



ISSN 1728-7901

Индекс 74231

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық
университеті

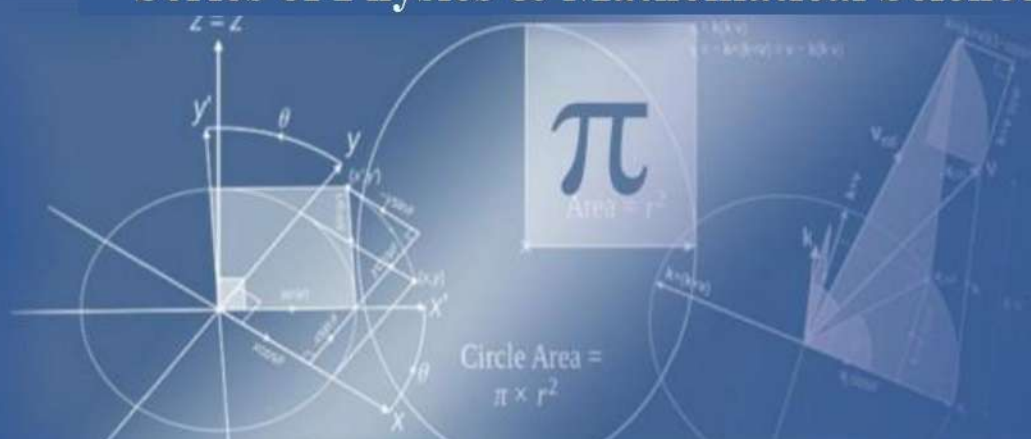
Казахский национальный педагогический
университет имени Абая

ЖАБАРШЫ ВЕСТНИК BULLETIN

«Физика-математика ғылымдары» сериясы

серия «Физико-математические науки»

Series of Physics & Mathematical Sciences



№ 1(77)

2022

$E=mc^2$

ISSN 1728-7901

Индекс 74231

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(77)

Алматы, 2022

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті

ХАБАРШЫ
«Физика-математика ғылымдары»
сериясы №1 (77), 2022 ж.

Бас редактор:
ф.-м.ғ.д. М.А. Бектемесов

Редакция алқасы:

Бас ред.орынбасары:
т.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі Г.Уалиев,
п.ғ.д., Е.Ы. Бидайбеков,
ф.-м.ғ.д., ҚР ҰҒА корр-мүшесі В.Н. Косов

Жауапты хатшылар:
п.ғ.к. Ш.Т. Шекербекова,
п.ғ.к. Г.А. Абдулкаримова

Редакциялық алқа мүшелері:
Dr.Sci. **К.Алихан** (Japan),
Phd.d. **А.Сабата** (Spain),
Phd.d. **Е.Коватчева** (Bulgaria),
Phd.d. **М.Ружанский** (England),
п.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі
А.Е. Абылкасымова,
т.ғ.д., ҚР ҰҒА корр-мүшесі **Е.Амиргалиев**,
ф.-м.ғ.д. **А.С. Бердышев**,
т.ғ.д. **С.Г. Григорьев** (Ресей),
п.ғ.д. **В.В. Гриншкун** (Ресей),
ф.-м.ғ.д. **С.И. Кабанихин** (Ресей),
ф.-м.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі
М.Н. Калимолдаев,
ф.-м.ғ.д. **Ф.Ф. Комаров**
(Республика Беларусь),
т.ғ.д. **М.К. Кулбек**,
ф.-м.ғ.д. **В.М. Лисицин** (Ресей),
п.ғ.д. **Э.М. Мамбетакунов**
(Қырғыз Республикасы),
ф.-м.ғ.д. **С.Т. Мухамбетжанов**
п.ғ.д. **Н.И. Пак** (Ресей),
ф.-м.ғ.д. **С.Қ. Сахиев**,
п.ғ.д. **Б.Д. Сыдықов**,
т.ғ.д., ҚР ҰҒА корр-мүшесі **А.К. Тулешов**,
т.ғ.д., ҚР ҰҒА корр-мүшесі **З.Г. Уалиев**,
т.ғ.к. **Ш.И. Хамраев**

© Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, 2022

Қазақстан Республикасының Ақпарат министрлігінде тіркелген
№ 4824 – Ж - 15.03.2004
(Журнал бір жылда 4 рет шығады)
2000 жылдан бастап шығады

Басуға 27.03.2022 қол қойылды
Пішімі 60x84 1/8. Көлемі 31,875 е.б.т.
Таралымы 300 дана. Тапсырыс 468.

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

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

МАТЕМАТИКА

MATHEMATICS

Alimbekova N.B., Baigereyev D.R., Berdyshev A.S.
Finite element method for solving a fractional flow model in porous media 7

Гусманова Ф.Р., Сатыбаев А.Д., Абдулкаримова Г.А., Беркимбаева С.Б., Дальбекова К.С.
Желілік жоспарлауда жұмыс ұзақтығының уақытын ықтималдық теориясының көмегімен бағалау 15

Кусаинов Ч.К., Шукаев Д.Н.
Анализ инвестиционных проектов в условиях неопределенностей 24

Мазаков Т.Ж., Калимолдаев М.Н., Джомартова Ш.А., Бегалиева К.Б., Мазақова Ә.Т.
Айырмашылық әдісімен шаршы қимасы бар өзектің жылу өткізгіштік теңдеуін шешу 33

Утесов А.Б., Утесова Г.И.
О дискретизации решений уравнения теплопроводности по числовой информации 41

ФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕР МЕН МЕХАНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

MODELING OF PHYSICAL PROCESSES AND MECHANICAL SYSTEMS

Калжигитов Н.К., Құрманғалиева В.О., Отарбаева Ұ.Б., Абдихан А.Ж., Ернар Н.А.
Екі альфа бөлшектің серпімді соқтығысу реакциясындағы нуклон-нуклон әсерлесуінің потенциалдары 49

Қызырканов А.Е., Атанов С.К., Альджаварнех Ш.А., Турсынова Н.А.
Координация движения многоагентных робототехнических систем 56

ИНФОРМАТИКА

COMPUTER SCIENCE

Amirgaliyeva Zh., Sadykova A., Kenshimov Ch.
Development of a modified Viola-Jones algorithm for face recognition 64

Казахский национальный педагогический университет имени Абая

ВЕСТНИК
Серия «Физико-математические науки»
№1 (77), 2022 г.

Главный редактор:
д.ф.-м.н. Бектемесов М.А.

Редакционная коллегия:

Зам.главного редактора:
д.ф.-м.н., академик НАН РК Уалиев Г.,
д.п.н. Бидайбеков Е.Ы.,
д.ф.-м.н., член-корр. НАН РК Косов В.Н.,

Ответ. секретари:
к.п.н. Шекербекова Ш.Т.,
к.п.н. Абдулкаримова Г.А.

Члены редколлегии:
Dr.Sci. Alimhan K. (Japan),
Phd.d. Cabada A. (Spain),
Phd.d Kovatcheva E. (Bulgaria),
Phd.d. Ruzhansky M. (England),
д.п.н., академик НАН РК Абылкасымова А.Е.,
д.т.н., член-корр. НАН РК Амиргалиев Е.,
д.ф.-м.н. Бердышев А.С.,
д.т.н. Григорьев С.Г. (Россия),
д.п.н. Гриншкун В.В. (Россия),
д.ф.-м.н. Кабанихин С.И. (Россия),
д.ф.-м.н., академик НАН РК
Калимолдаев М.Н.,
д.ф.-м.н. Комаров Ф.Ф.
(Республика Беларусь),
д.т.н. Кулбек М.К.,
д.ф.-м.н. Лисицин В.М. (Россия),
д.п.н. Мамбетакунов Э.М.
(Киргизская Республика),
д.ф.-м.н. Мухамбетжанов С.Т.,
д.п.н. Пак Н.И. (Россия),
д.ф.-м.н. Сахиев С.Қ.,
д.п.н. Сыдыков Б.Д.,
д.т.н., член-корр. НАН РК Тулешов А.К.,
д.т.н., член-корр. НАН РК Уалиев З.Г.,
к.т.н. Хамраев Ш.И.

© Казахский национальный педагогический университет им. Абая, 2022

Зарегистрирован в Министерстве информации
Республики Казахстан,
№ 4824 - Ж - 15.03.2004
(периодичность – 4 номера в год)
Выходит с 2000 года

Подписано в печать 27.03.2022.
Формат 60x84 1/8. Об. 31,875 уч.-изд.л.
Тираж 300 экз. Заказ 468.

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

Амирова А.С., Тохметов А.Т. Заттар өнеркәсіптік интернетіндегі қауіпті анықтаудың аралас моделі	70
Ахмадия А., Бримжанова С.С., Молдамурат Х., Набиев Н.К. ENVI бағдарламасын қолданып ғарыштық түсірілімдерді дешифрлеу үшін Махаланопис әдісімен мәліметтердің кластеризациясы	78
Balgabaeva L.Sh., Kenzhegulova S.B., Malikova F.U., Toleushova A.T., Abay D.E. Artificial intelligence in cardiology	85
Egizbayev M.N., Bekmanova G.T., Akhaeva Z.B., Tolegenova G.B., Zakirova A.B. An overview of augmented reality and its application in the field of interior design	91
Есенғалиева Ж.С., Касылқасова К.Н., Касылқасова А.О., Касылқасов Р.Н. Обработка данных при разработке программного обеспечения для здравоохранения в контексте COVID-19	99
Zhanuzakov M.B., Balakaeva G.T. Prediction of employee promotion based on ratings using machine-learning algorithms	106
Исахов А.А., Омарова П.Т., Исахов Ас.А. Численная оценка социального дистанцирования для предотвращения передачи COVID-19 воздушным путем	112
Мекебаев Н.О., Түйебаев Ш.М., Сабраев Қ.Ж., Еркебай А.Қ. Балалардың сөйлеуін тану үшін қайталанатын нейрондық желілер негізінде акустикалық және лингвистикалық модельдеуді зерттеу	119
Нысанов Е.А., Қуракбаева С.Д., Кемельбекова Ж.С., Кожабаев С.Е., Корокбаев А.У. Дифракция және интерференция құбылыстарын компьютерлік модельдеу ерекшеліктері	127
Омарова Г.С., Старовойтов В.В. Рентген суреттерінің контрастын гамма-түзету негізінде арттыру	132
Оспанов Р.М., Сейткулов Е.Н. Методы криптоанализа и свойства S-блоков	139
Скабылов А.А., Ибраимов М.К., Жексебай Д.М., Кожагулов Е.Т. Программно-аппаратная реализация QPSK на базе Zynq и MATLAB.....	146
Турдина А.Б., Семенов А.Л., Мубараков А.М., Керимбаев А.О. Ақпараттарды тасымалдаудың тиімділігін арттырудағы кодтау теориясының ролі және орны	151
Шындалиев Н.Т., Тастанова А.С., Жанбаева Л.А. Деректерді өңдеуде статистикалық әдістерді қолдану	158

Abai Kazakh National
Pedagogical University

BULLETIN

Ser. Physics & Mathematical Sciences

№1 (77), 2022.

Editor-in-Chief

Dr. Sci. Bektemesov M.A.

Deputy Editor-in-Chief:

Dr. Sci., Academician of NAS RK Ualiyev G.,

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

Dr. Sci., Corresponding member
of the NAS of RK Kosov V.N.,

Responsible editorial secretary:

Cand. Sci. (Ped.) Shekerbekova Sh.

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

Editorial board:

Dr.Sci. Alimhan K. (Japan),

Phd.d. Cabada A. (Spain),

Phd.d. Kovatcheva E. (Bulgaria),

Phd.d. Ruzhansky M. (England),

Dr. Sci. (Ped.), Academician NAS of RK

Abylkasymova A.Ye.,

Dr.Sci.(Engineering), Corresponding member
of the NAS of RK Amirgaliyev Ye.,

Dr. Sci. Berdyshev A.S.

Dr.Sci. Grigoriev S.G. (Russia),

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

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

Dr. Sci., Academician of the NAS of RK

Kalimoldayev M.N.,

Dr. Sci. Komarov F.F., (Republic of Belarus),

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

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

Dr. Sci. (Ped.) Mambetkunov E.M.

(Kyrgyz Republic),

Dr. Sci. Mukhambetzhano S.T.,

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

Dr.Sc. Sakhiev S.K.,

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

Dr.Sci.(Engineering), Corresponding member

of the NAS of RK Tuleshov A.K.,

Dr. Sci., Corresponding member

of the NAS of RK Ualiyev Z.G.,

Cand. Sci. Khamraev Sh.I.

© Abai Kazakh National Pedagogical
University, 2022

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 27/03/2022
Format 60x84 1/8. Vol. 31,875 p.
Printing 300 copies. Order 468.

