study allow us to determine the actions necessary for successful adaptation and integration into the process of studying mathematical analysis, innovative digital solutions and teaching methods. In conclusion, the article offers suggestions for improving educational programs for the training of future mathematics teachers, taking into account the development of their digital competence to ensure the successful integration of innovative technologies into the educational process.

**Keywords:** research, survey, mathematical education, higher education, mathematical analysis

### **Кіріспе**

Есептерді шешу жүйесін қолдана отырып, болашақ математика мұғалімдерінің зерттеушілік дағдыларын қалыптастыру қазіргі білім берудің негізгі аспектісі болып табылады. Бұл әдіс математикалық ұғымдар мен процестерді белсенді, тәуелсіз және терең түсінуге бағытталған. Проблемалық-ізденіс тапсырмаларының жүйесі математикалық бағыттағы студенттерге тек оқуға ғана емес, сонымен қатар оқуды үйренуге де мүмкіндік беретіндігін атап өту маңызды. Бұл пәнге деген қызығушылықты оятады, математиканы қол жетімді және қолданбалы етеді. Студенттер күрделі мәселелерді шеше отырып, талдау, логикалық ойлау және шешім табу дағдыларын дамытады. Бұл әдіс қарым-қатынас және ынтымақтастық дағдыларын дамытуға ықпал етеді, өйткені тапсырмалар жиі талқылауды және бірлескен шешімдерді қажет етеді. Осылайша оқу арқылы студенттер тек математиканың білгірі ғана емес, сонымен қатар болашақ ұрпақтың балаларын тиімді оқытуға қабілетті тамаша мұғалім болуға дайындалуда. Болашақ математика мұғалімдерін оқыту контекстіндегі проблемалық-ізденіс тапсырмаларының жүйесі математикалық білімді тереңірек және орнықты игеруге, сонымен қатар студенттерге де, болашақ мұғалімдерге де қажетті негізгі дағдыларды дамытуға ықпал ететін инновациялық және көп қырлы тәсілді қамтиды.

Қазіргі қоғамда цифрлық технологиялар біздің күнделікті өміріміздің ажырамас бөлігіне айналуға және білім беру мекемелері оларды оқу процесіне белсенді түрде енгізуде. Технологияны қолдану оқытудың әртүрлі аспектілерін қамтиды: әкімшілік тапсырмаларды шешуден бастап үй тапсырмаларын онлайн форматта орындауға дейін. Білім беру технологиялары саласы немесе EdTECH нарығы - оқыту мен білім беру процестерін жақсарту үшін инновациялық технологиялар қолданылатын белсенді дамып келе жатқан сегмент. Құбылыстың ауқымын EdTECH білім беру цифрлық технологияларының дамуы дәлел, 2025 жылға қарай Дүниежүзілік экономикалық форумның бағалауы бойынша ол 342 миллиард АҚШ долларына жетеді деп хабарлайды. Өткен жылы тек бір Coursera платформасында 100 миллион тыңдаушы онлайн оқыды. Бұл тақырыптың өзектілігін айқындайды. Біз, осы жағдайды ЖОО-дардағы білім саласына әсері мен дайындығын зерделейміз. Оқыту мен тәрбиенің мақсаттарына, әдістеріне, құралдары мен мазмұнына инновацияларды енгізу бойынша проблемалар көптеген ғалым-педагогтар, әдіскерлер мен теоретиктердің еңбектерінде сараланған (Hillmayr, D., Abrahamson, D., 2020). Атап айтқанда, болашақ

мұғалімдерді цифирлық технологияларды оқыту мен тәрбиелеу кезінде қолдану, әрі даярлау саласы, алдыңғы проблемалардың бірі болып тұр (Bakker, A., Cai, J., Zenger, L., 2021). Болашақ математика мұғалімдерді даярлауда рөлдік ойындар және оқыту бейнероликтері көмегімен жүзеге асырсу бойынша сұрақтарды Abrahamson, D. зерттеді.

Сонымен қатар, қазіргі психологиялық-педагогикалық ғылым кәсіби педагогикалық білім беру жүйесін жетілдірудің негізгі аспектілерін белсенді түрде зерттейді. Елімізде, бұл мәселе Абылкасымова А., Нурмухамедова Ж.М., Джабатырова Б.К., Даурова М.Ш., Ю.К. Бабанский, Л.Н. Горбунова, А.А. Орлов, М.М. Поташник, М.Н. Скаткин, И.А. Зимняя, В.В. Сериков, А.В. Хуторский және т. б. ғалымдардың еңбектерінде белсенді түрде жариялануда.

Болашақ математика мұғалімдерінің инновациялық қызметке дайындау мәселелері теория мен практикада ерекше маңызды орын алады (Л.Н. Горбунова, В.В. Краевский, В.С. Лазарев, И.Д. Чечель және т.б.). Бұл «инновация» тұжырымдамасы инновацияны құрумен және таратумен байланысты емес, сонымен қатар болашақ математика мұғалімдерінің іс-әрекеті мен ойлау құрылымындағы өзгерістерді көрсетеді.

Теория инновациялық қызмет тұжырымдамасының мазмұнын анықтауға әртүрлі тәсілдерді ұсынады. Мысалы, К. Ангеловский, инновациялық қызметке бағытталған мұғалімнің кәсіби қалыптасу процесінде мотивациялық-құндылық құзыреттілігін дамытуға ерекше назар аудару керек дейді. Инновациялық процестің кезеңдерін анықтайтын зерттеушілер әртүрлі критерийлерге назар аударады, бұл «инновация» тұжырымдамасын түсіндірудің күрделілігімен түсіндіріледі. «Инновация» инновациялық белсенділіктің негізгі нәтижесі бола отырып, бір мағыналы семантикалық анықтамаға жауап бермейді.

Жалпы контексте жоғары оқу орындарында математикалық анализ курсы оқыту мәселелері, сондай-ақ оның инновациялық дамуы көптеген педагогтар мен ғалымдар үшін кең зерттеу тақырыбына айналууда. Олардың ішінде В.А. Далингер [1], О.В. Шабашова [2], А.В. Мерлин, Н.Т. Журавская [3] сияқты ғалымдарды атап өткен жөн. А.Н. Соколова өзінің диссертациялық жұмысында модульдік оқыту жүйесі шеңберінде математикалық анализды оқыту барысында компьютерлік экспериментті қолдануды көздейтін әдіснаманы ұсынады. Сонымен қатар, Ж.М. Нұрмухамедова өзінің «Мектепте және педагогикалық ЖОО-да математикалық анализ курсы оқытудың әдістемелік жүйесі» атты диссертациялық жұмысында математикалық талаудың мұғалімнің кәсіби дамуындағы рөлін қарастырады. А.В. Мерлин мен Н.И. Мерлиннің «Жоғары мектепте математикалық анализды оқытудың айналма және сызықтық (тура) әдістері» атты мақаласында дәстүрлі деп аталатын осы екі әдісті талқылау және салыстырмалы талдау жүргізеді. Олардың жұмысында математикалық анализды оқытудың әртүрлі тәсілдеріне тоқталып өтеді және осы пәнді оқытудың тиімді стратегияларын одан әрі дамытуға көмектеседі.

Ендігі кезекте, тақырыпты ашу барысында қажет болатын ұғымдарды анықтап, білім беру саласындағы екі түрлі, бірақ өзара байланысты ұғымдарды білдіретін "оқытудың инновациялық формалары" және "оқытудың инновациялық әдістері" ұғымдарын анықтап өтейік.

Білім беру процесін ұйымдастырудың формалары деп, білім беру мазмұнын игеру процесінің композициялық құрылымын, оқу сабақтары мен тәрбие істерін дайындау, өткізу тәсілдерін және оларды педагогикалық талдауды анықтайтын мұғалім мен білім алушылардың мақсатты, келісілген қызметін ұйымдастырудың нұсқалары деген анықтамасын қабылдайтын боламыз. Мазмұн мен форманың байланысы көп мағыналы. Мысалы, білім берудің жаңа мазмұны оны игерудің жаңа формаларын құруды анықтайды (Власенко С. В., 2014). Екі ұғымның анықтамалары мен ерекшеліктерін кестеде көрсетейк (Кесте 1).

Оқыту инновациялары жаңа формаларды да, жаңа әдістерді де қамтуы мүмкін және тиімді оқыту көбінесе оларды бөлісуді қамтитын теңдестірілген тәсілді қажет етеді [4].

Кесте 1. Педагогикалық ұғымдар анықтамасы

<p><i>Оқытудың инновациялық түрлері:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Бұл білім беру процесін ұйымдастырудың жаңа тәсілдеріне, құрылымдарына қатысты.</li> <li>- Оқу бағдарламаларының құрылымындағы өзгерістерді, оқу сабақтарын ұйымдастыруды және оқушылардың білім беру ортасымен өзара әрекеттесуін қамтиды.</li> <li>- Мысалдар қашықтықтан оқытуды, жобалық жұмысты, нақты уақыттағы оқытуды және оқу процесін ұйымдастырудағы басқа өзгерістерді қамтуы мүмкін.</li> </ul>	<p><i>Оқытудың инновациялық әдістері:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Бұл білім мен дағдыларды беру үшін қолданылатын жаңа әдістерге, әдістерге және стратегияларға қатысты.</li> <li>- Оқу материалдарының мазмұны қалай ұсынылатындығы мен игерілуіндегі өзгерістерге назар аударады.</li> <li>- Мысалдарға интерактивті технологияларды қолдану, белсенді оқыту әдістерін қолдану, оқу процесін геймификациялау және басқа да инновациялық оқыту әдістері кіруі мүмкін.</li> </ul>
<p><i>Олардың арасындағы айырмашылықтар:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Абстракция деңгейі: оқыту формалары неғұрлым дерексіз және ұйымдастырушылық аспектілерге қатысты, ал оқыту әдістері нақтырақ және оқыту стратегияларының өзіне бағытталған.</li> <li>- Әсер ету саласы: оқыту формалары оқу процесінің жалпы құрылымын қамтиды, ал оқыту әдістері осы құрылымдағы нақты әдістер мен тәсілдерге бағытталған.</li> </ul>	

**Зерттеу әдіснамасы**

Мақала проблемасы: инновациялық формалар мен әдістерді қолдана отырып, оқыту тәжірибесін және оқытудағы қазіргі прогресті зерттеу.

Мақала проблемасын қарастыратын етіп, міндеттерді анықтаймыз. Олар:

- математикалық анализ курсына, атап айтқанда, оны оқытуда инновациялық цифрлық шешімдерді қолдануға дайындық деңгейін, сауалнама арқылы анықтау.

- оқытудың инновациялық әдістерін математикалық анализды оқыту мен оқу процесіне сәтті бейімдеу және біріктіру үшін қажетті әрекеттерді анықтау.

- инновациялық технологиялардың білім беру процесіне сәтті интеграциялануын қамтамасыз ету үшін олардың цифрлық құзыреттілігін дамытуды ескере отырып, болашақ математика мұғалімдерін даярлау бойынша білім беру бағдарламаларын жақсарту бойынша ұсыныстар ұсыну.

С.И. Калинин, Л.В. Панкратова өз жұмыстарында университет студенттерін даярлаудың бірқатар бағыттары үшін математикалық анализ курсының вариативті компоненттерінің мазмұнын құруды және осы компоненттерді оқыту практикасына енгізу нәтижелерін жалпылауды зерттеді. Олар нәтижелерге қол жеткізді, оқытудың вариативті мазмұны вариативті білім берудің жүйелік факторы болып табылады, оны жүзеге асырудың әдістерін, құралдары мен формаларын анықтайды.

Маркова Н., Веселова А. электрондық оқытудың ролін және оны математикалық анализды зерттеу процесінде қолданудың тиімділігін анықтау туралы зерттеулер жүргізілді. Технология өмірдің барлық салаларына енетін қазіргі әлемде білім инновациядан аулақ бола алмайды. Математиканың негізгі бағыты бола отырып, математикалық анализ қазіргі білім беру технологияларының әсерінен де өзгеріске ұшырайды. Математикалық анализды оқытудың инновациялық формалары оқытудың түсінігін, мотивациясын және тиімділігін арттыруға бағытталған әдістердің кең ауқымын қамтиды.

Негізгі тенденциялардың бірі интерактивті онлайн курстарды пайдалану болып табылады. Khan Academy сияқты платформалар студенттерге интерактивті сабақтар арқылы математикалық анализді үйренуге мүмкіндік береді, мұнда визуализация мен практикалық мысалдар шешуші рөл атқарады. Мұндай курстар материалды жақсы игеруге ықпал ететін динамикалық оқу ортасын жасайды.

Тағы бір маңызды бағыт-жауап беретін платформаларды пайдалану. Brilliant.org - математикалық анализды жекелендірілген есептер мен түсініктемелер түрінде қалай ұсынуға болатынының тамаша мысалы. Бұл платформалар мазмұнды оқушының өнімділігіне қарай бейімдейді, тиімдірек және жекелендірілген оқытуды қамтамасыз етеді.

Мәселелерді шешуге арналған виртуалды орта Инновациялық білім беруде де өз орнын алады. Wolfram Alpha студенттерге математикалық өрнектерді енгізуге және қадамдық түсіндірмелермен егжей-тегжейлі шешімдер алуға мүмкіндік береді. Бұл проблемаларды шешу процесін жеңілдетіп қана қоймай, шешімнің әдіснамасы мен логикасын түсінуге көмектеседі.

Математикалық анализді оқытудағы геймификация, әсіресе жастар арасында танымал бола бастады. Prodigy Game-студенттер деңгейлерден өту және виртуалды қарсыластармен бәсекелесу үшін математикалық есептерді шешетін платформаның мысалы. Бұл оқуды ынталандырады және процесті қызықты приключенияға айналдырады.

Технологиялық құралдармен қамтамасыз етілген ұжымдық оқыту да маңызды рөл атқарады. Social типті платформалар студенттерге нақты уақыт режимінде математикалық есептерді бірлесіп шешуге мүмкіндік береді. Бұл білім алмасуға, бір-бірінен үйренуге және қоғамдастық құруға ықпал етеді, бұл тақырыпты түсінуді жақсартады.

Математикалық анализді оқытудың инновациялық формалары бойынша зерттеулер жаңа технологиялардың тиімділігін ғана емес, сонымен қатар оңтайлы оқыту үшін визуализацияны, интерактивтілікті және мазмұнды жекелендіруді біріктіру қажеттілігін көрсетеді.

Зерттеу жұмысы барысында психологиялық-педагогикалық және әдістемелік әдебиеттерді, зерттеу саласы бойынша ғылыми-әдістемелік әдебиеттерді, білім алушылардың оқу іс-әрекетін ұйымдастыру бойынша білімдерді меңгеру нәтижелерін талдау, математика пәні мұғалімдерінің алдыңғы қатарлы тәжірибесін зерделеу және талдау, студенттермен жүргізілген сұхбат, сауалнама нәтижелеріне талдау жасау, зерттелетін проблеманың базалық ұғымдарын айқындау мақсатында жұмыстар жүргізілді. М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті және Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық университеті студенттері арасында «Болашақ математика мұғалімдерін дайындаудағы инновациялар: дифференциалдық және интегралдық есептеулерге фокус» атты сауалнама жүргізілді. Сауалнамада 118 бітіруші курс студенттері қатысты.

Сауалнаманың мақсаты: болашақ математика мұғалімдеріне функцияның дифференциалдық және интегралдық есептеулеріне оқытудың дайындаудың инновациялық формалары мен әдістерін қолданудың туралы тиімділігі мен хабардарлық деңгейін бағалау.

Сауалнама міндеттері ретінде келесі мәселелер қойылды:

- болашақ математика мұғалімдеріне қазіргі заманғы әдістер мен технологияларды қолдана отырып, оқушыларды дифференциалдық және интегралдық есептеулерге үйрету қабілетіне деген сенімділік деңгейін анықтау.

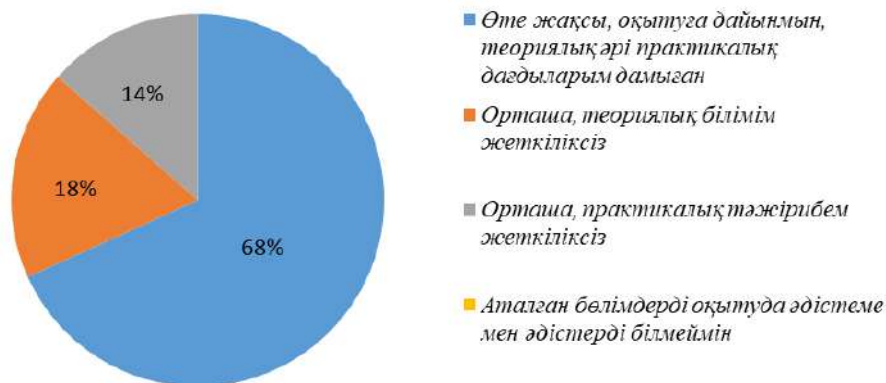
- оқу үдерісінде инновациялық формалар мен әдістерді әдістер мен технологияларды қолдану кезінде болашақ математика мұғалімдерінің проблемалары мен қиындықтарын анықтау.

- студенттердің функцияның дифференциалдық және интегралдық есептеулеріне оқыту үшін болашақ математика мұғалімдерінің дайындығын жақсарту туралы ұсыныстарын жинау.

Сауалнамада келесі сұрақтарға жауап алынды: мектеп оқушыларын функцияның дифференциалдық және интегралдық есептеулеріне оқытуға ағымдағы дайындықты қалай бағалайсыз? (1-сурет).

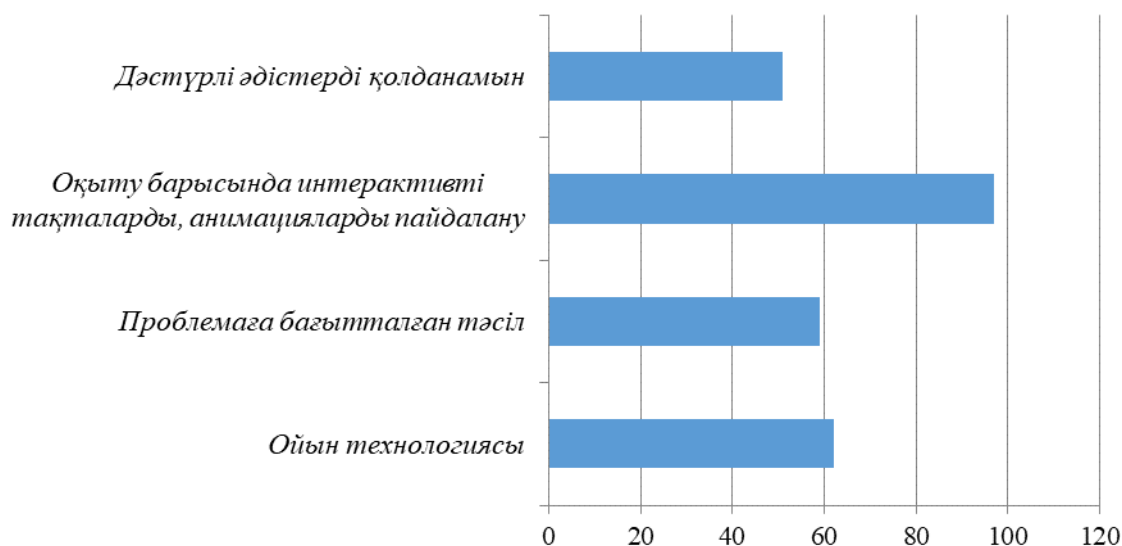
Сонымен қатар, респонденттер «Функцияның дифференциалдық және интегралдық есептеуін оқытуда қандай инновациялық формалар мен әдістерді тәжірибеде қолдандыңыз?» деген сұраққа жауап беру барысында, инновациялық бағыттағы әдістерді цифрлық технологияларды озық қолдану жағдайымен бағалады (2-сурет).

Мектеп мұғалімдерінің математикалық анализ тарауларын оқуға дайындағы



Сурет 1. Болашақ мамандардың математикалық анализ тақырыптарын оқытуға дайындығы туралы пікірі

Математикалық анализ тарауын оқытуда инновациялық әдістермен құралдарды қолдану тәжірибесі



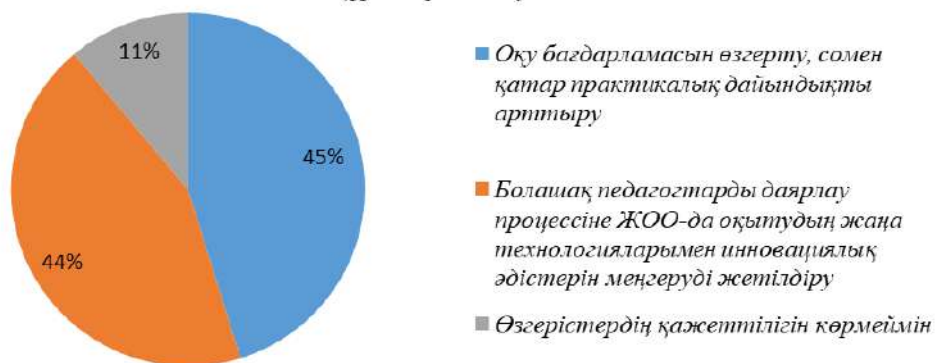
Сурет 2. Инновациялық формалар мен әдістерді қолдану бойынша сұрақтың жауаптары

Студенттер, оқыту барысында интерактивті тақталарды пайдалану инновациялық тәсілдер ретінде санамайды, атап айтқанда, тек көмекші құрал рөліне жатқызатыны байқалды.

Сауалнамада, «Дифференциалдық және интегралдық есептеуді оқытуда цифрлық технологияны қолданудың маңыздылығын қалай бағалайсыз?», «Сіздің оқу орныңыз студенттерді әдістемелік даярлауға, атап айтқанда, оқушыларды функцияның дифференциалдық және интегралдық есептеуге үйретуге жеткілікті көңіл бөле ме?» сынды сұрақтар қойылды.

Функцияның дифференциалдық және интегралдық есептеу бойынша оқытуға дайындықты дамыту мақсатында болашақ математика мұғалімдерінің оқыту жүйесінде нені өзгерту керек деп ойлайсыз? деген сұраққа, 4 курс студенттері, заманауи әдістердің қажеттілігі, орны ерекше екендігін атап көрсетті. (3-сурет).

Математикалық анализ тарауларын оқытуда инновациялық әдістер мен құралдарын тану



Сурет 3. ЖОО оқыту жүйесінде инновациялардың жолдары бойынша сұрақтың жауаптары

### Зерттеу нәтижелері

Студенттердің сауалнама сұрақтарына, жауаптарын талдау негізінде авторлар дәстүрлі дәрістерден оқытудың инновациялық әдістерін қолдануға көшу кезінде студенттердің келесі қиындықтарын анықтады. Бұл кедергілердің кейбірі мыналарды қамтиды:

- Технологиялық кедергі: барлық студенттер оқытудың инновациялық әдістерінде қолданылатын технологияларды меңгере бермейді.

Жеңу стратегиясы: технологияны қолдануға үйрету бойынша тренингтер ұйымдастыру, технологияны қолдануда қиындықтарға тап болған студенттерге қолдау көрсету.

- Тәуелсіздік: авторлар оқытудың инновациялық әдістері әдетте студенттерден көбірек тәуелсіздікті талап ететінін атап өтеді, бұл құрылымдық және бағытталған тәсілге үйренгендер үшін қиын болуы мүмкін.

Жеңу стратегиясы: өзіндік жұмыс дағдыларына үйрету, оқу үдерісіне дербестік элементтерін кезең-кезеңімен енгізу, тәлімгерлік қолдау.

- Парадигманың өзгеруі: дәстүрлі оқытуға үйренген студенттер инновациялық әдістерге көшуде қиындықтарға тап болуы мүмкін, өйткені бұл ойлау стилі мен оқу тәсілін өзгертуді қажет етеді.

Жеңу стратегиясы: жаңа тәсілдердің артықшылықтарын түсіндіру, инновациялық әдістерді біртіндеп енгізу, мұғалімдердің қолдауы мен кері байланысы.

Бұл қиындықтарды жеңудегі басты назар осы өзгерістер сайып келгенде білім сапасын жақсартуға және студенттерді тиімдірек дайындауға әкелетінін түсінуге аударылуы керек. Жүргізілген зерттеулер мен бірқатар ғылыми әдебиеттерге шолу негізінде осы ғылыми мәселені зерттеуде өзектілік пайда болады.

Зерттеу барысында, мақала авторлары, келесі қарама-қайшылықтарды анықтады: болашақ математика мұғалімдерін оқытудың дәстүрлі әдістері оқу үдерісінің маңызды компоненттері болып табылатын функцияларды дифференциалдық және интегралдық есептеулерге тиімді үйрету қабілетімен шектеледі.

Ғылыми зерттеу орындалу мақсатында болжам құрылды: болашақ математика мұғалімдерін оқытудың инновациялық формалары мен әдістерін қолдану олардың оқушыларды функцияның дифференциалдық және интегралдық есептеулеріне үйретудегі құзыреттілігін тиімді арттыра алады.

Сауалнама нәтижелерін талдау барысында, инновациялық цифрлық шешімдер мен оқыту әдістерін математикалық анализді үйрену процесіне сәтті бейімдеу және біріктіру үшін келесі әрекеттерді орындау қажеттілігі туындайтыны анықталды. Алдымен студенттер GeoGebra немесе Desmos сияқты математикаға мамандандырылған заманауи білім беру платформалары мен бағдарламаларымен танысуы керек. Бұл оларға математикалық ұғымдармен интерактивті өзара әрекеттесу мүмкіндіктерін түсінуге көмектеседі. Содан кейін студенттер NumPy және



SumPy сияқты математикалық кітапханалармен бірге Python сияқты бағдарламалау тілдерін қолдана отырып, өздерінің оқу тәжірибесіне бағдарламалауды қолдана алады. Бұл оларға күрделі математикалық есептерді шешу және визуализация жасау үшін алгоритмдер құруға мүмкіндік береді. Мысалы, IXL Learning-студенттерге интерактивті және жекелендірілген оқу ресурстарын ұсынатын инновациялық білім беру платформасы. Математика, тіл және ғылым сияқты әртүрлі пәндер бойынша дағдыларды дамытуға бағытталған платформа оқытуды жеке деңгейде ұстауға тырысады. IXL Learning-тің негізгі ерекшеліктерінің бірі-жеке оқыту. Әрбір студент өзінің қазіргі шеберлік деңгейіне сәйкес келетін тапсырмаларды алады, бұл қосымша көмекке мұқтаж адамдармен де, қосымша қиындықтарды іздейтіндермен де тиімді жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Аталған платформа, сонымен қатар, орындалған тапсырмалардың нәтижелері бойынша жедел кері байланысты қамтамасыз етеді. Бұл студенттерге өз қателіктерін түсінуге және жақсартуға ұмтылуға көмектеседі. Прогресстің үздіксіз мониторингі мұғалімдер мен ата-аналарға оқушылардың жетістіктерін бақылауға және қосымша назар аударуды қажет ететін бағыттарды анықтауға мүмкіндік береді.

IXL Learning үйде өзін-өзі оқыту үшін де, білім беру мекемелерінде пайдалану үшін де танымал құралға айналуға. Оның оқытуға деген жан-жақты көзқарасы оны білімнің әртүрлі салаларында білімін кеңейтуге және тереңдетуге ұмтылатындар үшін құнды ресурс етеді.

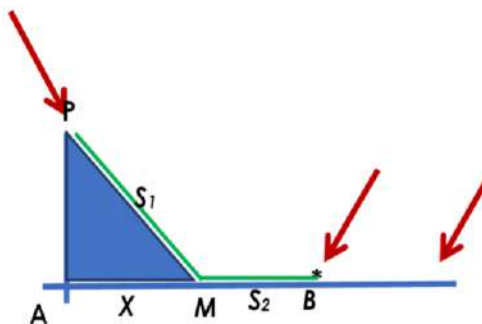
Әрине, салыстырмалы түрде қарапайым деп саналатын біздің ұсыныстарымыз бен ұсынылған әрекеттерімізді қалыптастырушы кезеңге жатқызуға болады, өйткені сауалнама нәтижелері білім беру мен оқытуда цифрлық технологияларды меңгеру және пайдалану тақырыбы бойынша төмен нәтижелерді көрсетті.

Біз білім беру процесін ұйымдастырудың инновациялық формаларын, атап айтқанда Workshop-ты қолдану арқылы ұсынылатын есептерді ұсынамыз. Бұл қатысушылар топтық жұмыс процесінде (динамикалық) білім мен дағдыларды алатын оқу іс-әрекетін ұйымдастырудың бір түрі. Ұйымның бұл нысаны интерактивтілік, тиімді қарым-қатынас принциптерін қарастырады. Workshop-тың инновациялық формаларына А.Г. Ряписова кіргізеді [6].

*Мысал 1.* Бұрғылау мұнарасы тас жолдың ең жақын нүктесінен 9 км қашықтықта орналасқан. Бұрғылау курьерінен курьерді аталған нүктеден 15 км қашықтықта орналасқан тас жолға бағыттау керек (тас жолды түзу деп санайды). Велосипедпен курьердің жылдамдығы 8 км / сағ, ал тас жол 10 км/сағ. Қысқа уақыт ішінде нүктеге жету үшін ол тас жолдың қай нүктесіне баруы керек?

Есепті талдау кезеңі:

Бұрғылау мұнарасы тас жолдың ең жақын нүктесінен қандай қашықтықта орналасқан? Бұрғылау мұнарасынан ең жақын нүкте және курьерді қайда жіберу керек нүкте бір-бірінен қандай қашықтықта орналасқан? Велосипед курьерінің жылдамдығы далада белгілі ме? Автомобиль жолындағы курьердің жылдамдығы белгілі ме? Қысқа уақыт ішінде қажетті нүктеге жету үшін тас жолдың қай нүктесіне бару керек екені белгілі ме? Схемалық сурет түріндегі есеп моделі.



Сурет 4. Схемалық сурет түріндегі есеп моделі

$P$  – бұрғылау мұнарасы;

$B$  – елді мекен;

$l$  – тасжолы;

$PMB$  – курьердің бағыты.

Тұрақты шамалар –  $PA$ ,  $AB$ ,  $v_{II}$ ,  $v_{III}$

Тұрақты шамалар –  $AM$ ,  $MB$ ,  $PM$ .

Зерттелетін шама - курьер қажетті нүктеге жетуі керек уақыт.

$$PA = 9\text{км}, AB = 15\text{км}, v_{II} = 8\text{км/сағ}, v_{III} = 10\text{км/сағ}.$$

Шешуі:

1.  $x$  –  $AM$  арасы,  $0 \leq x \leq 15$ ;

2.  $PAM$  тікбұрышты үшбұрышынан біз мынаны анықтаймыз:

3.  $S_1$  (елді мекен) жолы,  $v = 8\text{км/сағ}$  курьер жылдамдықпен жүреді, ал  $S_2$  (тас жол) жолы –  $v = 10\text{км/сағ}$ . жылдамдықпен.

$$4. S_1 \text{ жолы, уақыты } t_1 = \frac{\sqrt{x^2 + 81}}{8}$$

$$S_2 \text{ жолы, уақыты } t_2 = \frac{15 - x}{10}$$

$$S_1 \text{ және } S_2 \text{ жолына кеткен уақыт } t(x) = \frac{\sqrt{x^2 + 81}}{8} + \frac{15 - x}{10}$$

Функцияның туындысын табамыз:

$$t'(x) = \frac{1}{8} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{\sqrt{x^2 + 81}} \times 2x - \frac{1}{10} = \frac{x}{8\sqrt{x^2 + 81}} - \frac{1}{10}$$

Біз критикалық нүктелерді табамыз:

$$\frac{x}{8\sqrt{x^2 + 81}} - \frac{1}{10} = 0$$

$$5x = 4 \cdot \sqrt{x^2 + 81}$$

$$25x^2 = 16 \cdot (x^2 + 81)$$

$$9x^2 = 16 \cdot 81$$

$$x^2 = 144$$

$$x_{1,2} = \pm 12$$

Нүктелердегі функцияның мәнін табамыз:

$$t(0) = 2\frac{5}{8} \approx 2,63$$

$$t(15) \approx 2,19$$

$$t(12) \approx 2,18$$

функция нүктедегі ең кіші мәнге жетеді  $x = 12$

*Жауабы:* курьер қысқа уақыт ішінде елді мекенге жету үшін елді мекеннен 3 км қашықтықта және тас жолдан 12 км қашықтықта жүруі керек.

Келесі кезекте, аталған IXL Learning инновациялық формасына сай екі есепті ұсынамыз.

Мысал 2. Цех өнімінің көлемі  $u(t)$  шартты бірлік, жұмыс күні ішінде

$$u(t) = \frac{-20}{3}t^3 + 60t^2 + 160t + 240, 1 \leq t \leq 8$$

функциямен сипатталатыны статистикалық әдіспен анықталды. Мұнда  $t$  - уақыт

Сұрақтары:

- Еңбек өнімділігі, жұмыс басталғаннан кейін 3 сағаттан кейін оның өзгеру жылдамдығы мен қарқыны

- Қай уақытта еңбек өнімділігі ең жоғары болады. Нәтижені аналитикалық және графикалық түрде түсіндіріңіз. Нәтижелерге экономикалық талдау жүргізіңіз.

Шешімі:

Еңбек өнімділігі  $z(t)$  келесі формуламен есептеледі  $z(t) = u'(t)$ :

$$z(t) = \left( \frac{-20}{3}t^3 + 60t^2 + 160t + 240 \right)' = -20t^2 + 120t + 160$$

Еңбек өнімділігі үш сағаттан соң:

$$z(t) = -20 \cdot 3^2 + 120 \cdot 3 + 160 = 340$$

Еңбек өнімділігінің өзгеру жылдамдығын  $z(t)$  функциясының бірінші туындысы деп аламыз

$$z'(t) = (-20t^2 + 120t + 160)' = -40t + 120$$

Үш сағаттан соң еңбек өнімділігінің жылдамдығын есептейміз: соң:

$$z'(3) = -40 \cdot 3 + 120 = 0$$

Ендігі кезекте, еңбек өнімділігінің қарқынын келесі түрде табамыз:

$$\frac{z'(t)}{z(t)} = \frac{-40t + 120}{-20t^2 + 120t + 160}$$

Үш сағаттан соң еңбек өнімділігінің қарқынын есептейміз,

$$\frac{z'(3)}{z(3)} = \frac{-40 \cdot 3 + 120}{-20 \cdot 3^2 + 120 \cdot 3 + 160} = \frac{0}{340} = 0$$

Еңбек өнімділігі  $z(t) = -20t^2 + 120t + 160$  функциясының графигі-тармақтары төмен бағытталған парабола. Демек, бұл функцияның ең үлкен мәні параболаның жоғарғы жағында (шыңында) болады. Функцияның графигін құру үшін параболаның шыңының координаттарын табамыз:

$$t_0 = \frac{-b}{2a} = \frac{-120}{2 \cdot (-20)} = 3, z(t_0) = z(3) = -20 \cdot 3^2 + 120 \cdot 3 + 160 = 340$$

Параболаның төбесі  $M(3; 340)$  нүктесінде. Парабола тармақтары төмен бағытталған соң,  $Ot$  осімен қиылысу нүктелерін табамыз.

Ол үшін,  $z(t)$  нөлге теңейміз:

$$-20t^2 + 120t + 160 = 0$$

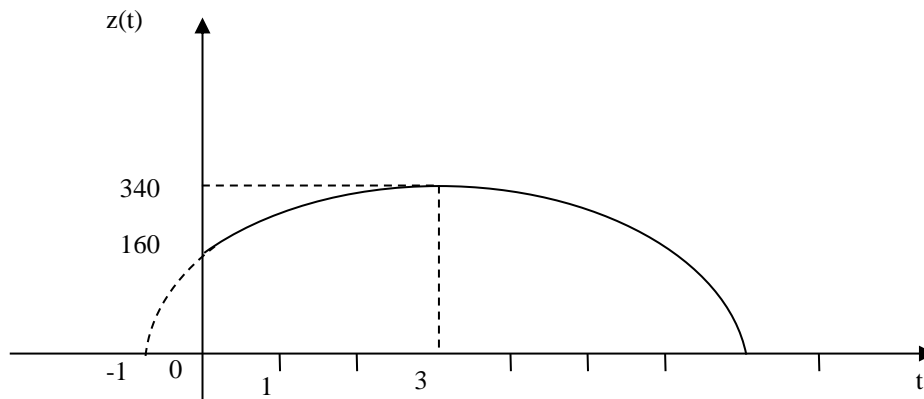
$$-t^2 + 6t + 8 = 0$$

$$D = 36 - 4 \cdot (-1) \cdot 8 = 68, t_1 = \frac{-6 - \sqrt{68}}{-2} \approx 7.1, t_2 = \frac{-6 + \sqrt{68}}{-2} \approx -1.1.$$

OZ осімен қиылысу нүктелерін табу үшін,  $z(t)$  функциясына  $t=0$  қоямыз:

$$z(0) = -20 \cdot 0 + 120 \cdot 0 + 160 = 160$$

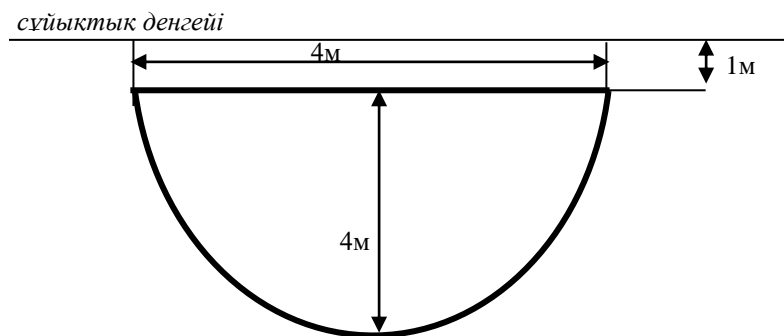
Функция графигін саламыз (Сурет 1).



Сурет 5. Функция графигі

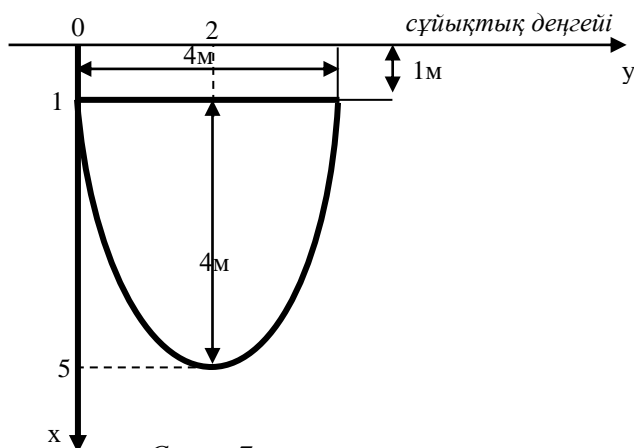
График бойынша жұмыс өнімділігі жұмыстың алғашқы 3 сағатында өсетінін, содан кейін жұмыс күнінің соңына қарай біртіндеп төмендейтінін көруге болады.

Мысал 3. Көлденең қимасы парабола тәрізді бөгетке судың қысымын есептеңіз (6-сурет). Судың үлес салмағы  $1 \text{ т/м}^3$



Сурет 6. Бөгет

Шешімі: 7-суретте көрсетілгендей координаталар жүйесін енгізейік.



Сурет 7.

$y_1(x)$ ,  $y_2(x)$  өрнектерін табу үшін, парабола теңдеуін құрамыз. Параболаның тармақтары ОХ осінің оң бағытына қарама-қарсы бағытта орналасқан теңдеуді  $(y - y_0)^2 = -2p(x - x_0)$  көрсетеміз, мұнда  $(x_0; y_0)$ - парабола төбесінің координаттары. Сурет бойынша парабола төбесі  $(5; 2)$  нүктесінде. Олай болса, теңдеудің түрі  $(y - 2)^2 = -2p(x - 5)$ . Келесі кезекте,  $p$  анықтаймыз. Парабола  $(1; 0)$  нүктесін қиятын болғасын, нүктенің координаталары парабола теңдеуін қанағаттандырады

$$(0 - 2)^2 = -2p(1 - 5)$$

$$4 = -2p(-4)$$

$$p = \frac{1}{2}$$

Ондай болса, парабола теңдеуі

$$(y - 2)^2 = -(x - 5)$$

Әрі қарай,

$$(y - 2)^2 = 5 - x$$

$$y - 2 = \pm\sqrt{5 - x}$$

$$y_1 = -\sqrt{5 - x} + 2, \quad y_2 = \sqrt{5 - x} + 2$$

Пластинидағы судың қысымы ( $\gamma = 1$ ) формула бойынша есептеледі

$$P = \int_{x_1}^{x_2} x(y_2(x) - y_1(x)) dx$$

$$P = \int_1^5 x(\sqrt{5 - x} + 2 - (-\sqrt{5 - x} + 2)) dx = \int_1^5 2x\sqrt{5 - x} dx = 2 \int_1^5 x\sqrt{5 - x} dx =$$

Интегралды есептейміз

$$\int x\sqrt{5 - x} dx = \left| \begin{array}{l} \sqrt{5 - x} = t, 5 - x = t^2, \\ x = 5 - t^2, dx = -2tdt \end{array} \right| = \int (5 - t^2)t(-2tdt) = 2 \int (t^4 - 5t^2) dt =$$

$$2\left(\frac{t^5}{5} - \frac{5t^3}{3}\right) = 4\left(\frac{\sqrt{\sqrt{(5-x)^5}}}{5} - \frac{5\sqrt{(5-x)^3}}{3}\right) + C.$$

$$\int_1^5 x\sqrt{5-x} dx = 4\left(\frac{\sqrt{(5-x)^5}}{5} - \frac{\sqrt{(5-x)^3}}{3}\right)\Bigg|_1^5 =$$

$$= 4\left(\frac{\sqrt{(5-5)^5}}{5} - \frac{5(5-5)^3}{3} - \left(\frac{\sqrt{(5-1)^3}}{5} - \frac{\sqrt{(5\sqrt{(5-1)^3})}}{3}\right)\right) = \frac{416}{15} \text{ т.}$$

Әр көрсетілген есептерді, аталған заманауи цифрлық құралдар көмегімен шешу және түсіндіру мүмкіндігі бар.

### Дискуссия

Қазіргі уақытта білім беру саласындағы басты басымдық әлеуметтік-педагогикалық сын-қатерлерге барабар жауап бере алатын педагогтарды даярлау болып табылады. Бұл ғылыми білімнің негіздерін қайта қарау және оқытудың инновациялық әдістерін іздеу қажеттілігін білдіреді. Мұндай талап қазіргі мектептер мұғалімнен шығармашылық ойлауды, әртүрлі әдістерді қолдануға, балама білім беру технологияларын қолдануға және өзін-өзі тәрбиелеуге дайын болуды күтетіндіктен туындайды. Мұғалімдердің интегралды дағдылары мен қасиеттерін дамыту маңызды болып табылады, бұл оларға заманауи мектепте сәтті жұмыс істеуге мүмкіндік береді, мұнда оқытудың классикалық формалары инновациялық тәсілдерге жол береді. Бұл жаңа тәсілдер мәдени диалогты есепке алуды және студенттерді жобалау және зерттеу жұмыстарына тартуды қамтиды.

Білім берудегі инновациялар жалпы білім беру жүйесін жетілдіруге және қазіргі жастардың даралығын дамытуға ұмтылады, олар уақыттың қиындықтарына барабар жауап беруге және кәсіби өзін-өзі жүзеге асыру процесінде қоғаммен тиімді өзара әрекеттесуге дайын.

### Қорытынды

Оқытудың инновациялық әдістері-бұл білім беру үдерісіне жаңашылдық әкелетін, оқытудың тиімділігін арттыратын және студенттердің оқуға деген ынтасын арттыратын заманауи тәсілдер. Бұл әдістер дәстүрліден өзгеше болады және жаңа технологиялар мен құралдарды қолданады.

Жеке дамуға бағытталған қазіргі білім беру контекстінде ойлауға инновациялық көзқарасы бар мұғалімдер қажет. Олардың функционалдығы білім беру және тәрбие жұмысын жүзеге асыруды ғана емес, сонымен қатар балалардың әртүрлі топтарымен өзара әрекеттесу қабілетін де қамтиды. Олар сондай-ақ еңбек нарығындағы өзгерістерге бейімделуге, қоғамның және динамикалық өзгертін қоғамның талаптарын ескеруге дайын болуы керек.

Мақала авторлары математикалық анализ тарауын оқытуды ұйымдастырудың жаңа формаларын, ақпараттық – коммуникациялық технологияларды қолдануды және бағалаудың жаңа әдістерін қамтитын инновациялық әдістерді әзірлеуге бағытталған, бұл инновациялық әдістеменің өзін құруды жоспарлауда.

Сонымен қатар, инновациялық технологиялардың білім беру процесіне сәтті интеграциялануын қамтамасыз ету үшін олардың цифрлық құзыреттілігін дамытуды ескере отырып, болашақ математика мұғалімдерін даярлау бойынша білім беру бағдарламаларын

жақсарту бойынша ұсыныстарды атап өтейік. Математикалық анализ тұжырымдамаларын көрсету және интерактивті сабақтар өткізу үшін GeoGebra немесе Desmos сияқты танымал математикалық бағдарламаларды қолдана отырып, "Математикадағы сандық құралдар" курсы, өндірістік практика жоспарларына енгізу ұсынылады. Сондай-ақ, математикалық есептерді шешуде цифрлық шешімдерді қолдануға бағытталған Khan Academy немесе Coursera сияқты платформаларда білім беру модульдерін жасауға болады.

Болашақ математика мұғалімдерінің инновациялық цифрлық шешімдерді білім беру процесіне біріктіруге дайындығы олардың кәсіби құзыреттілігінің негізгі аспектісі болып табылады. Математикалық анализ курсының мысалында осы дайындықтың бірнеше аспектілерін бөліп көрсетуге болады. "Математика", "Математика және информатика", "Математика және физика" бағытында оқитын студенттер заманауи цифрлық технологиялармен белсенді өзара іс-қимыл жасайды, бұл олардың инновациялық құралдармен жұмыс істеудің базалық дағдыларын қалыптастырады. Болашақ мұғалімдердің осы дағдыларды математикалық білім беру контекстінде қолдану қабілетін дамыту маңызды.

Сандық шешімдерді оқу процесіне біріктіру интерактивті сабақтарды құруға мүмкіндік береді, мұнда студенттер материалмен оңай әрекеттесе алады. Алайда, бұл тәсілді сәтті жүзеге асыру үшін болашақ мұғалімдер цифрлық білім беру ресурстарын құра және бейімдей алуы қажет. Бұл олардан математикалық ұғымдарды түсінуді ғана емес, сонымен қатар заманауи білім беру платформаларын қолдана білуді талап етеді.

Сонымен қатар, тағы бір маңызды сұрақтардың бірі, дайындықтың маңызды аспектісі - цифрлық құралдарды пайдалану кезінде оқушылардың үлгерімін тиімді бағалау мүмкіндігі. Бұл деректерді талдау дағдыларын дамытуды, бағалау әдістерін бейімдеуді және білімді бағалауға инновациялық тәсілдерді қолдануды талап етеді.

Осылайша, болашақ математика мұғалімдерін математикалық анализ курсының мысалында цифрлық шешімдерді оқу процесіне біріктіруге дайындау математикалық материалды терең түсінуді де, заманауи білім беру технологияларын игеруді де қамтитын кешенді тәсілді қажет етеді.

#### *Пайдаланылған дереккөздердің тізімі*

[1] Далингер В. А. (2023) *Методика обучения началу математического анализа: учебник и практикум для вузов* // Москва: Издательство Юрайт. - 162 с.

[2] Шабашова О.В. (2010) *Теория и методика обучения математике: типовые профессиональные задания: в 2 ч.: учебно-методическое пособие* / О.В. Шабалова. [Текст] Орск: ОГТИ. Часть 1. – 123 с.

[3] Журавская Н.Т. (2010) *Методологические подходы к исследованию инновационных форм образования* // Журнал Мир науки, культуры, образования. №6 (25) –162-166 с.

[4] Юнусова Д.И. (2012) *Подготовка будущих учителей математики к инновационной педагогической деятельности* // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Гуманитарные науки № 1(21). - 167-172с.

[5] Ряписова А.Г. (2017) *Инновационные формы организации образовательного процесса* // Вестник педагогических инноваций, № 1 (45), С. 5-14.

[6] Прищепа Т.А. (2014) *Особенности подготовки педагогов к инновационной деятельности* // Вестник Томского государственного педагогического университета. - 47-53 с.

[7] Джабатьрова Б.К., Даурова М.Ш. (2013) *Инновационный образовательный процесс как основа педагогической интеграции* // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология.- 32-42 с.

[8] Сабырханова П.Ш., Есингельдинов Б.Т., Аширбаев Н.К. (2023) *Преимственность в обучении дифференциальному интегральному исчислению*// Педагогика и психология. – № 1(54). – С.257– 266. DOI: 10.51889/2077-6861.2023.1.30.010

[9] Гаврилова Е.Н. (2021) *Системно-методическое обеспечение инновационной направленности в процессе преподавания математических дисциплин в ВУЗе* // Диссертация. -150 с.

[10] Bakker, A., Cai, J. & Zenger, L. (2021) *Future themes of mathematics education research: an international survey before and during the pandemic. Educ Stud Math* 107, 1–24 <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10049-w>

- [11] Hillmayr D. et al. (2020) *The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis* // *Computers & Education*. – Т. 153. – С.
- [12] Abrahamson D. et al. (2020) *The future of embodied design for mathematics teaching and learning* // *Frontiers in Education*. – Frontiers Media SA. – Т. 5. – С. 147
- [13] Власенко С. В. (2014) *Инновационные формы обучения в современной системе повышения квалификации педагогов* // *Научное обеспечение системы повышения квалификации кадров*. - №1 (18).
- [14] Resendiz-Balderas, E. (2020) *Discourse analysis, development of number sense in preschool education and ICT use*. *Cienciasuat*, 14, 72–86.
- [15] Alonso-García, S.; Aznar-Díaz, I.; Cáceres-Reche, M.P.; Trujillo-Torres, J.M.; Romero-Rodríguez, J.M. (2019) *Systematic Review of Good Teaching Practices with ICT in Spanish Higher Education. Trends and Challenges for Sustainability*. *Sustainability*, 11, 1–15.
- [16] Usli, N.A.; Usluel, Y.K. (2019) *Predicting technology integration based on a conceptual framework for ICT use in education*. *Technol. Pedagog. Educ.* 28, 517–531.
- [17] Tinmaz, H.; Ozturk, Y.E. (2019) *ICT Integration into Education: A Comparison of South Korea and Turkey*. *Perspect. Glob. Dev. Technol.* 18, 422–456.
- [18] Hazama, H.; Ebara, Y.; Ogasarawa, T. (2019) *Study on interface for screen operation to reduce tiredness at practical training using ICT in elementary and secondary education*. *Artif. Life Robot.* 24, 262–269.
- [19] Trujillo, J.M.; Aznar, I.; Cáceres, M.P. (2015) *Analisis del uso e integración de redes sociales colaborativas en comunidades de aprendizaje de la Universidad de Granada (España) y John Moores de Liverpool (Reino Unido)*. *Rev. Complut. Educ.* 26, 289–312.
- [20] Ifenedo, E.; Rikala, J.; Hamalainen, T. (2020) *Factors affecting Nigerian teacher educators' technology integration: Considering characteristics, knowledge constructs, ICT practices and beliefs*. *Comput. Educ.* 146, 1–17.
- [21] Aguiar, B.O.; Velázquez, R.M.; Aguiar, J.L. (2019) *Innovación docente y empleo de las TIC en la Educación Superior*. *Espacios*. 40, 1–12.
- [22] Hinojo-Lucena, F.J.; Mingorance-Estrada, Á.C.; Trujillo-Torres, J.M.; Aznar-Díaz, I.; Cáceres Reche, M.P. (2018) *Incidence of the flipped classroom in the physical education students' academic performance in university contexts*. *Sustainability*. 10, 1334.
- [23] Perkova N., Veselova A. (2019) *Возможности технологии электронного обучения при изучении математического анализа* // *Society. Integration. Education. Proceedings of the International Scientific Conference*. – Т. 5. – С. 459-468.
- [24] Капкаева Л. С. (2019) *Основные направления практико-ориентированного обучения математическому анализу студентов педагогического вуза* // *Современные проблемы науки и образования*. №. 5. С. 46-46.

#### References

- [1] Dalinger V.A. (2023) *Metodika obucheniya nachalam matematicheskogo analiza: uchebnyy i praktikum dlya vuzov* [Mastering the methodology of mathematical analysis: practical experience for higher school] Moskva: Izdatel'stvo YUrajt. - 162 s. (in Russian)
- [2] Habashova O.V. (2010) *Teoriya i metodika obucheniya matematike: tipovyye professional'nyye zadaniya: v 2 ch.: uchebno-metodicheskoe posobie* [Theory and methodology of teaching mathematics: typical professional tasks: in 2 hours: educational and methodical manual] O.V. SHabalova. [Tekst] - Orsk: OGTI. - CHast'1. - 123 s. (in Russian)
- [3] Zhuravskaya N.T. (2010) *Metodologicheskie podhody k issledovaniyu innovacionnykh form obrazovaniya* [Methodological approaches to the study of innovative forms of education] *ZhurnalMirnauki, kul'tury, obrazovaniya*. №6 (25) –162-166 s. (in Russian)
- [4] YUnusova D.I. (2012) *Podgotovka budushhih uchitelej matematiki k innovacionnoj pedagogicheskoy dejatel'nosti* [Preparing future mathematics teachers for innovative teaching activities] *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Povolzhskij region. Gumanitarnyye nauki* № 1(21). - 167-172s. (in Russian)
- [5] Ryapisova A.G. (2017) *Innovacionnyye formy organizatsii obrazovatel'nogo processa* [Innovative forms of organization of the educational process] *Vestnik pedagogicheskikh innovatsij*, № 1 (45), – S. 5-14. (in Russian)



- [6] Prishchepa T.A. (2014) *Osobennosti podgotovki pedagogov k innovacionnoj deyatel'nosti [Features of teacher training for innovation]* Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 47-53 s. (in Russian)
- [7] Dzhabatyrova B.K., Daurova M.SH. (2013) *Innovacionnyj obrazovatel'nyj process kak osnova pedagogicheskoy integracii [Innovative educational process as the basis of pedagogical integration]* Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: Pedagogika i psihologiya. 32-42 s. (in Russian)
- [8] Sabyrhanova P.SH., Esingel'dinov B.T., Ashirbaev N.K. (2023) *Preemstvennost' v obuchenii differencial'nomu i integral'nomu ischisleniyu [The advantage of learning differentiated and integral distribution]* Pedagogika i psihologiya. – № 1(54). – S.257– 266. DOI: 10.51889/2077-6861.2023.1.30.010(in Kazakh)
- [9] Gavrilova E.N. (2021) *Sistemno-metodicheskoe obespechenie innovacionnoj napravlenosti v processe prepodavaniya matematicheskikh disciplin v VUZe [Systematic and methodological support of innovation orientation in the process of mastering mathematical disciplines at the university]* Dissertaciya. - 150 s. dis. ... dok. ped. nauk. –Taldykorgan. S.124
- [10] Bakker, A., Cai, J. & Zenger, L. (2021) *Future themes of mathematics education research: an international survey before and during the pandemic.* EducStudMath 107, 1–24 <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10049-w>
- [11] Hillmayr D. et al. (2020) *The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis* Computers & Education. – T. S-153.
- [12] Abrahamson D. et al. (2020) *The future of embodied design for mathematics teaching and learning* Frontiers in Education. – Frontiers Media SA. – T. 5. – S. 147
- [13] Vlasenko S. V. (2014) *Innovacionnye formy obucheniya v sovremennoj sisteme povysheniya kvalifikacii pedagogov [Innovations of the form of education in the modern system of teacher training]* Nauchnoe obespechenie sistemy povysheniya kvalifikacii kadrov. - №1 (18). (in Russian)
- [14] Resendiz-Balderas, E. (2020) *Discourse analysis, development of number sense in preschool education and ICT use.* Cienciasuat, 14, 72–86.
- [15] Alonso-García, S.; Aznar-Díaz, I.; Cáceres-Reche, M.P.; Trujillo-Torres, J.M.; Romero-Rodríguez, J.M. (2019) *Systematic Review of Good Teaching Practices with ICT in Spanish Higher Education. Trends and Challenges for Sustainability.* Sustainability, 11, 1–15.
- [16] Usli, N.A.; Usuel, Y.K. (2019) *Predicting technology integration based on a conceptual framework for ICT use in education.* Technol. Pedagog. Educ. 28, 517–531.
- [17] Tinmaz, H.; Ozturk, Y.E. (2019) *ICT Integration in to Education: A Comparison of South Korea and Turkey.* Perspect. Glob. Dev. Technol. 18, 422–456.
- [18] Hazama, H.; Ebara, Y.; Ogasarawa, T. (2019) *Study on interface for screen operation to reduce tiredness at practical training using ICT in elementary and secondary education.* Artif. Life Robot. 24, 262–269.
- [19] Trujillo, J.M.; Aznar, I.; Cáceres, M.P. (2015) *Analisis del uso e integración de redes sociales colaborativas en comunidades de aprendizaje de la Universidad de Granada (España) y John Moores de Liverpool (Reino Unido).* Rev. Complut. Educ. 26, 289–312.
- [20] Ifenedo, E.; Rikala, J.; Hamalainen, T. (2020) *Factors affecting Nigerian teacher educators' technology integration: Considering characteristics, knowledge constructs, ICT practices and beliefs.* Comput. Educ. 146, 1–17.
- [21] Aguiar, B.O.; Velázquez, R.M.; Aguiar, J.L. (2019) *Innovación docente y empleo de las TIC en la Educación Superior.* Espacios. 40, 1–12.
- [22] Hinojo-Lucena, F.J.; Mingorance-Estrada, Á.C.; Trujillo-Torres, J.M.; Aznar-Díaz, I.; Cáceres-Reche, M.P. (2018) *Incidence of the flipped classroom in the physical education students' academic performance in university contexts.* Sustainability. 10, 1334.
- [23] Perkova N., Veselova A. (2019) *Vozможности tehnologii jelektronnogo obucheniya pri izuchenii matematicheskogo analiza [The possibilities of e-learning technology in the study of mathematical analysis]* Society. Integration. Education. Proceedings of the International Scientific Conference. T. 5. – S. 459-468. (in Russian)
- [24] Kapkaeva L. S. (2019) *Osnovnye napravleniya praktiko-orientirovannogo obucheniya matematicheskomu analizu studentov pedagogicheskogo vuza [The main directions of practice-oriented teaching mathematical analysis to students of a pedagogical university]* Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – №. 5. – S. 46-46. (in Russian)

**Г.И. Салгараева<sup>1</sup>, А.С. Маханова<sup>1\*</sup>**

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

\*e-mail: aigul.makhanova1@gmail.com

## **ЕСТУ ҚАБІЛЕТІ ЗАҚЫМДАНҒАН БАЛАЛАРҒА АРНАЛҒАН МОБИЛЬДІ ҚОСЫМША ҚҰРУ ӘДІСТЕРІ**

### *Аңдатпа*

Мақалада есту қабілеті зақымданған балаларға арналған мобильді қосымша құру үшін каскад әдісін қолдану мен қосымшаны әзірлеу барысындағы негізгі қадамдардың кезеңдері сипатталған. Біздің қоғамда арнайы білім беруді дамыту процесі жалпы білім беретін ұйымдардан жеке жүзеге асырылады. Бұл өз кезегінде ерекше білім беруді қажет ететін, атап айтқанда есту қабілеті зақымданған білім алушыларды оқыту барысында қолданылатын әдіс-тәсілдерді түрлендіруге айтарлықтай әсерін тигізеді. Зерттеу жұмысында есту қабілеті зақымданған балаларды инклюзивті ортада оқыту ерекшеліктерін ескере отырып, олардың білім сапасын арттыру мақсатында қолданатын инновациялық технологияларға қолдау көрсету және ілгерілету жұмыстары жүргізілген. Зерттеу нәтижесінде есту қабілеті зақымданған білім алушылардың оқу процесіне толыққанды енуіне мүмкіндік беруге бағытталған үйретуші мобильді қосымша әзірлеу алгоритмі ұсынылды. Сонымен қатар есту қабілеті зақымданған балаларды оқытуда қолданылатын білім мазмұнын анықтаудың, қосымша контентін ұсынудың ыңғайлы шешімдері ұсынылған.

*Түйін сөздер:* инклюзивті білім беру, есту қабілеті зақымданған балалар, үйретуші мобильді қосымшалар, мобильді қосымша контенті, каскад әдісі.

**Г.И. Салгараева<sup>1</sup>, А.С. Маханова<sup>1</sup>**

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

## **МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ДЕТЕЙ С НАРУШЕНИЯМИ СЛУХА**

### *Аннотация*

В статье рассматриваются применения каскадного метода для создания мобильного приложения для детей с нарушениями слуха и основные этапы разработки. Процесс развития специального образования в нашем обществе осуществляется отдельно от общеобразовательных организаций. Это, в свою очередь, оказывает существенное влияние на трансформацию методов и приемов, применяемых при обучении обучающихся с особыми образовательными потребностями, в частности детей с нарушениями слуха. В ходе исследования проведена работа по поддержке и продвижению инновационных технологий, применяемых детьми с нарушениями слуха в целях повышения качества их образования с учетом особенностей обучения в инклюзивной среде. В результате исследования был предложен алгоритм разработки обучающего мобильного приложения, направленного на то, чтобы позволить обучающимся с нарушениями слуха полноценно интегрироваться в учебный процесс. Также предложены удобные решения для определения содержания образования, предоставления контента приложения, используемого при обучении детей с нарушениями слуха.

*Ключевые слова:* инклюзивное образование, дети с нарушениями слуха, обучающие мобильные приложения, контент мобильного приложения, метод каскада.

**G.I. Salgarayeva<sup>1</sup>, A.S. Makhanova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

## **METHODS OF DEVELOPING A MOBILE APPLICATION FOR HEARING IMPAIRED CHILDREN**

### *Abstract*

The article explores the use of the cascade method to create a mobile application for hearing impaired children and the main stages of development. The process of developing special education in our society is carried out separately from general education organizations. This, in turn, has a significant impact on the

transformation of methods and techniques used in teaching students with special educational needs, in particular children with hearing impairments. During the study, work was carried out to support and promote innovative technologies used by children with hearing impairments in order to improve the quality of their education, taking into account the peculiarities of learning in an inclusive environment. As a result of the research, an algorithm was proposed for the development of a educational mobile application aimed at allowing students with hearing impairments to fully integrate into the learning process. Convenient solutions were also proposed for determining the content of education, providing the content of the application used in teaching children with hearing impairments.

*Keywords:* inclusive education, children with hearing impairments, educational mobile applications, mobile application content, cascade method.

## **Кіріспе**

Баланың қоршаған әлемді тану мүмкіндіктерін анықтайтын психофизикалық даму негіздері ерте жасынан қалыптасады. Баланың кішкентай кезінде есту қабілетінің зақымдануы оның толыққанды даму барысына қатты әсер етеді және екінші дәрежелі бұзылуларға, атап айтқанда сөйлеу, ойлау және жалпы танымдық белсенділіктің бұзылуына алып келеді [1]. Есту қабілеті зақымданған балаларды оқыту процесінде нашар еститін немесе естімейтін мектеп жасына дейінгі балалар мен мектеп жасындағы білім алушыларды жалпы дамыту, түзету жұмыстарын оңтайландыру мақсатында әзірленген дәстүрлі компьютерлік программалар мен мамандандырылған программалар кеңінен қолданылады. Цифрлық технологияларды білім беруде қолдану оқу процесін оңтайландыруға ықпал етеді, сонымен қатар ол есту қабілеті зақымданған немесе нашар еститін балаларға сараланған тәсілді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Цифрлық технологиялар есту қабілеті зақымданған білім алушыларды дәстүрлі оқыту барысында қолжетімді бола бермейтін ақпараттарды толық пайдалануына мүмкіндік береді [2]. Сонымен қатар цифрлық технологиялар оқу жұмысының сапасына, есту қабілеті нашар баланың жеке қалыптасуына әсер ететін ілімнің оң мотивациясын қалыптастыруына ықпалын тигізеді. А. Ibrahimkulov, К. Khalikova, А. Yerimbetova және К. Gromaszek (2022) өз еңбектерінде цифрлық білім беру әдістері цифрлық технологиялар, құралдар мен ресурстарды пайдаланумен байланысты мәселелерді шешуге бағытталғандығын зерттеп, нәтижесінде есту қабілеті зақымданған білім алушылардың цифрлық сауаттылығының даму деңгейін бағалауға мүмкіндік беретін цифрлық сауаттылық компоненттерінің моделін әзірлеген [3].

Заманауи цифрлық технологиялардың білім беру процесіне жағымды әсерін ескере отырып, көптеген педагогтар оларды өздерінің әдістемелік жүйесіне кеңінен енгізуге дайын. Ерекше балаларды оқыту арнайы білім беру стандарттары шеңберінде айқындалған жағдайларды және қарапайым балалармен тең білім алу мүмкіндіктерін қамтамасыз ететін арнайы түзету-дамыту ортасын, яғни инклюзивті ортаны құруды көздейді.

Осыған байланысты есту қабілеті зақымданған білім алушылардың сөйлеу дағдыларын қалыптастыру процесінде қазіргі жағдайда сараланған тәсілді жүзеге асыруды жетілдіру қажеттілігі туындайды. Аталған қажеттіліктің орнын толтыруда мобильді технологиялар бірқатар мүмкіндіктер ұсынады. Оқытудың әдеттегі техникалық құралдарынан мобильді технологиялардың айырмашылығы – білім алушыны көптеген дайын, тиісті түрде ұйымдастырылған біліммен қамтамасыз етіп қана қоймай, сонымен қатар оқушылардың интеллектуалды, шығармашылық қабілеттерін, жаңа білімді өз бетінше игеру, әр баланың жеке ерекшеліктерін ескере отырып, әртүрлі ақпарат көздерімен жұмыс істеу қабілетін дамытуға мүмкіндік береді. Мобильді технологиялардың мұғалімге ұсынатын артықшылықтарының қатарына ұсынылған білімді саралауға мүмкіндік беруін, сабақтағы материалды игертуге аз уақытты қажет ететіндігін жатқызуға болады.

Есту қабілеті зақымданған білім алушылардың сөйлеу дағдыларын дамыту процесіне мобильді технологияларды енгізу оқу процесін жандандыруға, сабақ барысында білім алушылардың белсенділіктерін, қабылданатын ақпарат көлемін және оқушылардың өз беттерінше жұмыс жасау дағдыларын арттыруға мүмкіндік береді [4].

Бұл зерттеу жұмысы есту қабілеті зақымданған білім алушыларға арналған үйретуші мобильді қосымша мазмұнын анықтауды және оқу процесіне енгізу арқылы оқыту сапасын арттыруды мақсат етеді. Аталған мақсатты жүзеге асыруда есту қабілеті зақымданған білім алушылардың танымдық дағдыларын дамытуға бағытталған үйретуші мобильді қосымшаларды оқу процесіне енгізу бойынша әдебиеттерге шолу жұмыстары жүргізілді.