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

МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

METHODS OF TEACHING MATHEMATICS

Әбілқасымова А.Е., Қалыбекова Ж.А., Жадраева Л.У.
Жоғары оқу орындарында математика курсының кәсіби бағытта
оқытудың кейбір аспектілері 165

Кокажаева А.Б., Жексембинова А.Б., Ашубаева Д.Б.,
Таштемирова С.И.
Жаңартылған білім мазмұны аясында математика сабағында
оқушылардың функционалдық сауаттылығын арттыру..... 172

Қосанов Б.М., Қайыңбаев Ж.Т., Ардабаева А.К.
Сызықтық функциямен байланысты экстремум есептері 182

Қыдырбаева А.Б., Муканова Ж.Г., Акишев Т.Б.
Использование систем компьютерной математики в курсе
средней школы 188

Шмигирилова И.Б., Рванова А.С., Белошистова Я.С.,
Дуткин М.А.
Прием обращения геометрических задач как средство
развития мышления будущих учителей математики 193

ИНФОРМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ.

БІЛІМ БЕРУДІ АҚПАРАТТАНДЫРУ

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ.

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

METHODS OF TEACHING COMPUTER SCIENCE.

INFORMATIZATION OF EDUCATION

Бактыбаев Ж.Ш., Тусубаева Ж.М., Толешова У.Б.
Дистанционные образовательные технологии в высшем
образовании 202

Газиз Г.Г., Бидайбеков Е.Ы., Конева С.Н.
Білім берудегі операциялық жүйелерді талдау және зерттеу.... 214

Гриншкун В.В., Шунина Л.А.
Научно-популярные издания в области информатизации
образования как средство индивидуализированной
подготовки педагогов 224

Кенесбаев С.М., Шайкен А.Ғ.
Оқу тиімділігін арттыру үшін робот - конструктор
жинақтарына салыстырмалы талдау 232

Мадьярова Г.А., Адамова Қ.А.
Информатика пәнін синхронды және асинхронды оқытудың
тиімді әдістері 240

Mukasheva M.U., Baiburin A.M., Sarsimbayeva S.M.,
Mukhiyadin A.U
Virtual and augmented reality in education: state and prospects ... 247

МАТЕМАТИКА

MATHEMATICS

МРНТИ 27.41.19

УДК 519.6

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.01>

FINITE ELEMENT METHOD FOR SOLVING A FRACTIONAL FLOW MODEL IN POROUS MEDIA

Alimbekova N.B.^{1}, Baigereyev D.R.¹, Berdyshev A.S.²*

¹*S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan*

²*Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan*

**e-mail: nurlana1101@gmail.com*

Abstract

The problem of numerical implementation of multiphase filtration models in highly porous fractured formations is of great applied importance in the oil industry. In this paper, we consider the equation of filtration of a viscoelastic fluid in a fractured porous medium with fractional time derivatives in the sense of Caputo. For the numerical solution, an approximation was constructed using the finite difference method for integer and fractional time derivatives and the finite element method with respect to the spatial variable. The stability a priori estimates for the numerical method with respect to the initial data and the right-hand side of the equation were obtained. The convergence of the constructed method in the spatial direction with the second order of accuracy and in the time variable with the accuracy order of $\min\{2-\alpha, 2-\beta, 2-\gamma\}$, where $\alpha, \beta, \gamma \in (0, 1)$ are the orders of fractional derivatives. The results of numerical tests for the model problem are presented, which show the efficiency of the proposed method for modeling the flow in fractured porous media.

Keywords: finite element method, filtration problem, fractional derivative in the sense of Caputo, fractured porous medium, a priori estimates, stability, convergence.

Аңдатпа

Н.Б. Алимбекова¹, Д.Р. Байгереев¹, А.С. Бердышев²

¹*С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен қ., Қазақстан*

²*Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

КЕУЕКТІ ОРТАДАҒЫ АҒЫННЫҢ БӨЛШЕК МОДЕЛІН ШЕШУГЕ АРНАЛҒАН АҚЫРЛЫ ЭЛЕМЕНТТЕР ӘДІСІ

Кеуектілігі жоғары жарықшалы қабаттарда көп фазалы фильтрация модельдерін сандық жүзеге асыру мәселесі мұнай өнеркәсібінде үлкен қолданбалы мәнге ие. Бұл жұмыста Капуто мағынасындағы бөлшек туындылары бар жарықшалы кеуекті ортадағы тұтқыр-серпімді сұйықтықтың фильтрация теңдеуі қарастырылады. Сандық шешім үшін бүтін және бөлшек уақыт туындылары үшін ақырлы айырымдар әдісін, ал кеңістіктік айнымалысы бойынша ақырлы элементтер әдісін қолдана отырып жуықтау жасалды. Бастапқы мәліметтер және теңдеудің оң жағы бойынша сандық әдістің орнықтылығы үшін априорлық бағалау алынды. Құрылған әдістің кеңістіктік бағыт бойынша екінші ретті дәлдікпен және уақыт айнымалысы бойынша $\min\{2-\alpha, 2-\beta, 2-\gamma\}$ ретті дәлдікпен жинақталуы дәлелденді, мұндағы $\alpha, \beta, \gamma \in (0, 1)$ – бөлшек туындылардың реті. Жарықшалы кеуекті ортадағы сұйықтық ағынының моделі үшін ұсынылған әдістің тиімділігін көрсететін үлгілік есепті сандық шешудің нәтижелері келтірілген.

Түйін сөздер: ақырлы элементтік әдіс, фильтрация есебі, Капуто мағынасындағы бөлшек туынды, жарықшалы кеуекті орта, априорлық бағалау, тұрақтылық, жинақтылық.

Аннотация

Н.Б. Алимбекова¹, Д.Р. Байгереев¹, А.С. Бердышев²

¹Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

²Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДРОБНОЙ МОДЕЛИ ТЕЧЕНИЯ В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ

Проблема численной реализации моделей многофазной фильтрации в сильнопористых трещиноватых пластах имеет большое прикладное значение в нефтедобывающей промышленности. В настоящей работе рассматривается уравнение фильтрации вязкоупругой жидкости в трещиновато-пористой среде с дробными производными по времени в смысле Капуто. Для численного решения построена аппроксимация с использованием метода конечных разностей для целых и дробных временных производных и метода конечных элементов по пространственной переменной. Получены априорные оценки устойчивости численного метода по начальным данным и по правой части уравнения. Доказана сходимость построенного метода по пространственному направлению со вторым порядком точности и по временной переменной с порядком точности $\min\{2-\alpha, 2-\beta, 2-\gamma\}$, $\alpha, \beta, \gamma \in (0, 1)$ – порядки дробных производных. Представлены результаты численного решения модельной задачи, которые показывают эффективность предложенного метода для моделирования течения в трещиноватых пористых средах.

Ключевые слова: конечно-элементный метод, задача фильтрации, дробная производная в смысле Капуто, трещиноватая пористая среда, априорные оценки, устойчивость, сходимость.

1 Introduction

The study of filtration processes in fractured formations is an urgent area of modern computational fluid dynamics both from the aspect of constructing new mathematical models of the fluid flow process applicable for real problems, and from the aspect of constructing modern numerical algorithms [1, 2]. As recent studies show, the processes of filtration flows, where their dynamics are influenced by a fractured-porous medium and memory effects, are more realistically described using the theory of fractional-order integro-differentiation [3-6]. To describe such processes, the fractional derivative in the sense of Caputo was used to take into account the memory formalism [7]. The fractional derivative in the Caputo-Fabrizio sense was used to account for longitudinal dispersion in a flow of two miscible fluids [8]. In [3, 9], the Darcy's law was reformulated with the help of a fractional derivative in the sense of Riemann-Liouville.

Much research is being done on numerical methods for solving fluid flow problems. Due to the need for calculations in complex geometric areas, the finite element method was used in [10, 11]. In [12], an extended mixed finite element method was used for the spatial fractional Darcy flow in porous media. In our previous work [13], finite difference schemes were constructed for solving initial-boundary value problems for the convection-diffusion equation with a fractional time derivatives in the sense of Riemann-Liouville, which can be used as a model filtration problem.

The purpose of this work is to study the finite difference/finite element method for implementing the model of filtration in a fractured porous medium proposed in [3], as well as to study the stability with respect to the initial data and the right-hand side of the equation. The results of computational experiments carried out for various orders of fractional derivatives and grid configurations are presented.

2 Formulation of the Problem

In [3], a model of a single-phase flow of an isothermal fluid in a homogeneous porous medium is presented by replacing the porosity function, the equation of state and Darcy's law with their fractional-differential analogs:

$$\begin{aligned} & \phi(c_{f1} + c_{\phi1}) \frac{\partial u}{\partial t} + \phi c_{\phi\alpha} \frac{\partial^\alpha u}{\partial t^\alpha} + \phi c_{f\beta} \frac{\partial^\beta u}{\partial t^\beta} - \\ & - \frac{F\left(\frac{\partial^\gamma(\nabla u)}{\partial t^\gamma}\right)}{\phi} \left(c_{f1} \nabla u + c_{f\beta} \frac{\partial^\beta(\nabla u)}{\partial t^\beta} \right) \frac{\nabla u}{|\nabla u|} - \nabla \cdot \left(\frac{F\left(\frac{\partial^\gamma(\nabla u)}{\partial t^\gamma}\right)}{|\nabla u|} \nabla u \right) = f_0, \end{aligned} \quad (1)$$

where $f_0 = \frac{f}{\rho}$; $c_{f1} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial u}$, $c_{\phi 1} = \frac{1}{\phi} \frac{\partial \phi}{\partial u}$ are classical isothermal compressibility of fluid and porous medium, and $c_{f\beta}$, $c_{\phi\alpha}$ are the generalized fractional differential isothermal compressibility [3].

In this paper, we mainly focus on studying a special one-dimensional case of the model (1) under the assumption that the pressure gradient is small, which is often valid for filtration processes. In domain $\bar{Q}_T = \bar{\Omega} \times [0, T]$, where $\Omega = (0, 1)$ find u satisfying

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} + \bar{c}_{\phi\alpha} \frac{\partial^\alpha u}{\partial t^\alpha} + \bar{c}_{f\beta} \frac{\partial^\beta u}{\partial t^\beta} - \left(F \left(\frac{\partial^\gamma u_x}{\partial t^\gamma} \right) \right)_x = \bar{f}_0, & x \in \Omega, \quad t > 0, \\ u(x, 0) = u_0(x), & x \in \bar{\Omega}, \\ u(0, t) = u(1, t) = 0, & t > 0, \end{cases} \quad (2)$$

where $\alpha, \beta, \gamma \in (0, 1)$.

Throughout this paper, the following assumptions will be used:

- (I) Problem 2 has a unique solution that has the number of derivatives required for the analysis.
- (II) F is a linear operator defined on Ω such that

$$F(\varphi) = \mu\varphi(x, t), \quad (3)$$

where $\mu > 0$ is a constant.

Let us define a variational formulation of Problem 2. Find $u \in H^1(0, T; H_0^1(\Omega))$ such that for any $v \in H_0^1(\Omega)$:

$$\left(\frac{\partial u}{\partial t}, v \right) + \bar{c}_{\phi\alpha} \left(\frac{\partial^\alpha u}{\partial t^\alpha}, v \right) + \bar{c}_{f\beta} \left(\frac{\partial^\beta u}{\partial t^\beta}, v \right) + \left(F \left(\frac{\partial^\gamma u_x}{\partial t^\gamma} \right), v_x \right) = (\bar{f}_0, v), \quad (4)$$

$$u(x, 0) = u_0(x), \quad x \in \bar{\Omega}, \quad (5)$$

where $\alpha, \beta, \gamma \in (0, 1)$.

On the time interval $[0, T]$, we introduce the finite difference grid

$$\omega_\tau = \{t_n = n\tau, n = 0, 1, \dots, N, N\tau = T\}.$$

We denote by u^n the semi-discrete approximation of the function u with respect to time at point $t = t_n$. We use the formula [14]

$$\Delta^\nu u(t_n) = \sum_{s=1}^n \delta_{n,s}^\nu (u^s - u^{s-1}), \quad (6)$$

approximating the fractional derivative of order $0 < \nu < 1$ in the sense of Caputo with the order of approximation $O(\tau^{2-\nu})$, where

$$\delta_{n,s}^\nu = \frac{\tau^{-\nu}}{\Gamma(2-\nu)} \left[(n-s+1)^{1-\nu} - (n-s)^{1-\nu} \right]$$

Let the values $u^i \in H_0^1(\Omega)$, $i = 0, 1, \dots, n-1$ be known. Find $u^n \in H_0^1(\Omega)$ such that for all $v \in H_0^1(\Omega)$:

a) when $n = 1$:

$$\left(\frac{u^1 - u^0}{\tau}, v\right) + \bar{c}_{\phi\alpha}(\Delta^\alpha u^1, v) + \bar{c}_{f\beta}(\Delta^\beta u^1, v) + (F(\Delta^\gamma u_x^1), v_x) = (\bar{f}_0, v); \quad (7)$$

b) when $n \geq 2$:

$$\left(\frac{3u^n - 4u^{n-1} + u^{n-2}}{2\tau}, v\right) + \bar{c}_{\phi\alpha}(\Delta^\alpha u^n, v) + \bar{c}_{f\beta}(\Delta^\beta u^n, v) + (F(\Delta^\gamma u_x^n), v_x) = (\bar{f}_0, v), \quad (8)$$

$$u^0 = u_0(x), \quad x \in \bar{\Omega}, \quad (9)$$

where $\alpha, \beta, \gamma \in (0, 1)$.

Now let us define a fully discrete formulation of Problem (4)-(5). In $\bar{\Omega}$, introduce a quasi-uniform triangulation K_h . Let $\mathcal{Q}_h: H_0^1(\Omega) \rightarrow V_h$ denote the elliptic projection. Let the values $u_h^i \in V_h$, $i = 0, 1, \dots, n-1$ be known, where

$$V_h = \{v_h \in H_0^1(\Omega) \cap C^0(\bar{\Omega}) \mid v_h|_e \in P_l(e), \forall e \in K_h\}$$

$P_l(e)$ is the space of polynomials of degree at most l on $e \in K_h$. Find $u_h^n \in V_h$ satisfying the following identities for any $v_h \in V_h$:

a) when $n = 1$:

$$\left(\frac{u_h^1 - u_h^0}{\tau}, v_h\right) + \bar{c}_{\phi\alpha}(\Delta^\alpha u_h^1, v_h) + \bar{c}_{f\beta}(\Delta^\beta u_h^1, v_h) + (F(\Delta^\gamma u_{h,x}^1), v_{h,x}) = (\bar{f}_0, v_h), \quad (10)$$

b) when $n \geq 2$:

$$\left(\frac{3u_h^n - 4u_h^{n-1} + u_h^{n-2}}{2\tau}, v_h\right) + \bar{c}_{\phi\alpha}(\Delta^\alpha u_h^n, v_h) + \bar{c}_{f\beta}(\Delta^\beta u_h^n, v_h) + (F(\Delta^\gamma u_{h,x}^n), v_{h,x}) = (\bar{f}_0, v_h), \quad (11)$$

$$u_h^0 = \mathcal{Q}_h u_0, \quad (12)$$

where $\alpha, \beta, \gamma \in (0, 1)$.

3 A Priori Estimates

To obtain a priori estimates, we use the following auxiliary lemma. For any function $u^n \in L^2(\Omega)$, the following inequality holds [2]:

$$(\Delta^\nu u^n, u^n) \geq \Theta_n^\nu - \Theta_{n-1}^\nu - \frac{1}{2} \delta_{n,1}^\nu \|u^0\|_0^2,$$

where $\Theta_i^\nu = \frac{1}{2} (\delta_{i,1}^\nu \|u^1\|_0^2 + \delta_{i,2}^\nu \|u^2\|_0^2 + \dots + \delta_{i,i}^\nu \|u^i\|_0^2)$, $i \geq 1$ and $\Theta_0^\nu = 0$.

The discrete scheme (10)-(12) is unconditionally stable with respect to the initial data and right-hand side, and the following estimate holds:

$$\|u_h^n\|_0^2 + 8\tau\Theta_n \leq C\left((\tau^2 + T)\|\bar{f}_0\|_0^2 + \|u_h^0\|_1^2\right).$$

Proof.

a) Let us choose $v_h = u_h^1$ in (10). Then using (6), we obtain

$$\begin{aligned} & \left(\frac{u_h^1 - u_h^0}{\tau}, u_h^1\right) + \bar{c}_{\phi\alpha}(\delta_{1,1}^\alpha(u_h^1 - u_h^0), u_h^1) + \bar{c}_{f\beta}(\delta_{1,1}^\beta(u_h^1 - u_h^0), u_h^1) + \\ & + (F(\delta_{1,1}^\gamma(u_h^1 - u_h^0)), u_{h,x}^1) = (\bar{f}_0, u_h^1) \end{aligned}$$

Making use of Lemma 3 and considering (3), we get

$$\begin{aligned} & \|u_h^1\|_0^2 + \|u_h^1 - u_h^0\|_0^2 + 2\tau(\bar{c}_{\phi\alpha}\Theta_1^\alpha + \bar{c}_{f\beta}\Theta_1^\beta + \mu\Theta_1^\gamma) \leq \\ & \leq 2\tau(\bar{f}_0, u_h^1) + \|u_h^0\|_0^2 + 2\tau(\bar{c}_{\phi\alpha}\Theta_0^\alpha + \bar{c}_{f\beta}\Theta_0^\beta + \mu\Theta_0^\gamma) + \\ & + \tau(\bar{c}_{\phi\alpha}\delta_{1,1}^\alpha + \bar{c}_{f\beta}\delta_{1,1}^\beta)\|u_h^0\|_0^2 + \tau\mu\delta_{1,1}^\gamma\|u_{h,x}^0\|_0^2. \end{aligned}$$

By applying the Cauchy and Young inequalities to the first term on the right-hand side, we obtain:

$$\|u_h^1\|_0^2 + 2\|u_h^1 - u_h^0\|_0^2 + 4\tau\Theta_1 \leq 4\tau^2\|\bar{f}_0\|_0^2 + C\|u_h^0\|_1^2, \quad (13)$$

where $\Theta_n = \bar{c}_{\phi\alpha}\Theta_n^\alpha + \bar{c}_{f\beta}\Theta_n^\beta + \mu\Theta_n^\gamma$, $C = \max\{2 + T(\bar{c}_{\phi\alpha}\delta_{1,1}^\alpha + \bar{c}_{f\beta}\delta_{1,1}^\beta), T\mu\delta_{1,1}^\gamma\}$.

b) In case of $n \geq 2$, choose $v_h = u_h^n$ in (11) and utilize (6) to obtain

$$\begin{aligned} & \left(\frac{3u_h^n - 4u_h^{n-1} + u_h^{n-2}}{2\tau}, v_h\right) + \bar{c}_{\phi\alpha}\left(\sum_{s=1}^n \delta_{n,s}^\alpha(u_h^s - u_h^{s-1}), v_h\right) + \\ & + \bar{c}_{f\beta}\left(\sum_{s=1}^n \delta_{n,s}^\beta(u_h^s - u_h^{s-1}), v_h\right) + \left(F\left(\sum_{s=1}^n \delta_{n,s}^\gamma(u_{h,x}^s - u_{h,x}^{s-1})\right), v_{h,x}\right) = (\bar{f}_0, v_h). \end{aligned}$$

By applying Lemma 3 and using the assumption (3), we arrive at the inequality

$$\begin{aligned} & \|u_h^n\|_0^2 + \|2u_h^n - u_h^{n-1}\|_0^2 + \|u_h^n - 2u_h^{n-1} + u_h^{n-2}\|_0^2 + \\ & + 4\tau\Theta_n = 4\tau\|\bar{f}_0\|_0\|u_h^n\|_0 + \|u_h^{n-1}\|_0^2 + \|2u_h^{n-1} - u_h^{n-2}\|_0^2 + \\ & + 4\tau\Theta_{n-1} + 2\tau(\bar{c}_{\phi\alpha}\delta_{n,1}^\alpha + \bar{c}_{f\beta}\delta_{n,1}^\beta)\|u_h^0\|_0^2 + 2\tau\mu\delta_{n,1}^\gamma\|u_{h,x}^0\|_0^2. \end{aligned}$$

Sum the last inequality with respect to n from 2 to n to get

$$\begin{aligned} & \|u_h^n\|_0^2 + 4\tau\Theta_n = 4\tau\|\bar{f}_0\|_0\|u_h^n\|_0 + 4\tau\sum_{i=2}^{n-1}\|\bar{f}_0\|_0\|u_h^i\|_0 + \|u_h^1\|_0^2 + \|2u_h^1 - u_h^0\|_0^2 + \\ & + 4\tau\Theta_1 + 2\tau\sum_{i=2}^n(\bar{c}_{\phi\alpha}\delta_{i,1}^\alpha + \bar{c}_{f\beta}\delta_{i,1}^\beta)\|u_h^0\|_0^2 + 2\tau\mu\sum_{i=2}^n\delta_{i,1}^\gamma\|u_{h,x}^0\|_0^2, \end{aligned}$$

and taking into account the elementary inequality $ab \leq \frac{1}{2}(a^2 + b^2)$ we arrive at

$$\begin{aligned} \|u_h^n\|_0^2 + 8\tau\Theta_n &\leq (16\tau^2 + 4T)\|\bar{f}_0\|_0^2 + 4\tau\sum_{i=2}^{n-1}\|u_h^i\|_0^2 + \\ &+ \|u_h^1\|_0^2 + \|2u_h^1 - u_h^0\|_0^2 + 4\tau\Theta_1 + \\ &+ 2\tau\sum_{i=2}^n(\bar{c}_{\phi\alpha}\delta_{i,1}^\alpha + \bar{c}_{f\beta}\delta_{i,1}^\beta)\|u_h^0\|_0^2 + 2\tau\mu\sum_{i=2}^n\delta_{i,1}^\gamma\|u_{h,x}^0\|_0^2. \end{aligned}$$

Making use of the discrete Gronwall's lemma, we obtain

$$\begin{aligned} \|u_h^n\|_0^2 + 8\tau\Theta_n &\leq C\left((16\tau^2 + 4T)\|\bar{f}_0\|_0^2 + 3\|u_h^1\|_0^2 + 2\|u_h^1 - u_h^0\|_0^2 + 4\tau\Theta_1\right) + \\ &+ 2\tau\sum_{i=2}^n(\bar{c}_{\phi\alpha}\delta_{i,1}^\alpha + \bar{c}_{f\beta}\delta_{i,1}^\beta)\|u_h^0\|_0^2 + 2\tau\mu\sum_{i=2}^n\delta_{i,1}^\gamma\|u_{h,x}^0\|_0^2. \end{aligned} \tag{14}$$

Combining (13) and (14), we arrive at the assertion of the theorem.

Let us present the convergence results the proof of which are presented in [2]. Let $\{u^i\}_{i=0}^N, u^i \in H_0^1(\Omega)$ be the solution of Problem (7)-(9). Then, under assumptions (I)-(II) and $\alpha, \beta, \gamma \in (0,1)$, the following inequality holds:

$$\|u(t_n) - u^n\|_0 + \tau\sqrt{\frac{2c_0}{T}}\|u(t_n) - u^n\|_1 \leq C\tau^{\min\{2-\alpha, 2-\beta, 2-\gamma\}},$$

where $c_0 = \min\{\bar{c}_{\phi\alpha}\delta_{n,1}^\alpha, \bar{c}_{f\beta}\delta_{n,1}^\beta, \mu\delta_{n,1}^\gamma\}$.

Let $\{u_h^i\}_{i=0}^N, u_h^i \in V_h$ be the solution of Problem (10)-(12). Then, under assumptions (I)-(II) and $\alpha, \beta, \gamma \in (0,1)$ for $u_h^n \in V_h$ and sufficiently small τ , the following inequality holds:

$$\|u(t_n) - u_h^n\|_0 + \tau\sqrt{\frac{2c_0}{T}}\|u(t_n) - u_h^n\|_1 \leq C(\tau^{\min\{2-\alpha, 2-\beta, 2-\gamma\}} + h^2),$$

where $c_0 = \min\{\bar{c}_{\phi\alpha}\delta_{n,1}^\alpha, \bar{c}_{f\beta}\delta_{n,1}^\beta, \mu\delta_{n,1}^\gamma\}$.

4 Implementation of the Method and Computational Experiments

In this section, we present the results of numerical experiments to verify the theoretical estimates obtained. We seek the solution in the form

$$u_h^n = \sum_{j=1}^{NV} u_j^n v_j(x),$$

where $v_j(x)$ are basis functions, and choose $v_h = v_i(x)$. Then taking into account (3), we get

$$\begin{aligned} &(\Delta_t u_j^n, v_i) + \sum_{j=1}^{NV} [(\bar{c}_{\phi\alpha}\delta_{n,n}^\alpha + \bar{c}_{f\beta}\delta_{n,n}^\beta)(v_j, v_i) + \mu\delta_{n,n}^\gamma(v_{j,x}, v_{i,x})] u_j^n = \\ &= (\bar{f}_0, v_i) + \sum_{j=1}^{NV} [(\bar{c}_{\phi\alpha}\delta_{n,n}^\alpha + \bar{c}_{f\beta}\delta_{n,n}^\beta)(v_j, v_i) + \mu\delta_{n,n}^\gamma(v_{j,x}, v_{i,x})] u_j^{n-1} - \\ &\quad - \sum_{j=1}^{NV} \sum_{s=1}^{n-1} [\bar{c}_{\phi\alpha}\delta_{n,s}^\alpha + \bar{c}_{f\beta}\delta_{n,s}^\beta] (u_j^s - u_j^{s-1})(v_j, v_i) - \\ &\quad - \sum_{j=1}^{NV} \sum_{s=1}^{n-1} \mu\delta_{n,s}^\gamma (u_j^s - u_j^{s-1})(v_{j,x}, v_{i,x}). \end{aligned}$$

where $\Delta_t u_j^n$ is the approximation of the integer derivative with respect to time used in Problem 2.

To test the theoretical convergence estimates obtained in Theorem 3, a number of computational experiments were carried out for a model problem. Consider the initial-boundary value problem

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial^\alpha u}{\partial t^\alpha} + \frac{\partial^\beta u}{\partial t^\beta} - \frac{\partial^\gamma u_{xx}}{\partial t^\gamma} &= 8 \sin \pi x (2t - 1) (4t^2 - 4t + 1) + \\ &+ 8 \sin \pi x (t^{1-\alpha} f(\alpha, t) + t^{1-\beta} f(\beta, t) + \pi^2 t^{1-\gamma} f(\gamma, t)), \quad x \in \Omega, t > 0, \\ u(x, 0) &= 0, \quad x \in \bar{\Omega}, \\ u(0, t) = u(1, t) &= 0, \quad t > 0, \end{aligned}$$

where $\alpha, \beta, \gamma \in (0, 1)$, $f(v, t) = \frac{v^3 + 6tv^2 - 9v^2 + 24t^2v - 42tv + 26v + 48t^3 - 96t^2 + 72t - 24}{\Gamma(1-v)(v-4)(v-3)(v-2)(v-1)}$.