Қазіргі таңда үй жағдайында немесе білім беру мекемелерінде цифрлық электронды кітаптар (eBooks), ұялы телефон мен планшет секілді технологияларды оқу мақсатында қолдану жиі кездеседі. Бұл технологиялардың білім алушылардың танымдық сауаттылықтарын арттыруға оң әсерінің бар екендігі анықталған [5]. Алайда зерттеушілер білім беру мақсатында қолданылатын мобильді қосымшаларының дизайны жан-жақты ойластырылуы керек деп санайды. Әсіресе бұл жағдайда есту қабілеті нашар білім алушылар үшін қосымша алаңдаушылық пен көңіл бөлуге ықпал ететін дизайн кемшіліктерін азайтуға баса назар аударылу керек. N. Ostashevski мен D. Reid (2010) мобильді құрылғылар шағын мақсатты жүзеге асыруға арналған мультимедиялық оқу мазмұнын құруды және оны оқу процесіне енгізуді жеңілдетеді деп санайды [6]. G. Ng'ethe, E. Blake және M. Glaser (2015) есту қабілеті зақымданған білім алушыларға компьютерлік сауаттылықты оқыту программасының прототипін жасады. Бұл программа мазмұнды ым-ишара тіліндегі бейнелер арқылы жеткізеді [7]. Зерттеушілер O. Dönmez, F. Yaman, Y. Şahin және Kabakçı Yurdakul технологияларды ұтымды біріктіру үшін маңызды оқу материалдарын жобалау, әзірлеу және пайдалану процедураларын ұсынды. Зерттеу жұмысының мақсаты – есту қабілеті зақымданған білім алушылардың сауаттылығын арттыруға бағытталған үйретуші мобильді қосымшаларды әзірлеу, қолданушы функцияларын оңтайландыру және білім алушылардың білімдерін бағалау бойынша зерттеулерді сипаттауға бағытталған [8]. Есту қабілеті зақымданған білім алушылар есту қабілеті және тілдік немесе сауаттылық дағдыларын игеру тәсілдері бойынша айтарлықтай ерекшеленеді [9]. Олар ұсынылған көрнекі материалдар, оның ішінде аудио, визуалды немесе осы тәсілдердің жиынтығынан өздеріне қажетті ақпаратты меңгере алады [10]. S.I. Herrera, C. Manresa-Yee және C.V. Sanz (2023) өз еңбектерінде есту қабілеті нашар білім алушылардың оқу және есту қабілетін жаттықтыру үшін пайдаланылатын мобильді қосымшаларға шолу жасаған. Зерттеу барысында мобильді қосымшалар технологиялық, педагогикалық тұрғыдан қарастырылып, нәтижесінде есту қабілеті нашар білім алушылардың тілін дамытуға ықпал ететін үйретуші қосымшалардың тапшылығы, сонымен қатар, болашақ мобильді қосымшаларды жобалау кезінде ескерілуі мүмкін кейбір аспектілер, мысалы, кеңейтілген шындыққа негізделген визуалды интерфейстердің болмауы анықталды [11]. Бұл зерттеу жұмысы зерттеушілер мен әзірлеушілер есту қабілеті нашар балаларға арналған контекстік мобильді оқыту саласында бірлесіп жұмыс істеуіне мүмкіндік беретін жаңа саланы ашады. A. Boza-Chua мен L. Andrade-Agenas (2022) өз зерттеу жұмыстарын есту қабілеті нашар оқушылардың білім алуына ықпал ететін мобильді қосымшаларды іске асыруға және білім беру сапасын жақсарту мақсатында оқыту процесіне енгізуге бағыттайды [12]. A. Qureshi мен N. Qureshi (2021) өз еңбектерінде Mobile-D әдістемесі арқылы ым-ишара тілін оңай үйрену үшін кеңейтілген шындыққа негізделіп әзірленген мобильді қосымшаларын сипаттайды [13]. Аталған авторлар өнімділік нәтижелеріне негізделген бақылауды орындау үшін 30 адамнан тұратын үлгіні пайдаланып, нәтижесінде өздерінің ғылыми-зерттеу жұмыстарында әзірленген мобильді қосымшаның ым-ишара тілін үйрену уақытын қысқарта алды деген қорытындыға келген. Дегенмен, әзірленген мобильді қосымша инклюзивті немесе интерактивті оқытуға емес, тек қана аудармаға бағытталғандықтан, білім беру процесінде қолдануға келмейді. Осыған ұқсас, есту қабілеті нашар білім алушылар үшін ым-ишара тіліне арналған цифрлық орфографиялық жүйені дамытуға бағытталған зерттеу жұмысы бар [14]. Бұл жұмыста ерекше білім беруді қажет ететін білім алушыға қажетті ақпараты бар мәтіннің абзацын енгізу арқылы ым-ишара тіліндегі бейнесін көрсететін жүйе сипатталады. Зерттеу нәтижесінде программалық камтаманың өміршеңдігіне және мақсатты аудитория, яғни есту қабілеті зақымданған білім

алушылар үшін интерфейсінің тартымдылығына қатысты кемшіліктер анықталған. S. DeForte бастаған ғалымдар тобы *Hear Me Read* мобильді қосымшасын әзірлеген. Қосымшада есту қабілеті нашар балалардың сөйлеу, тілдік дағдылары мен сауаттылықтарын дамытуға арналған терапевтік құрал ретінде кеңейтілген цифрлық әңгімелері қолданылады [15]. Қосымшада келтірілген терапевт және ата-ана режимдері логопедке, ата-анаға немесе балаға жоғары сапалы иллюстрацияланған цифрлық әңгімелерді таңдауға, көптеген сөйлеу және тілдік мақсаттар үшін цифрлық оқиғаларды өзгертуге және жеке сөйлеу, тілдік мақсаттарға жету үшін психотерапевт әңгімелерін баптауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, «Менің оқығанымды тыңдау» функциясы мұғалімді білім алушымен өзара әрекеттесудің негізгі серіктесі етеді, соның арқасында мұғалім баланың көруі және тыңдауы үшін бейне, аудио жаза алады.

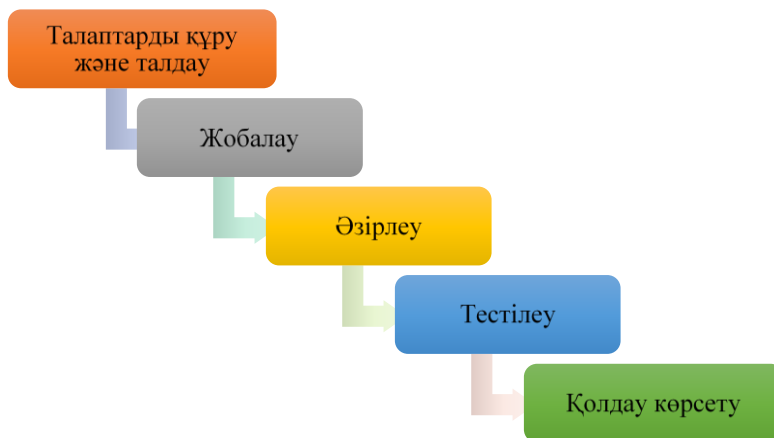
Қырғыз Республикасының «Техноленд» қоғамдық қорының программистері есту қабілеті нашар балаларға арналған «Dilgirim» екі тілді (қырғыз, орыс) мобильді қосымшасын әзірлеген [16]. Аталған мобильді қосымша арнайы жалпы білім беретін мектеп-интернатының әдістемелік кеңесі әзірлеген «Дилгир-1» оқулығына қосымша болып табылады. Үйретуші мобильді қосымша көмегімен білім алушылар қарым-қатынас дағдыларын, оның ішінде сыртқы әлеммен байланыстарын жетілдіре алады. Білім алушылар сөздіктерді тез үйрену үшін қосымшада сөздер суреттермен және дактилдермен бірге берілген, бұл өз кезегінде балалардың есту қабілетін жаттықтыру үшін маңызды. Қосымшада бірнеше негізгі бөлімдер қамтылған, олар әртүрлі тақырыптағы флэш-карталар, тақырыпты меңгеру нәтижесін тексеруге арналған интерактивті ойындар, берілген сөздерді дыбыстық сүйемелдеу. Аталған қосымша автономды режимде жұмыс жасайды, интернетті қажет етпейді, білім алушылар үйде өткен тақырыпты бекіту үшін де қолдана алады. Мобильді қосымшадағы интерактивті ойындар әр тақырып бойынша есту қабілеті нашар білім алушылардың шеберлік деңгейін жаттықтыруға, тексеруге көмектеседі. «Dilgirim» мобильді қосымшасы үшін әзірленетін инновациялық оқу материалдарын жасауға мектеп мұғалімдері, шығармашылық орталық мамандары, университет профессорлары мен IT мамандары жұмылдырылған.

Қарастырылған жұмыстар есту қабілеті зақымданған білім алушыларға білім беруде қолданылатын үйретуші мобильді қосымшалардың инклюзивтілігін арттыруға, әсіресе білім беру процесіне әсер ететін іргелі проблемалар үшін технологиялық дамудың жақсаруына қолдау көрсету және көмектесу мақсатында жүргізілген. Әдебиеттерді талдау нәтижесі есту қабілеті зақымданған немесе нашар еститін білім алушылар арасындағы бетпе-бет қарым-қатынасты жеңілдетуге арналған үйретуші қосымшаларды жасау, дамыту қажеттігін көрсетті. Осы бөлімдегі біздің мақсатымыз – есту қабілеті зақымданған білім алушылар тарапынан пайдаланушы негізінде олардың қажеттіліктері мен үміттерін, сондай-ақ мобильді қосымшаларды есту қабілеті зақымданған білім алушылардың қолдануына ыңғайлы ету үшін жүзеге асыру керек қажетті амалдарды анықтау болды. Зерттеу нәтижелері мобильді қосымшаны әзірлеу процесін негіздеуге және қосымша интерфейсін мен оның функционалдылығын жақсартуға пайдаланылды.

### **Зерттеу әдіснамасы**

Есту қабілеті зақымданған білім алушыларға арналған үйретуші мобильді қосымшаны жүзеге асыруда каскад әдісін қолданылды. Каскад әдісі - бұл программалық өнімнің өмірлік циклінің классикалық моделі болып табылады. Бұл әдіс бойынша мобильді қосымшаны жүзеге асырудың нақты уақыт кестесі қойылып, техникалық тапсырмалар анықталады. Мобильді қосымшаны жасау кезеңдері дәйекті түрде жүзеге асырылады және мұнда әрбір кезең бір-бірімен байланысты, яғни бірінші кезең аяқталғаннан кейін ғана екінші кезең басталады. Каскад әдісі бойынша мобильді қосымшаны құру негізгі 5 кезеңнен тұрады (сурет 1). Зерттеу жұмысын жүзеге асыру барысында мобильді қосымша макетін, құрылымын, контентін анықтау үшін сауалнама құрылды.

Сауалнамаға есту қабілеті төмен балаларға арналған арнайы (түзету) мектеп-интернатының 5-8 сынып оқушылары (жалпы саны – 20), олардың ата-аналары (жалпы саны – 20) және сабақты жүргізетін мұғалімдер (жалпы саны – 5) ерікті түрде қатысты.



Сурет 1. Каскад әдіснамасының негізгі кезеңдері

**1 кезең – Талаптарды құру және талдау.** Бұл кезеңнің негізгі мақсаты – мобильді қосымша көмегімен ым-ишара тілін қолдану арқылы білім алушыларды біріктіру үшін барлық оқушылардың ыңғайлылығын қамтамасыз ету. Сауалнамада көрсетілген респонденттер жауаптары талданып, болашақ қолданушылар ұсынған мобильді қосымша прототипі мен функционалдығына қатысты төмендегідей талаптар іріктеліп алынды:

1. Оқушы немесе ата-ана, мұғалім үшін мобильді қосымшамен жұмыс еш қиындықсыз өзара әрекеттесе алатындай, пайдалануы қарапайым және оңай болуы қажет;
2. Мобильді қосымшада модульдермен бөлінген әртүрлі тақырыптар қарастырылып, пайдаланушы қажетіне қарай ым-ишара тілімен қолдау жасалуы керек;
3. Мобильді қосымша әр модульді меңгеру процесінде қолданылатын қиындық деңгейін таңдау мүмкіндігін ұсыну керек, сонда пайдаланушы мобильді қосымшаны өзінің білім деңгейіне сәйкес бейімдеу мүмкіндігіне ие бола алады;
4. Мобильді қосымшада интерактивті сұрақтардың бірнеше түрі қарастырылуы керек, сол кезде пайдаланушы білім беру процесінде өзін-өзі басқара алады;
5. Мобильді қосымшада тапсырмаларды, тесттерді орындау мүмкіндігі қарастырылуы керек, ол пайдаланушының таңдалған тақырыпқа сәйкес меңгерген білімін бағалауға көмектеседі.

**2 кезең – Жобалау.** Бұл кезең болашақ мобильді қосымша интерфейсінің макеттерін, сондай-ақ программалық жасақтама талаптарының толық сипаттамасын қамтиды. Сыртқы дизайн білім алушы мен мұғалімнің, ата-ананың мобильді қосымшаны пайдалану ыңғайлылығына бағыттталып жасалуы қажет. Мұнда мұғалімдер білім алушының есту қабілеті нашар немесе жақсы екендігіне қарамастан, оқушылардың мобильді қосымшамен ақпарат алмасуын және өзара әрекеттесуіне назар аударуы өте маңызды, өйткені біздің мақсатымыз – барлық оқушыларды ым-ишара тіліне біріктіру және барлық білім алушының бірлесіп жұмыс істеуіне ықпал ету.

**3 кезең – Әзірлеу.** Мобильді қосымшаны әзірлеу кезеңі интерактивті прототипті құруды қамтиды, ол негізінен болашақ қосымшаның негізі болып табылады. Бұл кезеңде соңғы өнімнің қалай жұмыс істейтіні туралы жалпы түсінік беру үшін батырмалар мен қарапайым элементтердің программалық коды жазылады.

**4 кезең – Тестілеу.** Әзірлеу кезеңі аяқталғаннан кейін өнім белгіленген талаптарға сай екендігіне көз жеткізу үшін мұқият тексеруден өтуі керек. Тестілеу кезеңінде пайдаланушы, біздің жағдайымызда есту қабілеті зақымданған білім алушылар, мұғалімдер әзірленген

мобильді қосымшыда келтірілген бөлімдерді, әр бөлімде келтірілген ақпараттар, интерактивті тапсырмалар, бағалау элементтерінің функционалдылығын, қолдану ыңғайлылығын, оқу процесіне енгізу тиімділігі мен нәтиже өнімділігін тексереді.

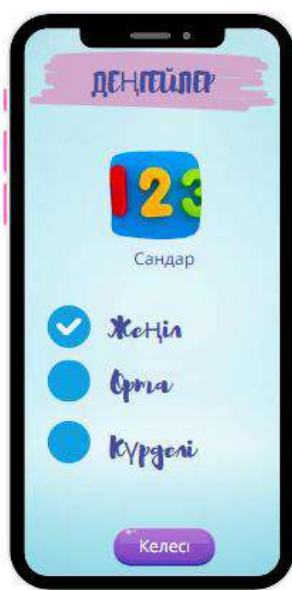
**5 кезең – Қолдау көрсету.** Мобильді қосымша тестілеуден өткеннен кейін программалық өнімді әзірлеудің өмірлік циклінің келесі кезеңі басталады, оны қолдау көрсету немесе сүйемелдеу деп те атайды. Қолдау көрсету осы кезеңде кездесетін ұсақ қателерді түзетуді білдіреді.

### Зерттеу нәтижелері

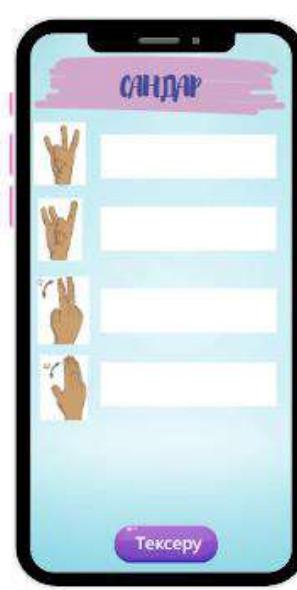
Есту қабілеті зақымданған білім алушыларға арналған мобильді қосымша прототиптері мен функционалдылығы мобильді қосымшаны жүзеге асырудың «Талаптарды құру және талдау» кезеңінде талданған талаптар негізінде жасалды. Мобильді қосымша прототипін жүзеге асыруда оның интерфейсінің қарапайымдылығы басты назарға алынды. Мобильді қосымша бірнеше тақырыптарды қамтиды, атап айтқанда ым-ишара тілі, сандар, отбасыға қатысты негізгі сөздер, түстер, жемістер мен жануарлар атауларын үйрену (сурет 2). Ұсынылған тақырыптардың бірі таңдалғаннан кейін, сол бөлімге қатысты материалдар ашылады. Әрбір бөлімде үш түрлі – жеңіл, орта, күрделі деңгей қарастырылған (сурет 3). Таңдалған деңгейге байланысты интерактивті бекіту тапсырмалары ашылады, қолданушы өз жауаптарын тексереді (сурет 4).



Сурет 2.  
Тақырыптар беті



Сурет 3.  
Деңгей таңдау



Сурет 4.  
Интерактивті тапсырмалар

### Дискуссия

Мобильді қосымшаны жүзеге асырудың «Талаптарды құру және талдау» атты 1-кезеңіне қатысқан қолданушылар болашақ қосымша макетін, оның ішінде қамтылған тақырыптар мен тапсырмалар мазмұнын бағалауға қатысты.

Бағалаудың мақсаты – жинақталған ақпаратқа кері байланыс беру және мобильді қосымша мен оны пайдаланушылардың ыңғайлылығына қатысты болашақтағы жаңартуларды жақсарту үшін пайдалану болып табылады. Мобильді қосымшаны бағалаудағы 5 критерий жоғарыда анықталған талаптар бойынша құрылды. Балл қою критерийлері – өте жақсы (5), жақсы (4), қанағаттанарлық (3), қанағаттанарлықсыз (2) (5-сурет).

«Өте жақсы» деп жауап берген қолданушылардың жауаптарына талдау жасай келе, талаптар бойынша анықталған критерийлердің барлығы 70% - дан жоғары, атап айтқанда интерфейсінің қарапайымдылығы – 75,6%, қолдану деңгейі – 80%, тапсырмалардың

күрделілік деңгейіне сәйкестігі – 71,1%, интерактивті тапсырмалар мазмұны – 82,2%, кері байланыс – 77,8% құрайды.

Мобильді қосымшаны бағалау



Сурет 5. Мобильді қосымшаны бағалау нәтижелері

Мобильді қосымша прототипін бағалауда «Жақсы» деп жауап берген қолданушылар жауабына сәйкес, интерфейсінің қарапайымдылығы – 20%, қолдану деңгейі – 15%, тапсырмалардың күрделілік деңгейіне сәйкестігі – 22,5%, интерактивті тапсырмалар мазмұны мен кері байланыс – 17,5, % құрайды.

Мобильді қосымшаның прототипі бойынша интерфейсінің қарапайымдылығы, қолдану деңгейі, тапсырмалардың күрделілік деңгейіне сәйкестігі мен интерактивті тапсырмалар мазмұны бөлімдеріне сәйкес «Қанағаттанарлық» критерийін таңдаған қолданушылар небәрі 5%, ал кері байланысқа қатысты 10% құрайды.

Мобильді қосымшада ұсынылған тапсырмалардың күрделілік деңгейіне сәйкестігі бойынша сауалнамаға қатысқан 2 қолданушының ұсыныстары болашақ мобильді қосымшаны нақты жүзеге асыруда ескеріледі (1-кесте).

Кесте 1. Ұсынылған тапсырмалардың күрделілік деңгейіне сәйкестігі бойынша сауалнама нәтижелері

Критерийлер	Өте - жақсы (5)	Жақсы (4)	Қанағаттанарлық (3)	Қанағаттанарлықсыз (2)
Интерфейсінің қарапайымдылығы	35	8	2	
Қолдану деңгейі	37	6	2	
Тапсырмалардың күрделілік деңгейіне сәйкестігі	32	9	2	2
Интерактивті тапсырмалар мазмұны	36	7	2	
Кері байланыс	34	7	4	

**Қорытынды**

Қорыта келгенде, есту қабілеті зақымданған білім алушыларды оқыту процесінде үйретуші мобильді қосымшаларды қолдану олардың танымдық білімдерін дамытуға, бейнелеу іс-әрекетінің жетілдіруге мүмкіндік береді. Зерттеу барысында қолданылған каскад әдісі мобильді қосымшаны жүзеге асыруға қойылатын талаптар анықтауға мүмкіндік береді және жүзеге асырылатын міндеттерді нақты қойған жағдайда өз нәтижесін береді деп айтуға



болады. Зерттеу жұмысын жүзеге асыруда құрастырылған мобильді қосымшаның дизайны мен мазмұны инклюзивті әлеуметтік даму үшін, атап айтқанда, есту қабілеті зақымданған балаларды оқыту, мұғалімдерді әдістемелік цифрлық құралдармен қамтамасыз ету, арнайы мамандар қызметін ақылы пайдалануды алмастыру сияқты бірқатар артықшылықтарды ұсынады. Жүргізілген зерттеу жұмысының нәтижесінде инклюзивті білім беруде, оның ішінде есту қабілеті зақымданған білім алушыларды оқытуда мобильді технологияларды қолдану әр бала үшін жаңа білім мен дағдыларды, оқу іс-әрекетінің элементтерін қалыптастыруды оңтайландыруға мүмкіндік беретін жеке қарым-қатынас формасын құруға ықпал етеді деген қорытынды жасауға болады.

### Алғыс

Бұл зерттеу AP19679272 «Есту қабілеті зақымданған балаларға инклюзивті білім беру үшін үйретуші мобильді қосымшалар әзірлеу» атты жобаны іске асыру шеңберінде орындалған.

### Пайдаланылған дереккөздер тізімі

[1] Асембекова С.А., Баймуратова А.Т. Программа слухоречевой (педагогической) реабилитации детей раннего возраста с нарушенным слухом. – Алматы, 2014. – 114 с.

[2] Багрова И. Г. и др. Сурдопедагогика: учебник для студ. высш. пед. учеб. Заведений. – М. : ВЛАДОС, 2004. – 655 с.

[3] Aibek Ibraimkulov, Kulira Khalikova, Aigerim Yerimbetova, Konrad Gromaszek. Enhancement of Digital Literacy of Students with Disabilities// *European Journal of Contemporary Education*. 2022. 11(2): 388-407. DOI: <http://dx.doi.org/10.13187/ejced.2022.2.388>

[4] G. Salgarayeva, G. Iliysova, A. Makhanova, R. Abdrayimov. The Effects of Using Digital Game Based Learning in Primary Classes with Inclusive Education. *European Journal of Contemporary Education* 2021. 10(2). p. 450-461. DOI: 10.13187/ejced.2021.2.450

[5] Hirsh-Pasek K, Zosh JM, Golinkoff RM, Gray JH, Robb MB, Kaufman J. Putting education in 'educational' apps: lessons from the science of learning. *Psychol Sci Public Interest* 2015 May;16(1):3-34. DOI: 10.1177/1529100615569721

[6] Ostashewski, N., & Reid, D. (2010). iPod, iPhone, and now iPad: The Evolution of Multimedia Access in a Mobile Teaching Context. In *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*. p. 2862-2864.

[7] Ng'ethe, G. G., Blake, E. H., & Glaser, M. (2015). SignSupport: A mobile aid for deaf people learning computer literacy skills. In *Proceedings of the 7th international conference on computer supported education (CSEDU-2015)*. p. 501-511.

[8] Dönmez, O., Yaman, F., Şahin, Y. L., & Kabakçı Yurdakul, I. (2016). İşitme engelli öğrenciler için mobil uygulama geliştirme süreci: Çarkifelek örneği. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 6(1). p. 22-41.

[9] Runnion E, Gray S. What clinicians need to know about early literacy development in children with hearing loss. *Lang Speech Hear Serv Sch* 2019 Jan 28;50(1):16-33. DOI: 10.1044/2018\_LSHSS-18-0015

[10] A.G. Bell. Association for the Deaf and Hard of Hearing. Washington DC: AG Bell; 2019. *Evaluating Communications Options for Your Child*. [Электронный ресурс]: - URL: <https://www.agbell.org/Families/Communication-Options> (дата обращения 2023-11-20)

[11] Herrera, S.I., Manresa-Yee, C. & Sanz, C.V. Mobile learning for hearing-impaired children: Review and analysis. *Univ Access Inf Soc* 22, 635–653 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00841-z>

[12] Boza-Chua, A. ., & Andrade-Arenas, L. . (2022). Inclusive Education: Mobile App for Students with Hearing Impairment. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 16(18), pp. 78–93. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i18.33857>

[13] Qureshi, A., & Qureshi, N. (2021). Challenges and issues of STEM education. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 1(2), 146-161. <https://doi.org/10.25082/AM-LER.2021.02.009>

[14] M. Cabanillas-Carbonell, P. Cusi-Ruiz, D. Prudencio-Galvez, and J. L. Herrera Salazar, "Mobile Application with Augmented Reality to Improve the Process of Learning Sign Language," *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, vol. 16, no. 11, pp. 51–64, Jun. 2022 <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i11.29717>

[15] DeForte, S., Sezgin, E., Huefner, J., Lucius, S., Luna, J., Satyapriya, A. A., & Malhotra, P. (2020). Usability of a Mobile App for Improving Literacy in Children With Hearing Impairment: Focus Group Study. *JMIR human factors*, 7(2), e16310. <https://doi.org/10.2196/16310>

[16] «Dilgir» mobile app for hearing-impaired children. [Электронный ресурс]: - URL: <https://www.undp.org/kyrgyzstan/news/«dilgir»-mobile-app-hearing-impaired-children-what-it-about> (дата обращения 2023-12-12)

#### References

[1] Asembekova S.A., Baimuratova A.T. (2014) *Programma slukhorechevoi (pedagogicheskoi) reabilitatsii detei rannego vozrasta s narushennym slukhom* [The program of auditory-speech (pedagogical) rehabilitation of young children with impaired hearing]. Almaty. 114 p. (in Russian)

[2] I. G. Bagrova et. al. (2004) *Surdopedagogika: uchebnik dlia stud. vyssh. ped. ucheb. Zavedenii* [Sign language teaching: a textbook for students of higher pedagogical educational institutions]. M. : VLADOS. 655 p. (in Russian)

[3] Aibek Ibraimkulov, Kulira Khalikova, Aigerim Yerimbetova, Konrad Gromaszek. (2022) Enhancement of Digital Literacy of Students with Disabilities// *European Journal of Contemporary Education*. 11(2): 388-407. DOI: <http://dx.doi.org/10.13187/ejced.2022.2.388>

[4] G. Salgarayeva, G. Ilyasova, A. Makhanova, R. Abdrayimov. (2021) *The Effects of Using Digital Game Based Learning in Primary Classes with Inclusive Education*. *European Journal of Contemporary Education*. 10(2). p. 450-461. DOI: 10.13187/ejced.2021.2.450

[5] Hirsh-Pasek K, Zosh JM, Golinkoff RM, Gray JH, Robb MB, Kaufman J. (2015) Putting education in 'educational' apps: lessons from the science of learning. *Psychol Sci Public Interest* 2015 May;16(1):3-34. DOI: 10.1177/1529100615569721

[6] Ostashewski, N., & Reid, D. (2010). iPod, iPhone, and now iPad: The Evolution of Multimedia Access in a Mobile Teaching Context. In *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*. p. 2862-2864.

[7] Ng'ethe, G. G., Blake, E. H., & Glaser, M. (2015). SignSupport: A mobile aid for deaf people learning computer literacy skills. In *Proceedings of the 7th international conference on computer supported education (CSEDU-2015)*. p. 501-511.

[8] Dönmez, O., Yaman, F., Şahin, Y. L., & Kabakçı Yurdakul, I. (2016). İşitme engelli öğrenciler için mobil uygulama geliştirme süreci: Çarkıfelek örneği. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 6(1). p. 22-41.

[9] Runnion E, Gray S. (2019) What clinicians need to know about early literacy development in children with hearing loss. *Lang Speech Hear Serv Sch*, 28;50(1):16-33. DOI: 10.1044/2018\_LSHSS-18-0015

[10] A.G. Bell. Association for the Deaf and Hard of Hearing. Washington DC: AG Bell; 2019. *Evaluating Communications Options for Your Child*. [Electronic resource]: URL: <https://www.agbell.org/Families/Communication-Options> (accessed 2023-11-20)

[11] Herrera, S.I., Manresa-Yee, C. & Sanz, C.V. (2023) Mobile learning for hearing-impaired children: Review and analysis. *Univ Access Inf Soc* 22, 635–653. <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00841-z>

[12] Boza-Chua, A., & Andrade-Arenas, L. (2022). Inclusive Education: Mobile App for Students with Hearing Impairment. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 16(18), pp. 78–93. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i18.33857>

[13] Qureshi, A., & Qureshi, N. (2021). Challenges and issues of STEM education. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 1(2), 146-161. <https://doi.org/10.25082/AM-LER.2021.02.009>

[14] M. Cabanillas-Carbonell, P. Cusi-Ruiz, D. Prudencio-Galvez, and J. L. Herrera Salazar, (2022) "Mobile Application with Augmented Reality to Improve the Process of Learning Sign Language," *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, vol. 16, no. 11, pp. 51–64, <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i11.29717>

[15] DeForte, S., Sezgin, E., Huefner, J., Lucius, S., Luna, J., Satyapriya, A. A., & Malhotra, P. (2020). Usability of a Mobile App for Improving Literacy in Children With Hearing Impairment: Focus Group Study. *JMIR human factors*, 7(2), e16310. <https://doi.org/10.2196/16310>

[16] «Dilgir» mobile app for hearing-impaired children. [Electronic resource]: - URL: <https://www.undp.org/kyrgyzstan/news/«dilgir»-mobile-app-hearing-impaired-children-what-it-about> (accessed 2023-12-12)

**И.Т. Сәлғожа<sup>1\*</sup>, Т. Тойшыбек<sup>1</sup>, Ш.Н. Шекербаева<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>№15 гимназия, Алматы қ., Қазақстан

\*e-mail: indi\_s@mail.ru

## **ИНФОРМАТИКАДАН СЫНЫПТАН ТЫС ЖҰМЫСТАРДА ОҚУШЫЛАРДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚҰЗЫРЛЫЛЫҒЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ**

### *Аңдатпа*

Мақала қазіргі заманғы білім беруді ақпараттандыру жағдайында оқушылардың ақпараттық құзырлығын бағалау тақырыбына арналған. Ақпараттық құзырлық цифрлық қоғамға сәтті бейімделудің негізгі аспектісі және оқушылардың тұлғалық дамуы үшін өте маңызды. Зерттеудің мақсаты – информатикадан сыныптан тыс жұмыстар аясында оқушылардың ақпараттық құзырлық деңгейін анықтау әдістемесін әзірлеу және қолдану, сонымен қатар оның деңгейіне әсер ететін факторларды анықтау. Зерттеу әдістемесі ағымдағы әдебиеттерді талдауды, түпнұсқалық тесттер мен сауалнамаларды құру және тестілеуді, сондай-ақ жиналған деректерді статистикалық талдауды қамтиды. Зерттеу нәтижелері оқушылардың ақпараттық құзырлығын қалыптастырудің әртүрлі аспектілерін, соның ішінде ақпаратпен жұмыс істеу дағдыларының деңгейін, дереккөздердің сенімділігін бағалауды, деректерді талдау және ақпараттық мәселелерді шешу қабілетін анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеу ақпараттық құзырлықты қалыптастыру мен бағалауда информатика пәні мен сыныптан тыс жұмыстарға интеграциялаудың маңыздылығын көрсетеді. Сондай-ақ ол оқушылардың ақпараттық құзырлығын нығайтуға бағытталған білім беру стратегияларын одан әрі зерттеу және әзірлеу үшін негіз бола алады. Зерттеу мақаласы білім беру және ақпараттық құзырлықты зерттеу саласына және оқушыларды цифрлық дәуірге дайындауға елеулі үлес қосады.

*Түйін сөздер:* құзырлық, ақпараттық құзырлық, сыныптан тыс жұмыстар, информатика, білім беру, ақпараттық құзырлықты бағалау.

**И.Т. Сәлғожа<sup>1</sup>, Т. Тойшыбек<sup>1</sup>, Ш.Н. Шекербаева<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>№15 гимназия, г.Алматы, Казахстан

## **ФОРМИРОВАНИЕ И ОЦЕНИВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧАЩИХСЯ ВО ВНЕКЛАССНОЙ РАБОТЕ ПО ИНФОРМАТИКЕ**

### *Аннотация*

Научная статья представляет важный вклад в область образования и информационной компетентности, а также способствует более эффективной подготовке учащихся к вызовам цифровой эпохи. Статья рассматривает актуальную тему оценки информационной компетентности учащихся в условиях современной образовательной инфраструктуры. Информационная компетентность становится ключевым элементом успешной адаптации к цифровому обществу и важна для личного развития учащихся. Исследование направлено на создание и применение методики для оценки уровня информационной компетентности, а также выявление факторов, влияющих на этот уровень вне учебного процесса по информатике. Методология включает анализ литературы, разработку тестов и опросников, а также статистический анализ данных. Результаты позволяют выявить различные аспекты информационной компетентности, включая навыки работы с информацией, оценку достоверности источников, анализ данных и решение информационных задач. Исследование подчеркивает важность интеграции информационной компетентности в учебные программы и внеклассные занятия по информатике, что может служить основой для будущих стратегий развития этой компетенции учащихся. Статья вносит важный вклад в область образования и информационной компетентности, способствуя лучшей подготовке учащихся к вызовам цифровой эпохи.

*Ключевые слова:* компетентность, информационная компетентность, внеклассная работа, информатика, образование, оценка информационной компетентности.

I.T. Salgozha<sup>1</sup>, T. Toishybek<sup>1</sup>, Sh.N. Shekerbaeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kazakh National Pedagogical University named after Abay, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>№15 gymnasium, Almaty, Kazakhstan

## FORMATION AND ASSESSMENT OF STUDENTS' INFORMATION COMPETENCIES IN EXTRA-CLASS WORK IN INFORMATION SCIENCE

### *Abstract*

The article addresses the timely topic of evaluating students' information competence in the context of modern educational informatization. Information competence is crucial for successful adaptation to a digital society and personal development. The study aimed to develop and implement a methodology to assess students' information competence, focusing on extracurricular activities in computer science. The research involved a literature analysis, creation and testing of original tests and questionnaires, and statistical data analysis. Results revealed various aspects of students' information competence, including skills in working with information, source reliability assessment, data analysis, and problem-solving. Relationships were found between information competence and factors like age, education, and technology use experience. The study emphasizes the need to integrate information competence into computer science curricula and extracurricular activities, offering a foundation for future educational strategies. Overall, the research contributes significantly to education and information competence, enhancing students' readiness for the challenges of the digital age.

*Keywords:* competence, information competence, extracurricular activities, computer science, education, assessment of information competence.

### **Кіріспе**

Қазіргі таңдағы технологиялардың, әсіресе жасанды интеллекттің қарқынды дамуы мен ақпараттың қолжетімділігі жағдайында оқушының ақпараттық құзыреттілігі өте өзекті. Цифрлық ресурстарды сыни тұрғыдан бағалау, сүзгілеу және пайдалану қабілеті өскелең ұрпақты ақпараттық қоғамда табысты бейімделуге дайындайтын білім берудің ажырамас элементі болып табылады. Ақпараттық құзыреттілік табысты оқуды қамтамасыз етіп қана қоймай, ақпараттық кеңістікке белсенді және сыни көзқарасы бар, алған білімін тәжірибеде қолдана алатын азаматтардың қалыптасуына ықпал етеді. Мұндай тұлға қалыптастыру мақсатына қол жеткізу жеке тұлғаға бағытталған білім беру моделі - құзыреттілікке негізделген тәсіл білім беру жүйесіне қазақстандық білім беру парадигмасының өзгеруіне байланысты енді, бұл әлемдік экономиканың интеграциясы мен жаһандануының жаһандық тенденциясына байланысты. Объективті өзгерген жағдайларға байланысты білім беру мекемесінің басты міндеті – адамды дүниені мәнді және шынайы қабылдауға дайындау деп есептейміз [1].

Сондықтан қазіргі заман талабына сай, бірақ сонымен бірге еліміздің мәдени мұрасымен және әлемдік мәдениетпен байланысын сақтайтын оқушылардың ақпараттық құзыреттілігін дамытуға жағдай жасау қажет. Ақпараттық қоғамда оқушылардың ақпараттық құзырлығын дамыту үшін оқу үдерісінде де, сабақтан тыс жұмыстарда да ұлттық мәдениет пен тарихты, сонымен қатар өмірінің экономикалық, экологиялық және әлеуметтік аспектілерін меңгеруге ерекше назар аудару қажет.