The exact solution to this problem is $u(x, t) = (4t^2 - 4t + 1)^2 \sin(\pi x)$.

In the computational experiments, we consider different values of τ ranging from 1/10 to 1/160 with a fixed grid size $h = 1/20000$. It follows from Table 0 that the convergence order decreases with increasing values of the fractional derivative's orders. Specifically, the scheme achieved the convergence order of 1.90 when $\alpha = \beta = \gamma = 0.1$ and the convergence order of 1.10 when any of α, β, γ is equal to 0.9. This result is consistent with the theoretical estimates indicated in parentheses in the «Order» column.

Table 1. L^2 -errors and convergence order for Example

γ	τ	$\alpha = \beta = 0.1$		$\alpha = \beta = 0.5$		$\alpha = \beta = 0.9$	
		L^2 -error	Order	L^2 -error	Order	L^2 -error	Order
$\gamma = 0.1$	1/10	1.3980e-02	-	2.0710e-02	-	5.2335e-02	-
	1/20	4.0621e-03	1.78 (≈ 1.90)	6.8566e-03	1.59 (≈ 1.50)	2.3283e-02	1.17 (≈ 1.10)
	1/40	1.1228e-03	1.86 (≈ 1.90)	2.2250e-03	1.62 (≈ 1.50)	1.0490e-02	1.15 (≈ 1.10)
	1/80	3.0352e-04	1.89 (≈ 1.90)	7.2301e-04	1.62 (≈ 1.50)	4.7846e-03	1.13 (≈ 1.10)
	1/160	8.1199e-05	1.90 (≈ 1.90)	2.3719e-04	1.61 (≈ 1.50)	2.2017e-03	1.12 (≈ 1.10)
$\gamma = 0.5$	1/10	4.2604e-02	-	4.7297e-02	-	7.2854e-02	-
	1/20	1.5517e-02	1.46 (≈ 1.50)	1.7339e-02	1.45 (≈ 1.50)	3.0496e-02	1.26 (≈ 1.10)
	1/40	5.5576e-03	1.48 (≈ 1.50)	6.2503e-03	1.47 (≈ 1.50)	1.2866e-02	1.25 (≈ 1.10)
	1/80	1.9751e-03	1.49 (≈ 1.50)	2.2334e-03	1.48 (≈ 1.50)	5.4951e-03	1.23 (≈ 1.10)
	1/160	6.9940e-04	1.50 (≈ 1.50)	7.9429e-04	1.49 (≈ 1.50)	2.3785e-03	1.21 (≈ 1.10)
$\gamma = 0.9$	1/10	1.5551e-01	-	1.5610e-01	-	1.7391e-01	-
	1/20	7.2442e-02	1.10 (≈ 1.10)	7.2310e-02	1.11 (≈ 1.10)	8.1161e-02	1.10 (≈ 1.10)
	1/40	3.3765e-02	1.10 (≈ 1.10)	3.3537e-02	1.11 (≈ 1.10)	3.7882e-02	1.10 (≈ 1.10)
	1/80	1.5750e-02	1.10 (≈ 1.10)	1.5576e-02	1.11 (≈ 1.10)	1.7686e-02	1.10 (≈ 1.10)
	1/160	7.3487e-03	1.10 (≈ 1.10)	7.2419e-03	1.10 (≈ 1.10)	8.2569e-03	1.10 (≈ 1.10)

5 Conclusion

Thus, a finite difference/finite element scheme has been constructed for the fractional differential equation containing several fractional time derivatives in the sense of Caputo. Numerical experiments fully confirm the theoretical estimates obtained in Theorem 3. The results obtained can find application in the numerical solution of other equations containing a fractional time derivative and will form the basis for further research in this direction.

6 Acknowledgement

The work was supported by grant funding of Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, grant No. AP08053189, 2020-2022.

References:

- 1 Akkutlu I. Y., Efendiev Y., Vasilyeva M., Wang Y. (2018) Multiscale Model Reduction for Shale Gas Transport in Poroelastic Fractured Media. // *J. Comput. Phys.*, Vol. 353, 356–376. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2017.10.023>
- 2 Baigereyev D., Alimbekova N., Berdyshev A., Madiyarov M. (2021) Convergence Analysis of a Numerical Method for a Fractional Model of Fluid Flow in Fractured Porous Media. // *Mathematics*, Vol. 9 (2179), 1–24. <https://doi.org/10.3390/math9182179>
- 3 Gazizov R. K., Lukaschuk S. Yu. (2017) Fractional Differential Approach to Modeling Filtration Processes in Complex Inhomogeneous Porous Media. // *Vestnik UGATU* Vol. 21(4), 104–112.
- 4 Hashan M., Jahana T. U., Zaman L. N., Imtiaz S., Hossain M. E. (2020) Modelling of fluid flow through porous media using memory approach: a Review. // *Mathematics and Computers in Simulation*, Vol. 177, 643–673. <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2020.05.026>
- 5 Di Giuseppe E., Moroni M., Caputo M. (2010) Flux in Porous Media with Memory: Models And Experiments. // *Transport in Porous Media*, Vol. 83(3), 479–500. <https://doi.org/10.1007/s11242-009-9456-4>
- 6 Abiola O. D., Enamul H. M., Kaseem M., Sidqi A. A. (2017) A Modified Memory-Based Mathematical Model Describing Fluid Flow in Porous Media. // *Computers and Mathematics with Applications*, Vol. 73 (6), 1385–1402. <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2016.11.022>
- 7 Caputo M. (2000) Models of Flux in Porous Media with Memory // *Water Resources Research*, Vol. 36 (3), 693–705. <https://doi.org/10.1029/1999WR900299>
- 8 Agarwal R., Yadav M. P., Baleanu D., Purohit S. D. (2020) Existence and Uniqueness of Miscible Flow Equation Through Porous Media with a Non Singular Fractional Derivative. // *AIMS Mathematics*, Vol. 5 (2), 1062–1073. <https://doi.org/10.3934/math.2020074>
- 9 He J. H. (1998) Approximate Analytical Solution for Seepage Flow with Fractional Derivatives in Porous Media. // *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 167 (1), 57–88.
- 10 Ali H., Soleimani H., Yahya N., Baig M. K., Rostami A. (2018) Finite Element Method for Modelling of Two Phase Fluid Flow in Porous Media. // *Journal of Physics: Conference Series*. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1123/1/012002>
- 11 Beybalaev V. D., Abduragimov E. I., Yakubov A. Z., Meilanov R. R., Aliverdiev A. A. (2021) Numerical Research of Non-Isothermal Filtration Process in Fractal Medium with Non-Locality in Time. // *Thermal Science*, Vol. 25 (1B), 465–475.
- 12 Chen H., Sun S. (2020) An Expanded Mixed Finite Element Method for Space Fractional Darcy Flow in Porous Media. // *Computational Science – ICCS 2020*, Vol. 12143, 205–216. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50436-6_15
- 13 Alimbekova N., Berdyshev A., Baigereyev D. (2021) Parallel Implementation of the Algorithm for Solving a Partial Differential Equation with a Fractional Derivative in the Sense of Riemann-Liouville. // *2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, Vol. 9465922, 1–6. <http://doi.org/10.1109/SIST50301.2021.9465922>
- 14 Zhang Y. N., Sun Z. Z., Liao H. L. (2014) Finite Difference Methods for the Time Fractional Diffusion Equation on Non-Uniform Meshes. // *Journal of Computational Physics*, Vol. 265, 195–210. <http://doi.org/10.1016/j.jcp.2014.02.008>

МРНТИ 27.35.33
УДК 510 (075.8)

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.02>

Ф.Р. Гусманова^{1*}, А.Д. Сатыбаев², Г.А. Абдулкаримова³, С.Б. Беркимбаева⁴, К.С. Дальбекова⁴

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Ош технологиялық университеті, Ош қ., Қырғызстан

³Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

⁴Халықаралық бизнес университеті, Алматы қ., Қазақстан

*e-mail: grfarida77@gmail.com

ЖЕЛІЛІК ЖОСПАРЛАУДА ЖҰМЫС ҰЗАҚТЫҒЫНЫҢ УАҚЫТЫН ЫҚТИМАЛДЫҚ ТЕОРИЯСЫНЫҢ КӨМЕГІМЕН БАҒАЛАУ

Аңдатпа

Мақалада желілік жоспарлау мен басқаруда желілік графиканың көмегімен үрдісті модельдеуге негізделген және есептеу әдістерінің жиынтығын, кешенді жұмыстарды жоспарлау және басқару бойынша ұйымдастыру мен бақылау мәселелері қарастырылады. Желілік графикалардың негізгі параметрлері келтіріліп, оларға қысқаша сипаттамалары берілді. Жұмыстың уақыт қорының түрлері сипатталған. Сыншыл жолдың ұзындығы мен топологиясын анықтаудағы ерекшеліктерге көңіл бөлінді. Желілік графикаларды жоспарлаудың, оларды құру, реттеу алгоритмдері қарастырылады. Соңында желілік графикаға талдау жүргізіледі және оңтайландырылады. Сыншыл емес жолдағы жұмыстың әрбір тобының мерзімінде орындалу қиындығының деңгейін жұмыс қарбаластығының коэффициентінің көмегімен анықтауға болатыны негізделген.

Жұмыс жинақтығының орындалу мерзімін ескеріп, оны ұйымдастыруды жетілдіру желілік графикада оңтайландыруды білдіреді. Оңтайландыру сыншыл жолдың ұзындығын қысқарту, жұмыстардың қарбаластығының коэффициенттерін теңестіру, қорларды ұтымды пайдалану мақсатында жүргізілетіндігі көрсетілген.

Түйін сөздер: желілік жоспарлау мен бағалау, сыншыл жол, желілік графика, оқиға, жұмыс.

Аннотация

Ф.Р. Гусманова¹, А.Д. Сатыбаев², Г.А. Абдулкаримова³, С.Б. Беркимбаева⁴, К.С. Дальбекова⁴

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²Ошский технологический университет, г.Ош, Киргизия

³Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

⁴Международный университет бизнеса, г.Алматы, Казахстан

ОЦЕНКА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОТ ПРИ СЕТЕВОМ ПЛАНИРОВАНИИ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

В статье рассматриваются вопросы организации и управления комплексом вычислительных методов, интегрированного планирования работ, основанных на моделировании процессов с использованием сетевого графика при сетевом планировании и управлении сложными работами. Приведены основные параметры сетевого графика и дана их краткая характеристика. Особое внимание уделено особенностям определения длительности и топологии критического пути. Рассмотрены алгоритмы планирования, создания и настройки сетевого графика. Сетевой график анализируется и в дальнейшем оптимизируется. Он основан на том, что уровень трудности своевременного выполнения каждой группой не критического пути можно определить с помощью коэффициента интенсивности работ.

Улучшение организации работы с учетом сроков означает оптимизацию сетевого графика. Показано, что оптимизация проводится с целью сокращения длительности критического пути, выравнивания коэффициентов интенсивности, рационального использования ресурсов.

Ключевые слова: сетевое планирование и управление, критическая путь, сетевая графика, событие, работа.

Abstract

**ESTIMATION OF THE DURATION OF WORKING HOURS IN NETWORK PLANNING
USING PROBABILITY THEORY**

Gusmanova F. ¹, Satybaev A. ², Abdulkarimova G. ³, Berkimbaeva S. ⁴, Dalbekova K. ⁴

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Osh Technological University, Osh, Kyrgyzstan

³Abai Kazakh national pedagogical university, Almaty, Kazakhstan

⁴International Business University, Almaty, Kazakhstan

The article deals with the organization and control of a complex of calculation methods, integrated work planning and management, based on process modeling using network graphics in network planning and management. The main parameters of network graphics are given and a brief description is given. The types of stocks of working time are described. Particular attention was paid to the features of determining the duration and topology of the critical path. Algorithms for planning, creating and configuring network graphics are considered. Finally, the network graphics are analyzed and optimized. It is based on the fact that the level of difficulty in the timely execution of each group of non-critical paths can be determined using the intensity factor of work. Improving the organization of work with deadlines means optimizing network graphics. It is indicated that optimization is carried out in order to reduce the duration of the critical path, equalize the intensity factors, rational use of resources.

Keywords: network planning and management, critical path, network graphics, event, work.

Кіріспе

Күрделі үрдістерді жоспарлаудың тиімдірек тәсілдері желілік жоспарлау мен басқарудың жаңа әдістерін құруға әкеледі.

Желілік модель – желінің арнайыландырылған түрінде берілген, графикалық түрде бейнеленуі желілік графика деп аталатын өзара байланысты жұмыстардың орындалу жоспарының қандай да бір жиынтығын береді. Желілік модельдің басты маңыздылығы – алдыңғы жұмыстардың барлық уақыттық өзара байланыстарының дұрыс анықталуы.