Білім беру үдерісінде құзіреттілікке негізделген тәсілді қолданудағы білім берудің басты мақсаты – цифрлы қоғам талаптарына жауап бере алатын: құзыретті, берілген тапсырманы нәтижелі орындауға қабілетті, үнемі өзін дамытуға ұмтылатын, топта жұмыс істей алатын және өз бетінше жауапты шешім қабылдай алатын, мобильді тұлға дайындау. Құзыреттілікке негізделген тәсіл білім берудің басым болуымен және бітірушінің әлеуетін, қабілетін анықтайтын құзыреттер кешенін меңгеруі үшін және цифрлық кеңістік жағдайында өмір сүруге жағдай жасау қажеттігін көрсетеді.

Ақпараттық технологиялар дәуірінде ақпаратпен жұмыс істеу дағдылары кез келген қызмет саласындағы маманның кәсіби табысының маңызды факторларының бірі болып табылады. Кез келген қызмет саласындағы әр маманның кәсіби жетістігі ақпараттық технология саласындағы білімі мен дағдысына тікелей байланысты. Ақпараттық құзыреттілік маманның

табысты кәсіби дамуының іргелі әмбебап негізіне айналды деп сенімді түрде айта аламыз. Осыған орай білім беру бағдарламаларына өзгерістер енгізіліп, жаңартылып, оқушыларды болашақта заман талабына сай тұлға болып қалыптасуына, алған білімдерін өз тәжірибелерінде пайдалана алу дағдыларын қалыптастыруға мемлекет тарапынан көп көңіл бөлініп, жағдай жасалуда. Ары қарай оқушылардың заманауи заман талаптарына сай болып қалыптасуы, ақпараттық құзырлылықты қалыптастыру мәселесі мектеп қабырғасынан қолға алынуы қажет. Себебі, білім беру саласында қазіргі таңдағы өте жоғары қарқында, жылдам дамып келе жатқан жасанды интеллект құралдарының білім беру жүйесіне енуі, енді оқушылардың ақпараттық құзырлылық, функционалдық сауаттылықтарымен қатар АІ (жасанды интеллект) сауаттылығын қалыптастыру қажеттілігі туындап отыр.

Ал осы АІ құралдарымен жұмыс жасауда да оқушының ақпараттық құзырлылығы өте үлкен рөл атқарады. Сұранысқа байланысты АІ көптеген ақпарат бере алады, бірақ дереккөздердің сенімділігі мен сенімділігін бағалау мүмкіндігі ақпараттық құзырлылықтың негізгі бөлігі болып қала береді. Адамдар сенімді ақпараттар мен ықтимал, күмәнді немесе объективті ақпараттарды ажырата білуі керек.

Ақпараттық құзырлылық қазіргі білім беру мен жұмыс орнының негізгі аспектісі болып табылады [2]. Қазіргі әлемде ол келесі себептерге байланысты өте өзекті:

- *цифрлық трансформация* - әлем тез цифрлануда және ақпаратқа қолжетімділік барған сайын кең таралуда. Адамдар жаңа технологияларға сәтті бейімделу үшін деректермен және ақпаратпен тиімді және сыни тұрғыдан жұмыс істей білуі керек;

- *ақпараттық шу* - интернет пен әлеуметтік медианың пайда болуымен біз ақпараттың үлкен көлеміне, соның ішінде жалған жаңалықтар мен жалған ақпаратқа тап боламыз. Ақпараттық құзырлылық адамдарға сенімді және сенімсіз ақпарат көздерін ажыратуға көмектеседі;

- *білім беру* - қазіргі білім беруде ақпараттық құзырлылық білім беру бағдарламаларының құрамдас бөлігі болып табылады. Оқушылар ақпаратты іздеуді, бағалауды, түсіндіруді және әртүрлі контексттерде қолдануды үйренуі керек;

- *жұмыс және мансап* - тұлға жаңа ақпараттық технологиялар мен талаптарға тез үйреніп, бейімделуі керек. Ақпараттық құзырлылық олардың жұмыс тапсырмаларын сәтті орындауына көмектеседі;

- *азаматтық белсенділік* - ақпараттық құзырлылық қоғамдық өмірге қатысу және саналы азаматтық шешімдер қабылдау үшін де маңызды.

Жоғарыда айтылғандар оқушының ақпараттық құзырлылығын қалыптастыру мәселесі қаншалықты маңыздылығын көрсетсе, оның оқушы бойындағы қалыптасу деңгейін бақылау мен бағалау да өте маңызды екенін айқындайды. Оқушылардың информатикадан сыныптан тыс іс-әрекеттерінде оқушылардың ақпараттық құзырлылығының қалыптасу деңгейін бағалау әдістерін зерттеу жүргізілді.

### **Зерттеу әдіснамасы**

Оқушылардың ақпараттық құзырлылығының қалыптасу деңгейін сыныптан тыс жұмыстарда бағалау үшін оқушылар мен мұғалімдер арасындар тестілеу мен сауалнамалар жүргізу арқылы мәліметтер жиналды және бақылау әдістері жүргізілді, нәтижелерді талдау қамтылды. Зерттеуде эмпирикалық зерттеу әдісі таңдалды. Эмпирикалық зерттеу – бұл тікелей тәжірибе немесе бақылау нәтижесінде алынған нақты мәліметтерді жинау мен талдауға негізделген зерттеу. Оны ұйымдастыру үшін зерттеудің мақсатын анықтау, әдістемені әзірлеу, тесттер, сауалнамалар, бақылаулар немесе эксперименттер арқылы мәліметтер жинау, содан кейін нәтижелерді талдау қажет. Мұндағы тест білімді және материалды меңгеру деңгейін өлшеуге мүмкіндік береді, ал сауалнамалар оқу үдерісіне қатысушылардың пікірлерін, көзқарастарын және қалауларын анықтауға мүмкіндік береді.

Ақпараттық құзырлылықты қалыптастыру және бағалау мәселесін зерттеушілер (В.В. Бучельников, Г.А. Крылова, З.И. Гузненко, Е.В. Иванова, Т.С. Панина И.М. Баштанар

және т.б.) еңбектеріне сүйене отырып, ақпараттық құзіреттілікті қалыптастыру критерийлерін төмен, орташа және жоғары деңгей параметрлері бойынша анықтау және ақпараттық құзырлылық құрауыштары деңгейін анықтау негізделді [3]. Зерттеудің мақсатты аудиториясы орта мектеп оқушыларынан тұрды. Сыныптан тыс жұмысқа оқушылар өз қалаулары бойынша қатысатындықтан, зерттеу осы оқушылар арасында жүргізілді. Зерттеу жүргізу кезінде этикалық нормаларды сақтау мақсатында қатысушылардың деректері жарияланбады.

Завьялов Л.Г., Осипова С.И. және т.б. оқушылардың ақпараттық құзыреттілігін қалыптастырудағы компьютерлік технологияның рөлі мен орнын зерттеді. Сонымен қатар Қ.С. Құдайбергенова оқушылардың ақпараттық құзырлылығын қалыптастырудың теориялық негіздерін және осы процестің педагогикалық шарттарын зерттеді. Е.Ы. Бидайбеков, Г.Б. Камалова, Б.Д. Сыдықов, Ж.А. Қараев, С.М. Кеңесбаев, С.Т. Мұхамбетжанова да білім беру жүйесіндегі ақпараттық технологиялардың орны мен маңызын және оқушылардың құзырлылығын қалыптастыруды зерттеп, оқушылардың құзырлылығын дамытудың маңыздылығын атап өтеді [4].

*Құзырлылық* – бұл күнделікті өмірдің нақты жағдайларында пайда болатын проблемалар мен міндеттерді тиімді түрде шешуге мүмкіндік беретін қабілеттілік. *Ақпараттық құзырлылық* – бұл оқу, тұрмыс және кәсіби бағыттағы міндеттерді шешуде ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың мүмкіндіктерін жан-жақты қолдана білу қабілеттілігі [5].

Жалпы, құзыреттілік адамдарға міндеттер мен функцияларды орындауға мүмкіндік беретін мінез-құлық жиынтығы ретінде анықталады. Құзыреттілік жүйесі жұмыс ортасының талаптарына жақсырақ бейімделуді қамтамасыз етуі керек. Ол сондай-ақ дағдылар мен қабілеттерді анықтауға мүмкіндік береді [6].

### **Зерттеу нәтижелері**

Жоғарыда айтылғандардың барлығын қорытындылай келе, құзырлылық – белгілі бір мақсатқа жету үшін оқу іс-әрекетінде табысты қолданылатын жинақталған білім, білік және дағдылар деп қорытынды жасауға болады. Атап айтқанда, ақпараттық құзыреттілікке оқу процесінде жан-жақты қолданылатын ақпараттық технология саласындағы білім, білік, дағдылар жатады. Алайда, жеке адам үшін де, жалпы қоғам үшін де осы құзырлылықты маңыздылығын түсінуге қарамастан, оның қалыптасуы мен дамуы мәселелерімен айналысатын зерттеушілер арасында «ақпараттық құзырлылық» ұғымының мазмұнына қатысты және оның құрамдас құрамы әртүрлі көзқараста екендігін аңғаруға болады [7, 8]:

- ақпаратты жинау және сақтау; ақпаратты іздеу; ақпаратты қабылдау, түсіну және талдау; ақпаратты ұйымдастыру және түсіну; ақпараттық объекті құру; ақпараттың берілуі, коммуникация; модельдеу; жобалау; басқару];

- құндылық-семантикалық; жалпы мәдени; оқу-танымдық; ақпараттық; коммуникативтік; элеуметтік-еңбек; өзін-өзі жетілдіру;

- элеуметтік; мотивациялық; функционалдық.

Алайда, ақпараттық құзырлылықтың құрауыштарын (АҚК) анықтауда зерттеушілердің көптеген ұстанымдары бірегей екендігін де байқаймыз. Авторлардың барлығы дерлік бұл элементтердің өзара байланысы мен бір біріне тәуелді екендігін айтуда, сонымен қатар зерттеушілер олардың иерархиясын құрып немесе компоненттердің функционалдық тепе-теңдіктерін көрсетті.

Көріп отырғанымыздай, ақпараттық құзырлылық ұғымы көп компонентті қамтиды, ғалымдар анықтаған ақпараттық құзырлылық құрауыштарының біразына тоқталып өтсек:

- мотивациялық – оқушылардың өзінің жеке мүмкіндіктерін іске асыруға, қолданбалы ақпараттық технологиялар саласында жаңа білім мен дағдыларды алуға ұмтылысы мен ынтасы; өзінің ақпараттық қажеттіліктерін және оларды жүзеге асыру қажеттілігін білу;

- когнитивтік—ақпараттық құзырлылық саласындағы білімге ие болу; информатиканың негізгі ұғымдары мен қоғамдағы ақпараттық процестердің мәнін білу және түсіну, ақпаратты жинау, сақтау, өңдеу және талдаудың негізгі әдістері мен технологияларын білу;

- белсенділікке негізделген – ақпараттық мәселелерді шешу үшін жұмыс істеу дағдылары мен біліктері; ақпараттық жүйелер мен технологияларды пайдалана отырып, ақпараттың әртүрлі түрлерімен жұмыс істеудің практикалық дағдыларының болуы, жалпы ақпараттық және компьютерлік сауаттылық;

- рефлексиялық – өзінің ақпараттық құзырлылық деңгейін өз бетінше бағалау және талдау қабілеті, өз тарапынан әрі қарай даму мен өзін-өзі дамыту қажеттілігінің болуы;

- коммуникативті – желілік, компьютерлік, коммуникациялық жүйелерді пайдалана отырып, коммуникацияларды ұйымдастыру қабілетін, қарым-қатынас жасау және топта жұмыс істеу қабілетін қамтиды;

- құндылық-семантикалық – қоғамды ақпараттандыру деңгейінің тұрақты дамуына байланысты өз қызметінің нәтижелері үшін әлеуметтік маңыздылық пен жеке жауапкершілікті, оны үнемі жетілдіру қажеттілігін сезіну;

- жеке психологиялық – негізгі әлеуметтік-экономикалық процестерді ақпараттандыру жағдайында өзін-өзі жүзеге асыруға мүмкіндік беретін жеке қасиеттер (мысалы, жауапкершілік, тәртіп, шығармашылық, көшбасшылық қасиеттер және т.б.).

Ақпараттық құзырлылық мәселесін зерттеген ғалымдардың еңбегіне, ғылыми-әдістемелік журналдар мен ғылыми зерттеу жұмыстарына жасалынған талдау нәтижесіне сүйене отырып [9] еңбекте оқушылардың ақпараттық құзырлылығының үш негізгі құрауыштары ұсынылды (кесте 1).

Сондай-ақ бағалау әдістерін таңдаған кезде курстың немесе оқу бағдарламасының контексті мен ерекшелігін ескеру қажет. Ақпараттық құзыреттіліктің әрбір құрамдас бөлігін қалыптастырудың әртүрлі аспектілерін ескеретін кешенді бағалау жүйесін құру маңызды.

Оқытуды дұрыс ұйымдастырып, көздеген мақсатқа жетуді қамтамасыз ететін факторлардың бірі ретінде педагогикада «шарт» ұғымы жиі қолданылады. Педагогикалық шарт оқыту мазмұнының объективті мүмкіндіктерінің, әдістерінің, ұйымдастыру формаларының және оны жүзеге асырудың материалдық мүмкіндіктерінің, қойылған міндеттің табысты шешілуін қамтамасыз ететін, табысты оқу қызметін қамтамасыз ететін педагогикалық факторлардың оңтайлы жиынтығы ретінде анықталады [10]. Білім алушылар өздерінің әлеуметтік ортасын жақсы құрылымдалған деп қабылдаса және табысқа жету жолында нақты нұсқауларға ие болса, олардың құзыреттілігін дамыту ықтималдығы жоғары болады [11].

Бұл құрауыштарды қалыптастыру да бірқатар педагогикалық шарттарға тәуелді.

Ақпараттық құзырлылықты зерттеген ғалымдар дамытудың ең маңызды педагогикалық шарттарын келесідей анықтайды:

- ақпараттық құзырлылықты дамыту контекстінде оқушының рефлексиясын ынталандыру [12];

- білім беру үдерісінде оқушылардың ақпараттық құзырлылығының даму деңгейлері көрінетін жағдайларды жасау [13];

- цифрлық білім беру құралдары мен ресурстарын белсенді пайдалануды ынталандыру үшін жалпы жағдай жасау [14].

Информатиканы оқытуда оқушылардың ақпараттық құзырлылығын қалыптастыруға ықпал ететін педагогикалық шарттар [15]:

- оқушы меңгеруі үшін жүйелі жағымды мотивацияны қамтамасыз ету;

- оқушылардың ақпараттық құзырлылық құрауыштарын қалыптастыруға арналған тапсырмалар жүйесін жасау;

- оқушылардың ақпараттық құзырлылығын қалыптастыру үдерісінде инновациялық технологияларды қолдану.

Кесте 1. Ақпараттық құзырлылық құрауыштары (АҚҚ)

Сипаттамасы	Тапсырма түрлері	Бағалау
<b>АҚҚ: ақпараттық-технологиялық</b>		
<p>Интернетте ақпаратты тиімді іздеу мүмкіндігі. Мәтіндік редакторлармен, кестелермен, презентациялармен жұмыс істеу дағдысы.</p> <p>АТ және ақпаратты басқару жүйелерімен жұмыс істеу негіздерін білу. Деректерді іздеу, талдау және интерпретациялау мүмкіндігі.</p>	<p>АТ меңгеру деңгейін тексеретін тест тапсырмаларын әзірлеу, соның ішінде бағдарламалармен жұмыс істеу, Интернетте ақпаратты іздеу, электрондық ресурстарды пайдалану және т.б.</p> <p>жобаларды аяқтау, зерттеу немесе мультимедиялық материалдарды жасау үшін ақпараттық технологияларды пайдалануды талап ететін тапсырмалар.</p>	<p>Оқушылардың ақпаратты өңдеу, талдау және ұсыну үшін әртүрлі бағдарламалар мен қолданбаларды тиімді пайдалану қабілетін тексеру.</p>
<b>АҚҚ: рефлексиялық-бағалау</b>		
<p>Өз әрекетін тиімді басқара алады, өзгерістерге бейімделеді және шешім қабылдай алады.</p> <p>өзін-өзі талдау, өзінің ақпараттық дағдыларын бағалау және ақпаратты пайдалану контекстін түсіну қабілетін қамтиды. Өзінің күшті және әлсіз жақтарын шынайы бағалай алады, үнемі оқуға және дамуға дайын, сонымен қатар өзінің оқу процесін тиімді басқаруды және ақпараттық ортада өзін-өзі реттеуді біледі.</p>	<p>өздерінің жеке құндылықтарын, ақпаратқа және оны пайдалануға қатынасын және деректермен жұмыс істеудің этикалық салдарын зерттейтін рефлексия сессиялары.</p> <p>нақты мақсаттар қоюға және оларға жету үшін қадамдарды анықтауға ынталандыру;</p> <p>ақпараттық қоғамдағы рөлін қалай көретіні және ақпараттық дағдылар туралы эссе жазу;</p> <p>ақпараттық дағдыларды меңгеруге қызығушылықты арттыратын тапсырмалар, материалды игерудегі табысын бағалау.</p> <p>жеке және кәсіби мақсаттарға жетудегі ақпараттық дағдылардың маңыздылығын бағалау.</p>	<p>сауалнамалар, өзін-өзі бағалау тапсырмалары, рефлексиялық эсселер және рефлексия мен өзін-өзі талдау үдерісін көрсететін жұмыстарды қамтитын портфолио құру. Сұхбат пен пікірталас адамның өзінің ақпараттық дағдылары туралы хабардар болу деңгейін және оқуға дайындығын анықтау үшін де пайдаланылады.</p>
<b>АҚҚ: мотивациялық - құндылық</b>		
<p>тұлғаның ішкі қызығушылығын және ақпараттық дағдыларды меңгеруге деген ұмтылысын көрсетеді. Ақпараттық дағдылардың өзінің жеке және кәсіби өміріндегі маңыздылығын түсінеді, үздіксіз өзін-өзі дамытуға ұмтылады және өзінің жеке және кәсіби мақсаттарымен қамтамасыз етілген қиындықтарды жеңуге дайын.</p>	<p>Ақпаратпен жұмыс істеудің этикалық аспектілері, авторлық құқық пен құпиялылық құқықтарын, АТ әлеуметтік әсерін түсіну, ақпараттың қоғамға және жеке өмірге әсерін бағалау.</p> <p>өздерінің жеке және кәсіби мақсаттарын жазуды сұрау, содан кейін қандай ақпараттық дағдылар оларға осы мақсаттарға жетуге көмектесетінін анықтау;</p> <p>Өзінің ақпараттық құзырлылығын арттыру жоспарын әзірлеуді тапсыру.</p> <p>өздерін қызықтыратын жобаны таңдауға мүмкіндік беру т.б.</p>	<p>оқушыларды ақпараттық құзырлылыққа қатысты мотивациялары, мақсаттары және құндылық туралы ойларын анықтауға бағытталған, ақпараттық дағдыларға деген ішкі қызығушылығы мен құндылығын анықтауға бағытталған сауалнамалар; өзін-өзі бағалауды, сұхбатты және топтық талқылауды қамту.</p>



Бұл факторлар информатиканы оқыту контекстінде оқушылардың ақпараттық құзыреттілігін дамытудың табысты процесінің кілті болып саналады.

Ал, информатикадан сыныптан тыс жұмыстарды ұйымдастыру барысында оқушылардың ақпараттық құзырлылықтарын қалыптастыруда келесі шарттар басымдық көрсетеді: білімді меңгеруде оң ынталандыруды қамтамасыз ету; сыныптан тыс жұмыстың мазмұнын жоспарлау (жобалау); сыныптан тыс жұмыс барысында практикалық тәжірибені меңгеру.

Бұл шарттар информатикадан сыныптан тыс жұмыстарда оқушылардың ақпараттық құзырлылығын қалыптастыруда өте маңызды болып табылады. Сонымен қатар құзырлылыққа бағытталған *тапсырмалар жүйесінің* болуы да өте маңызды болып табылады. Діттеген мақсатқа қол жеткізу үшін кем дегенде осы төрт шарт қамтамасыз етілуі қажет.

Оқушылардың ақпараттық құзырлылығын қалыптастыру үшін шарттарды қарастырған кезде, біз басқа жағдайлар (қоғамның, отбасының, өндіріс мемлекетінің әсері және т.б.) бұл үдеріске әсер ететінін ескере отырып, тек информатика пәні бойынша сыныптан тыс жұмыстар ұйымдастыруға қатысты шарттармен шектелдік.

Сонымен қатар, оқушылардың ақпараттық құзырлылығын дамытудың ең маңызды факторлары ретінде:

– білім беруді дараландырудың біртұтас жүйесі ретінде педагогикалық процесте оқушылардың әлеуметтенуін қамтамасыз ету;

– білім беру қызметінде цифрлық білім беру ресурстарын енгізуді өзектілендіруге ықпал ететін іс-шараларды ұйымдастыру әдістері мен нысандарын енгізуді ескерген жөн.

Ақпараттық құзырлылықты қалыптастыру мен бағалау әртүрлі әдістер мен құралдарды қолдану арқылы жүзеге асырылады. Оқушылардың информатикадан сыныптан тыс жұмыстарды ақпараттық құзырлылығы бағалау үшін қолдануға болатын бірнеше тәсілдер:

- Тестілеу. Бағалаудың кең тараған әдістерінің бірі – информатика пәнінен сұрақтар мен тапсырмалардан тұратын тест жұмысын жүргізу. Сынақ оқушылардың информатиканың негізгі компоненттерін білуін және олардың негізгі механизмдер мен ұғымдарды түсінуін тексеруге арналған теориялық сұрақтармен қатар практикалық есептерді қамтуы мүмкін.

- Жобалық іс-әрекет. Ақпараттық технологияларды пайдалануға байланысты жобаларды жүргізу оқушылардың ақпараттық құзырлылығын бағалауға көмектеседі. Бағалау олардың тиісті ақпаратты табу, әртүрлі технологиялық құралдарды пайдалану және өз жұмысының нәтижелерін презентация немесе есеп түрінде ұсыну қабілетіне негізделуі мүмкін.

- Тапсырмалар орындау және есептер шешу. Оқушыларға ақпараттық технологиялар мен дағдыларды қолдануды қажет ететін мәселені шешуді сұрау олардың белгілі бір мақсатқа жету үшін мәселені талдау, әртүрлі факторларды қарастыру және ақпараттық ресурстарды қолдану қабілеттерін бағалайды.

- Өзін-өзі бағалау және рефлексия. Оқушыларға сауалнамалар немесе рефлексиялық күнделіктер арқылы ақпараттық құзырлылықтарын өз бетінше бағалауды ұсынуға болады. Олар өздерінің білімдері мен дағдыларының деңгейін бағалай алады, әрі қарай дамуы қажет салаларын анықтай алады.

- Сайыстар. Оқушылар арасында викториналар, олимпиадалар т.б. оқушының алған білімдерін тәжірибеде қалай пайдалана алатындығын көрсетеді.

Оқушылардың информатика бойынша ұйымдастырылатын сыныптан тыс жұмыстарда ақпараттық құзырлылығын бағалау олардың саладағы дағдылары мен білімдерін бағалау үшін өте маңызды. Бұл оқушылардың ақпаратты тиімді пайдалану, талдау және практикалық іс-әрекетте қолдану қабілеттерін бағалауға мүмкіндік береді.

Оқушылардың информатика пәні бойынша ақпараттық құзырлылығын бағалау объективті, әділ және нақты критерийлерге негізделген болуы керек екенін атап өткен жөн. Сондай-ақ әрбір оқушының жеке ерекшеліктерін ескеріп, олардың ақпараттық құзырлылық деңгейіне бейімделген формалар мен әдістерді пайдалана отырып, әрі дамытуға мүмкіндік беру қажет.

Осыған байланысты эмпирикалық зерттеу жүргізілді, оның мақсаты информатикадан сыныптан тыс жұмыстар барысында оқушылардың ақпараттық құзырлылық деңгейлерін

анықтау болды. Зерттеу Алматы қаласының мектеп оқушыларының арасында жүргізілді. Бірінші кезеңде оқушылардың ақпараттық құзырлығының бастапқы деңгейін анықтау мақсатында тестілеу жүргізілді. Одан кейін әзірленген әдістемелік ұсыныстарға сәйкес оқушыларға сыныптан тыс жұмыстар өткізілді. Қорытынды кезеңде қайталама тестілеу және нәтижелерді талдау жүргізілді. Зерттеудің бірінші кезеңі оқушылардың ақпараттық құзырлығының бастапқы деңгейін тексеру болды, ол бірінші тоқсан басында өтті. Зерттеуге 52 оқушы қатысты. Оқушылар бақылау және эксперимент топтарына бөлінді. Бақылау тобына (БТ) 25, эксперименттік топ (ЭТ) 27 оқушыдан құралды.

Ақпараттық құзырлықтың қалыптасу деңгейін бағалауда оның құрауыштарының қалыптасу деңгейін анықтаймыз.

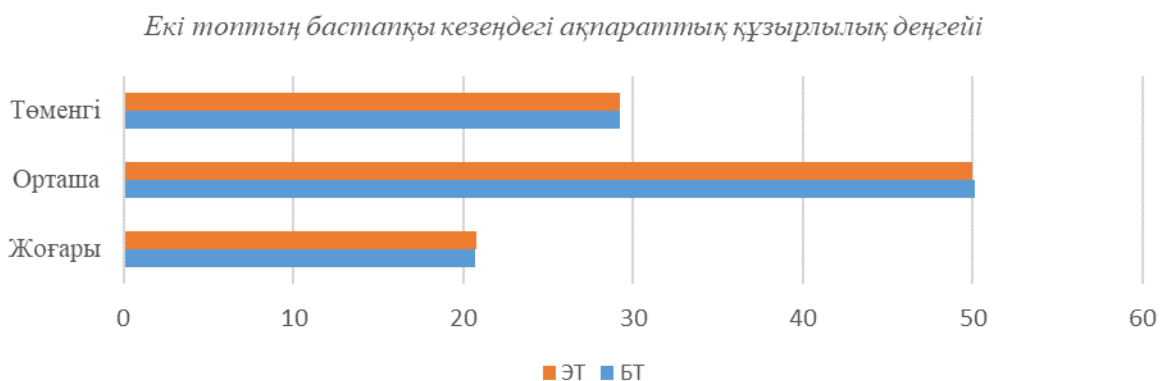
Ақпараттық құзыреттілікті меңгерудің жоғары деңгейі оқушының адамның ақпараттық іс-әрекетінің құндылығын жеке деңгейде қабылдауымен, «ақпарат ағынында» тамаша бағдарлануымен және бейімделуімен, ақпараттың мазмұнын түсіну кезінде ойлаудың икемділігімен және бейімделуімен, ғылыми ұйымдастыруымен сипатталады. ақпарат көздерімен жұмыс істеу кезіндегі жұмыс, кәсіби міндеттерді тиімді шешу үшін ақпаратты пайдалану, жылдам өзгеретін ақпараттық ортада кәсіби және әлеуметтік бейімделу.

*Орташа* деңгей адамның ақпараттық іс-әрекетінің құндылығын жеке деңгейде қабылдаумен, ақпарат ағынында ішінара бағдарланумен, ақпараттың мазмұнын түсіну кезінде ойлаудың бейімделуімен, ақпарат көздерімен жұмыс істеу кезінде жұмысты ғылыми ұйымдастырудағы бастапқы және кәсіби мәселелерді шешу үшін ақпаратты кездейсоқ пайдалану дағдылармен сипатталады.

*Төмен* деңгей адамның ақпараттық іс-әрекетінің құндылығын жеке деңгейде ішінара қабылдаумен, ақпарат көздерімен жұмыс істеу кезінде жұмыстың ғылыми ұйымдастырылмауымен, жеке мүдделерге сәйкес келетін ақпараттық мәтіндерді оқтын-оқтын оқумен, ақпаратта бағыттылықтың болмауымен сипатталады.

Бастапқы кезеңде оқушылардың көпшілігінің ақпараттық құзырлығы орташа (бақылау тобындағы студенттердің 50% және эксперименттік топтағы 51,7%) және төмен деңгейде болды. (бақылау тобында 29,2% және эксперименттік топта 30,4%) болды. Көрсеткіштердің теңдігі туралы статистикалық болжамды тексеру зерттеудің бірінші кезеңінде эксперименттік және бақылау топтарындағы оқушылардың ақпараттық құзырлық деңгейлері 0,05 мәнділік деңгейінде салыстырмалы екенін көрсетті (Сурет 1).

Екінші тоқсан соңында оқушылардың ақпараттық құзырлық деңгейін бағалауға қайталама зерттеу жүргізілді. Зерттеуге бастапқы 52 оқушы қатысты (бақылау тобында 25 студент және эксперименттік топта 27 студент). Оқушылардың экспериментке дейінгі (1-кезең) және одан кейінгі (2-кезең) орташа ұпайларын салыстыру ақпараттық құзырлық деңгейінің орташа баллының жоғарылағанын көрсетеді (Кесте 2).



Сурет 1. Эксперимент кезеңдеріндегі бақылау және эксперименттік топтардың бастапқы кезеңдегі орташа мәндері

Бақылау және эксперименттік топтағы оқушылардың 1-2 кезеңдердегі ақпараттық құзырлылық деңгейі (Кесте 2).

Кесте 2. 1-2 кезеңдердегі БТ және ЭТ оқушылардың ақпараттық құзырлылық деңгейі

Деңгей	БТ		ЭТ	
	1-кезең	2-кезең	1-кезең	2-кезең
Жоғары	20,8	23,1	17,9	35,7
Орташа	50	51,9	51,7	57,1
Төмен	29,2	25,0	30,4	7,2

Экспериментке дейінгі (1-кезең) және кейінгі (2-кезең) бақылау (БТ) және эксперименттік (ЭТ) топтарындағы оқушылардың ақпараттық құзырлылық деңгейлерінің нәтижелерінен ЭТ оқушыларының деңгейі артқандығын көруге болады.

### Дискуссия

Информатикадан сыныптан тыс жұмыстарда оқушылардың ақпараттық құзіреттілігін қалыптастыру және бағалау туралы мақаланы қорытындылай келе, бұл тәсілдің негізгі аспектілері мен маңыздылығын атап өтуге болады.

Информатикадан сыныптан тыс жұмыстарда ақпараттық құзырлылықты қалыптастыру, әсіресе цифрлық технологиялардың қарқынды дамуы жағдайында білім берудің өзекті және перспективалық бағыты болып табылады. Сыныптан тыс жұмыстар оқушылардың теориялық білімдерін практикада қолдануға мүмкіндік береді, сол арқылы өз бетінше жұмыс істеу дағдыларын, сыни тұрғыдан ойлауды және есептерді шешуге шығармашылық көзқарасты қалыптастырады.

Зерттеудің *жаңалығы* - оқушылардың ақпараттық құзырлылығын қалыптастыру мен бағалаудың тиімді шарттары нақтыланып, әсер ету факторлары анықталды және сыныптан тыс жұмыстардың формалары іріктелді.

Сыныптан тыс жұмыс жағдайында ақпараттық құзырлылықты бағалау ақпараттық ресурстарды пайдалануда білімді меңгеру деңгейін және әртүрлі технологияларда ақпаратты өңдей алу мен ақпаратты тасымалдау мүмкіндіктерін, алған білімдерін тәжірибеде қаншалықты пайдалана алтындықтарын бағалаудың бірегей мүмкіндігін береді. Ол сондай-ақ оқушылардың жеке қажеттіліктерін жақсырақ түсінуге ықпал етеді және қосымша даму бағыттарын тиімді анықтайды.

### Қорытынды

Қорыта айтқанда, информатикадан сыныптан тыс жұмыстар оқу-тәрбие үрдісін байытып қана қоймайды, сонымен қатар ақпараттық сауаттылықты дамытудың, технологиялық дағдыларды дамытудың және оқушыларды ақпараттық қоғамға табысты кірігуге дайындаудың маңызды құралы қызметін атқарады. Бұл бағыттағы әрі қарайғы зерттеулер мен тәжірибелік қадамдар мектеп жағдайында ақпараттық құзырлылықты қалыптастыру мен бағалау әдістерін айтарлықтай толықтыра алады.

#### Пайдаланылған дереккөздер тізімі

[1] Дауленова Г. Компетентностный подход в образовании. «Білімді ел – Образованная страна» <https://bilimdinews.kz/?p=138623> Дата обр. 16.12.2023

[2] Ишанов Е.Х., Жунисова Б. Б. Информационная компетентность как ключевой фактор непрерывного образования руководителя // Том 74 № 1 (2023): Вестник КазНУ. Серия "Педагогические науки" С. 78-91. <https://doi.org/10.26577/JES.2023.v74.i1.08>

[3] Бидайбеков Е.Ы., Сәлғожа И.Т., Медеуов Е.Ө., Ошанова Н.Т. Әл-Фарабидің математикалық мұрасы бойынша оқушылардың ақпараттық құзырлылығын қалыптастырудағы педагогикалық

эксперимент және оның нәтижелері/ Абай атындағы ҚазҰПУ Хабаршысы. «Физика-математика» сериясы. – Алматы, 2019. – №1 (65). – Б. 248-254

[4] Салгожа И.Т. Сыныптан тыс жұмыстарда әл-Фарабидің математикалық мұрасы бойынша оқушылардың ақпараттық құзырлығын қалыптастыру. Философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация. Алматы., 2019 ж. 120 б.

[5] Сырым Ж.С., Абдығалиев Ә.А. Ақпараттық мәдениетті дамытудағы педагогтің ақпараттық құзырлығы / БҚМУ Хабаршы. Орал. №2(62)-2016 ж. Б. 77-82.

[6] Agata Hilarowicz, Beata Zieloskob, Małgorzata Myśliwieca *The Employers' Expectations Towards Students' Competencies In The Framework Of Digital Transformation Processes 27th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES 2023) Volume 225, 2023, Pages 4521-4530.* [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923016083?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=84e1bfd1595ebcaf](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923016083?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=84e1bfd1595ebcaf)

[7] Хуторской А.В. Педагогика. Учебник для вузов. Стандарт третьего поколения. – Спб.: Питер, 2019.– 608 с.: ил. – (Серия «Учебник для вузов»).

[https://khutorskoy.ru/books/2019/Khutorskoy\\_A.V.\\_Pedagogika\\_Uchebnik\\_dlya\\_vuzov/index.htm](https://khutorskoy.ru/books/2019/Khutorskoy_A.V._Pedagogika_Uchebnik_dlya_vuzov/index.htm)

[8] Құрманалина Ш.Х., Ерболат Б.Е. Колледж жағдайында танымдық және кәсіби құзыреттілікті қалыптастырудың ғылыми-теориялық негіздері «Рухани жаңғыру» тұжырымдамасы аясында Қазіргі жастардың келбеті: перспективасы мен инновациялық тұрғысы атты республикалық ғылыми-тәжірибелік конференциясының материалдары 27 сәуір 2018 ж. 120-125.