Желілік модельдің басты элементтері – оқиға және жұмыс.

Жұмыс ұғымы желілік жоспарлау мен басқаруда кең мағынада пайдаланылады.

Атап айтқанда:

- жұмыс – ресурстар шығынын талап ететін уақыт бойынша созылған үрдіс;
- күту – ресурстар шығынын талап етпейтін уақыт бойынша созылған үрдіс;
- тәуелділік, немесе жалған жұмыс – еңбек, материалдық ресурстар немесе уақыт шығынын талап етпейтін екі немесе бірнеше жұмыстардың арасындағы логикалық байланыс.

Оқиға – жобаның орындалуындағы жеке кезеңді бейнелейтін қандай да бір үрдістің аяқталатын мерзімі.

Оқиға жеке жұмыстың дербес нәтижесі немесе бірнеше жұмыстың жалпы нәтижесі болуы мүмкін. Осы оқиғаға дейін болған барлық жұмыстар аяқталғанда ғана оқиға болуы мүмкін. Оқиға орындалғаннан кейін ғана келесі жұмыстар басталады. Осыдан оқиғаның қосжақтылық сипаты алынады: оқиғадан кейінгі барлық жұмыс үшін ол бастапқы, ал оқиғаға дейінгі барлық жұмыс үшін ол ақырғы болып табылады.

Мақаланың мақсаты

Амалдарды зерттеу саласында желілік жоспарлау мен басқаруда жұмыс ұзақтығының уақытын бағалау.

Негізгі мақала материалы

Желілік жоспарлау мен басқару әдістерінің жүйесі – ғылыми зерттеулерді, ірі халықшаруашылық кешендерін, құрылыстар мен қайта құруды, өнімдердің жаңа түрлерін, өндірісті конструкторлық және технологиялық әзірлеуді, негізгі қорды желілік графиканы қолдану жолымен түбегейлі жөндеуді дайындаудағы жоспарлау мен басқару әдістерінің жүйесі болып табылады.

Желідегі тізбектің әрбір жұмысының бастапқы оқиғасы одан кейінгі жұмыстың ақырғы оқиғасымен беттесетін кез келген жұмыс тізбегі жол болып табылады.

Жолдың екі түрі кездеседі:

- толық жол, бастапқы оқиғалан аяқтаушы оқиғаға дейінгі жұмыстардың орындалуының үзіліссіз тізбегі;

- сыншыл жол, осы жолдағы жұмыстардың орындалуының ең көп ұзақтығымен сипатталатын бастапқы оқиғадан аяқталатын оқиғаға дейінгі жол.

Желілік графикалардың төрт негізгі параметрлері кездеседі:

- оқиғалар параметрлері;
- жұмыс параметрлері;
- жолдың уақыт қоры;
- жұмыстың уақыт қоры [1].

Оқиғалар параметрлері. Оқиғалар параметрлері ерте немесе кеутілетін мерзімі осы оқиғаға дейінгі оқиғаның ең көп жолының ұзақтығымен анықталады:

$$t_e(i) = \max t(L_{iДЖ}), \quad (*)$$

мұндағы $L_{iДЖ}$ – i -ші оқиғаға дейінгі кез келген жол, яғни желінің бастапқы оқиғасынан i -ші оқиғаға дейінгі жол.

Егер j -ші оқиғаның алдында бірнеше жол болса, демек, бірнеше алдындағы i оқиға болса, онда j -ші оқиғаның орындалуының ерте мерзімін келесі формуламен есептеген ыңғайлы:

$$t_e(j) = \max_{i,j} [t_e(i) + t(i,j)]. \quad (**)$$

i -ші оқиғаның орындалу мерзімі мен одан кейінгі жолдардың ең көп ұзақтығының қосындысы сыншыл жолдың ұзақтығынан артпайтын жағдайға дейін осы оқиғаның ерте мерзіміне қатысты өзінің аяқталуының кідірісі аяқтаушы оқиғаның аяқталу мерзіміне, демек, жұмыс жиынының мерзіміне де әсер етпейді.

Сондықтан, i -ші оқиғаның орындалуының кеш мерзімі келесі формуламен есептелінеді:

$$t_k(i) = t_{сын} - \max_{L_{iКЖ}} t(L_{iКЖ}).$$

мұндағы $L_{iКЖ}$ – i -ші оқиғадан кейінгі кез келген жол, яғни i -ші оқиғадан желіні аяқтаушы оқиғаға дейінгі жол.

Егер i -ші оқиғадан кейін бірнеше жол болса, демек, бірнеше кейінгі j оқиға болса, онда i -ші оқиғаның орындалуының кеш мерзімін мына формуламен есептеген ыңғайлы:

$$t_k(i) = t_{сын} \min_{i,j} [t_k(j) - t(i,j)].$$

i -ші оқиғаның $R(t)$ уақыт қоры оның орындалуының ерте және кеш мерзімдерінің айырымына тең:

$$R(i) = t_e(i) - t_k(i).$$

Оқиғаның уақыт қоры уақыттың қандай мүмкін болатын аралығында жұмыс жиынтығының орындалу мерзімін арттырмай осы оқиғаның болуын кідіртуге болатынын көрсетеді.

Оқиғаның орындалуындағы кез келген кідіріс аяқтаушы оқиғаның орындалуында да осындай кідірісті болдыратындықтан сыншыл оқиғалардың уақыт қорлары болмайды.

Осыдан сыншыл жолдың ұзындығы мен топологиясын анықтау үшін желілік графиканың барлық толық жолдарын тізіп жазып, олардың ұзақтығын анықтау мүлдем міндетті емес.

Жұмыс параметрлері. Жеке жұмыстар ерте, кеш және аралық уақыттарда басталуы (аяқталуы) мүмкін.

Графиканы оңтайландыру кезінде жұмыс берілген аралықтағы кез келген жерде орналасуы мүмкін [2-5].

(i, j) жұмыстың $t_{eб}(i, j)$ ерте мерзімде басталуы бастапқы (алдындағы) i -ші оқиғаның орындалуының ерте мерзімімен беттеседі, яғни

$$t_{eб}(i, j) = t_e(i) \quad (1)$$

Сонда (i, j) жұмыстың $t_{ea}(i, j)$ ерте аяқталуы

$$t_{ea}(i, j) = t_e(i) + t(i, j) \quad (2)$$

формуласымен есептеледі.

Бірде-бір жұмыс өзінің ақырғы i -ші оқиғасының мүмкін болатын кеш мерзімінен кеш аяқталуы мүмкін емес. Сондықтан, (i, j) жұмыстың аяқталуының $t_{ка}(i, j)$ кеш мерзімі

$$t_{ка}(i, j) = t_k(j) \quad (3)$$

қатынасымен, ал осы жұмыстың басталуының $t_{кб}(i, j)$ кеш мерзімі

$$t_{кб}(i, j) = t_k(j) - t(i, j) \quad (4)$$

қатынасымен анықталады.

Сонымен, желілік модель аясында жұмыстың басталуы мен аяқталуы көршілес оқиғалармен (1)-(4) шектеулер арқылы тығыз байланыста болады.

Жолдың уақыт қоры. Жолдың $R(L)$ уақыт қоры сыншыл және қарастырылатын жолдардың арасындағы айырым ретінде анықталады:

$$R(L) = t_{сын} - t(L).$$

Бұл осы жолға тиісті барлық жұмыстардың ұзақтығыжалпы қаншаға артатынын көрсетеді. Егер осы жолдағы жұмыстың орындалуын $R(L)$ уақытынан артық уақытқа созсақ, онда сыншыл жол L жолына жылжиды [6].

Осыдан, L жолындағы бөлімнің сыншыл жолмен беттеспейтін кез келген жұмыстың уақыт қоры болатынын қорытындылауға болады.

Жұмыстың уақыт қоры. Жұмыстың уақыт қорының төрт түрі кездеседі:

- (i, j) жұмыс уақытының $R_{тол}(i, j)$ толық қоры;
- кепілденген қор немесе (i, j) жұмыс уақытының бірінші түрдегі жеке қоры;
- бос қор немесе (i, j) жұмыс уақытының екінші түрдегі жеке қоры;
- (i, j) жұмыс уақытының тәуелсіз қоры.

(i, j) жұмыс уақытының $R_{тол}(i, j)$ толық қоры жұмыс жиынтығының орындалу мерзімі орындалған жағдайда берілген жұмыстың орындалу уақытын қаншаға арттыруға болатынын көрсетеді. $R_{тол}(i, j)$ толық уақыт қоры

$$R_{тол}(i, j) = t_k(j) - t_e(i) - t(i, j)$$

формуласымен анықталады.

Жұмыс уақытының толық қоры – бұл жобаның жалпы мерзімін өзгертпей жұмыстың бастапқы уақытын қанша уақытқа жылжытуға немесе ұзақтығын қанша уақытқа арттыруға болатынын көрсететін уақыт мерзімі.

Осы анықтамадан жеке жұмыстар бойынша жұмысты жақсы орындайтындай уақыттың толық қорын пайдалануға болатыны алынады. Уақыттың толық қоры тәуелді қоры болып табылады, яғни оны қолдану басқа жұмыстар бойынша қорларын өзгертуге әкелуі мүмкін. Сондықтан, уақыттың толық қорын пайдаланған кезде, көбінесе қорларды қайта үлестіруді анықтау үшін желілік графиканың параметрлері қайтадан есептелінеді. Кепілденген қор немесе (i, j) жұмыс уақытының бірінші түрдегі жеке қоры. Кепілденген қор – бұл жұмыстың бастапқы оқиғасының кеш мерзімін өзгертпей жұмыс ұзақтығын осы мөлшерге арттыруға болатын жұмыс уақытының толық қорының бөлігі. Жұмыстың бастапқы және ақырғы оқиғалары өздерінің ең кеш мерзімінде орындалады деген ұйғарыммен берілген жұмысты орындау барысында осы қорды пайдалануға болады. Кепілденген қор

$$R_1(i, j) = t_k(j) - t_k(i) - t(i, j)$$

немесе

$$R_1(i, j) = R_{тол}(i, j) - R(i)$$

формулаларының көмегімен есептелінеді.

Бос қор немесе (i, j) жұмыс уақытының екінші түрдегі жеке қоры. Бос қор – бұл жұмыстың ақырғы оқиғасының ерте мерзімін өзгертпей жұмыс ұзақтығын осы мөлшерге арттыруға болатын жұмыс уақытының толық қорының бөлігі. Жұмыстың бастапқы және ақырғы оқиғалары өздерінің ең ерте мерзімінде орындалады деген ұйғарыммен берілген жұмысты орындау барысында осы қорды пайдалануға болады. Бос қор

$$R_2(i, j) = t_e(j) - t_e(i) - t(i, j)$$

немесе

$$R_2(i, j) = R_{\text{тол}}(i, j) - R(j)$$

формулаларының көмегімен есептелінеді.

Жұмыстарды орындау барысында пайда болатын кездейсоқтардан құтылу үшін уақыттың бос қорын пайдалануға болады. Жұмыстың басталуы мен аяқталуы ерте мерзім бойынша орындалатындай жоспарланса, онда барлық кезде қажет болған жағдайда жұмыстың басталуы мен аяқталуын кеш мерзімге ауыстыруға болады.

(i, j) жұмыс уақытының тәуелсіз қоры. Тәуелсіз қор – барлық алдындағы жұмыстар кеш мерзімде аяқталатындай, ал барлық келесі жұмыстар ерте мерзімде басталатындай жағдай үшін алынатын жұмыс уақытының толық қорының бөлігі. Уақыттың тәуелсіз қоры

$$R_{\text{тәу}}(i, j) = t_e(j) - t_k(i) - t(i, j) \quad (5)$$

немесе

$$R_{\text{тәу}}(i, j) = R_{\text{тол}}(i, j) - R(i) \quad (6)$$

формулаларының көмегімен есептелінеді.

Уақыттың тәуелсіз қорын пайдалану басқа жұмыстардың уақыт қорларының шамасына әсер етпейді. Алдындағы жұмыстардың орындалуы мүмкін болатын кеш мерзімде аяқталса, ал келесі жұмыстарды ерте мерзімде бастайтын болған жағдайда уақыттың тәуелсіз қорын пайдалануға ұмтылады. Егер (5) және (6) формулалармен аяқталған тәуелсіз қор шамасы нөлге тең немесе оң болса, онда мұндай мүмкіндік бар. Егер бұл шама теріс болса, онда мұндай мүмкіндік жоқ, себебі алдындағы жұмыс әлі аяқталған жоқ, ал келесі жұмысты бастау керек. Сондықтан тәуелсіз қордың теріс мәнінің нақты мағынасы жоқ. Тәуелсіз қорлар тек қана жұмыстың бастапқы және ақырғы оқиғалары арқылы өтетін максималды жолдарда жатпайтын жұмыстарда болады.

Сыншыл жолдағы жұмыстардың сыншыл оқиғалардағы сияқты уақыт қорлары болмайды, яғни олар нөлге тең. Сыншыл жұмыстардың, яғни уақыт қорлары жоқ жұмыстардың көмегімен желілік графиканың желілік графиканың сыншыл жолы анықталуы мүмкін. Егер желіде бірнеше сыншыл жол болған кезде сыншыл жолды анықтаудың осы тәсілін пайдаланған дұрыс болады деп есептеледі.

Егер i бастапқы оқиға сыншыл жолда болса, онда

$$R_{\text{тол}}(i, j) = R_1(i, j) \quad (7)$$

Егер j ақырғы оқиға сыншыл жолда болса, онда

$$R_{\text{тол}}(i, j) = R_2(i, j) \quad (8)$$

Егер бастапқы және ақырғы i және j оқиғалар сыншыл жолда болса, бірақ жұмыстың өзі осы жолда болмаса, онда

$$R_{\text{тол}}(i, j) = R_1(i, j) = R_2(i, j) = R_{\text{тәу}}(i, j) \quad (9)$$

(7) – (9) қатынастарын жеке жұмыстардың уақыт қорларын есептеудің дұрыстығын тексергенде пайдалануға болады.

Желілік графикалар жоспарлаудың бастапқы кезеңінде құрылады. Алдымен жоспарланатын үрдіс жеке жұмыстарға бөлінеді, жұмыстар мен оқиғалар тізімі дайындалады, олардың орындалуының логикалық байланысы мен орындалу реті ойластырылады, жұмыстар жауапты орындаушыларға бекітіледі. Солардың көмегімен жұмыстың ұзақтығы бағаланады. Содан кейін желілік графика

құрылады. Желілік графика бірыңғайланғаннан кейін оқиғалар мен жұмыстардың параметрлері есептеледі, уақыт қоры мен сыншыл жол анықталады. Соңында желілік графикаға талдау жүргізіледі және оңтайландырылады. Қажет болған жағдайда оқиғалар мен жұмыстардың параметрлерін қайта есептей отырып желілік графика қайтадан сызылады.

Желілік графикадағы жұмысты орындау ұзындығы көп жағдайда, анықталмағандық, математикалық түсінің бойынша кездейсоқ шама болып табылады. Егер кездейсоқ шаманың үлестіру заңы белгілі болса, онда оның маңызды екі сипаттамасын – орташа мәні мен дисперсиясын табу қиын болмайды.

Барлық дерлік желілік жоспарлау мен басқару жүйелерінде жұмыс ұзақтығын үлестіру үш қасиетті қамтиды:

- үзіліссіздік;
- унимодальдылық, яғни үлестіру қисығында жалғыз максимумның бар болуы;
- үлестіру қисығы мен Ох осінің қиылысуы теріс емес абсциссалары бар екі нүктені береді.

Сонымен қатар, жұмыс ұзақтығын үлестіру оң асимметрияны қанағаттандырады, яғни қисық максимумы медианаға қатысты солға жылжиды.

Осындай қасиеттері бар қарапайым үлестіру математикалық статистикада β -үлестіруі түрінде белгілі болып табылады. Желілік жоспарлауда жұмыс ұзақтығының уақыт бағалауларының үш түрі қарастырылады:

1. $t_{об}(i, j)$ оптимистік бағалау, яғни қолайлы жағдайларда (i, j) жұмысының ұзақтығы;
2. $t_{пб}(i, j)$ пессимистік бағалау, яғни қолайлы емес жағдайларда (i, j) жұмысының ұзақтығы;
3. $t_{еыб}(i, j)$ ең ықтимал бағалау, яғни қалыпты жағдайларда (i, j) жұмысының ұзақтығы.

(i, j) жұмысының ұзақтығының β -үлестіруі туралы болжам оның сандық характеристикаларының келесі бағалауын алуға мүмкіндік береді:

$$\bar{t}(i, j) = \frac{t_{об}(i, j) + 4t_{еыб}(i, j) + t_{пб}(i, j)}{6} \quad (10)$$

$$\sigma^2(i, j) = \left[\frac{t_{пб}(i, j) - t_{об}(i, j)}{6} \right]^2 \quad (11)$$

Көбінесе, мамандарға жұмысты орындаудың ең ықтимал $t_{еыб}(i, j)$ уақытын бағалау қиынға соғады. Сондықтан, нақты жобаларда (i, j) жұмысының орташа ұзақтығына қысқартылған және онша дәл емес бағалау пайдаланылады:

$$\bar{t}(i, j) = \frac{2t_{об}(i, j) + 3t_{пб}(i, j)}{5} \quad (12)$$

$\bar{t}(i, j)$, $\sigma^2(i, j)$ шамаларын біле отырып, желілік графиканың уақыт параметрлерін анықтауға және олардың сенімділігін бағалауға болады.

L жолына тиісті жұмыстың саны көп болған кезде және ықтималдықтар теориясының курсынан белгілі Ляпуновтың орталық шектік теоремасын қолдануға болады. Осы теореманың негізінде жолының жалпы ұзақтығы олардың $\bar{t}(i, j)$ жұмыстарын құратын ұзақтығының орташа мәніне тең және дисперсиясы $\sigma^2(L)$ сәйкес $\sigma^2(i, j)$ дисперсияларының қосындысына $\bar{t}(L)$ орташа мәнімен берілген қалыпты үлестірім заңын қанағаттандырады деп болжауға болады:

$$\bar{t}(L) = \sum_{i, j} \bar{t}(i, j) \quad (13)$$

$$\sigma^2(L) = \sum_{i, j} \sigma^2(i, j) \quad (14)$$

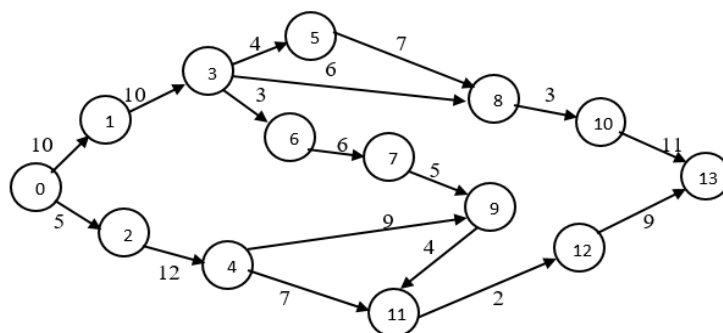
Айталық, қандай да бір жобаны құрған кезде келесі оқиғалар бөлінді: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 және олардың жұмыстарын (0, 1), (0, 2), (1, 3), (2, 4), (2, 5), (3, 5), (3, 7), (3, 10), (4, 6), (4, 8), (4, 9), (5, 8), (6, 9), (7, 10), (8, 6), (8, 10), (9, 12), (10, 9), (10, 12), (11, 12), (11, 13), (12, 13) – байланыстырушылар бөлінсін. Желілік графиканы құрып, реттеу алгоритмін келтірейік.

Жұмыс тізімінде 0-оқиға бастапқы оқиға (оның алдында ешқандай жұмыс жоқ), 13-ші оқиға аяқтаушы оқиға (одан кейін ешқандай жұмыс жоқ).

Желілік графикада уақыт солдан оңға қарай өзгереді деп ұсынып, 0-ші оқиғаны графиканың сол жақ шетіне, ал 13-ші оқиғаны оң жақ шетіне орналастырамыз. Осы оқиғаның арасына қандай да бір ретпен олардың нөмірлеріне сәйкес келетін аралық оқиғаларды орналастырамыз. Оқиғаларды жұмыс тізіміне сәйкес көрсеткіштер арқылы жұмыстармен байланыстырамыз [7-9].

Алынған желілік графика оларды құруға қойылған ережелерге толығымен сай, әйтсе де ол толығымен реттелген болып саналмайды. Реттелген желілік графикада барлық жұмыс-көрсеткіштер солдан оңға: кіші нөмірлі оқиғадан үлкен нөмірлі оқиғаға қарай бағытталады.

1-суреттегі желілік графикада желі детерминирленген, яғни бекітілген жұмыс ұзақтығымен емес, ал кездейсоқ жұмыс ұзақтығымен берілсін және жұмыс көрсеткіштердің үстіндегі цифрлар (10) немесе (12) формула бойынша табылған сәйкес амалдардың ұзақтығының $\bar{t}(i, j)$ орташа мәнін берсін және (11) формула бойынша есептелген барлық $\sigma^2(i, j)$ дисперсиялары белгілі болсын.



Сурет 1. Кездейсоқ жұмыс ұзақтығымен берілген желілік графика

Бұл жағдайда желілік графиканың уақыт параметрлері сыншыл жолдың ұзындығы, оқиғаның орындалуының ерте және кеш мерзімдері оқиға мен жұмыстың уақыт қорлары жоғарыда келтірілген жолмен есептеледі.

1-суреттегі желілік графикада, толы жолдар үшін жолдың ұзақтығын есептей отырып, солардың арасындағы ең үлкен мән $\bar{t}_{\text{сын}} = 57$ шамасы сыншыл жолдың ұзындығы 57 тәулікті құрайтынын білдіреді, ал әрбір нақты жобанда сыншыл жолдың ұзындығы оның орташа мәнінен елеулі ауытқуы мүмкін.

$t_{\text{сын}}$ шамасын қалыпты үлестірім заңы бар кездейсоқ шама деп ұсына отырып

$$P(t_{\text{сын}} \leq T) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{T - \bar{t}_{\text{сын}}}{\sigma_{\text{сын}}}\right) \quad (15)$$

қатынасын аламыз, мұндағы $\Phi(z)$ – Лаплас ықтималдығының интегралының мәні, $z = \frac{T - \bar{t}_{\text{сын}}}{\sigma_{\text{сын}}}$; $\sigma_{\text{сын}}$ – сыншыл жолдың ұзындығының орташа квадраттық ауытқуы:

$$\sigma_{\text{сын}} = \sqrt{\sigma_{\text{сын}}^2} \quad (16)$$

ал $t_{\text{сын}}$, $\sigma_{\text{сын}}^2$ – (13) және (14) формулалар бойынша анықталады.

Егер $P(t_{\text{сын}} \leq T)$ аз болса, онда жұмысты мерзімінде орындамау қауіптігі үлкен болады да, қосымша шараларды: желі бойынша қорларды қайтада бөлу, жұмыстар мен оқиғалардың құрамдарын қарастыру және т.б. қабылдау қажет болады. Егер $P(t_{\text{сын}} \leq T)$ аз болмаса, онда жеткілікті түрде мол сеніммен жобаның бекітілген мерзімінде орындалатынына көз жеткіземіз.

Кейбір жағдайларда кері есепті шешуге тура келеді, яғни T жобасының орындалуының максималды мерзімін анықтау керек.

Бұл жағдайда

$$T = t_{\text{сын}} + z_{\beta} \sigma_{\text{сын}} \quad (17)$$

мұндағы $z_{\beta} - \Phi(z_{\beta}) = \beta$ –Лаплас функциясының көмегімен анықталатын кездейсоқ шаманың нормаланған ауытқуы.

Сыншыл жолды және жұмыс уақытының қорын және берілген мезгілдегі жобаның орындалу ықтималдығының бағасын тапқаннан кейін желілік графикаға жан-жақты талдау жүргізілуі керек және оны оңтайландыру бойынша шаралар қабылдануы керек. Желілік графиканы дайындаудағы осы маңызды кезең желілерді жобалау және басқару жүйесінің негізгі идеясын ашады.

Тек қана жұмыс ұзақтығының бағалауы берілетін күнтізбелік желінің талдауы мен оңтайландыруын қарастырайық. Желілік графиканы талдау алдымен желілік графиканы құруды бақылауды, жұмысты дұрыс талдауды, оларды бөлшектеу деңгейін орнататын желі топологиясын талдаудан басталады. Содан кейін қор шамалары бойынша жұмыстарды жіктеу және топтастыру жүргізіледі. Уақыттың толық қорының шамасы барлық уақытта қандай да бір сыншыл емес жолдағы жұмыстың орындалуын дәл сипаттай бермейді. Ол есептелінген қордың қандай жұмыстар тізбегіне таратылатынынан, осы тізбектің ұзақтығы қандай болатындығынан тәуелді болады. Сыншыл емес жолдағы жұмыстың әрбір тобының мерзімінде орындалу қиындығының деңгейін жұмыс қарбаластығының коэффициентінің көмегімен анықтауға болады [10 - 12].

Жолдардың беттеспейтін бөліктерінің ұзақтығының қатынасы (i, j) жұмысының қарбалыстық қатынасы деп аталады:

$$K_k(i, j) = \frac{t(L_{max}) - t'_{сын}}{t_{сын} - t'_{сын}} \quad (18)$$

мұндағы $t(L_{max}) - (i, j)$ жұмысы арқылы өтетін максималды жолдың ұзақтығы; $t_{сын}$ – сыншыл жолдың ұзақтығы; $t'_{сын}$ – сыншыл жолмен беттесетін, қарастырылатын жолдың бөлігінің ұзақтығы.

(18) формуланы

$$K_k(i, j) = 1 - \frac{R_{тол}(i, j)}{t_{сын} - t'_{сын}}$$

түріне келтіруге болады, мұндағы $R_{тол}(i, j) - (i, j)$ жұмыс уақытының толық қоры.

K_k қарбаластық коэффициенті 0-ден 1-ге дейін өзгереді.