[9] Bidaybekov Y., Kamalova G., Bostanov B., Salgozga I. *Development of Information Competency in Students during Training in Al-Farabi's Geometric Heritage within the Framework of Supplementary School /European Journal of Contemporary Education.*–2017. –P. 479-496. Vol. 6. – Iss. 3 (Scopus)

[10] Давитян М.Г. Организационно-педагогические условия совершенствования профессиональной компетентности педагогических работников как условие повышения квалификации / М.Г. Давитян // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. — 2020. — 7. — с. 271-275.

[11] Jalal Rajeh Hanayshaa, Fayez Bassam Shriedehb, Mohammad In'airat *Impact of classroom environment, teacher competency, information and communication technology resources, and university facilities on student engagement and academic performance // International Journal of Information Management Data Insights. Volume 3, Issue 2, November 2023, 100188.* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667096823000356?via%3Dihub> <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2023.100188>

[12] Гафурова Н.В. Продуктивные практики компетентностного подхода в образовании: монография / Н.В. Гафурова [и др.]; - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. - 154 с.

[13] Барахсанова Е.А. Цифровая экосистема педагогического образования. Актуальные вопросы. Достижения. Инновации: монография / Е.А. Барахсанова [и др.], под общ.ред. Е.А. Барахсановой, Е.З. Власовой. – СПб: Изд-во «ООО "НИЦ АРТ" », 2022. – 148 с.

[14] Власова Е.З. Цифровая трансформация педагогического образования: опыт работы и направления исследований / В сборнике: Информатизация образования и методика электронного обучения. Материалы III Международной научной конференции. Сибирский федеральный университет, Институт космических и информационных технологий. - 2019. - С. 64-68.

[15] Салгожа И.Т., Тойшыбек Т.Т. Информатиканы оқытуда оқушылардың ақпараттық құзырлығын қалыптастыру // Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті Хабаршы «Физика-математика ғылымдары» сериясы № 4 (68), 2019 ж. Б.265-269.

#### References

[1] Daulenova G. (2023) *Kompetentnostnyj podhod v obrazovanii [Competency-based approach in education]. «Bilimdi el, Obrazovannaja strana»* <https://bilimdinews.kz/?p=138623> (in Russian)

[2] Ishanov E.H., Zhunisova B. B. (2023) *Informacionnaja kompetentnost' kak kljuchevoj faktor nepreryvnogo obrazovaniya rukovoditelja [Information competence as a key factor in the continuing education of a manager]. Tom 74 № 1. Vestnik KazNU. Serija "Pedagogicheskie nauki". 78-91. (in Russian)* <https://doi.org/10.26577/JES.2023.v74.i1.08>

[3] Bidajbekov E.Y., Salgozha I.T., Medeuov E.O., Oshanova N.T. (2019) *Al-Farabidin matematikalyk murasy bojnynsha okushylardyn akparattyk kuzyrlylygyn kalypstastyrudagy pedagogikalyk eksperiment zhane onyn natizheleri [Pedagogical experiment in formation of students' information competence according to Al-*

Farabi's mathematical legacy and its results]. *Abai atyndagy KazUPU Habarshysy. «Fizika-matematika» serijasy. Almaty, №1 (65). 248-254. (in Kazakh)*

[4] Salgozha I.T. (2019) *Synyptan tys zhymystarda al-Farabidin matematikalyk murasy bojnsha okushylardyn akparattyk kuzyrlylygyn kalyptastyru [Formation of students' informational competence on the mathematical legacy of al-Farabi in extracurricular activities]. Filosofija doktory (PhD) darezhesin alu yshin dajyndalghan dissertaciya. Almaty. 120. (in Kazakh)*

[5] Syrym Zh.S., Abdygaliev A.A. (2016) *Akparattyk madenietti damytudagy pedagogtin akparattyk kuzyrlygy [Information competence of the teacher in the development of information culture]. BKMU Habarshy. Oral. №2(62). 77-82. (in Kazakh)*

[6] Agata Hilarowicza, Beata Zieloskob, Malgorzata Myśliwieca (2023) *The Employers' Expectations Towards Students' Competencies In The Framework Of Digital Transformation Processes 27th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES 2023) Volume 225, 4521-4530. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923016083?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=84e1bfd1595ebcaf](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923016083?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=84e1bfd1595ebcaf)*

[7] Hutorskoy A.V. (2019) *Pedagogika. Uchebnik dlja vuzov. Standart tret'ego pokolenija [Pedagogy. Textbook for universities. Third generation standard]. Spb.: Piter, 608. (Serija «Uchebnik dlja vuzov»). [https://khutorskoy.ru/books/2019/Khutorskoy\\_A.V.\\_Pedagogika\\_Uchebnik\\_dlya\\_vuzov/index.htm](https://khutorskoy.ru/books/2019/Khutorskoy_A.V._Pedagogika_Uchebnik_dlya_vuzov/index.htm). (in Russian)*

[8] Kurmanalina Sh. H., Erbolat B. E. (2018) *[Scientific and theoretical bases of formation of cognitive and professional competence in college conditions]. Kolledzh zhagdajynda tanyndyk zhane kasibi kuzyrettilikti kalyptastyrudyn gylimi-teorijalyk negizderi «Ruhani zhangyru» tuzhyrymdamasy ajasynda kazirgi zhastardyn kelbeti: perspektivasy men innovacijalyk turgysy atty respublikalyk gylimi-tazhiribelik konferencijasynyn materialdary 27 sauir. 120-125 (in Kazakh)*

[9] Bidaybekov Y., Kamalova G., Bostanov B., Salgozga I. (2017) *Development of Information Competency in Students during Training in Al-Farabi's Geometric Heritage within the Framework of Supplementary School /European Journal of Contemporary Education. 479-496. Vol. 6. (Scopus)*

[10] Davitjan M.G. (2020) *Organizacionno-pedagogicheskie uslovija sovershenstvovaniya professional'noj kompetentnosti pedagogicheskix rabotnikov kak uslovie povysheniya kvalifikacii [Organizational and pedagogical conditions for improving the professional competence of teaching staff as a condition for advanced training]. Nauka, novye tehnologii i innovacii Kyrgyzstana. №7. 271-275. (in Russian)*

[11] Jalal Rajeh Hanayshaa, Fayez Bassam Shriedehb, Mohammad In'airat (2023) *Impact of classroom environment, teacher competency, information and communication technology resources, and university facilities on student engagement and academic performance. International Journal of Information Management Data Insights. 15.12.2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijime.2023.100188> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667096823000356?via%3Dihub>*

[12] Gafurova N.V. (2017) *Produktivnye praktiki kompetentnostnogo podhoda v obrazovanii [Productive practices of the competency-based approach in education]. Monografija. Krasnojarsk: Sib. feder. un-t. 154. (in Russian)*

[13] Barahsanova E.A. (2019) *Cifrovaja jekosistema pedagogicheskogo obrazovanija. Aktual'nye voprosy. Dostizhenija. Innovacii [Digital ecosystem of teacher education. Current issues. Achievements. Innovation]. Monografija. E.A. Barahsanova [i dr.]. pod obshh.red. E.A. Barahsanovoj, E.Z. Vlasovoj. SPb: Izd. «OOO "NIC ART" », 2022. 148. (in Russian)*

[14] Vlasova E.Z. (2019) *Cifrovaja transformacija pedagogicheskogo obrazovanija: opyt raboty i napravlenija issledovanij [Digital transformation of teacher education: work experience and research directions]. V sbornike: Informatizacija obrazovanija i metodika jelektronnogo obuchenija. Materialy III Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Sibirskij federal'nyj universitet, Institut kosmicheskix i informacionnyh tehnologij. 64-68. (in Russian)*

[15] Salgozha I.T., Tojshybek T.T. (2019) *Informatikany okytuda okushylardyn akparattyk kuzyrlylygyn kalyptastyru [Formation of information competence of students in the teaching of informatics]. Abaj atyndagy Kazak ul'tyik pedagogikalyk universiteti Habarshy «Fizika-matematika gylimdary» serijasy № 4 (68). 265-269. (in Kazakh)*

Н.А. Текесбаева<sup>1\*</sup>, Н.Т. Ошанова<sup>1</sup>, Л.Х. Жунусова<sup>1</sup>, Г.Д. Ануарбекова<sup>1</sup>

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

\*e-mail: nta1971@mail.ru

## ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

### *Аннотация*

В статье рассматривается важность адаптивного обучения и использования искусственного интеллекта в подготовке будущих специалистов. Современное образование сталкивается с вызовами, которые требуют индивидуализированного подхода к обучению, а также использования передовых технологий, таких как адаптивное обучение и искусственный интеллект. В последние годы образовательная сфера претерпела значительные изменения благодаря прогрессу в технологиях и искусственном интеллекте. Цифровизация и технологическая революция в образовании, в сочетании с новым подходом к уважению индивидуальных стилей обучения и способностей каждого учащегося, способствовали развитию технологий адаптивного обучения и искусственного интеллекта (ИИ). Эти инновационные инструменты персонализируют образовательный опыт, соответствуя уникальным потребностям каждого учащегося. В статье использовался инструмент VOSviewer для проведения библиометрического анализа публикаций по теме адаптивного обучения и искусственного интеллекта, включая статьи, аналитические материалы и главы, проиндексированные в базе данных Web of Science с 1990 по 2023 год. Результаты анализа указывают на то, что последние технологические изменения сыграли ключевую роль в эволюции адаптивного обучения и искусственного интеллекта. Эти выводы предоставляют научные данные, которые могут служить основой для дальнейшего развития области адаптивного образования и искусственного интеллекта.

*Ключевые слова:* цифровое образование, адаптивное обучение, персонализированное обучение, искусственный интеллект, библиометрический анализ.

Н.А. Текесбаева<sup>1</sup>, Н.Т. Ошанова<sup>1</sup>, Л.Х. Жунусова<sup>1</sup>, Г.Д. Ануарбекова<sup>1</sup>

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

## БЕЙІМДЕЛГЕН ОҚУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНЫҢ НЕГІЗІНДЕГІ БІЛІМ БЕРУДІ ЦИФРЛАНДЫРУДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТӘСІЛДЕРІ

### *Аңдатпа*

Бұл мақалада болашақ мамандарды дайындауда бейімделген оқытудың мен жасанды интеллектті пайдалану маңыздылығы қарастырылған. Заманауи білім беруде оқытудың жеке көзқарасын, сондай-ақ бейімделген оқыту және жасанды интеллект сияқты озық технологияларды пайдалануды талап ететін міндеттер тұр. Соңғы жылдары білім беру саласы технология мен жасанды интеллекттің жетістіктеріне байланысты айтарлықтай өзгерістерге ұшырады. Цифрландыру және білім берудегі технологиялық төңкеріс әрбір білім алушының жеке оқу стилі мен қабілеттерін құрметтеуге жаңа көзқараспен үйлеседі, бейімделген оқыту технологиялары мен жасанды интеллекттің (ЖИ) дамуына ықпал етті. Бұл инновациялық құралдар әрбір студенттің ерекше қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін білім беру тәжірибесін жекелендіреді. Бұл мақалада VOSviewer құралы 1990 жылдан 2023 жылға дейін Web of Science дерекқорында индекстелген мақалаларды, талдауларды және тарауларды қоса, бейімделген оқыту және жасанды элемент тақырыбы бойынша жарияланымдарға библиометриялық талдау жүргізу үшін пайдаланылды. Талдау нәтижелері соңғы технологиялық өзгерістер бейімделген оқыту мен жасанды интеллект эволюциясында шешуші рөл атқарғанын көрсетеді. Бұл тұжырымдар бейімделген білім беру және жасанды интеллект саласындағы одан әрі даму үшін негіз бола алатын құнды ғылыми деректер береді.

*Түйін сөздер:* цифрлық білім беру, бейімделген оқыту, дербестендірілген оқыту, жасанды интеллект, библиометриялық талдау

N.A. Tekesbayeva<sup>1</sup>, N.T. Oshanova<sup>1</sup>, L.H. Zhunusova<sup>1</sup>, G.D. Anuarbekova<sup>1</sup>

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

## INNOVATIVE APPROACHES TO DIGITALIZATION OF EDUCATION BASED ON ADAPTIVE TRAINING TECHNOLOGIES

### *Abstract*

This article discusses the importance of adaptive learning and the use of artificial intelligence in the training of future specialists. Modern education faces challenges that require a personalized approach to learning, as well as the use of advanced technologies such as adaptive learning and artificial intelligence. The educational field has undergone significant changes in recent years due to advances in technology and artificial intelligence. Digitalization and the technological revolution in education, combined with a new approach to respecting the individual learning styles and abilities of each student, have contributed to the development of adaptive learning technologies and artificial intelligence (AI). These innovative tools personalize the educational experience to meet the unique needs of each student. This article used the VOSviewer tool to conduct a bibliometric analysis of publications on the topic of adaptive learning and artificial intelligence, including articles, analyzes and chapters indexed in the Web of Science database from 1990 to 2023. The analysis results indicate that recent technological changes have played a key role in the evolution of adaptive learning and artificial intelligence. These findings provide scientific evidence that can serve as a basis for further developments in the field of adaptive education and artificial intelligence.

*Keywords:* digital education, adaptive learning, personalized learning, artificial intelligence, bibliometric analysis.

### **Введение**

Образование, как ключевой элемент социальной структуры, всегда было основой для передачи знаний и развития навыков, необходимых для успешной адаптации в быстро меняющемся мире. С течением времени образовательная сфера сталкивалась с вызовами социальных изменений, технологических революций и постоянно развивающихся педагогических концепций. В этом контексте, цифровое образование выступает как ключевой катализатор инноваций, предлагая новые подходы к обучению, в частности, технологии адаптивного обучения. Цифровое образование становится неотъемлемой частью современного образовательного ландшафта, предоставляя уникальные возможности для персонализации обучения и учета индивидуальных потребностей студентов. Технологии адаптивного обучения выделяются среди ключевых инноваций в данной области, предоставляя персонализированный подход к учебному процессу, основанный на индивидуальных данных и способностях обучающегося.

Цель исследования – рассмотреть инновационные подходы к цифровому образованию, сфокусированные на технологиях адаптивного обучения и искусственного интеллекта. Анализируя современные тенденции, проблемы и перспективы в данной области, мы стремимся выявить эффективные методы интеграции технологий адаптивного обучения и искусственного интеллекта в образовательные практики. Данное исследование предоставляет основу для понимания влияния инноваций в цифровом образовании на формирование устойчивого и эффективного образовательного процесса в будущем [1].

### **Методология исследования**

В наше время, на пороге новой цифровой эры, адаптивное обучение и искусственный интеллект проводят революцию в сфере образования, не имеющую аналогов [2]. Адаптивное обучение строится на основах, активно используя возможности искусственного интеллекта для обеспечения персонализированного и данных ориентированного образования [3].

На рисунке 1 представлена визуализация структуры современного адаптивного обучения (на основе персональных компьютеров, мобильных телефонов и пространственных вычислений), которая включает в себя передовые образовательные подходы на основе искусственного интеллекта, привлекательные инструменты обучения, персонализированный

опыт обучения, цифровую обратную связь для улучшения качества обучения, а также усиленное сохранение знаний для повышения мотивации учащихся (рис. 1).



Рисунок 1. Структура современного адаптивного обучения с использованием персональных компьютеров, мобильных телефонов, а также пространственных вычислений

Хотя технологии адаптивного обучения открывают огромные перспективы для революции в образовании, все еще существует ряд серьезных проблем. Например, вопросы конфиденциальности, связанные с данными учащихся, и этические последствия активного применения алгоритмов искусственного интеллекта – это аспекты, которые требуют внимательного рассмотрения. Адаптивное обучение лучше всего понимать как интеллектуальную систему, использующую анализ данных для предоставления персонализированных инструкций. В отличие от традиционных универсальных методов обучения, адаптивное обучение адаптирует контент, темп и методы обучения в зависимости от индивидуальных сильных и слабых сторон каждого учащегося, а также его предпочтений в обучении [4].

На рисунке 2 показана динамика частоты поисковых запросов «адаптивное обучение» и «персонализированное образование» за последние 20 лет с 2004 по 2023 год.

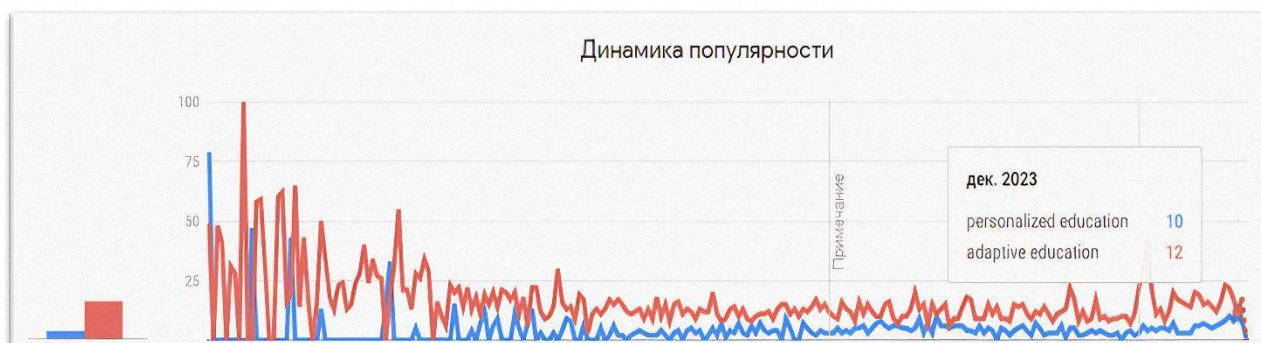


Рисунок 2. Динамика частотности поиска терминов «персонализированное образование» и «адаптивное обучение» (2004-2023 гг.)

Этот показатель был создан на основе анализа, полученного с помощью набора инструментов Google Trends, предоставленного поисковой системой Google, который определяет изменение поисковые запросы по основным актуальным понятиям, помогают оценить пиковые периоды с периодами наиболее значительных изменений в поисковых



запросах в Интернете. Настройка, используемая в адаптивном обучении, гарантирует, что учащиеся получают целевую поддержку и взаимодействуют с материалами на оптимальном для них уровне сложности (рис.2).

В основе адаптивного обучения лежит его природа, основанная на данных. Платформы обучения, оснащенные адаптивными технологиями, собирают огромные объемы данных об успеваемости, взаимодействии и прогрессе учащихся на протяжении всего их образовательного пути. Эти платформы используют эти данные для создания подробных профилей учащихся, в которых отражаются пробелы в знаниях, заблуждения, предпочтительные стили обучения и области знаний каждого учащегося.

Имея под рукой данные учащихся, адаптивные системы используют сложные алгоритмы для анализа данных и принятия обоснованных решений о том, какой контент учащийся должен изучать дальше или как его следует доставлять. Например, если учащийся испытывает затруднения с языками программирования, но преуспевает в концепциях, система определит это несоответствие посредством анализа данных и соответствующим образом скорректирует учебные материалы, предоставив дополнительную практику или альтернативные объяснения, специально посвященные данной теме. Более того, адаптивное обучение не ограничивается корректировкой содержания, но также учитывает другие важные факторы, такие как темп обучения и обеспечение обратной связи. Система отслеживает прогресс учащихся в режиме реального времени и адаптируется к темпу введения нового материала в зависимости от продемонстрированного ими уровня владения языком. Это гарантирует, что учащиеся не будут перегружены и не утомлены содержанием, которое для них слишком простое или слишком сложное. Адаптивные системы обеспечивают немедленную обратную связь на протяжении всего процесса обучения. Эта своевременная обратная связь не только улучшает понимание учащихся, но также способствует развитию навыков метапознания и саморегуляции, поскольку они активно размышляют о своем прогрессе [5].

Таким образом, преимущества адаптивного обучения распространяются не только на отдельных учащихся, но и на преподавателей. Автоматизируя сбор и анализ данных, адаптивные системы предоставляют учителям ценную информацию о моделях обучения и прогрессе учащихся. Вооружившись этой информацией, преподаватели могут принимать обоснованные решения относительно учебных стратегий, мер вмешательства или дополнительных ресурсов, которые могут потребоваться для эффективной поддержки уникальных потребностей каждого учащегося. Интеграция систем адаптивного оценивания в образование произвела революцию в области тестирования и оценки. В отличие от традиционных экзаменов, где учащимся приходится ждать результатов несколько дней или даже недель, адаптивное оценивание обеспечивает мгновенную обратную связь. Такая оценка в режиме реального времени позволяет учащимся быстро определить свои сильные и слабые стороны, позволяя им сосредоточиться на областях, требующих улучшения, и закреплять свой опыт обучения. Более того, адаптивные системы оценивания предлагают более точное представление о знаниях и навыках учащегося по сравнению с традиционными тестами. Эти системы адаптируют уровень сложности вопросов на основе ответов учащегося, гарантируя, что каждый вопрос будет достаточно сложным.

Адаптируя оценку к способностям человека, данная система устраняет потенциальные предубеждения, связанные с универсальными экзаменами, и обеспечивают более точную оценку истинных способностей учащегося. Кроме того, адаптивное оценивание стимулирует активное участие и мотивацию учащихся. Поскольку каждый вопрос адаптирован к их конкретным способностям, учащиеся чувствуют себя сложными, но не перегруженными, что способствует развитию чувства достижения и мотивации. Кроме того, системы адаптивной оценки позволяют преподавателям собирать ценные данные об успеваемости отдельных учащихся, а также об общем прогрессе в классе [6].

Способность искусственного интеллекта и адаптивного обучения персонализировать процесс обучения с учетом индивидуальных потребностей и способностей получила широкое

признание и внедрение в различных учебных заведениях. Можно изучить некоторые практические примеры, подчеркивающие успех адаптивного обучения в преобразовании образования [7]. Ярким примером является Knewton, платформа адаптивного обучения, которая в партнерстве с Университетом штата Аризона (ASU) помогает улучшить результаты студентов на курсах математики на уровне колледжа. Анализируя данные отдельных учащихся, алгоритмы искусственного интеллекта Knewton выявили области, в которых учащиеся испытывают трудности, и предоставили персональные рекомендации по улучшению. Учащиеся, которые использовали данную платформу адаптивного обучения, достигли более высоких показателей успеваемости по сравнению с теми, кто этого не сделал [8]. Другая история успеха связана с DreamBox Learning, адаптивной математической программой, используемой в начальных школах по всей стране. Программа отслеживает прогресс учащихся в режиме реального времени, выявляя пробелы в знаниях и соответствующим образом адаптируя уроки [9].

Все эти исследования, рассмотренные выше, ясно демонстрируют преобразующее воздействие адаптивного обучения на образование. Используя технологию искусственного интеллекта для персонализированного обучения, преподаватели могут эффективно удовлетворять индивидуальные потребности учащихся, одновременно способствуя более глубокому пониманию сложных концепций в различных академических дисциплинах.

### Результаты исследования

Анализируя результаты нашего исследования, мы использовали программное обеспечение VOSviewer для проведения статистического анализа публикаций, индексируемых в WoS, с использованием такой информации, как страны, авторы, аннотации и ключевые слова, для анализа основных исследовательских сил в области искусственного интеллекта и адаптивного обучения с помощью оценки совпадений и кластерный анализ ключевых слов (табл.1).

В результате нашего поиска в базе данных WoS с использованием терминов «адаптивное обучение» и «искусственный интеллект» было найдено общее количество 2803 проиндексированных публикаций (включая 1925 статей и 690 научных статей) (табл.2).

Таблица 1. Сводные данные

Категория	Конкретные критерии
Справочно-цитирующая база данных	Сеть науки
Индексы цитирования	SCI-расширенный, SSCI
Временной период	1990-2023 гг.
Ключевые слова	«адаптивное обучение» и «искусственный интеллект»

Таблица 2. Алгоритм отбора данных

Типы документов	Количество
Статьи	1925
Научные статьи	690
Другие	188
Проиндексированные публикации	2803

На рисунке 3 показана тенденция публикаций по адаптивному обучению с течением времени с использованием выборки публикаций из базы данных WoS (1990-2023 гг.). Глядя на тенденции, показанные на рисунке 3, становится очевидным, что основной всплеск публикаций по адаптивному обучению и искусственному интеллекту произошел примерно в 2018-2019 годах, что еще больше усилилось пандемией COVID-19 в 2020 году, а также быстро растущим интересом и спросом на все цифровые технологии, применимые к образованию, были вызваны «цифровым всплеском», вызванным пандемией.

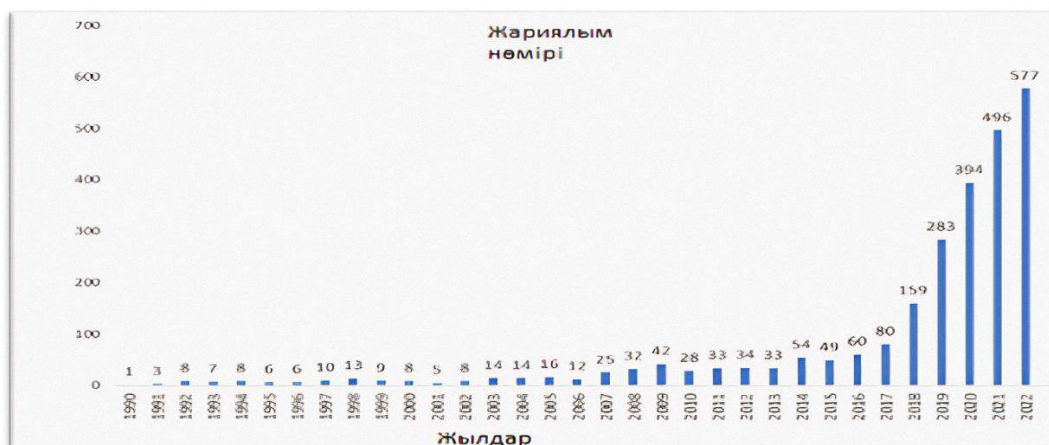


Рисунок 3. Динамика публикаций по адаптивному обучению

### Эмпирический анализ: библиометрический подход

Представляем результаты эмпирической модели, основанной на библиометрическом анализе с использованием программного инструмента VOSviewer. Результаты анализа представлены в виде визуальных сетевых карт, позволяющих выявить ключевые закономерности и явления.

Другая важная тема касается динамического взаимодействия между учащимися и окружающей их средой. Кластер подчеркивает роль «адаптации» как краеугольного камня, когда системы, управляемые искусственным интеллектом, динамически корректируют среду обучения в ответ на прогресс и успеваемость учащихся. Как объясняет Кадаруддин [10] в связи с этим открытием, эта динамическая адаптивность повышает вовлеченность учащихся и способствует оптимальному сохранению знаний. Одновременно с этим в литературе появляется понятие «вызова» в качестве решающего фактора, поскольку среда обучения с поддержкой ИИ стратегически калибрует задачи так, чтобы они соответствовали когнитивным способностям учащихся, стимулируя интеллектуальный рост и одновременно предотвращая когнитивную перегрузку [11].

Таким образом, кластер «интеллектуальное обучение» подчеркивает преобразующий потенциал сред адаптивного обучения на базе искусственного интеллекта. Используя передовые технологии искусственного интеллекта, образовательные парадигмы смещаются в сторону моделей, ориентированных на учащихся, которые способствуют индивидуальному обучению и динамической адаптации. Синтез исследований в рамках этого кластера подчеркивает необходимость создания экосистемы, которая гармонизирует технологии, окружающую среду и взаимодействие учащихся, открывая новую эру интеллектуального, адаптируемого и сложного опыта обучения. Последствия этого синтеза распространяются на педагогический дизайн, разработку учебных программ и непрерывную эволюцию образования с использованием искусственного интеллекта [12].

На рисунке 4 представлена визуализация сетевого кластерного анализа с картой на основе текстовых данных из выборки 2803 публикаций, проиндексированных в базе данных WoS с 1990 по 2023 год. Наши результаты библиометрического сетевого анализа показывают, что были идентифицированы три основных кластера. Анализ использования ключевых слов и фраз в публикациях, полученных из WoS, показал, что ключевые термины, связанные с «адаптивным обучением» и «искусственным интеллектом», чаще всего связаны со следующими понятиями: (i) Интеллектуальное обучение (кластер 1 или красная кластеризация); (ii) прогнозирование параметров (кластер 2 или кластеризация зеленого цвета) и (iii) классификация набора данных (кластер 3 или кластеризация синего цвета) (рис.4). Красная кластеризация «интеллектуального обучения» предлагает панорамный обзор синергии между адаптивным обучением и искусственным интеллектом.

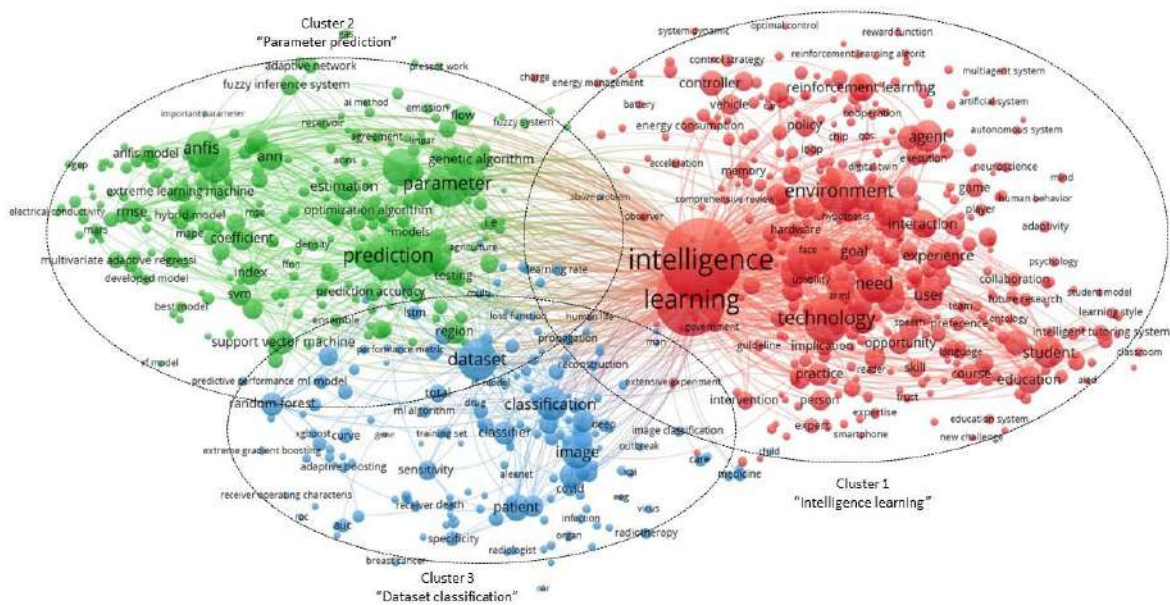


Рисунок 4. Доминирующие кластеры междотраслевых исследований, связанных с адаптивным обучением и искусственный интеллект получен из выборки 2803 публикаций, проиндексированных в WoS.

Кластерный анализ выявляет сложные связи между различными тематическими элементами, демонстрируя их симбиотические отношения и освещая многогранные аспекты, лежащие в основе развития этих областей. В рамках этого кластера такие ключевые слова, как «интеллект» и «обучение», выступают в качестве стержней, закрепляя различные подтемы, такие как «технология», «обучающийся», «адаптация» и «окружающая среда».

Анализ кластера «интеллектуальное обучение» проливает свет на несколько важных тем. Интеграция технологии искусственного интеллекта в системы адаптивного обучения подчеркивает преобразующий потенциал создания интеллектуальной среды обучения. Такая конвергенция облегчает персонализированное обучение, адаптируя содержание и методы подачи к индивидуальным предпочтениям и потребностям учащихся [13-15]. Более того, анализ подчеркивает центральную роль элементов «взаимодействия» и «пользователя», подчеркивая важность взаимодействия человека с компьютером и ориентированного на пользователя дизайна в оптимизации процесса обучения.

## Дискуссия

В настоящее время адаптивное обучение представляет собой новаторский подход в персонализированном образовании, который эффективно использует возможности технологий искусственного интеллекта для оптимизации процесса обучения для отдельных учащихся. Используя информацию, основанную на данных, и интеллектуальные алгоритмы, адаптивные системы предлагают индивидуализированную доставку контента, корректировку темпа и обратную связь в реальном времени, что повышает как вовлеченность учащихся, так и их успеваемость. Поскольку цифровая революция в образовании продолжает разворачиваться, потенциал адаптивного обучения для преобразования традиционных методов обучения остается огромным.

Поскольку мы становимся свидетелями стремительного роста адаптивного обучения и искусственного интеллекта в сфере образования, становится все более очевидным, что будущее образования будет в значительной степени формироваться этими технологиями. Благодаря их способности персонализировать процесс обучения, предоставлять обратную

связь в режиме реального времени и оказывать целевую поддержку, инструменты, основанные на искусственном интеллекте, обладают огромным потенциалом для революции в образовании в ближайшие годы.

Одним из ключевых аспектов будущего образования является создание персонализированных траекторий обучения для учащихся. С использованием алгоритмов искусственного интеллекта и платформ адаптивного обучения преподаватели могут адаптировать образовательный контент и опыт в соответствии с уникальными потребностями, способностями и интересами каждого учащегося. Кроме того, искусственный интеллект может значительно улучшить методы оценки, обеспечивая более точные и полные оценки.

Традиционные экзамены часто не позволяют оценить истинное понимание и владение предметом студентом. Однако благодаря алгоритмам машинного обучения, анализирующим обширные объемы данных, собранных из различных источников, таких как викторины, задания, обсуждения или даже выражения лица во время онлайн-занятий, преподаватели могут получить более глубокое представление об успеваемости учащихся и соответствующим образом адаптировать стратегии обучения.

По мере развития технологий, дальнейшие исследования и междисциплинарное сотрудничество становятся ключевыми для раскрытия полного потенциала адаптивного обучения с использованием искусственного интеллекта для учащихся, преподавателей и исследователей.

Однако, когда дело доходит до последствий, вытекающих из нашего исследования, становится ясно, что распространение адаптивного обучения и технологий искусственного интеллекта в образовании предполагает смену парадигмы, требующую тщательного рассмотрения. Поскольку эти технологии занимают центральное место, мы должны рассмотреть целостную структуру, поощряющую ответственную интеграцию ИИ в образовательную практику. Крайне важно разработать принципы и этические стандарты конфиденциальности, безопасности данных и внедрения ИИ в образовательных учреждениях. Нахождение баланса между персонализированным опытом обучения и защитой конфиденциальной информации учащихся является первостепенной задачей. Политика также должна включать справедливое распределение инструментов, основанных на искусственном интеллекте, гарантируя, что все учащиеся, независимо от социально-экономического происхождения, будут иметь доступ к преобразующим образовательным возможностям.

Хотя наше исследование рассматривает потенциал трансформации через адаптивное обучение с использованием искусственного интеллекта, следует отметить несколько ограничений. Основное внимание исследования уделяется общим аспектам искусственного интеллекта и адаптивного обучения, оставляя в стороне конкретные культурные, контекстуальные и социально-экономические нюансы, которые могут влиять на внедрение и эффективность этих технологий. Кроме того, объем исследования в основном основан на библиометрическом анализе WoS, что может ограничивать учет последних событий в этой области. Важным моментом также является использование публикаций из других баз данных, таких как Scopus или Google Scholar, для получения более полных результатов.