$K_k(i, j)$ шамасына тәуелді үш аймақ кездеседі: сыншыл, ішкі сыншыл, резервтік.

Есептелген қарбаластық коэффициенттері жұмыстарды қосымша аймақтарға жіктеуге мүмкіндік береді.

Қорытынды

Сонымен, егер уақыттың бірінші түрдегі жеке қоры алдындағы жұмыстардың уақыт қорын жұмсмай берілген және келесі жұмыстардың ұзақтығын арттыруға пайдаланылса, ал уақыттың бос қоры – келесі жұмыстардың уақыт қорын бұзбай берілген және алдындағы жұмыстардың ұзақтығын арттыруға пайдаланылса, уақыттың тәуелсіз қоры тек қана берілген жұмыстың ұзақтығын арттыруға пайдаланылады.

$K_k(i, j)$ коэффициенті 1-ге жақын болған сайын көрсетілген мерзімде берілген жұмысты орындау қиынырақ болады. $K_k(i, j)$ коэффициенті 0-ге жақын болған сайын берілген жұмыс арқылы өтетін максималды жолдың үлкен салыстырмалы қоры болады.

Жұмыстардың толық қорлары бірдей болуы мүмкін, бірақ $K_k(i, j)$ қарбаластығының коэффициентімен өрнектелетін олардың орындалу мерзімінің қарбаластық деңгейі әр түрлі болуы мүмкін. Керісінше де, қарбаластық коэффициенттері бірдей, ал толық қорлары әр түрлі болуы мүмкін.

Жұмыс жинақтығының орындалу мерзімін ескеріп, оны ұйымдастыруды жетілдіру желілік графикада оңтайландыруды білдіреді. Оңтайландыру сыншыл жолдың ұзындығын қысқарту, жұмыстардың қарбаластығының коэффициенттерін теңестіру, қорларды ұтымды пайдалану мақсатында жүргізіледі. Бірінші кезекте сыншыл жолдағы жұмыстардың ұзақтығын қысқарту бойынша шаралар қабылданады. Ол:

- барлық түрдегі ресурстарды: уақыт, еңбек, материалдық қайта үлестіру. Бұл жерде қорларды қайта бөлген кезде жүктемесі аз зоналардан жұмыстары көп зоналарға бөлуді ескеру есебінен;
- сыншыл жұмыстардың еңбек мөлшерін уақыт қорлары бар басқа жолдарға жұмыстың бөлігін аудару есебінен қысқарту;
- сыншыл жолдардың жұмыстарын қатар орындау;
- желі топологиясын қайта қарастыру, жұмыс құрамы мен желі құрылымын өзгерту есебінен орындалады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Гусманова Ф.Р. Амалдарды зерттеудің негіздері. – Алматы: ЖШС РПБК «Дәуір», 2011, -472 бет.
- 2 Головченко Г.В., Ребезова М.И. Метод расчета сетевых графиков выполнения работ, учитывающий наличие располагаемых ресурсов // Научный вестник МГТУ ГА. Том 20, №03, 2017
- 3 Кудрявцев Е.М. Microsoft Project. Методы сетевого планирования и управления проектом. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 241 с., ил.
- 4 Ивасенко А.Г. Управление проектами: учебное пособие. Ростов н/Дону:Феникс, Высшее образование. 2009. – 330 с.
- 5 Центр креативных технологий. Сетевое планирование. <http://www.inventech.ru/lib/glossary/netplan/>
- 6 Метод критического пути. http://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_критического_пути
- 7 Ребрин Ю.И.. Основы экономики и управления производством. Сетевое планирование и управление. http://polbu.ru/rebrin_management/ch24_all.html
- 8 Введение в проектный менеджмент. <http://www.hr-portal.ru/article/vvedenie-v-proektnyi-menedzhment>
- 9 Абакумова Н.А., Кокишарова М.В. Сетевое планирование и управление //Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2009. № 9. С. 7-10. www.gramota.net/materials/1/2009/9/1.html
- 10 Гусманова Ф.Р. Скиба М.А. Управление качеством образования на уровне факультета вуза// Вестник КазНПУ им.Абая, серия физ-мат науки, №2(42), 2013. С. 164-168.
- 11 Кадыркулова Н.К., Сатыбаев А. Д. Моделирование дистанционного обучения на основе байесовской сети // Проблемы автоматизации и управления, 1(36), 2019, с. 84-89 DOI: 10.5281/zenodo.3253009
- 12 Агальцов В.П. Математические методы в программировании. Учебник - 2 изд. Издательство: Форум, 2021, 240 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1140464>

References:

- 1 Gusmanova F.R. (2011) *Osnovy issledovaniya operacij. [Basics of operations research.]*. – Алматы: TOO RPBK "JepoHa", 472 p. (in Kazach)
- 2 Golovchenko G.V., Rebezova M.I. (2017) *Metod rascheta setevyh grafikov vypolnenija работ, uchityvajushhij nalichie raspolagaemyh resursov [A method for calculating network schedules for the performance of work, taking into account the availability of available resources]* Nauchnyj vestnik MGTU GA. Tom 20, №03. (in Russian)
- 3 Kudrjavcev E.M. (2005) *Microsoft Project. Metody setevogo planirovaniya i upravlenija proektom* M.: DMK Press., 240 p. (in Russian)
- 4 Ivaskenko A.G. (2009) *Upravlenie proektami: uchebnoe posobie [Project Management: Tutorial]*, Vyshee obrazovanie, Rostov n/Donu: Feniks, 330 p. (in Russian)
- 5 Centr Kreativnyh Tehnologij. *Setevoe planirovanie. [Center for Creative Technologies. Network planning]* <http://www.inventech.ru/lib/glossary/netplan/> (in Russian)
- 6 Metod kriticheskogo puti. [Critical Path Method] http://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_критического_пути (in Russian)
- 7 Rebrin Ju.I. *Osnovy jekonomiki i upravlenija proizvodstvom. Setevoe planirovanie i upravlenie [Fundamentals of economics and production management. Network planning and management]* http://polbu.ru/rebrin_management/ch24_all.html (in Russian)
- 8 Vvedenie v proektnyj menedzhment. [Introduction to Project Management] <http://www.hr-portal.ru/article/vvedenie-v-proektnyi-menedzhment>
- 9 Abakumova N.A., Koksharova M.V. (2009). *Cetevoe planirovanie i upravlenie [Network planning and management]* Al'manah sovremennoj nauki i obrazovanija. Tambov: Gramota № 9. 7-10p www.gramota.net/materials/1/2009/9/1.html (in Russian)
- 10 Gusmanova F.R. Skiba M.A. (2013) *Upravlenie kachestvom obrazovanija na urovne fakul'teta vuza [Management of the quality of education at the level of the faculty of the university]* Vestnik KazNPU im.Abaja, serija fiz-mat nauki, №2(42), 164-168. (in Russian)
- 11 Kadyrkulova N.K., Satybaev A. D. (2019) *Modelirovanie distancionnogo obuchenija na osnove bajesovskoj seti // Problemy avtomatiki i upravlenija [Distance Learning Modeling Based on Bayesian Network]* 1(36), 2019, p. 84-89 DOI: 10.5281/zenodo.3253009 (in Russian)
- 12 Agal'cov V.P. (2021) *Matematicheskie metody v programmirovanii. [Mathematical methods in programming]- 2 izd. Izdatel'stvo: Forum. 240 p. (in Russian)*

Ч.К. Кусаинов¹, Д.Н. Шукаев^{1*}

¹ *Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева,
г. Алматы, Казахстан
e-mail: c.kussainov@satbayev.university

АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

Аннотация

В данной статье рассмотрены методы из теории игр с природой для анализа сценариев инвестиционных проектов в условиях неопределенности на основе метода ранжирования. Среди методов теории игр использованы критерий Максимакса, Гурвица, Лапласа, Вальда, Сэвиджа и Байеса. Стоит выделить использование универсального гамма распределения случайных величин при использовании критерия Гурвица. В качестве метода ранжирования используется метод голосования по Борду. Входными данными для алгоритма рассматриваются следующие финансовые показатели: чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности, индекса рентабельности, период окупаемости и рентабельность инвестиции. Как результат предлагается гибридный алгоритм для выбора эффективного инвестиционного проекта на основе анализа сценариев, методах теории игр и метода ранжирования. В качестве демонстрации результатов гибридного алгоритм был использован тестовый набор эмпирических данных.

Ключевые слова: анализ сценариев, теория игр, инвестиционные проекты, метод Борда.

Аңдатпа

Ч.К. Кусаинов¹, Д.Н.Шукаев¹
¹ *Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық ғылыми-техникалық университеті,
Алматы қ., Қазақстан*

БЕЛГІСІЗДІК ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ИНВЕСТИЦИЯЛЫҚ ЖОБАЛАРДЫ ТАЛДАУ

Бұл мақалада рейтинг әдісіне негізделген белгісіздік жағдайындағы инвестициялық жобалардың сценарийлерін талдау үшін табиғатпен ойындар теориясынан алынған әдістер қарастырылады. Ойын теориясының әдістерінің ішінде Максимакс, Гурвиц, Лаплас, Вальд, Сэвидж және Байес критерилері қолданылады. Хурвиц критерийін пайдалану кезінде кездейсоқ шамалардың эмбебап гамма-таралуын пайдалануды ерекше атап өткен жөн. Борда дауыс беру әдісі рейтинг әдісі ретінде қолданылады. Алгоритмнің кіріс деректері ретінде келесі қаржылық көрсеткіштер қарастырылады: таза ағымдағы құн, кірістіліктің ішкі коэффициенті, рентабельділік индексі, шығындарды өтеу мерзімі және инвестиция кірістілігі. Нәтижесінде сценарийлерді талдау, ойын теориясының әдістері және рейтинг әдісі негізінде тиімді инвестициялық жобаны таңдаудың гибриді алгоритмі ұсынылады. Гибриді алгоритмнің нәтижелерін көрсету ретінде эмпирикалық деректердің сынақ жинағы пайдаланылды.

Түйін сөздер: сценарийді талдау, ойын теориясы, инвестициялық жобалар, Борда әдісі.

Abstract

ANALYSIS OF INVESTMENT PROJECTS IN THE CONDITIONS OF UNCERTAINTIES

Kussainov Ch .K.¹, Shukayev D.N.¹

¹ *Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satbayev, Almaty c., Kazakhstan*

This article discusses methods from the theory of games with nature for the analysis of scenarios of investment projects in conditions of uncertainty based on the ranking method. Among the methods of game theory, the criterion of Maximax, Hurwitz, Laplace, Wald, Savage and Bayes is used. It is worth highlighting the use of the universal gamma distribution of random variables when using the Hurwitz criterion. The Borda voting method is used as a ranking method. The following financial indicators are considered as input data for the algorithm: net present value, internal rate of return, profitability index, payback period and return on investment. As a result, a hybrid algorithm for choosing an effective investment project is proposed based on scenario analysis, ranking method and game theory methods. As a demonstration of the results of the hybrid algorithm, a test set of empirical data was used.

Keywords: scenario analysis, game theory, investment projects, Borda's method.

Введение

При оценке инвестиционных вложений инвесторам зачастую приходится просчитывать будущие значения определенных, в основном финансовых, переменных. В качестве финансовых переменных в основном рассматривают следующие переменные [1]: чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности, рентабельность инвестиций, индекс доходности и срок окупаемости. Фундаментом для прогнозирования возможных будущих результатов в основном служат исторические данные текущего проекта или аналогичных проектов прошлого.

Также на практике для оценки инвестиций используют максимально правдоподобный вариант для расчета поведенческой модели проекта. Данный «правдоподобный вариант» обычно является средним показателем или более консервативным (наиболее безопасным) расчетом. Данным методом аналитики исключают вероятность альтернативных результатов каждого из переменных инвестиционного проекта и предполагают, что переменные являются точными [2].

Но принимая во внимание реалии бизнес среды и существования факторов неопределенности, инвестиционная оценка сопровождается с аналитическими инструментами как анализ сценариев. Анализ сценариев является одним из методов количественного анализа инвестиционных проектов, которая предназначена для оценки экономической выгоды и целесообразности инвестиционных проектов [3]. Анализ сценариев - это «Что, если» анализ, где модель рассчитывает результаты необходимого количества сценариев. При сценарном анализе можно использовать любое количество сценариев, но оптимальным считается рассмотрение 3 ситуаций: сценарий базового варианта, сценарий наилучшего варианта и сценарий наихудшего случая [4].

Все описанные сценарии опять же берутся из исторических данных текущего или аналогичных проектов прошлого. В данных сценариях рассматривают как пример уровень инфляции [5], уровень девальвации и другие финансовые показатели при ведении бизнеса на международном уровне. Но вероятность каждого из предполагаемых сценариев во многих ситуациях остается неопределенным для инвесторов [6]. Даже при условии знания распределения вероятности сценариев, большое количество сценариев и инвестиционных проектов приводит к сложности принятия эффективного решения инвестором. На данном этапе анализа на помощь приходит математическая теория стратегий под названием теория игр.