### **Заключение**

Наше исследование подчеркивает значимость сложного взаимодействия между прогнозированием, оценкой и адаптивным обучением в контексте цифровизации образования. Синтез наших исследований выявляет потенциал методов прогнозирования на основе искусственного интеллекта для формирования будущего образования. С развитием адаптивного обучения, интеграция прогностических моделей становится мощным инструментом для оптимизации образовательного опыта для учащихся. Сложная динамика между методами классификации, анализом данных и адаптивным обучением предоставляет перспективы для дальнейшего внедрения искусственного интеллекта с целью улучшения образования и оптимизации обучения. Важно решить проблемы конфиденциальности и

этичного использования данных в образовательных учреждениях с применением искусственного интеллекта. Баланс между персонализацией и защитой конфиденциальности играет ключевую роль в новой эре образования. Системы адаптивного обучения и технологии искусственного интеллекта предоставляют огромные возможности для преобразования образования в будущем. Создание персонализированных путей обучения с использованием алгоритмов искусственного интеллекта и платформ адаптивного обучения представляет собой увлекательную тему, требующую дополнительного изучения. Актуальность нашего исследования подтверждается стремительным развитием цифровых технологий в образовании и растущей потребностью в инновационных методах обучения. Наши результаты могут служить основой для дальнейших исследований и практического применения, способствуя эффективному развитию образовательной сферы в условиях цифровой трансформации.

Список использованных источников

- [1] Akour, M.; Alenezi, M. *Higher education future in the era of digital transformation. Education Sciences* 2022, 12(11), 784. <https://doi.org/10.3390/educsci12110784>
- [2] Alenezi, M. *Digital learning and digital institution in higher education. Education Sciences* 2023, 13(1), 88. <https://doi.org/10.3390/educsci13010088>
- [3] Jing, Y.; Zhao, L.; Zhu, K.; Wang, H.; Wang, C.; Xia, Q. *Research landscape of adaptive learning in education: A bibliometric study on research publications from 2000 to 2022. Sustainability* 2023, 15(4), 3115. <https://doi.org/10.3390/su15043115>
- [4] Adiguzel, T.; Kaya, M. H.; Cansu, F. K. *Revolutionizing education with AI: Exploring the transformative potential of ChatGPT. Contemporary Educational Technology* 2023 15(3), ep429. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13152>
- [5] De Vries, P. (2022). *The Ethical Dimension of Emerging Technologies in Engineering Education. Education Sciences* 2022 12(11), 754. <https://doi.org/10.3390/educsci12110754>
- [6] Guan, C.; Mou, J.; Jiang, Z. *Artificial intelligence innovation in education: A twenty-year data-driven historical analysis. International Journal of Innovation Studies* 2020, 4(4), 134-147. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2020.09.001>
- [7] Lamas, P.; Arnab, S. *Power to the teachers: an exploratory review on artificial intelligence in education. Information* 2021, 13(1), 14. <https://doi.org/10.3390/info13010014>
- [8] Nguyen, A.; Ngo, H. N.; Hong, Y.; Dang, B.; Nguyen, B. P. T. *Ethical principles for artificial intelligence in education. Education and Information Technologies* 2023, 28(4), 4221-4241. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11316-w>
- [9] Chen, L.; Chen, P.; Lin, Z. *Artificial intelligence in education: A review. IEEE Access* 2020, 8, 75264-75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
- [10] Smyrnova-Trybulska, E.; Morze, N.; Varchenko-Trotsenko, L. *Adaptive learning in university students' opinions: Cross-border research. Education and information technologies* 2022, 27(5), 6787-6818. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10830-7>
- [11] Google Trends. *Improving Search Results*. 2023. Available online: <https://trends.google.com> (accessed 8 August 2023)
- [12] Shurygin, V.; Saenko, N.; Zekiy, A.; Klochko, E.; Kulapov, M. *Learning management systems in academic and corporate distance education. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)* 2021, 16(11), 121-139. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i11.20701>
- [13] Cheiter, K.; Schubert, C.; Schüler, A.; Schmidt, H.; Zimmermann, G.; Wassermann, B.; Eder, T. *Adaptive multimedia: Using gaze-contingent instructional guidance to provide personalized processing support. Computers & Education* 2019, 139, 31-47. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.05.005>
- [14] Grassini, S. *Shaping the Future of Education: Exploring the Potential and Consequences of AI and ChatGPT in Educational Settings. Education Sciences* 2023, 13(7), 692. <https://doi.org/10.3390/educsci13070692>
- [15] Smith, J. *Human-Computer Interaction: Enhancing User Experience and Productivity. International Multidisciplinary Journal of Science, Technology, and Business* 2022, 1(4), 1-4.

**К.З. Халикова<sup>1</sup>, П.Б. Сейсенбекова<sup>2\*</sup>**

<sup>1,2</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан  
\*e-mail:ms.perizat@mail.ru

### **ОҚУШЫЛАРДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ-ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫҚ ҚҰЗЫРЕТТІЛІГІН ҚАЛЫПТАСТЫРУҒА БОЛАШАҚ ИНФОРМАТИКА МҰҒАЛІМДЕРІН ДАЯРЛАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ**

#### *Аңдатпа*

Мақалада оқушылардың ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілігін қалыптастыруға болашақ информатика мұғалімдерін даярлау мәселесі қарастырылады. Отандық және шетелдік зерттеушілердің еңбектеріндегі ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілікті қалыптастыруға байланысты зерттеулерге жасалған талдаулар нәтижелері келтірілген. Оқушылардың ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілігінің дамытушы құрауыштар анықталып, болашақ информатика мұғалімдерінің ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілігін дамытудың моделі құрылды және осы модельдің негізінде «Жасанды интеллект технологиялары» пәнін оқыту бағдарламасы жасалды. Ұсынылған пәнді оқыту бағдарламасының тиімділігі тәжірибелі эксперимент жүзінде тексеріліп, оның нәтижесін өңдеуге статистикалық әдістер (Стьюдент критерийі) пайдаланылды. Алынған нәтижелер теориялық сипатқа ие және ұсынылып оқу бағдарламасының негізінде алынған болашақ информатика мұғалімдерінің ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілігін дамытудың моделін «жасанды интеллект технологиялары» пәнін оқытуда пайдалануға болады. Бұл модель инновациялық оқыту әдістерін пайдалану арқылы болашақ информатика мұғалімдерінің ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттіліктерін дамытуға ықпал етеді.

*Түйін сөздер:* ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілік, оқыту моделі, цифрландыру, лингвистикалық құзыреттілік, дедуктивті құзыреттілік

**К.З. Халикова<sup>1</sup>, П.Б. Сейсенбекова<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

### **ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ К ФОРМИРОВАНИЮ ИНФОРМАЦИОННО-ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ УЧАЩИХСЯ**

#### *Аннотация*

В статье рассматриваются проблемы подготовки будущих учителей информатики для формирования информационно-интеллектуальной компетентности учащихся. Представлены результаты анализа исследований, связанных с формированием информационно-интеллектуальной компетентности в трудах отечественных и зарубежных исследователей. Определены компоненты развития информационно-интеллектуальной компетентности студентов, создана модель развития информационно-интеллектуальной компетентности будущих учителей информатики и на основе этой модели разработана программа обучения по предмету «Технологии искусственного интеллекта». Эффективность предложенной программы обучения данному предмету была проверена опытно-экспериментальным путем, а для обработки его результатов использованы статистические методы (критерий Стьюдента). Результаты носят теоретический характер и полученная на основе предложенной учебной программы модель развития информационно-интеллектуальной компетентности будущих учителей информатики может быть использована при преподавании предмета «Технологии искусственного интеллекта». Данная модель способствует развитию информационных и интеллектуальных компетенций будущих учителей информатики за счет использования инновационных методов обучения.

*Ключевые слова:* информационно-интеллектуальная компетенция, модель обучения, цифровизация, лингвистическая компетенция, дедуктивная компетенция.

K.Z. Khalikova<sup>1</sup>, P.B. Seisenbekova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

## PROBLEMS OF PREPARING PRE-SERVICE INFORMATICS TEACHERS TO FORM STUDENTS' INFORMATION-INTELLECTUAL COMPETENCIES

### *Abstract*

The problems of training pre-service Informatics teachers to develop the information and intellectual competence of students are considered in this article. The analysis results of studies related to the formation of information and intellectual competence in the investigations of domestic and foreign researchers are presented. The development components of information and intellectual competence of students have been identified, a model for the development of information and intellectual competence of pre-service Informatics teachers has been created, and on the basis of this model a training program has been developed in the subject "Artificial Intelligence Technologies". The effectiveness of the proposed training program for this subject was tested experimentally, and statistical methods (Student's t-test) were used to process its results. The results obtained are theoretical in nature and the model for the development of information and intellectual competence of pre-service Informatics teachers obtained on the basis of the proposed curriculum can be used when teaching the subject "Artificial Intelligence Technologies". This model contributes to the development of information and intellectual competencies of pre-service Informatics teachers through the use of innovative teaching methods.

*Keywords:* information-intellectual competence, learning model, digitalization, linguistic competence, deductive competence.

### **Кіріспе**

Бүгінгі таңда кәсіби білім беру жүйесіндегі өзекті мәселелердің бірі цифрлық дәуірде өмір сүруге бейім, цифрлық сауаттылығы қалыптасқан, сын тұрғысынан ойлай алатын, шығармашылықпен инновацияларды жасап, оны практикаға енгізе алатын, әлемдік жаһандану процесінде бәсекеге қабілеттілігін көрсетуге дайын тұлғаларды тәрбиелеп шығаратын педагог мамандарды даярлау болып табылады. Мұндай тұлғаларды қалыптастыруда информатика мұғалімдерінің атқаратын ролі ерекше. Олай дейтін себебіміз, оқушының цифрлық сауаттылығынан бастау алатын жеке тұлғаға тән интеллектуалдық әлеуеттің жоғары деңгейін сипаттайтын құзыреттіліктерді қалыптастырудың қуатты құралы цифрлық технологиялар екені ешқандай дәлелдеуді қажет етпейді. Бұл педагог мамандар даярлау мазмұны мен оны жүзеге асыру процесін жіті қадағалап, уақыт талабына сай жаңартуды талап етеді. Қазіргі қалыптасқан тәжірибелерден, бүгінгі мектеп бітірушілерінің ақпаратпен жұмыс істеу іскерліктері мен құзыреттіліктерінің жеткілікті деңгейде қалыптаспағанын байқауға болады. Жалпы білім беретін орта мектепте ақпаратпен жұмыс істеу іскерліктерін қалыптастыру бастауыш сыныптан бастау алады. Мұндай олқылықтардың орнын толтыру кәсіби білім беру жүйесіне, оның ішінде, педагог мамандар, дәлірек айтқанда, болашақ информатика мұғалімдерін даярлау жүйесіне келіп тіреледі.

Цифрланған әлемде өмір сүретін тұлға цифрлық технологияларды меңгерумен, пайдаланумен ғана шектелмейді, олар цифрлық технологиялар мен құралдарды пайдалана отырып, цифрлық өнімді өзі құра алатындай дәрежеде болуын талап етеді. Бұл оқушыдан салыстырмалы түре жаңа құзыреттіліктің – ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттіліктің болуымен сипатталады. Аталған мәселе информатика мұғалімдерін кәсіби даярлау мазмұнындағы «Жасанды интеллект технологиялары» пәнін оқыту мазмұнын жаңартуды талап етеді. Бұл қоғам тарапынан білім беру жүйесіне қойылатын негізгі талаптардың бірі болып есептеледі. Мұнымен бірге, елімізде білімді және ғылымды дамытудың 2023-2029 жылдарға арналған тұжырымдамасында: «Цифрландырудың әлемдік императивтеріне сүйене отырып, қазақстандық жоғары және жоғары оқудан кейінгі білім ұйымдары (ЖЖОКБҰ) цифрлық экожүйесі бар "smart-университеттер" моделіне көшуі тиіс» делінген [1]. Бұдан елімізде кәсіби білім беру жүйесі цифрландырудың жаңа кезеңіне аяқ басып жатқанын



байқауға болады және ол өз кезегінде болашақ информатика мұғалімдерін кәсіби даярлау сапасын жетілдіру қажеттілігін уағыздайды.

Құзыреттілік ұғымы педагогикалық термин ретінде көптеген зерттеуші ғалымдардың еңбектерінен орын алған. Жалпы алғанда, құзыреттілік дегеніміз – индивидтің жеке тұлғалық қатынасын және іс-әрекет пәнін қамтитын адамның сәйкес компетенцияларды меңгеруі мен ие болуы. Құзыреттілік - компетенцияларды қолданудың ең төменгі тәжірибиесінің болуын қажет етеді [2, 3].

Дж. Рэвен құзыреттілікті белгілі бір пәндік салада (оның ішінде жоғары мамандандырылған білім, арнайы дағдылар мен ойлау тәсілдері) нақты әрекеттерді тиімді орындауға қажетті арнайы қабілеттілік (дағдылар) деп түсіндіреді. Бәсекелестіктің табиғаты – ол адам мүдделері мен құндылықтары үйлескенде ғана көрінуі мүмкін. Кемелденген ғалым, мұғалім, инженер немесе басшы болу дегеніміз – әр түрлі деңгейдегі құзыреттілікке ие болу (бақылау, белгілі бір әрекеттерді орындау, бастама көтеру, іскерлік хаттар жазу, басқа адамдармен қарым-қатынасты ұйымдастыру және т.б.). Дж. Рэвеннің пікірінше, барлық оқушылардың іс-әрекет түрлерінде әртүрлі қабілеттері бар («құзыреттілік»), мұғалім оларды анықтап, қолдау көрсетуі керек. «Құзыреттілік – қабілеттер мен дағдылар жиынтығы» деген түсінікке келіп тіреледі. Құзыреттілік құрамындағы теңдік екі құрамдас бөлікті анықтайды: жалпы құзыреттілік (қабілеттер, мотивациялар, дағдылар) және құзыреттілік кәсіби қызметіне қарамастан қоғамда өзінің әлеуетін жоғары деңгейде көрсетуге ықпал етеді [3].

О.С. Гребенюк интеллектуалдық саладағы ойлаудың түрлерін, ойлау стилін, ақыл-ойдың қасиеттерін сипаттайды. Танымдық процестер (зейін, елестету, есте сақтау, қабылдау), психикалық операциялар (оқшаулау, салыстыру, талдау, синтез, жүйелеу, абстракциялау, формализация, нақтылау, интерпретациялау және т.б.), танымдық дағдылар (сұрақ қоя білу, мәселені анықтау және тұжырымдау, гипотеза жасау, оны дәлелдеу, қорытынды жасау, білімді қолдана білу), оқу дағдылары (жоспарлау, қою) мақсат қою, сәйкес уақытта оқу және жазу, қарқын, конспект жазу және т.б.), сыныптан тыс білім мен дағды, ғылыми білім, білік пен дағды, жалпы білім мен арнайы білім біріктірілген жүйемен сипатталады [4].

Қазіргі уақытта педагогикалық білім берудің теориясы мен практикасында интеллектуалдық құзыреттілікті қалыптастыруға негіз бола алатын елеулі ғылыми зерттеулер: студенттердің интеллектін дамыту идеялары (Л. Выготский, М. Громкова, А. Зак, Г. Сухобская); интеллектуалдық құзыреттілікке байланысты зерттеулер (О. Берестенева, И. Зимняя, Н. Козлова, Л. Сивичкая, Д. Хапт, М. Холодная, А. Хуторской) жинақталған.

Қоғамның әртүрлі салаларындағы қарқынды өзгерістерге байланысты Қазақстанның инновациялық дамуын жетілдіруге ықпал ететін мамандықтардың қажеттілігі туындап отыр. Білім алушыларға алынған ақпаратпен өнімді жұмыс істеу, проблемаларды анықтау, оларды шешудің тиімді және негізгі жолдарын табуды қамтамасыз ететін олардың ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттіліктерін қалыптастыру қажеттілігі өзекті мәселеге айналып отыр. Цифрландыру жағдайында білім беру саласы техникалық инновацияларды ғана емес, сонымен бірге, жоғары оқу орындарындағы (ЖОО) білім беру мазмұны мен құрылымы, оның ұйымдастырылуындағы өзгерістерді де қамтиды. Оқыту мазмұны мен оқыту процесін ұйымдастырудағы инновациялар, ЖОО-дағы ұйымдастырушылық және құрылымдық өзгерістер мамандарды кәсіби даярлау сапасын арттыруды қамтамасыз етуі тиіс.

### **Зерттеу әдіснамасы**

Зерттеу жұмысында көтерілген мәселеге байланысты ғылыми-оқу және әдістемелік әдебиеттерге, интернет ресурстарына және мерзімді басылымдарға, оның ішінде, Scopus базасына кіретін қол жетімді ғылыми еңбектерге талдау жүргізілді. Жобалау мен модельдеудің ғылыми теориясына негізделген эмпирикалық әдіснамаға, әдістер мен технологияларға сүйене отырып, ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілікті қалыптастырудың моделі құрылып, соның негізінде «Жасанды интеллект технологиялары» атты оқу бағдарламасы әзірленіп, тәжірибелі эксперименттен өткізілді. Зерттеу нәтижелері

статистикалық әдістермен өңделді. Сонымен бірге, «Жасанды интеллект технологиялары» пәні бойынша болашақ информатика мұғалімдерінің білім деңгейлерін айқындау мақсатында сауалнама жүргізілді.

*Зерттеу әдістері.* Ғылыми-әдістемелік, философиялық, психологиялық және педагогикалық әдебиеттердегі зерттеуші педагог мамандардың ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілікті қалыптастыруға байланысты еңбектеріне *теориялық* тұрғыдан талдау жүргізілді. Сонымен бірге, *эмпирикалық* зерттеу әдістері пайдаланылды: жүргізілген зерттеу нәтижесін бағалау үшін тәжірибелі эксперимент жүргізу, студенттерде қалыптасқан білім нәтижелеріне мониторинг жасау және оны диагностикалау жүзеге асырылды.

Зерттеу мәліметтерін өңдеуге статистикалық әдістер де пайдаланылды: тәжірибелі эксперимент нәтижелерін өңдеуге математикалық статистика әдістері пайдаланылды.

### **Зерттеу нәтижелері**

Ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілік ұғымы зерттеуші ғалымдардың еңбектерінен айтарлықтай орын алған. Қазіргі кезеңге бұл ұғым ақпараттық құзыреттілік және интеллектуалдық құзыреттілік болып жеке – жеке қарастырылып келген және олардың құрамдас бөліктері де анықталған. Интеллектуалдық және ақпараттық құзыреттілікті мәселе ретінде зерттеген ғалымдардың тұжырымдарына тоқталайық. Соның нәтижесінде болашақ информатика мұғалімдеріне ақпаратты іздеу және өңдеу, ақпараттық-коммуникациялық технологияларды пайдалану, оқытудың өзіндік әдістерін ұйымдастыру, іс-әрекетке араласуға, ынтымақтастыққа дайын болу қабілеті мен даярлығы қалыптасады.

*Интеллект* – адамның өткен тәжірибесін ескере отырып, ақпаратты қабылдау, кодтау және декодтау, ассимиляциялау, оны қазіргі өмірге бейімдеу және болашақты жоспарлау үшін пайдалану қабілеті. Интеллект функцияларының ішінде оқу қабілеті, таңбалармен әрекет ету, қоршаған ортаның заңдылықтарын белсенді меңгеру қабілеті, ақыл-ой әрекеті ерекшеленеді. Мұның бәрі адам мен әлем арасындағы қарқынды ақпарат алмасу жағдайында мүмкін болады. ХХІ ғасыр интеллектісі – адамзатты қоршаған әлемге бейімдеу үшін ақпаратқа деген қажеттілік, оны қабылдау, қайта кодтау, бағалау, сақтау және пайдалану қабілеті. Адамның баянды болашағының кепілі – интеллектуалдық құзыреттілік.

Интеллект теориясымен айналысқан танымал ғалым Ховард Гарднер интеллекттің әртүрлі өлшемдерін зерттейді, адамдарда IQ сияқты дәстүрлі өлшемдерден тыс, әртүрлі интеллект түрлеріне ие екенін атап өтеді. Оның зерттеулері педагогтардың әртүрлі оқушылардың интеллектуалдық құзыреттіліктерді талдауы мен бағалауына әсер етті.

Даму психологиясын зерттеуші Жан Пиаже балалардың когнитивті дамуын зерттей отырып, интеллектуалдық құзыреттіліктің нәрестелік кезеңнен ересек адам дәрежесіне жеткенге дейін қалай дамып келе жатқанын түсінуге негіз болды.

Л. Выготскийдің әлеуметтік-мәдени теориясы когнитивті дамудағы әлеуметтік өзара әрекеттесу мен мәдени контексттің рөлін атап көрсетті. Оның жақын арадағы даму аймағы туралы идеялары студенттердің интеллектуалдық өсуін қолдау үшін тіректердің маңыздылығын атап көрсету арқылы білім беру тәсілдерін қайта қарауға және өзгертуге ықпал етті.

Р. Штернбергтің зерттеулері интеллектке, шығармашылыққа және практикалық дағдыларға бағытталған. Оның триархиялық интеллект теориясы интеллекттің үш қырын ұсынады: аналитикалық, шығармашылық және практикалық. Бұл теория педагогтардың әртүрлі интеллектуалдық құзыреттіліктерді қалай бағалайтынына және тәрбиелейтініне әсер етті.

Философ және білім беру реформаторы Дж. Дьюи тәжірибелік оқыту мен сыни ойлаудың маңыздылығын атап өтті. Оның тәжірибелік оқыту және рефлексиялық ойлау туралы идеялары қазіргі білім беру тәжірибесін қалыптастырып, жаттанды есте сақтаудан тыс зияткерлік құзыреттіліктерді дамыту қажеттілігін көрсетті.

Ресей ғалымдары: Л.Е. Панфилова, Т.Е. Матвеева, С.А. Сапон, О.В. Филимонова [5,6] өз еңбектерінде студенттерді ақпараттық және интеллектуалдық құзыреттіліктерді

қалыптастыруға ынталандыруды, танымдық іс-әрекеттерді жоспарлауды, жұмысты ұйымдастыруды қарастыра келе, болашақ маманның жалпы және бейіндік дайындығын анықтап, жаңа білім мен дағдыларды игеруге және кәсіптік қызметін жетілдіру мәселелерін қарастырған.

Е. Марчуктің пікірінше, интеллектуалдық құзыреттілік төмендегідей құрамдас бөліктерден тұрады: мотивациялық, оның ішінде, интеллектуалдық қызметтің мақсатын білу; оперативтік – талдау жасай білу және интеллектуалдық мәселелерді шығармашылықпен шешеді; бағалау – тану, бақылау қабілеті және олардың интеллектуалдық белсенділігі [7].

Жоғары оқу орнының оқу процесінде болашақ мамандардың интеллектуалдық құзыреттілігін қалыптастыру айтарлықтай күрделі мәселе болғандықтан ұзақ зерттеу жүргізуді талап етеді. Осыған байланысты интеллектуалдық құзыреттілігін қалыптастырудың құрамдас бөліктері мен деңгейлерін негіздеу мәселесі әлі күнге дейін зерттелуде [8].

Аталған ұғымдардың зерттелу тарихына көз жүгіртсек, ақпараттық және интеллектуалдық құзыреттілік ұғымдары бірі-бірімен өзара байланысты.

Ақпараттық құзыреттілік пен интеллектуалдық құзыреттілік білім беру саласындағы өзара байланысты аспектілер болып табылады.

*Ақпараттық құзыреттілік* әртүрлі ақпарат көздерінен алынған ақпаратты тиімді табу, бағалау, ұйымдастыру және пайдалану қабілеттерін білдіреді. Ол қол жетімді ақпараттың ауқымды көлемін іздеу, талдау және өңдеуге қажетті дағдыларды қамтиды [9] соның ішінде:

Ақпаратты іздеу: кітапханалар, дерекқорлар, интернет және т.б. сияқты әртүрлі ресурстардан ақпаратты іздеу және оларға қол жеткізу мүмкіндігі.

Ақпаратты бағалау: нақты мақсаттарға сәйкестігін анықтау үшін ақпарат көздерінің сапасын, өзектілігін және сенімділігін бағалау.

Ақпаратты ұйымдастыру: түсіну және қолдану үшін ақпаратты үйлесімді түрде сұрыптау және құрылымдау.

Ақпаратты пайдалану: әртүрлі жағдайлардағы мәселелерді шешу, шешім қабылдау немесе жаңа білімді қалыптастыру үшін ақпаратты тиімді пайдалану.

Білім беруде ақпараттық құзыреттілік студенттер үшін де, оқытушылар үшін де маңызды. Ол оқушыларға ақпаратты сыни тұрғыдан талдауға, зерттеу жүргізуге және олардың оқу және академиялық талпыныстарын қолдау үшін қорытындыларды жинақтауға мүмкіндік береді. Ақпараттық құзыреттілігі қалыптасқан мұғалімдер оқушыларға қолжетімді ақпарат қорын іздеуге бағыт-бағдар бере алады және сын тұрғысынан ойлау қабілеттерін дамытады.

Ақпараттық құзыреттілік салыстырмалы түрде жаңа термин ретінде бірқатар зерттеуші педагог ғалымдардың еңбектерінен көрініс тапқан. Ақпараттық құзыреттілікті қалыптастыруда ең жиі қолданылатын ақпараттық құзыреттілік құрауыштарын төмендегі кестеден көруге болады (кесте 1). В.Н. Аниськин мен Е.В. Замира ақпараттық құзыреттіліктің төмендегідей құрауыштарын анықтайды: 1) когнитивті, кәсіби міндеттерді шығармашылық тұрғыдан шешуге қажетті білімдер жиынтығын қамтиды; 2) іс-әрекеттік-шығармашылық, кәсіби іс-әрекетте өзін жүзеге асыруға қажетті әртүрлі іс-әрекет тәсілдерін қалыптастырып, дамытуға бағытталады; 3) жеке тұлғалық, «тұлға болу» әлеуметтік тапсырысын жүзеге асыратын субъектінің тұлғалық сапаларын, мотив пен қажеттіліктерді сипаттайды [10].

Ақпараттық құзыреттіліктің әлемдік стандарттарына сүйене отырып, Х. Лау ақпараттық құзыреттіліктің үш құраушысын сипаттайды:

1) ақпаратты алу процесі, пайдаланушы ақпаратты ұтымды және тиімді жинақтай алады;

2) ақпаратты бағалау, пайдаланушы ақпаратты сын тұрғысынан талдай отырып, сауатты бағалайды;

3) ақпаратты пайдалану, пайдаланушы ақпаратты дәл және шығармашылық тұрғыдан ойластыра отырып пайдаланады [11].

*Интеллектуалды құзыреттілік* жай ғана ақпаратты өңдеуден тыс танымдық қабілеттер мен дағдылардың кең ауқымын қамтиды. Ол сыни ойлау, шығармашылық, проблеманы шешу, ақпаратты талдау, синтездеу және тиімді қолдану қабілетін қамтиды.

Кесте 1. Ақпараттық құзыреттілік құрауыштары

Авторы	Ақпараттық құзыреттілік құрауыштары
В.Н. Аниськин, Е.В. Замара	- когнитивті, - іс-әрекеттік-шығармашылық, - жеке тұлғалық
Х. Лау	- ақпаратты алу, - ақпаратты бағалау, - ақпаратты пайдалану
А.Д. Майматаева	- мотивациялық - когнитивті - әрекеттік
С.В. Тришина	- когнетивтік, - құнды-ынталандыру, - техникалық-технологиялық, - коммуникативті, - рефлексік компоненттер;
О.Н. Грибан	- кәсіби-қызметтік, - техникалық-технологиялық, - коммуникативтік, - операциялық

Интеллектуалдық құзыреттіліктің құрамдас бөліктеріне мыналар жатады:

*Сыни тұрғыдан ойлау:* ақпаратты немесе жағдаяттарды логикалық және ұтымды талдау, түсіндіру және бағалау қабілеті.

*Шығармашылық ойлау:* жаңаны ойлап табу процесі немесе тапқырлықпен икемді ойлау арқылы жаңа идеяларды, шешімдерді немесе тәсілдерді жасау.

*Проблемаларды шешу:* күрделі мәселелерді немесе міндеттерді тиімді шешу үшін логикалық және шығармашылық ойлауды пайдалану.

*Аналитикалық дағдылар:* объектінің немесе процестің құрылымы мен мағынасын түсіну үшін ақпаратты құрамдас бөліктерге бөлу.

*Синтез:* жаңа түсініктерді немесе түсініктерді қалыптастыру үшін әртүрлі ақпарат көздерінен немесе болжаулардан алынатын мәліметтерді біріктіру.

Білім беруде интеллектуалды құзіреттілікті қалыптастыру болашақ информатика мұғалімдерінің сыни тұрғыдан ойлау, проблемаларды шешу және әртүрлі жағдайларға бейімделу қабілеттерін дамыту үшін өте маңызды. Болашақ информатика мұғалімдері іздеуге, талдауға және шығармашылық ізденістерге ынталандыратын оқу тәжірибесін жинақтау арқылы оқушылардың интеллектуалдық құзыреттілігін дамытуға үлес қосады. Зерттеуші ғалымдардың еңбектеріндегі интеллектуалдық құзыреттілік құрауыштары 2-кестеде келтірілген.

*Ақпараттық құзіреттілік* ең алдымен ақпаратты тиімді өңдеу мен пайдалануды қарастырады, ал *интеллектуалдық құзыреттілік* сыни ойлауға, шығармашылыққа, проблемаларды шешуге және білім беру саласындағы ақпаратты әртүрлі мағынада пайдалануға байланысты танымдық қабілеттердің ауқымды жиынтығын қамтиды. Екі құзыреттілік те бір-бірін толықтырады және біртұтас оқыту мен дамыту үшін маңызды.

Болашақ маманның ақпараттық құзыреттілігі – ақпаратты жинауға және өңдеуге, интеллектуалды құзыреттілік - жаңа білімді шығаруға және қалыптастыруға бағытталған. Білім беру үдерісінің бөлігі ретінде бұл ақпараттық-интеллектуалды іс-әрекет «ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілік» (АИК) тұжырымдамасымен анықталады, ол алынған ақпаратты тиімді пайдалану негізінде оқу-практикалық іс-әрекеттегі міндеттер мен мәселелерді оңтайлы шешу деп түсіндіріледі [12].

Кесте 2. Интеллектуалдық құзыреттілік құрауыштары

Авторы	Интеллектуалдық құзыреттілік құрауыштары
Г. Сағдеева	- мотивациялық (дамуға дайындық, университетте оқу мотивтері); - когнитивтік (оқушыға қажетті білімнің жиынтығы, тұлғалық және кәсіби даму); - метакогнитивтік (өзін-өзі ұйымдастыру және өзін-өзі басқару қабілеттері мен дағдылары)
Е. Марчук	- мотивациялық – интеллектуалдық қызмет мақсатын сезіну; - оперативтік – интеллектуалдық мәселелерді талдау және шығармашылықпен шешу қабілеті; - бағалау – өзінің интеллектуалдық белсенділігін тану, бақылау және түзету қабілеті
Н. Гончарук және Е. Хромова	- операциялық - процедуралық - мотивациялық-құндылық - мотивациялық-мақсатты

Сонымен қатар, Т.Е. Матвеева: оқыту тапсырмалары арқылы ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілік құрауыштарын оқу-танымдық іс-әрекеттегі ақпараттық-интеллектуалдық дағдылар деңгейі (ақпараттық-интеллектуалдық құрауыш) және оқу іс-әрекетіндегі рефлексивті өзін-өзі ұйымдастыру деңгейі (ұйымдастыру құрауышы) деп бағалаған [13]. Қазіргі уақытта мектеп оқушыларына стандарт бойынша ақпаратпен жұмыс істеу және оны дұрыс қолдана білу қабілетіне ерекше назар аударады: ақпаратты табу және тіркеу, талдау және жүйелеу, түсіндіру және жалпылау, ұсыну және беру, түрлендіру және тәжірибеде қолдану. Бұл дағдылар болашақ информатика мұғалімінің ең маңызды міндеттерінің бірі ретінде қарастырылады. Ол үшін болашақ информатика мұғалімінің өзі ақпараттық және интеллектуалдық құзыреттілікке ие болуы керек: ақпараттық-коммуникациялық құралдармен жұмыс істей білуі, ақпараттың түрлерін оңтайлы және сауатты қолдана алуы шарт. Ақпараттық-интеллектуалдық дағдылар ақпаратпен жұмыс істеу әдістерін меңгеруді білдіреді, олардың негізінде логикалық-ақпаратты дұрыс қолдану талаптары жатыр.

Ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілік білім алушының білім беру міндетін орындау үшін ақпараттық және интеллектуалды әрекеттердің орындалу ретін меңгеріп, түсінетіндігін және олардың нәтижесін бағалайтындығын болжайды. Сонымен бірге, ол ақпараттық-интеллектуалды дағдыларды дамытады: ақпараттағы негізгі идеяны анықтау; оңтайландыру, әртүрлі нысандарда ұсынылған маңызды ақпаратты таңдау (мәтін, сурет, кестелер, сызбалар және т.б.); ақпараттың, құрылымның әр түрлі бөліктері арасындағы себеп-салдарлық байланыстарды орнату (мағыналық бірліктердің дәйектілігін құру), олардың дәлелін негіздеу үшін ақпарат ішіндегі қажетті және жеткілікті дәлелдерді таңдау, оны талдауға, синтездеуге, салыстыруға, жіктеуге негізделген пайымдау, қорытынды, дәлелдер құру; бір-біріне бара-бар болатын сұрақтар мен жауаптарды, сондай-ақ, терминдер мен ұғымдарды тұжырымдау, қалпына келтіру, «ақпараттық құрылымды» жасау (жоспар, кесте, кесте, жіктеу, жоба және т.б.). Ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілік заманауи стандарттарға сай білім берудің нәтижесі болғандықтан, оның қалыптасуы оқу-танымдық іс-әрекет процесінде жоғары оқу орнында білім алушылардың ақпараттық, интеллектуалды қабілеттері деңгейінде көрінеді. Оларды білім беру процесінің мақсаты ретінде қарастыру керек [14]. 3-кестеде зерттеуші ғалымдардың еңбектеріндегі ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттіліктің құрауыштары келтірілген. Зерттеу мәселесіне байланысты ғылыми-оқу әдістемелік басылымдар мен ғылыми зерттеу жұмыстарына жасалынған талдау нәтижелерін және педагогикалық оқу орындарының «Информатика» мамандығы бойынша білім алып жатқан студенттерге жүргізілген сауалнама нәтижелерін негізге ала отырып, «Жасанды интеллект технологиялары» пәні бойынша оқыту мазмұнына алынған болашақ

информатика мұғалімдерінің ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілігінің бес негізгі құрауышын ұсынып отырмыз (Сурет 1). Біздің зерттеуімізде ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілік 5 құрауыштан тұрады деп қарастырдық. Ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілік құрауыштары 1-суретте келтірілген.

Кесте 3. Ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілік құрауыштары

Авторы	Ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілік құрауыштары
Т.Е. Матвеева	- ақпараттық-интеллектуалдық - ұйымдастырушылық
Л.Г. Панфилова	- танымдық дағдылар - логикалық ойлау - есте сақтау қабілеті - ақпаратты бағалау және пайдалану.
С.А. Сапон	- ақпаратты өңдеу - шешім қабылдау - когнитивтік икемділік - білімді меңгеру және қолдану қабілеті



Сурет 1. Ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілік құрауыштары

**Лингвистикалық құзыреттілік** – бұл болашақ информатика мұғаліміне табиғи тіл арқылы берілген ақпаратты қамтитын хабарламаларды қабылдау, түсіну және жадында сақтауға мүмкіндік беретін білім, білік, дағдылар жиынтығымен сипатталатын жеке қасиет. Болашақ информатика мұғалімінің тілдік құзыреттілік құрылымында екі құрауышты ажыратуға болады. Бірінші, мамандық объектісін толық және дәл сипаттауға қажетті және жеткілікті мөлшерде арнайы терминологияны білу. Екіншіден, алынған білімнен туындайтын сәйкес ғылыми тұжырымдаманың негізгі белгілері мен байланыстарын анықтау мүмкіндігі.

**Алгоритмдік құзыреттілік** – жалпы ақпараттық-интеллектуалды құзыреттіліктің құрамдас бөлігі ретінде мәселені қоюдан қажетті нәтижеге жетуге дейін өзінің танымдық және кәсіби қызметін басқару мүмкіндігін көрсетеді.

**Дедуктивті құзыреттілік** – қойылған мәселенің түрін анықтауда, оның жағдайын талдауда, шешу әдісін анықтауда, тексеруде көрінеді. Логикалық қорытынды жасауға мүмкіндік беретін логиканың жалпы заңдылықтарын білумен сипатталатын білім.

**Индуктивті құзыреттілік** – жалпылау, жүйелеу және жағдаяттардың шешімін іздеуге, орындалған жұмысты бағалауға және әртүрлі формада көрінуге мүмкіндік беретін жүйелі білім.

*Ақпараттық құзыреттілік* – цифрлық және AI технологияларды сауатты қолдана білу.

Болашақ информатика мұғалімдері алдымен, интеллектуалдық және ақпараттық – интеллектуалдық құзыреттілік ұғымдарының ара жігін ажырата білуі, оны қалыптастыру жолдарын және оның қалыптасу нәтижесі неден көрініс табуы қажет екенін білуі тиіс.

Осы мәселелерді анықтау мақсатында тәжірибелі эксперимент барысында болашақ информатика мұғалімдеріне арнайы дайындалған сауалнама жүргізілді. Сауалнама нәтижесінде біз:

- Болашақ информатика мұғалімінің интеллектуалдық құзыреттілігі дегеніміз не?

- Сабақ барысында болашақ информатика мұғалімінің ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілігін қалыптастыру мүмкін бе (иә, жоқ /астын сызыңыз)

- Ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілігі қалыптасқан болашақ информатика мұғалімі қандай болуы керек?

- Болашақ информатика мұғалімнің ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілігін қалыптастыру үшін қандай тапсырмалар бересіз?

- Ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілікті қалыптастыруда қандай AI технологияны пайдалану тиімді деп ойлайсыз?

- «Жасанды интеллект технологиялары» курсына Python кітапханаларын қолданып көрдіңіз ба?

- Қандай машиналық оқыту алгоритмдерін білесіз?

- Жасанды интеллектке арналған Python кітапханалары қалай орнатады?

Сынды мәселелерді жеткілікті деңгейде меңгермегенін байқадық.

Сонымен қатар «Жасанды интеллект технологиялары» сабағында практикалық білімнің төмендігін, көбіне теориялық біліммен шектелетіндеріне көз жеткіздік. Сол себепті «Жасанды интеллект технологиялары» пәнін болашақ информатика мұғалімдері ретінде меңгеру деңгейлері төмен екені байқалды. Жүргізілген зерттеу нәтижелеріне сай, болашақ информатика мұғалімінің ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілігін қалыптастыруды қамтамасыз ететін «Жасанды интеллект технологиялары» пәнін оқыту мазмұнын өзгерту қажеттілігін анықтадық.

Педагог мамандардың ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілігін қалыптастыруға байланысты зерттеулерді талдай келе, ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттіліктің құрауыштары анықталып, оны «жасанды интеллект технологиялары» пәнін оқыту барысында қалыптастырудың моделі құрылды.

Модельді негізге ала отырып, болашақ информатика мұғалімдерін даярлауда оқытылатын негізгі курстардың бірі ретінде ұсынылатын «жасанды интеллект технологиялары» атты курстың бағдарламасы жасалып, тәжірибелі экспертменттен өткізілді. Болашақ педагогтарға бұл курс 5 ECTS көлемінде оқытылады. Осы курс негізінде ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілікті қалыптастыруды модельдеу кезінде біз төмендегі екі бағыт ескерілді:

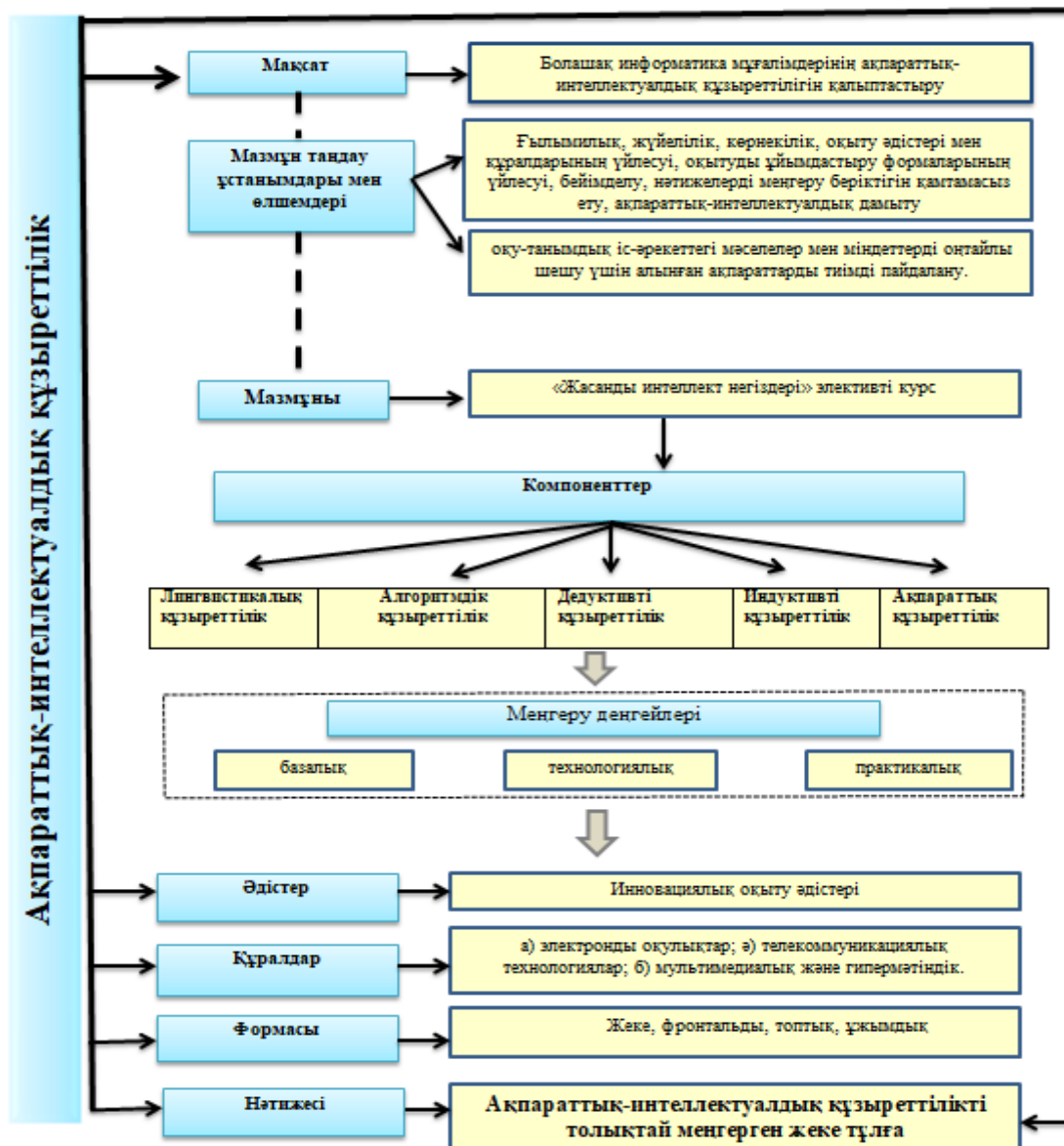
- ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттіліктің құрауыштарының өзара тығыз байланысы;

- болашақ информатика мұғалімдерінің ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілігін қалыптастырудағы педагогикалық іс-әрекеттің бағыты.

Жоғары оқу орындарындағы «жасанды интеллект технологиялары» пәнін оқыту барысында қолданылатын бағдарламалар мен оқу мазмұндарын талдай келе және студенттерге жүргізілген сауалнама нәтижелері негізінде жаңартылған оқу пәнінің мазмұны құрылды.

*Пәнді оқытудың мақсаты* – қандай да бір мәселелерді автоматты түрде шешу және оны шешу әдістерін талдау және алынатын нәтижені болжай білуге баулу.

Ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілікті қалыптастыру моделі 2-суретте келтірілген.



Сурет 2. Ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілікті қалыптастыру моделі

*«Жасанды интеллект технологиялары» пәнін оқыту міндеттері:*

- интеллектуалды басқару жүйелерінің құрылымы мен функцияларын, әдістерін болашақ информатика мұғалімдеріне үйрету;
- Python программалау тілінің жасанды интеллект құруға арналған библиотекаларын орнатып, ЖИ алгоритмдерін пайдалануды көрсету;
- ЖИ құру, программалық және ақпараттық қамтамасыз ету технологиясын үйрету;
- ЖИ құру құралдарының классификациясын меңгеру;
- Болашақ информатика мұғалімдеріне ЖИ аймағындағы оқу және ғылыми әдебиеттерді өз бетінше пайдалана білуге үйрету.

*«Жасанды интеллект технологиялары» пәнін оқыту нәтижесінде:*

- Математикалық аппаратты анықтайды және математикалық модель құрады;
- Python программалау тілінде AI библиотекалары NumPy, Matplotlib, Scikit learn, Keras, TensorFlow орнатып жасанды интеллект алгоритмдерін қолдану арқылы программалар құруды үйренеді;
- Машиналық оқыту типтері: мұғаліммен оқыту, мұғалімсіз оқыту және өздігінен оқыту арқылы ЖИ құра алады;



- Классификация, кластеризация және регрессия есептерін шешуді меңгереді;
- ЖИ бойынша оқыту әдістерін және есептерді өз бетінше қолдана алады.

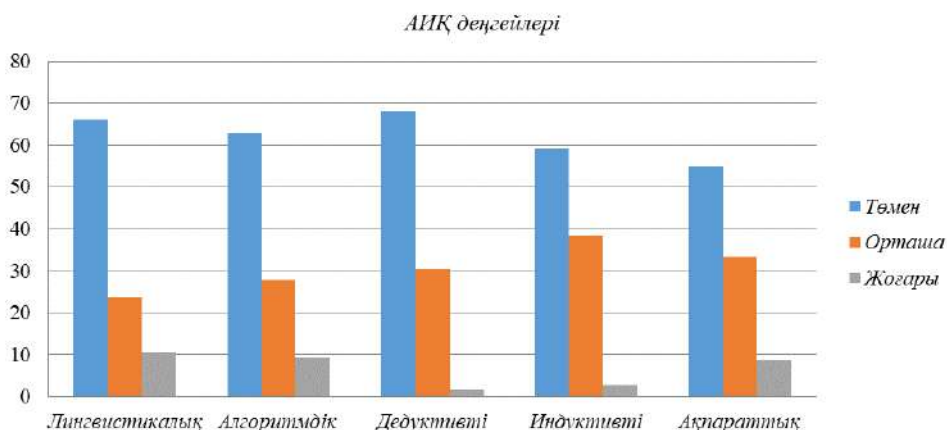
Болашақ информатика мұғалімдері ЖОО оқу үрдісінде өзін-өзі ұйымдастыра, дамыта алатын күрделі жүйе ретінде олардың ақпараттық-интеллектуалдық құзіреттілігін қалыптасады деп есептейміз. Оқу бағдарламасының негізіне алынған болашақ информатика мұғалімдерінің ақпараттық-интеллектуалдық құзіреттілігін дамытудың моделі 2-суретте келтірілген. Ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілік құрауыштары төмен, орташа және жоғары деңгейлер бойынша 4-кестеде келтірілген.

Кесте 4. Ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілік құрауыштары мен деңгейлері

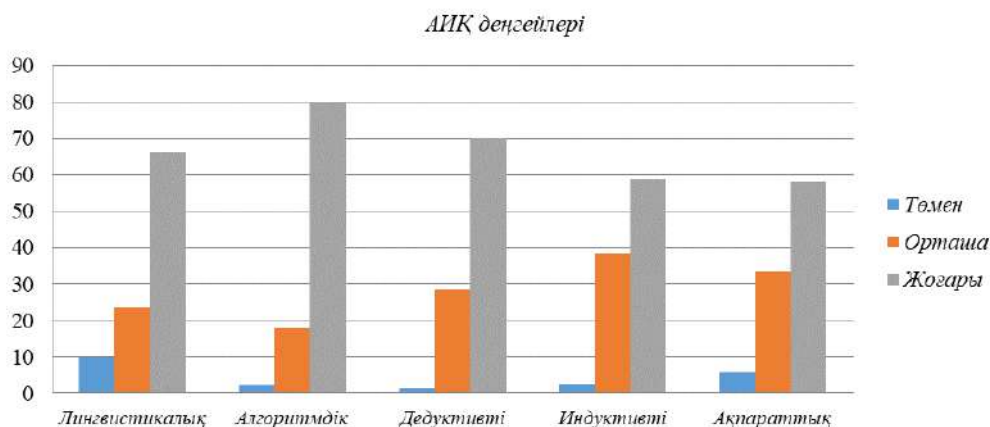
АИҚ деңгейлері	Ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілік құрауыштары (АИҚ)				
	Лингвистикалық	Алгоритмдік	Дедуктивті	Индуктивті	Ақпараттық
төмен	мамандық бойынша терминологияны білмейді. Тапсырмаларды ғылыми тілде түсіндіре алмайды.	мәселені қоядан қажетті нәтижеге жетуге дейін өзінің танымдық және кәсіби қызметін басқарудың төмендігін көрсетеді.	қойылған мәселенің шешу әдісін анықтауда қиналады.	жалпылау, жүйелеу және жағдаяттардың шешімін іздей алмайды	цифрлық және AI технологияларды қолдана алмайды.
орташа	мамандық объектісін сипаттауға қажетті кейбір терминологияны біледі. Ғылыми тұжырымдаманың негізгі белгілері анықтау мүмкіндігі бар.	мәселені қоядан қажетті нәтижеге жетуге дейін өзінің кейбір қадамдарын көрсетеді.	қойылған мәселенің түрін анықтауда, оның жағдайын анықтай алады, Логикалық қорытынды жасай алады.	жалпылау, жүйелеу және жағдаяттардың шешімін іздей алады және орындалған жұмысты бағалай алады.	цифрлық және AI технологияларды дұрыс қолдана білмеу.
жоғары	мамандық объектісін толық және дәл сипаттауға қажетті және жеткілікті мөлшерде арнайы терминологияны білу. Алынған білімнен туындайтын сәйкес ғылыми тұжырымдаманың негізгі белгілері мен байланыстарын анықтай алады.	мәселені қоядан қажетті нәтижеге жетуге дейін өзінің танымдық және кәсіби қызметін басқару мүмкіндігін көрсетеді.	қойылған мәселенің түрін анықтауда, оның жағдайын талдауда, шешу әдісін анықтауда, тексеруде көрінеді. Логикалық қорытынды жасауға мүмкіндік беретін логиканың жалпы заңдылықтарын біледі.	жалпылау, жүйелеу және жағдаяттардың шешімін іздеуге, орындалған жұмысты бағалауға және әртүрлі формада көрінуге мүмкіндік беретін жүйелі білім қалыптасады.	цифрлық және AI технологияларды сауатты қолдана білу.

Студенттердің ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттіліктерінің деңгейлерін анықтау мақсатында тәжірибелі эксперимент жүргізілді.

3,4-суреттерде эксперименттік және бақылау топтарындағы ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттіліктерінің деңгейлері келтірілген.



Сурет 3. Бақылау тобының АИҚ деңгейлері



Сурет 4. Эксперимент тобының АИҚ деңгейлері

Анықталған айырмашылықтардың дұрыстығын тексеру үшін біз екі үлгінің орташа мәндерінің теңдігін немесе тең еместігін, тіпті шағын өлшемді де тексеруге мүмкіндік беретін Стьюдент критерийі қолданылды. Нәтижесінде бақылау және эксперименттік топтар арасындағы айырмашылықтың үлкен екендігін көрсетті. Осыдан болашақ информатика мұғалімдеріне ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттіліктерін қалыптастыру оқытудың тиімділігін арттырады деген қорытынды жасауға болады.

### Дискуссия

Интеллектуалдық және ақпараттық құзыреттілік ұғымдарының анықтамаларын және ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілік ұғымдарын талдап, зерттей келе ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілік анықтамасы берілді.

Ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттілікті қалыптастыру үшін білім беру кеңістігіндегі оқу процесінің мақсаттары, әдістері, мазмұны және білім беру деңгейімен ерекшеленетін өзара байланысты оқу модульдерін анықтайтын құрылымдық-мазмұндық модель әзірленді. Бұл модель оқу іс-әрекетінің жеке кезеңдерінде ақпараттық-интеллектуалдық құзыреттіліктерді қалыптастырады.

Ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілік моделінде анықталған негізгі құрауыштар болашақ информатика мұғаліміне жаңа дағдыларды меңгеруіне өз ықпалын тигізеді.

Өзірленген модельдің негізгі мақсаты болашақ мұғалімнің ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілігін қалыптастыруда төмендегідей міндеттерді орындау арқылы қол жеткізіледі:

- ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілікті қалыптастыру;
- ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілікті игеруге деген ынтасын қалыптастыру;
- кәсіби салаларда өзін-өзі дамытуға қабілетті тұлғаны қалыптастыру.

Ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілікті қалыптастырудың құрауыштары өзара тығыз байланысты. Біз осы құрауыштар арқылы болашақ информатика мұғалімдерінің бойына ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілікті «Жасанды интеллект технологиялары» курсы оқыту барысында арнайы критерийлермен дайындалатын оқу тапсырмалары, студенттің өзіндік жұмысы және тәжірибелік жұмыстарды орындау барысында қалыптастырамыз.

Қазіргі уақыт талабына сай ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілікті қалыптастыру қажеттілігі дәлелдеуді қажет етпейді деп есептейміз. Себебі, бүгінгі таңда білім беру саласының алдында дайын білімді, дағдыларды меңгеретін, ізденімпаз, шығармашылық бағытта жұмыс істейтін, тың жаңалықтар ашатын, ұтқыр ойлау қабілетімен ерекшеленетін жеке тұлға қалыптастыру ЖОО-ның басты міндеті. Олай болса, ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілікті қалыптастыру болашақ информатика мұғалімдерінің шығармашылық, ұтқыр ойлау қабілеті мен әрекетін дамытудағы өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

Ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілікке негізделген әдіс іс-әрекетті үнемі түрлендіруді көздейді, сол арқылы болашақ информатика мұғалімдерін тұрақты рефлексияға ынталандырады, мүмкіндіктеріне, бейімділігіне, шығармашылық қабілетін дамытуға және қызығушылықтарына негізделген оқу үрдісін жүзеге асырады [15].

Жүргізілген зерттеулерді тұжырымдай келе, болашақ маманның интеллектуалды құзыреттілігі - ұғымдар, құбылыстар, процестер мен олардың қатынастары болып табылатын, өзін-өзі реттеу, қарым-қатынас орнату үшін білімді меңгеру, пайдалану және түрлендіру арқылы көрініс табатын психикалық операцияларды орындау қабілеті деп тұжырымдаймыз.

### **Қорытынды**

Болашақ педагог мамандарды оқушылардың ақпараттық-интеллектуалды құзыреттіліктерін қалыптастыруға даярлау мәселесі жоғары кәсіби білім берудегі өзекті мәселелердің бірі болып табылатынықтан, көтерілген мәселе жан-жақты зерттелді. Отандық және шетелдік ғалымдардың еңбектеріндегі ақпараттық құзыреттілік және интеллектуалды құзыреттіліктер, оның құрауыштары құрауыштары талданды. Зерттеу нәтижелерінің негізінде болашақ информатика мұғалімдерінің ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілігін қалыптастырудың моделі ұсынылып, оның құрауыштары анықталды. Моделде өзара байланысқан лингвистикалық құзыреттілік, алгоритмдік құзыреттілік, дедуктивті құзыреттілік, индуктивті құзыреттілік, ақпараттық құзыреттілік құрауыштарымен ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілігін қалыптастыру негізінде оқытудың өлшемдері мен көрсеткіштері айқындалды. «Жасанды интеллект технологиялары» атты оқу пәнінің бағдарламасы құрылып, тәжірибелі эксперименттен өткізілді. Болашақ информатика мұғалімдеріне арнайы дайындалған сауалнама жүргізілді. Зерттеу нәтижелері негізінде оқу пәнінің мазмұны нақтыланып, анықталды.

Студенттердің ақпараттық-интеллектуалды құзыреттіліктерінің деңгейлерін анықтау мақсатында жүргізілген тәжірибелі эксперимент нәтижелері статистикалық әдіспен өңделді. Анықталған айырмашылықтардың дұрыстығын тексеру үшін Стьюдент критерийі қолданылды. Нәтижесінде бақылау және эксперименттік топтар арасындағы айырмашылықтың үлкен екендігін көрсетті. Осыдан болашақ информатика мұғалімдеріне ақпараттық-интеллектуалды құзыреттіліктерін қалыптастыру оқытудың тиімділігін арттырады деп қорытындылаймыз.

Пайдаланылған дереккөздер тізімі

- [1] Қазақстан Республикасында жоғары білімді және ғылымды дамытудың 2023-2029 жылдарға арналған тұжырымдамасы. Астана, 2023, <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2300000248>
- [2] Хуторской А. В., Модель компетентного образования. Педагогический журнал, 2017, 9-16. DOI: 10.25586/RNU.HET.17.12.P.09.
- [3] Халықова К.З., Идрисов С.Н., Тульбасова Б.Қ. Педагог мамандардың цифрлық құзыреттілігін дамыту мәселелері, Хабаршы «педагогикалық ғылымдар сериясы» №3(75), 2022. 149-156. <https://doi.org/10.51889/1979.2022.76.62.012>.
- [4] Равен Д. Компетентность в современном обществе: выявление, развитие и реализация, М.:Когито-Центр, 2022. 386-396.
- [5] Гребенюк, О. С. Теория обучения: учебник и практикум для вузов, 2-е изд., испр. и доп. Москва : Издательство Юрайт, 2023. 318 с. ISBN 978-5-534-06466-7.: <https://urait.ru/bcode/515026>
- [6] Матвеева Т. Е., Сапон С. А., Панфилова Л. Г. Технология развития информационно-интеллектуальной компетентности - современное средство для реализации требований ФГОС в школьном образовании, Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2013. Т. 5. 116–120. <http://e-koncept.ru/2013/54024.htm>
- [7] Филимонова О.В. Разработка технологии формирования информационно-интеллектуальной компетентности студентов технического вуза, Современные проблемы науки и образования. 2016. № 4. 126–132. <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24816>
- [8] Сейсенбекова П.Б., Шаяхметова А.С., Осман М., Болашақ информатика мұғалімдерінің ақпараттық-интеллектуалды құзыреттілігінің теориялық негіздері, Хабаршы «физика-математика ғылымдар сериясы» № 4 (72), 2020, 242-247. <https://doi.org/10.51889/2020-4.1728-7901.43>
- [9] Zhexembinova, A.K., Shah, S., Taubayeva, S.T. Diagnosis of the initial state of formation of research competence of a future social pedagogue International Journal of Environmental and Science Education, 2016, 11(11), 4699–4705. <https://asosindex.com.tr/index.jsp?modul=articles-page&journal-id=1804&article-id=305331>
- [10] Хуторской А.В., Методологические основания применения компетентного подхода к проектированию образования, Высшее образование в России., 2017. № 12 (218). 85-91.
- [11] Аниськин В. Н., Замара Е. В. Проблема формирования информационной компетентности менеджеров туристских услуг в системе среднего профессионального образования, Известия Самарского научного центра РАН. 2011. 2–5, 1025–1030.
- [12] Ibraimkulov, A., Khalikova, K., Yerimbetova, A., Gromaszek, K. Enhancement of Digital Literacy of Students with Disabilities//European Journal of Contemporary Educationthis link is disabled, 2022, 11(2), 388–407. DOI: 10.13187/ejced.2022.2.388 <https://ejce.cherkasgu.press/en/archive.html?number=2022-06-29-17:29:52&journal=40>
- [13] Матвеева Т. Е., Сапон С. А., Панфилова Л. Г. Технология развития информационно-интеллектуальной компетентности - современное средство для реализации требований ФГОС в школьном образовании, Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2013. Т. 5. 116–120. <http://e-koncept.ru/2013/54024.htm>
- [14] Матвеева Т.Е. Актуальность проблемы формирования у школьников информационно-интеллектуальной компетентности, Ученые записки Института Непрерывного образования: сб. статей сост. Е.В. Иванов. Выпуск 12. Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2010, 162-167.
- [15] Seisenbekova, P. (2022). Formation of information-intellectual competence of future teachers of computer science. Cypriot Journal of Educational Science. 17(12), 4348-4360. <https://doi.org/10.18844/cjes.v17i12.6869>

References

- [1] Kazakstan Respublikasynda zhogary bilimdi zhane gylymdy damytudyn 2023 – 2029 zhyldarga arналган тұжырымдамасы [Concept of development of higher education and science in the Republic of Kazakhstan for 2023-2029]. Astana, 2023, <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2300000248> (In Kazakh)
- [2] Hutorskoj A. V., (2017) Model' kompetentnostnogo obrazovaniya [Competency-based education model] Pedagogicheskij zhurnal, 9-16. DOI: 10.25586/RNU.HET.17.12.P.09 (In Russian)
- [3] Halykova K.Z., Idrisov S.N., Tul'basova B.K. (2022) Pedagog mamandardyn cifrlyk kuzyrettiligin damytu maseleleri [Problems of development of digital competence of teaching specialists] Habarshy «pedagogikalık gylymdar seriasy» №3(75), 149-156. <https://doi.org/10.51889/1979.2022.76.62.012> (In Kazakh)

[4] Raven D. (2022) *Kompetentnost' v sovremennom obshhestve: vyjavlenie, razvitie i realizacija* [Competence in modern society: identification, development and implementation] M.:Kogito-Centr, 396. (In Russian)

[5] Grebeniuk, O.S. (2023) *Teoria obuchenija: uchebnik i praktikum dlia vuzov* [Theory of learning: textbook and workshop for universities]. 2-e izd., ispr. i dop. Moskva: Izdatel'stvo Jurajt, 318. ISBN 978-5-534-06466-7.: <https://urait.ru/bcode/5150266> (In Russian)

[6] Matveeva T.E., Sapon S.A., Panfilova L.G. (2013) *Tehnologija razvitija informacionno-intellektual'noj kompetentnosti - sovremennoe sredstvo dlja realizacii trebovanij FGOS v shkol'nom obrazovanii* [Technology for the development of information and intellectual competence - a modern means for implementing the requirements of the Federal State Educational Standard in school education] *Nauchno-metodicheskij jelektronnyj zhurnal «Koncept»*. T.5. 116–120. URL: <http://e-koncept.ru/2013/54024.htm>. (In Russian)

[7] Filimonova O.V. (2016) *Razrabotka tehnologii formirovanija informacionno-intellektual'noj kompetentnosti studentov tehničeskogo vuza* [Development of technology for the formation of information and intellectual competence of technical university students] *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. № 4.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24816> (In Russian)

[8] Seisenbekova P.B., Shaiahetova A.S., Osman M., (2020) *Bolashak informatika mugalimderinin akparattyk-intellektualdy kuzyrettiliginin teorijalyk negizderi* [Theoretical foundations of information and intellectual competence of future computer science teachers]. *Habarshy «fizika-matematika gylymdar serijasy»* № 4 (72), 242-247. <https://doi.org/10.51889/2020-4.1728-7901.43> (In Kazakh)

[9] Zhexeminova, A.K., Shah, S., Taubayeva, S.T. (2016) *Diagnosis of the initial state of formation of research competence of a future social pedagogue* *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(11), 4699–4705. <https://asosindex.com.tr/index.jsp?modul=articles-page&journal-id=1804&article-id=305331>

[10] Hutorskoj A.V., (2017) *Metodologicheskie osnovanija primenenija kompetentnostnogo podhoda k proektirovaniju obrazovanija* [Methodological grounds for applying the competency-based approach to education design]. *Vysshee obrazovanie v Rossii.*, № 12 (218). 85-91. (In Russian)

[11] Anis'kin V. N., Zamara E. V. (2011) *Problema formirovanija informacionnoj kompetentnosti menedzherov turistskih uslug v sisteme srednego professional'nogo obrazovanija* [The problem of developing information competence of tourism service managers in the system of secondary vocational education.] *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN*. № 2–5. 1025–1030. (In Russian)

[12] Ibraimkulov, A., Khalikova, K., Yerimbetova, A., Gromaszek, K. (2022) *Enhancement of Digital Literacy of Students with Disabilities*, *European Journal of Contemporary Education* this link is disabled, 11(2), 388–407. DOI:10.13187/ejced.2022.2.388 <https://ejce.cherkasgu.press/en/archive.html?number=2022-06-29-17:29:52&journal=40>

[13] Matveeva T. E., Sapon S. A., Panfilova L. G. (2013) *Tehnologija razvitija informacionno-intellektual'noj kompetentnosti - sovremennoe sredstvo dlja realizacii trebovanij FGOS v shkol'nom obrazovanii* [Technology for the development of information and intellectual competence - a modern means for implementing the requirements of the Federal State Educational Standard in school education]. *Nauchno-metodicheskij jelektronnyj zhurnal «Koncept»*. T.5. 116–120. URL:<http://e-koncept.ru/2013/54024.htm> (In Russian)

[14] Matveeva T.E. (2010) *Aktual'nost' problemy formirovanija u shkol'nikov informacionno-intellektual'noj kompetentnosti* [The relevance of the problem of developing information and intellectual competence in schoolchildren]. *Uchenye zapiski Instituta Nepreryvnogo obrazovanija: sb. staten sost. E.V. Ivanov. Vypusk 12. Velikij Novgorod: NovGU im. Jaroslava Mudrogo*, 162-167. (In Russian)

[15] Seisenbekova, P. (2022). *Formation of information-intellectual competence of future teachers of computer science*. *Cypriot Journal of Educational Science*. 17(12), 4348-4360. <https://doi.org/10.18844/cjes.v17i12.6869>

**Ш.Т. Шекербекова<sup>1</sup>, Е.Х. Жабаев<sup>1\*</sup>, А.В. Гриншкун<sup>2</sup>, М.И. Ревшенова<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>Московский городской педагогический университет, г.Москва, Российская Федерация

\*e-mail: ermahan\_zh.h@mail.ru

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИММЕРСИВНЫХ СИСТЕМ В КАЧЕСТВЕ ОБЪЕКТА И СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ**

### *Аннотация*

Виртуальные компьютерные модели открывают новые возможности для демонстрации объектов, процессов или явлений, избегая при этом преждеупомянутых ограничений. Цель работы заключается в изучении вопросов моделирования подготовки педагогов к использованию иммерсивных систем в качестве объекта и средства обучения. В статье отмечается потенциал иммерсивных технологий, таких как виртуальная и дополненная реальность, для улучшения образования и производительности в различных сферах деятельности. Виртуальная и дополненная реальность позволяют создавать интерактивные уроки и симуляции, которые делают обучение более увлекательным и позволяют учащимся буквально погрузиться в учебный материал. Иммерсивные технологии позволяют студентам практиковаться в реалистичных сценариях, например, в медицинском симуляторе или виртуальной лаборатории, что способствует лучшему пониманию и усвоению материала. Иммерсивные технологии позволяют людям путешествовать в виртуальные места и времена, которые им недоступны из-за физических ограничений или исторических причин. В сферах, где требуется профессиональный тренинг, таких как авиация, медицина, инженерия и производство, иммерсивные технологии могут использоваться для симуляции сложных сценариев и тренинга. Иммерсивные технологии могут поддерживать совместное обучение и сотрудничество, даже если участники находятся на больших расстояниях друг от друга.

*Ключевые слова:* информатизация образования, иммерсивные технологии, технология виртуальной реальности, технология дополненной реальности, технология дополненной виртуальности.

**Ш.Т. Шекербекова<sup>1</sup>, Е.Х. Жабаев<sup>1</sup>, А.В. Гриншкун<sup>2</sup>, М.И. Ревшенова<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>Мәскеу қалалық педагогикалық университеті, Мәскеу қ., Ресей

## **ИММЕРСИВТІ ЖҮЙЕЛЕРДІ ОБЪЕКТ ЖӘНЕ ОҚУ ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ ПАЙДАЛАНУ**

### *Аңдатпа*

Виртуалды компьютерлік модельдер, объектілерді, процестерді немесе құбылыстарды көрсету үшін жаңа мүмкіндіктерді ашады. Жұмыстың мақсаты – иммерсивті жүйелерді оқытудың объектісі мен құралы ретінде мұғалімдерді дайындауда мәселелерін зерттеу. Мақалада әртүрлі салалардағы білім мен өнімділікті жақсарту үшін виртуалды және толықтырылған шынайылық сияқты иммерсивті технологиялардың мүмкіндіктері көрсетілген. Виртуалды және толықтырылған шынайылықты оқытуды қызықты ететін және студенттердің оқу материалына енуіне мүмкіндік беретін интерактивті сабақтар мен модельдеулерді жасауға мүмкіндік береді. Иммерсивті технологиялар студенттерге түсіну мен есте сақтауды жақсарту үшін медициналық модельдеу немесе виртуалды зертхана сияқты нақты сценарийлерде тәжірибе жасауға мүмкіндік береді. Иммерсивті технологиялар адамдарға физикалық шектеулерге немесе тарихи себептерге байланысты қол жетімсіз виртуалды орындарға және онлайн саяхаттауға мүмкіндік береді. Авиация, медицина, инженерия және өндіріс сияқты кәсіби дайындық қажет салаларда күрделі сценарийлер мен оқытуды имитациялау үшін иммерсивті технологияларды қолдануға болады. Иммерсивті технологиялар, тіпті қатысушылар бір-бірінен үлкен қашықтықта орналасса да, ортақ оқу мен ынтымақтастықты қолдай алады.

*Түйін сөздер:* білім беруді ақпараттандыру, иммерсивті технологиялар, виртуалды шынайылық технологиясы, толықтырылған шынайылық технологиясы, кеңейтілген виртуалдылық технологиясы.

Sh.T. Shekerbekova<sup>1</sup>, Ye.H. Zhabayev<sup>1</sup>, A.V. Grinshkun<sup>2</sup>, M.I. Revshenova<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Moscow City Pedagogical University, Moscow, Russian Federation

## THE USE OF IMMERSIVE SYSTEMS AS AN OBJECT AND MEANS OF LEARNING

### Abstract

Virtual computer models open up new opportunities for demonstrating objects, processes or phenomena, while avoiding the previously mentioned limitations. The purpose of the work is to study the issues of modeling the preparation of teachers for the use of immersive systems as an object and means of teaching. The article highlights the potential of immersive technologies such as virtual and augmented reality to improve education and productivity in various fields. Virtual and augmented reality enable the creation of interactive lessons and simulations that make learning more engaging and allow students to become immersed in the learning material. Immersive technologies allow students to practice in realistic scenarios, such as a medical simulation or virtual laboratory, to enhance understanding and retention. Immersive technologies allow people to travel to virtual places and times that are inaccessible to them due to physical limitations or historical reasons. In areas where professional training is required, such as aviation, medicine, engineering and manufacturing, immersive technologies can be used to simulate complex scenarios and training. Immersive technologies can support shared learning and collaboration, even when participants are located at great distances from each other.

*Keywords:* informatization of education, immersive technologies, virtual reality technology, augmented reality technology, augmented virtuality technology.

### Введение

В любой образовательной системе присутствует вопрос об эффективности наглядных и интерактивных учебных материалов. Без использования визуализации и практических заданий, процесс обучения может оказаться неэффективным. Визуализация учебных материалов играет ключевую роль в упрощении процесса изучения разнообразных объектов и концепций, основываясь в основном на визуальном представлении информации. Это не только стимулирует интерес студентов, но также помогает сократить время на усвоение материала. Существуют ситуации, когда передача информации без использования визуализации практически невозможна.

### Методология исследования

Самым распространенным методом визуализации учебных материалов является использование различных изображений, таких как рисунки, фотографии, диаграммы, графики, карты и т.д. Они относительно легки для создания и воспроизводства как в цифровом, так и в печатном формате. Тем не менее, часто простые изображения оказываются недостаточными для полноценного визуального представления, так как они ограничены определенной перспективой, выбранной автором, и конкретными примерами объекта или явления. С помощью статического изображения сложно передать сложные процессы и явления. Более того, обучающийся обычно имеет ограниченные возможности взаимодействия с изображением, вносить изменения или выполнить определенные манипуляции. Таким образом, несмотря на важность визуализации в современной образовательной системе, она не является достаточной [1].

Кроме того, статические изображения не могут передать дополнительные виды информации, такие как звуковые (птичий трель, звук двигателя и т.д.), тактильные (текстура, теплопроводность и т.д.) или ольфакторные (обонятельные) данные. В последние десятилетия применение видео как средства повышения наглядности материалов стало особенно популярным. Видео позволяет демонстрировать динамику процессов и объектов, а также позволяет включить в учебные материалы аудио-компонент. Однако для воспроизведения видео требуется специальное оборудование, а разработка видеоматериалов обычно значительно сложнее, чем создание статических изображений. Взаимодействие обучающегося

с видеоматериалами в основном ограничивается контролем воспроизведения во время индивидуальной работы.

Следующим шагом в улучшении наглядности учебных материалов может быть использование различных физических моделей и лабораторных работ, основанных на взаимодействии с реальными объектами. Этот подход может достичь наиболее высокой эффективности обучения за счет усиленного воздействия на различные чувства учащегося и интерактивности процесса. Точность и реалистичность обучения, основанного на таких методах, на данный момент превосходят все остальные.

Использование физических объектов позволяет учащимся более точно оценить реальные размеры объектов, благодаря бинокулярному зрению, особенностям освещения и тактильному взаимодействию. Элементы, такие как теплопроводность и текстура, могут дать учащимся возможность более точно понять и в дальнейшем идентифицировать материал изучаемого объекта [2-3].

Вместе с тем, использование реальных объектов в обучении сталкивается с существенными ограничениями, связанными с доступностью и приемлемостью таких материалов в контексте образовательной системы. Например, в школах невозможно проведение лабораторных работ с радиоактивными веществами из-за их потенциальной опасности и высокой стоимости, а в медицинских учебных заведениях студенты не могут самостоятельно выполнить хирургические операции на людях по соображениям этики и безопасности.

Частично такие ограничения могут быть преодолены с использованием специально разработанных моделей, которые имитируют значимые для учебы свойства. Однако этот подход не всегда применим, поскольку создание подобных моделей может быть слишком затратным или даже невозможным в определенных случаях.

Виртуальные компьютерные модели открывают новые возможности для демонстрации объектов, процессов или явлений, избегая при этом преждеупомянутых ограничений. Более того, они позволяют достичь высокой степени интерактивности между обучающимся и учебным материалом. Современные информационные технологии способны с достаточной наглядностью и точностью моделировать различные объекты и процессы, обеспечивая возможность проведения ранее недоступных экспериментов и демонстраций. Важно отметить, что для реализации такого обучающего процесса, в большинстве случаев, достаточно иметь доступ к обычному компьютерному оборудованию и программному обеспечению, что является доступным для большинства образовательных учреждений на текущий момент.

Хотя виртуальные компьютерные модели не могут точно воспроизвести все атрибуты реальных объектов, процессов или явлений, что может негативно сказаться на эффективности обучения, они, тем не менее, обеспечивают большую степень интерактивности по сравнению с статическими изображениями или видеоматериалами. Виртуальные лабораторные работы могут служить подготовительным этапом к взаимодействию с реальными объектами, особенно в случаях, когда прямое взаимодействие связано с высокими рисками, дорогостоящим оборудованием, или когда некоторые элементы реальной работы сложно визуализировать. Однако необходимо учесть и такой аспект, как эффект "отчуждения" который может возникать при использовании обучающих материалов, включая виртуальные симуляции, изображения и видеоролики. Обучающиеся могут не воспринимать эти материалы так же живо, как реальные объекты, что может привести к нарушению ассоциативных связей между демонстрацией и реальным объектом. Таким образом, выбор между использованием реальных или виртуальных объектов в образовательном процессе зависит от целей, условий и ресурсов данного обучения.

### **Результаты исследования**

Иммерсивные технологии представляют собой важный инструмент, позволяющий минимизировать ограничения, связанные с использованием виртуальных или реальных



объектов в учебном процессе, путем их интеграции. Эти технологии предоставляют возможность "смешивания" виртуальных и реальных объектов и пространств для оптимизации их преимуществ. Их использование в обучении снижает эффект "отчужденности" связанный с виртуальными моделями, благодаря контекстной связи с реальными объектами, пространственной ориентации и интеграции в активности учащихся. Большинство этих технологий обеспечивают натуральное и реалистичное взаимодействие с виртуальными объектами, что критично при работе в трехмерном пространстве. Они не требуют сложной подготовки для работы с объемным пространством через плоский экран и стандартные манипуляторы, позволяют развивать практические навыки и координацию, а также внедряют новые формы взаимодействия. Кроме того, иммерсивные технологии способны эмулировать различные реальные пользовательские интерфейсы, включая механические, с большим реализмом.

Для полноценного использования такого термина, как «иммерсивные технологии», необходимо его определить и выявить классификацию входящих в нее компонентов. Иммерсивные технологии (от англ. Immersive – погружение) – технологии, направленные на реалистичное для человека совмещение с возможностью взаимодействия реальных и виртуальных объектов и пространств, работающих в реальном времени.

В одной из наиболее значимых и первопроходческих работ по классификации иммерсивных технологий, авторы П. Милграм и А. Ф. Кишино делают акцент на том, что исследование в основном фокусируется на устройствах вывода, то есть дисплеях [4]. Все определения и классификации основаны на техническом осуществлении. В этом исследовании, такие понятия как "дополненная реальность"(Augmented Reality, AR) и "дополненная виртуальность"(Augmented Virtuality, AV) определены как составные части "смешанной реальности"(Mixed Reality, MR). Слово "Mixed" может иметь различные переводы, что приводит к использованию таких терминов, как "гибридная реальность" или "комбинированная реальность". В современной литературе также встречается термин "расширенная реальность"(Extended Reality, XR), который включает в себя MR и VR. Авторы представляют понятие "континуума реальность-виртуальность"(Reality-Virtuality Continuum), также известное как континуум Милграма, по имени одного из авторов (см. рис. 1).

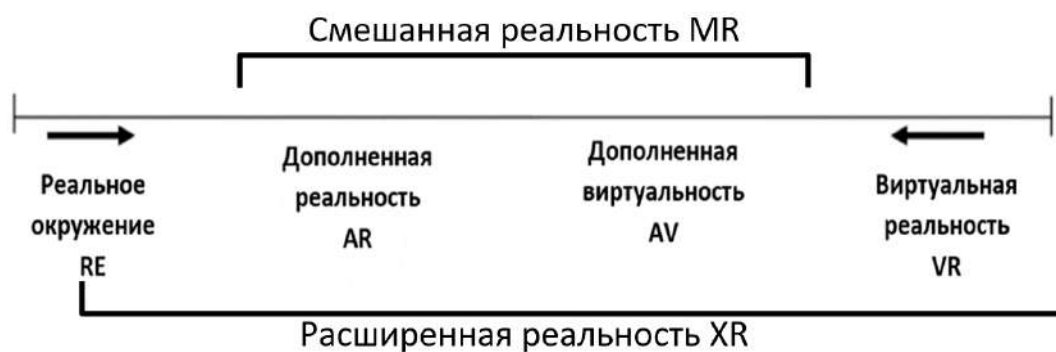


Рисунок 1. Континуум Милграма «реальность-виртуальность»

Таким образом, построение модели подготовки педагогов к использованию иммерсивных систем в качестве объекта и средства обучения целесообразно начать с таксономии технологии. Континуум виртуальности-реальности, предложенный Милграмом и Кишино и модифицированный для целей образования, не предполагает четкого разделения, но включает реальное окружение (Real Environment, пространство, состоящее исключительно из реальных объектов, которые передаются человеку напрямую), дополненная реальность (Augmented Reality, представляет собой ситуацию, когда человек смотрит через прозрачный дисплей, на котором отображаются виртуальные объекты), дополненная виртуальность (Augmented Virtuality, среда, где к виртуальной реальности добавляются реальные объекты), виртуальная

реальность или виртуальное окружение (Virtual Reality / Virtual Environment, независимая среда, в которой все объекты имеют все необходимые свойства).

Если говорить об образовании в целом, то из-за большой разницы в способах применения иммерсивных технологии следует выделить основные направления подготовки с различными целями и содержанием: В школе обучение иммерсивным технологиям целесообразно проводить на уроках информатики. Обучив школьников основам использования, можно существенно повысить эффективность применения данных технологий на различных учебных предметах в качестве средства обучения, а также подготовить детей к последующему применению в быту и работе. Более глубокое изучение профессиональных средств разработки целесообразно только в факультативном формате и не должно быть обязательным для всех обучающихся [5-7].

Разработчиков средств иммерсивных технологий следует обучать не только базовому инструментарию разработки непосредственно иммерсивных систем, программированию и 3D-моделированию, но и также основам оптики, архитектуре устройств смешанной реальности, геймдизайну, UX/UI, системам позиционирования, машинному зрению, некоторым аспектам психологии и т. д. Безусловно очень важно дать понимание того, зачем нужны такие технологии, какие у них преимущества, недостатки и возможные сферы применения. Для реализации такой подготовки желательны специализированные аппаратно-программные комплексы, которые позволили бы разрабатывать и тестировать ПО на различных конфигурациях оборудования. К возможным решениям можно отнести отечественный конструктор очков дополненной реальности «iFlexible», который позволяет изучить строение таких устройств, адаптировать конструкцию и возможности под текущие нужды благодаря модульной структуре. Программная надстройка для среды Unity3d с набором готовых шаблонов позволяет разрабатывать программные решения обучающимися с различным уровнем подготовки.

В качестве базовых шаблонов приложений дополненной реальности целесообразно использовать следующие примеры:

- Замена одного реального объекта на основе маркера дополненной реальности.
- Замена нескольких объектов, основанных на маркерах дополненной реальности с возможностью взаимодействия.
- Добавление информационного слоя на объект.
- Добавление модели на плоскость (SLAM).
- Виртуальный объект, привязанный с помощью геолокации.
- Взаимодействие с виртуальным объектом через распознавание жестов и рук.
- Добавление виртуального объекта с помощью «якоря».

Дополнительные шаблоны повышенной сложности могут включать в себя добавление информационного слоя на сложный трехмерный объект с помощью нескольких маркеров дополненной реальности, а также пример мультиплеерной симуляции в дополненной реальности в едином пространстве.

Для педагогических ВУЗов содержание обучения зависит от направления студента. Всех целесообразно обучить работе с иммерсивными технологиями, азам разработки учебного контента, а также познакомить с методикой применения таких средств с учетом специфики учебного предмета в образовательном процессе. Будущих учителей информатики, помимо вышеописанной подготовки, следует познакомить с методикой обучения иммерсивным технологиям школьников. В качестве инструментов разработки учителями систем дополненной реальности могут выступать такие системы как EyeJack (маркеры), Halo AR (маркеры и SLAM), CoSpaces (SLAM) и др.

Массовая подготовка будущих учителей профессиональной разработке образовательных систем иммерсивных технологий не целесообразна. Однако в рамках переподготовки и повышения квалификации педагогических работников обучать разработке, а разработчиков

основам педагогикаы позволяеы подготовить специалистов способных к более комплексной разработке таких образовательных систем.

В модели подготовки педагогов к использованию иммерсивных систем в качестве объекта и средства обучения также описано использование различных иммерсивных технологий в образовательных целях. В технологии виртуальной реальности выделена следующая классификация подходов к обучению.

Виртуальная экскурсия – это подход к обучению, использующий технологию виртуальной реальности, при котором обучающиеся передвигаются по заранее смоделированной среде без активного взаимодействия с ней. Виртуальное пространство может быть статичным (например, представление музея или здания) или динамическим (воссоздание работы механизмов, исторических событий или различных процессов). Реализация такого подхода не требует наличия пространственных манипуляторов, перемещение можно осуществлять через отслеживание направления взгляда учащегося, ввод через устройства или реальное перемещение в помещении. Основными преимуществами этого подхода являются его относительная простота в разработке и использовании, а также возможность проведения обучения в обычном классе без специально подготовленных помещений. Несмотря на отсутствие прямого взаимодействия с виртуальным миром, такие среды обеспечивают интерактивность благодаря возможности свободного перемещения по виртуальной среде. Более того, объемное изображение усиливает преимущества бинокулярного зрения, улучшая восприятие размеров и расстояний.

Виртуальная лаборатория представляет собой подход к обучению с использованием виртуальной реальности, где учебная система включает набор определенных объектов и их свойств, а также правила взаимодействия между ними. Такие системы часто не имеют строго определенного сценария использования, вместо этого они стимулируют творческий подход учащихся, что отражает основные цели естественнонаучных предметов. Использование таких систем предполагает использование пространственных манипуляторов виртуальной реальности и может требовать больше пространства или специальную аудиторию. Виртуальные лаборатории позволяют учащимся участвовать в экспериментах и демонстрациях, которые недостижимы в классическом школьном контексте, такие как работа с опасными материалами или использование оборудования, которое недоступно из-за высокой стоимости, больших габаритов или специальных требований. Несмотря на то, что виртуальное обучение может быть менее эффективным по сравнению с реальной лабораторной работой, оно значительно превосходит простое теоретическое изучение материала. Более того, лабораторные работы в виртуальной реальности могут помочь учащимся развить начальные навыки перед выполнением реальной работы, особенно когда ошибка может быть дорогостоящей или опасной [8].

Виртуальная "песочница" представляет собой подход к обучению, использующий технологии виртуальной реальности, и направленный на максимальное развитие творческих способностей учащихся. При помощи специализированных инструментов и возможностей редактирования виртуальных объектов, учащиеся могут создавать новые виртуальные миры. Такое взаимодействие может напоминать рисование в трехмерном пространстве, сборку конструктора, художественную лепку или имитацию творческих профессий. Создаваемые миры и объекты могут быть интерактивными и динамическими, что дает учащимся большую творческую свободу. Эти инструменты могут быть особенно полезными при работе над проектами, поскольку использование виртуальных "песочниц" упрощает процесс прототипирования и позволяет моделировать объекты и системы, создание которых невозможно в условиях образовательного учреждения.

Виртуальный симулятор – это подход к обучению, использующий технологию виртуальной реальности, который сочетает в себе аспекты виртуальных экскурсий и лабораторий. Как и в "виртуальной экскурсии", существует определенный сценарий симуляции, однако ученик, как и в "виртуальной лаборатории", может взаимодействовать с различными объектами. У

каждого объекта есть свои свойства и правила взаимодействия с другими объектами. Виртуальные симуляторы позволяют студентам испытать выполнение различных работ, которые недоступны для выполнения в рамках обычных школьных занятий, или для предварительной тренировки, если существуют различные ограниченные расходные материалы, или дорогостоящее и хрупкое оборудование. В таких случаях студенты могут повторить определенный алгоритм действий и проверить его правильность. Кроме того, такие симуляторы позволяют использовать сценарии, которые учитывают несколько вариантов решения задачи, а также процедурно генерируемые задачи, которые позволяют многократно проходить одну и ту же задачу с различными изменениями условий. Это добавляет различные способы индивидуализации обучения, путем варьирования сложности и контекстов решения заданий.

"Необходимая виртуальность" – это подход к обучению, использующий системы виртуальной реальности для работы со средами и объектами, с которыми невозможно напрямую взаимодействовать или продемонстрировать в реальном мире по различным причинам. В этом контексте виртуальная реальность является единственным способом проведения практических работ и демонстраций, в которых участвуют ученики. "Необходимая виртуальность" в основном используется для работы со слишком маленькими (микро) или большими (макро) объектами и средами, что позволяет повысить интерактивность и наглядность учебного материала, а также увеличить уровень мотивации учащихся. Кроме того, этот подход позволяет ученикам увидеть мир глазами других людей и животных, например, показывая, как чувствует себя человек с психическими заболеваниями. Это помогает развивать эмпатию и чувство ответственности.

"Виртуальные кооперации" – это подход к обучению, использующий системы виртуальной реальности, основанный на совместной работе нескольких людей в едином цифровом пространстве. В таком контексте это взаимодействие может происходить с людьми, находящимися в любой точке мира, с использованием автоматических переводчиков в реальном времени. В виртуальных кооперациях могут участвовать не только люди с устройствами виртуальной реальности, но и те, у кого таких устройств нет. Однако возможности взаимодействия для последних будут ограничены. Такой подход к использованию технологии виртуальной реальности в образовательном процессе может позволить достичь более высокой степени межкультурного взаимодействия и обмена. Кроме того, этот подход можно комбинировать с другими, например, проводить виртуальные экскурсии с участием множества учеников и учителя-гида.

### **Дискуссия**

В рамках рассмотрения элемента модели подготовки педагогов к использованию иммерсивных систем в качестве объекта и средства обучения по линии применения технологии дополненной реальности позволяет выделить два подхода к разработке и применению визуальных средств технологии дополненной реальности.

Первый подход к применению технологий дополненной реальности в обучении основан на добавлении нового виртуального объекта либо с заменой реального, либо с привязкой к окружающему пространству. Целесообразно применять, когда не доступен реальный объект, но при этом нужно наглядно показать габариты и сохранить возможность взаимодействия.

Второй подход основан на добавлении информационного слоя к объекту, который есть в наличии, но его изучение затруднено недостаточной наглядностью или невозможностью полноценного функционирования. Выбор подхода зависит от учебных задач, а также условий в образовательном учреждении.

### **Заключение**

Таким образом, иммерсивные технологии, включающие виртуальную и дополненную реальность, а также дополненную виртуальность, предоставляют человеку возможность

погружения в недоступные среды и взаимодействия с недоступными объектами. Применение таких технологий может значительно усовершенствовать различные уровни и направления образования, а также улучшить производительность в определенных сферах деятельности.

Однако, важным условием внедрения этих технологий в образовательный процесс является подготовка преподавателей к использованию иммерсивных систем как средства и объекта обучения. Необходимо учитывать, что методики применения и обучения должны значительно различаться в зависимости от уровня и направления образования. Для организации такой работы и было проведено моделирование подготовки педагогов к использованию иммерсивных систем в качестве объекта и средства обучения.

### Благодарность

Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерство науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках грантового исследования: №АР19579496 «Разработка мобильного приложения по обучению робототехнике для учащихся средней казахской школы».

### Список использованных источников

[1] Grinshkun A., Perevozchikova M., Razova E., Khlobystova I. *Using Methods and Means of the Augmented Reality Technology When Training Future Teachers of the Digital School / European Journal of Contemporary Education*. 2021. 10(2): 358-374

[2] Фомина О. В. Применение "виртуальной реальности" в образовании / О. В. Фомина, Р. Э. Асланов, Д. Р. Шикунов // *Цифровизация общества: состояние, проблемы, перспективы: Материалы VIII ежегодной всероссийской научно-практической конференции*. – Москва: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2021. – С. 146-158. – EDN MХCFDI.

[3] Баженова С. А. Формирование целей и содержания обучения дисциплине "Информационные и телекоммуникационные технологии в работе учителя" /С. А. Баженова, Л. А. Шунина // *Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования*. – 2014. – № 4(30). – С. 14-18. – EDN ТЕНУФР.

[4] P. Milgram and A. F. Kishino, *Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D (12), pp. 1321–1329, 1994.

[5] Бидайбеков Е., Хеннер Е., Шекербекова Ш. и Жабаев Е.Х. К вопросу обучения будущих учителей информатики компьютерным сетям на основе моделирования сетей. *Вестник «Физико-математические науки»*. 2020. 72, 4, 174–179. DOI: <https://doi.org/10.51889/2020-4.1728-7901.27>.

[6] Бидайбеков Е., Гриншкун А., Шекербекова Ш., Ревшенова М. и Жабаев Е. Возможности реализации технологии дополненной виртуальности в образовании. *Вестник «Физико-математические науки»*. 2022. 79, 3, 271–277. DOI: <https://doi.org/10.51889/9461.2022.42.27.031>.

[7] Жабаев Е.Х. Использование Netemul для моделирования и симуляции компьютерных сетей. *Вестник «Физико-математические науки»*. 2020. 70, 2, 216–222. DOI: <https://doi.org/10.51889/2020-2.1728-7901.34>.

[8] Бидайбеков Е., Гриншкун А. и Ошанова Н. Место дополненной виртуальности в системе иммерсивных образовательных технологий. *Вестник «Физико-математические науки»*. 2022. 79, 3, 264–270. DOI: <https://doi.org/10.51889/5407.2022.28.23.032>.

[9] Бидайбеков Е., Гриншкун В. и Курмангалиева Н. Модель формирования цифровой образовательной среды педагогического вуза. *Вестник «Физико-математические науки»*. 2022. 80, 4, 219–227. DOI: <https://doi.org/10.51889/6510.2022.94.65.025>.

### References

[1] Grinshkun A., Perevozchikova M., Razova E., Khlobystova I. (2021) *Using Methods and Means of the Augmented Reality Technology When Training Future Teachers of the Digital School*. *European Journal of Contemporary Education*. 10(2): 358-374

[2] Fomina O. V. (2021) *Primenenie "virtual'noj real'nosti" v obrazovanii [The use of "virtual reality" in education]*. O.V. Fomina, R.Je. Aslanov, D.R. Shikunov. *Cifrovizacija obshhestva: sostojanie, problemy*,

*perspektivy: Materialy VIII ezhegodnoj vsrossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Moskva: FGBOU VO «RJeU im. G. V. Plehanova», 146-158. EDN MXCFDI. (In Russian)*

[3] Bazhenova S. A. (2014) *Formirovanie celej i sodержaniya obuchenija discipline "Informacionnye i telekommunikacionnye tehnologii v rabote uchitelja" [Formation of the goals and content of teaching the discipline "Information and telecommunication technologies in the work of a teacher"]*. S.A. Bazhenova, L.A. Shunina. *Vestnik MGPU. Serija: Informatika i informatizacija obrazovanija. № 4(30), 14-18. EDN TEHYFP. (In Russian)*

[4] P. Milgram and A. F. Kishino. (1994) *Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays IEICE Transactions on Information and Systems, E77-D (12), 1321–1329.*

[5] Bidajbekov E., Henner E., Shekerbekova Sh., Zhabaev E.H. (2020) *K voprosu obuchenija budushhih uchitelej informatiki komp'yuternym setjam na osnove modelirovanija setej [On the issue of teaching future computer science teachers computer networks based on network modeling]*. *Vestnik «Fiziko-matematicheskie nauki»*. 72, 4, 174–179. DOI:<https://doi.org/10.51889/2020-4.1728-7901.27>. (In Russian)

[6] Bidajbekov E., Grinshkun A., Shekerbekova Sh., Revshenova M., Zhabaev E. (2022) *Vozmozhnosti realizacii tehnologii dopolnennoj virtual'nosti v obrazovanii [The possibilities of implementing augmented virtuality technology in education]*. *Vestnik «Fiziko-matematicheskie nauki»*. 79, 3, 271–277. DOI:<https://doi.org/10.51889/9461.2022.42.27.031>. (In Russian)

[7] Zhabaev E.H. (2020) *Ispol'zovanie Netemul dlja modelirovanija i simuljarii komp'yuternyh setej [Using Netemul to model and simulate computer networks]*. *Vestnik «Fiziko-matematicheskie nauki»*. 70, 2, 216–222. DOI:<https://doi.org/10.51889/2020-2.1728-7901.34>. In Russian)

[8] Bidajbekov E., Grinshkun A., Oshanova N. (2022) *Mesto dopolnennoj virtual'nosti v sisteme immersivnyh obrazovatel'nyh tehnologij [The place of augmented virtuality in the system of immersive educational technologies]*. *Vestnik «Fiziko-matematicheskie nauki»*. 79, 3, 264–270. DOI:<https://doi.org/10.51889/5407.2022.28.23.032>. (In Russian)

[9] Bidajbekov E., Grinshkun V., Kurmangalieva N. (2022) *Model' formirovanija cifrovoj obrazovatel'noj sredy pedagogicheskogo vuza [The model of formation of the digital educational environment of a pedagogical university]*. *Vestnik «Fiziko-matematicheskie nauki»*. 80, 4, 219 – 227. DOI:<https://doi.org/10.51889/6510.2022.94.65.025>. (In Russian)



## 70 ЖАС МЕРЕЙТОЙМЕН ҚҰТТЫҚТАУ

**АХМЕТОВ**

**Бақытжан Сражатдинұлы**

**КИБЕРҚАУІПСІЗДІК ПЕН  
ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ  
САЛАСЫНДАҒЫ  
ЖЕТЕКШІ ҒАЛЫМ**

*Қазақстан Республикасы Ұлттық инженерлік академиясының академигі, техника ғылымдарының докторы, Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Математика, физика және информатика институты, Информатика және білімді ақпараттандыру кафедрасының профессоры*

Қазақтың көрнекті ғалымы, техника ғылымдарының докторы, профессор **Бақытжан Сражатдинұлы Ахметов** – Ақпараттық технологиялар мен білім беруді цифрландыру саласындағы басты тұлға. Оның ғылым мен білімнің әртүрлі салаларына сіңірген еңбегі ел ішінде де, шетелде де жоғары бағаланды. Білім және ғылым жетістіктерін атап айтсақ, 1954 жылы 31 наурызда дүниеге келген Бақытжан Ахметов 1977 жылы Н.Е.Бауман атындағы Мәскеу жоғары техникалық университетін «Электрондық есептеуіш машиналар» мамандығы бойынша бітірген. Ғалымның кәсіби дамуы 1984 жылы кандидаттық, 2007 жылы докторлық диссертациясын қорғаумен жалғасты. Бақытжан Ахметов «Информатика, есептеу техникасы және басқару» мамандығының профессоры. Оның ғылыми-педагогикалық тәжірибесі әсерлі 45 жылды құрайды, бұл уақыт ішінде ол университеттегі мансабының барлық кезеңдерін - оқытушыдан ректорға дейін өтті.

Профессор Ахметовтің ғылыми қызығушылықтары мен жарияланымдары - білім беруді цифрландыру, ақпараттық технологиялар, жасанды интеллект және киберқауіпсіздік саласындағы зерттеулермен белсенді түрде айналысады. Оның ғылыми қызығушылықтары 480-нен астам жарияланымдарда, оның ішінде 6 монографияда, 3 оқулықта және 18 оқу-әдістемелік құралда көрініс тапқан. Осы жұмыстардың ішінде 45 мақала Scopus деректер базасында индекстелген. Scopus-та H-индекс 8-ге, ал Web of Science-те 4-ке тең.

Бақытжан Ахметов 2014-2022 жылдар аралығында бірқатар маңызды Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің гранттық жобаларын басқарды, атап айтсақ «Жел және күн энергиясы негізінде тиімділігі жоғары электр станцияларын дамыту», «Ойын теориясы негізінде киберқауіпсіздік құралдарындағы инвестициялық стратегияларды таңдау үшін шешімдерді қабылдауды қолдаудың интеллектуалды жүйесін әзірлеу», «Білім берудің жаһандануы жағдайында университеттің ақпараттық білім беру ортасының киберқауіпсіздігін қамтамасыз ету әдістемесін әзірлеу», «Университет инфрақұрылымын дамыту негізінде оқу үдерісін ұйымдастырудың гибриді және қашықтықтан формаларының тиімділігін арттырудың цифрлық трансформация контексті» және 2 ғылым кандидаты мен 17 PhD докторын дайындады. Оның басшылығымен «Ақпараттық-коммуникациялық және ғарыштық технологиялар» басымдығы бойынша Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылыми кеңесінің төрағасы; «Ақпаратты қорғау» (Украина, Киев) және Ресейдің тұңғыш президенті Б.Н.Ельцин атындағы Орал федералдық университеті, (Ресей, Екатеринбург) «Ural Radio Engineering Journal» журналдарының редакциялық алқасының мүшесі болды.

Бақытжан Ахметов 2012-2016 жылдар аралығында Қ.И.Сәтбаев атындағы Ұлттық техникалық университеті «Автоматтандыру және басқару», «Ақпараттық жүйелер», «Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету», «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандықтары бойынша диссертациялық кеңестің төрағасы болды.

Қазіргі уақытта Бақытжан Ахметов университеттердің цифрлық трансформациясы және киберқауіпсіздік саласындағы гранттық жобалардың ғылыми жетекшісі және кеңесшісі бола отырып, ғылыми қызметін жалғастыруда. Оның ғылыми-зерттеу жұмыстары білім беру процесін ұйымдастырудың гибриді және қашықтық формаларының тиімділігін арттыруға және Байес желілеріне негізделген шешімдерді қолдау жүйелерін дамытуға бағытталған.

Бақытжан Ахметов «Ақпараттық-коммуникациялық және ғарыштық технологиялар» басымдығы бойынша Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылыми кеңесін басқара отырып, білім беру қоғамдастығына белсенді қатысады. Оның білім беруді дамытудағы рөлі Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің «Қазақстан Республикасы ғылымын дамытуға сіңірген еңбегі үшін» төсбелгісі иегері (2014); «Үздік ЖОО оқытушысы – 2017»; Білім беруді дамытуға қосқан үлесі үшін «Абай» медалінің иегері (Абай атындағы ҚазҰПУ, 2023). Жоғары білім және ғылым министрінің Алғыс хаты марапаттарымен және белгілерімен ерекшеленеді. Көшбасшы және еңбегі сіңген ғалым-профессор.

Ғалымның отбасы, атадан-балаға жалғасып келе жатқан ғалымдар: әкесі, **Ахметов Сражатдин**, филология ғылымдарының докторы, профессор, КСРО Жазушылар одағының мүшесі, Өзбекстан Республикасының еңбек сіңірген ғылым қайраткері, Бердақ атындағы Мемлекеттік сыйлықтың лауреаты болған. Қызы, Ахметова Әлия, заң ғылымдарының кандидаты. Ұлы, Ахметов Берік, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, жаратылыстану ғылымдары саласындағы жас ғалымдарға арналған Қонаев атындағы мемлекеттік сыйлықтың лауреаты, Yessenov University-нің ректоры. Қызы, Жәмиля Ахметова, PhD докторы, қауымдастырылған профессоры болып табылады.

*Аса құрметті, Бақытжан Сражатдинұлын 70 жасқа толған мерейтойымен барлық әріптес, шәкірттерінің атынан құттықтаймыз!*

Әрбір адамның өзіне тән ғұмыр жолы, еткен еңбегі мен жеткен жетістігі болады. Сіз көрнекті ғалым-профессор ғана емес, Қазақстан Республикасының білім мен ғылымның дамуына зор үлес қосқан басшы болдыңыз. Еңбектеріңіз бен зерттеулеріңіз білім беру мен киберқауіпсіздіктің цифрлық трансформациясына әсер етіп, оны әлемдік ғылыми қоғамдастықта назар аударуға және құрметке лайық тұлғаға айналдыруды жалғастырудасыз. Сіз адами асқақ қасиетпен үлкенге құрмет, кішіге ізет көрсетіп, үлгі бола білдіңіз. Бүгінгі мерейлі мерекенізде деніңізге саулық, ұзақ ғұмыр, әулетіңізге баянды бақыт тілейміз!

Профессор Б.С. Ахметовтің қызығушылықтары көп қырлы. *Абай ҚазҰПУ Хабаршысы*, «*Физика-математика ғылымдары*» сериясы ғылыми - әдістемелік журналының редакция алқасы мүшесі ретінде де зор үлесіңізді қосып келесіз. Сіздің жоспарларыңыз бен келешегі зор идеяларыңыздың потенциалы әлі таусылған жоқ, оны халқыңызға, ізбасар шәкірттеріңізге жұмсайды деп сенеміз. Құрметті **Бақытжан Сражатдинұлын 70 жасқа толған мерейлі тойыңызда** Сізге мықты денсаулық, ұзақ ғұмыр, баянды бақыт, отбасыңызға амандық, еңбекте сәттілік тілейміз!

*Бағдат Яғалиева, Satbayev University профессоры  
Аткелді Оған, Satbayev University PhD докторант  
Абай ҚазҰПУ Хабаршысы, «Физика-математика ғылымдары»  
сериясы журналының редакция алқасы*