Существует достаточное количество примеров классических правил принятия решений в условиях неопределенности, таких как критерий Вальда [7], критерий Гурвица [8], критерий Сэвиджа [9], критерий Лапласа [10], критерий Максимиана [11], критерий Максимакса [12] и другие. Хотя данные критерии подразумевают принятия решения в условиях неопределенности [11], но среди них есть правила использующие вероятностное исчисление, что помогает делать более точный вывод. Финальным шагом предлагается использовать метод ранжирования инвестиционных проектов по каждому из описанных критериев. Из всех известных методов ранжирования самым практичным является метод голосования Борда [13].

Методология исследования

Процесс принятия решений в условиях риска

Результат принятия решения, сделанного в условиях риска при планировании сценария, зависит от двух факторов: решение в данном случае инвестиционный проект, которое будет выбрано и сценарии, который возможно произойдет.

Процесс принятия решения в условиях риска можно представить с помощью матрицы выплат, где m (количество строк), которая обозначает количество взаимоисключающих сценариев ($S_1, \dots, S_j, \dots, S_m$), n (количество столбцов), которая обозначает количество проектов ($R_1, \dots, R_i, \dots, R_n$) и a_{ij} - прибыль, связанная со сценарием S_j и альтернативой R_i как указано в таблице 1. Для практичности анализа используем самый распространенный метод оценки инвестиционных проектов - чистую приведенную прибыль [4].

В данном примере предполагаем, что распределение выплат, связанных с данным решением, является дискретным и набор этих прибылей не может быть мультимножеством. Результатом должен быть поиск оптимальной чистой стратегии. Чистая стратегия - это решение, предполагающее, что лицо принимающее решение выбирает и полностью выполняет только одну альтернативу [14].

Таблица 1. Сценарный анализ доходности инвестиционных проектов

S_j R_i	S_1	S_2	...	S_m
R_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1m}
R_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2m}
·	·	·	...	·
R_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nm}

Критерий Максимакса - является критериям максимизирующего максимальный выигрыш и считается самым простым подходом оптимиста. Оптимальным решением данного критерия является максимальная выплата при каждом из приведенных вариантов:

$$S_j = \max_i \max_j a_{ij} \quad (1)$$

Критерий Вальда рассматривает пессимистичное развитие событий и предлагает следующий подход решения:

При условии $S_j = \min_j a_{ij}$

S_j в данном случае является уровнем безопасности для a_i , то есть a_i гарантирует лицу, принимающему решение, возврат как минимум S_j . Таким образом нужно выбрать a_k таким образом, чтобы возврат был равен: $S_k = \max$

$$S_j = \max_i (\min_j a_{ij}) \quad (2)$$

По *критерию Гурвица* предполагается что нужно рассматривать как безопасный уровень, так и оптимистичный уровень с вероятностью $(1 - \tau)$ и τ соответственно, где $\tau \in [0,1]$

При оптимистичных условиях $S_j = \max_j a_{ij}$

S_j в данном случае является максимальной выплатой для a_i .

$$S_k = \max_j [\tau \max_j a_{ij} + (1 - \tau) \min_j a_{ij}] \quad (3)$$

При $\tau = 0$, получим выражение критерия Вальда. При $\tau = 1$ получаем стратегию оптимиста:

$$S_k = \max_j, S_j = \max_i (\max_j a_{ij}) = \max_i \max_j a_{ij} \quad (4)$$

В данном случае, τ - это коэффициент доверия и по природе своей является случайной величиной. Случайную величину τ можно описать различными законами распределения в зависимости от вида инвестиционных проектов. Для расчета значения τ можно использовать метод обратной функции моделирования непрерывных случайных величин как указано в формуле 1 [15].

$$F(x) = \int \varphi(\tau) d\tau \quad \text{или} \quad \tau = F^{-1}(u) \quad (5)$$

Для эффективности рассмотрения всевозможных распределений случайных величин, предлагается использовать универсальную формулу Гамма распределения. Гамма распределения имеет следующие виды функции плотности и формулу для моделирования:

$$\varphi(\tau) = \frac{\alpha^k}{(k-1)!} t^{(k-1)e^{-\alpha\tau}} \quad (6)$$

$$\tau = -\frac{1}{\alpha} (u_1^* u_2^* \dots u_k^*) \quad (7)$$

Критерий Лапласа используется, когда все состояния считаются равновероятными и отсутствует какая либо информация о будущем состоянии сценария. Критерию соответствует следующая формула:

$$S_k = \max \left\{ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m a_{ij} \right\} \quad (8)$$

Критерий Сэвиджа используется для минимизации размеров максимальных потерь по каждому инвестиционному проекту.

Для определения упущенной выгоды (сожалений) используется следующее выражение

$$a_{ij} = \max \{ a_{ij} \} - a_{ij}$$

В итоге аналитическое выражение минимизации размеров максимальных потерь примет следующий вид:

$$S_k = \min_{i=1, \dots, m}, \quad S_j = \min_i (\max_j a_{ij}) \quad (9)$$

Критерий Байеса используется, когда известны вероятности распределения. Формула для определения эффективной стратегии имеет следующий вид:

$$S_k = \max_{1 \leq i \leq m} \sum_{j=1}^n q_j a_{ij} \quad (10)$$

Метод Борда:

Метод Борда пропагандирует идею коллективного выбора. По данному методу голосующий должен оценить все альтернативы выбора в порядке убывания предпочтения. Также данный метод помогает унифицировать единицы измерения для использования в анализе разных по типу измерения [13].

Метод голосования по Борду состоит из следующих этапов:

1. Формирование списка голосующих лиц
2. Формирование набора кандидатов для голосования
3. Выставление рангов в зависимости предпочтения каждого из голосующих
4. Агрегирование всех рангов по каждому из кандидатов
5. Формирование коллективного решения

В соответствии с описанными методами выше, предлагается алгоритм для стратегического анализа и выбора инвестиционных проектов:

Алгоритм анализа инвестиционных проектов в условиях неопределенностей

Шаг 1. Определение количества анализируемых инвестиционных проектов

Шаг 2. Определение количества рассматриваемых сценариев

Шаг 3. Определение количества голосующих

Шаг 4. Определение количество финансовых показателей

Шаг 5. Заполнение данных значения финансового показателя как указано в Таблице 1

Шаг 6. Определение эффективного инвестиционного проекта по критерию Максимакса (1).

Ранжирование критерия по методу Борда.

Шаг 7. Определение эффективного инвестиционного проекта по критерию Вальда (2)

Ранжирование критерия по методу Борда.

Шаг 8. Определение эффективного инвестиционного проекта по критерию Гурвица (4)
Ранжирование критерия по методу Борда.

Шаг 9. Определение эффективного инвестиционного проекта по критерию Лапласа (8)
Ранжирование критерия по методу Борда.

Шаг 10. Определение эффективного инвестиционного проекта по критерию Сэвиджа (9)
Ранжирование критерия по методу Борда.

Шаг 11. Определение эффективного инвестиционного проекта по критерию Байеса, при условии знания вероятностного распределения (10) Ранжирование критерия по методу Борда.

Шаг 12. Возрат к шагу 3, если количество голосующих больше 1.

Шаг 13 Возрат к шагу 4, если количество финансовых показателей больше 1.

Шаг 14. Агрегирование финансовых критериев по голосующим оценкам

Шаг 15. Выбор инвестиционного проекта, согласно совокупному ранжированию инвестиционных проектов.

Результаты исследования

Продемонстрируем применение алгоритма для анализа и выбора инвестиционного проекта. Входными данными для реализации алгоритма были выбраны следующие параметры, указанные в таблице 2.

Таблица 2. Входные параметры для алгоритма

№	Наименование параметра	Количество
1	Инвестиционные проекты	4
2	Сценарий	3
3	Финансовые показатели	1
4	Количество голосующих	1

В качестве анализируемого финансового показателя был выбран показатель чистая приведенная стоимость инвестиционного проекта и были заведены тестовые значения по сценариям, предоставленные в таблице 3.

Таблица 3. Данные по NPV

Проекты	NPV1, доллары США	NPV2, доллары США	NPV3, , доллары США
Инвест проект 1	72000	83000	91000
Инвест проект 2	74000	81000	90000
Инвест проект 3	69000	85000	93000
Инвест проект 4	65000	76000	85000

Критерий Максимакса

Для расчета критерия Максимакса, выбираются показатели с максимальными значениями из всех возможных сценариев согласно таблице 4.

Таблица 4. Максимальные значения инвестиционных проектов

Инвест проект 1	Инвест проект 2	Инвест проект 3	Инвест проект 4
91000	90000	93000	85000
3	2	4	1

Согласно критерию максимакса побеждает проект №3 с максимальной прибылью, при наилучших условиях со значением 93000 долларов США.

Критерий Вальда

Для расчета критерия Вальда, выбираются показатели с минимальными значениями из всех возможных сценариев согласно таблице 5.

Таблица 5. Минимальные значения инвестиционных проектов

Инвест проект 1	Инвест проект 2	Инвест проект 3	Инвест проект 4
72000	74000	69000	65000
3	4	2	1

Согласно критерию Вальда побеждает проект №3 с максимальной прибылью, при наихудших условиях со значением 74000 долларов США.

Критерий Гурвица

Для расчета по критерию Гурвица, необходимо указать значения τ . В качестве тестового значения, принимаем $\tau=0.68$, после данные примут значения согласно таблице 6.

Таблица 6. Выбор по критерию Гурвица

Инвест проект 1	Инвест проект 2	Инвест проект 3	Инвест проект 4
84920	84880	85320	78600
3	2	4	1

Согласно критерию Гурвица побеждает проект №3 с максимальной прибылью со значением 85320 долларов США.

Критерий Лапласа

Согласно критерию Лапласа, вероятность реализации всех сценариев одинаков и в нашем примере равняется значению 0.33. После применения значения вероятности получаем результаты NPV согласно таблице 7.

Таблица 7. Значения инвестиционных проектов при равновероятной реализации

Инвест проект 1	Инвест проект 2	Инвест проект 3	Инвест проект 4
82000	81666	82333	75333
3	2	4	1

По критерию Лапласа побеждает проект №3 с максимальной прибылью со значением 82333 долларов США, при равной вероятности.

Критерий Севиджа

Для каждого состояния NPV определяем максимальное значение в таблице 8.

Таблица 8. Максимальные значения инвестиционных проектов

Инвест проект 1	Инвест проект 2	Инвест проект 3	Инвест проект 4
91000	90000	92000	85000

Составляем матрицу сожалений с помощью рассмотрения разностей максимальной выгоды со всеми вариантами выгоды в таблице 9.

Таблица 9. Матрица сожалений

Проекты	NPV1, доллары США	NPV2, доллары США	NPV3, доллары США
Инвест проект 1	19000	8000	0
Инвест проект 2	16000	9000	0
Инвест проект 3	23000	7000	0
Инвест проект 4	20000	9000	0

В результате получаем данные в таблице 10 в соответствии критерию Севиджа.

Таблица 10. Выбор по критерию Севиджа

Инвест проект 1	Инвест проект 2	Инвест проект 3	Инвест проект 4
19000	16000	23000	20000
3	4	1	2

Согласно критерию Севиджа побеждает проект №2 с минимальным наибольшим недополученным выигрышем со значением 16000 долларов США.

Критерий Байеса

Для расчета по критерию Байеса, необходимо указать вероятность реализации каждого сценария. Были заведены тестовые значения вероятностей по каждому из сценариев реализации NPV как показано в таблице 11.

Таблица 11. Вероятности каждого из сценариев

Проекты	NPV1, вероятность	NPV2, вероятность	NPV3, вероятность
Инвест проект 1	0.25	0.20	0.55
Инвест проект 2	0.15	0.25	0.60
Инвест проект 3	0.30	0.20	0.50
Инвест проект 4	0.30	0.30	0.40

После расчетов вероятностей NPV инвестиционных проектов получаем следующие результаты согласно таблице 12.

Таблица 12. Значения инвестиционных проектов при определенных вероятностях.

Инвест проект 1	Инвест проект 2	Инвест проект 3	Инвест проект 4
84650	85350	84200	76300
3	4	2	1

Согласно критерию Байеса побеждает проект №2 с максимальной прибылью со значением 85350 долларов США.

После расчетов всех критериев теории игр сводим все полученные оценки в таблицу 13.

Таблица 13. Итоговый список стратегий выбора

Проекты	МаксиМакс	Вальд	Гурвиц	Лаплас	Севидж	Байес
Инвест проект 1	3	3	3	3	3	3
Инвест проект 2	2	4	4	2	4	4
Инвест проект 3	4	2	1	4	2	2
Инвест проект 4	1	1	2	1	1	1

В итоговой таблице собирается все критерий в одной таблице для предоставления выбора инвестору.

Дискуссия

Итоговая таблица показывает не только проекты-победителей в разных стратегических подходах, но и помогает анализировать инвестиционные проекты.

Анализируя инвестиционные проекты, можно сделать следующие выводы: проект №1 является вторым лучшим выбором вне зависимости от типа стратегий, когда как проект №4 является худшим выбором среди всех инвестиционных проектов.

Рассматривая стратегии Максимакса и Лапласа оптимальным выбором является проект №3, но по всем остальным стратегиям лучшим вариантом является проект №2.

Заклучение

Использование метода анализа сценариев недостаточно, чтобы сделать эффективный выбор инвестиционных проектов, так как инвестиционная стратегия ограничивается на стандартных подходах выбора и не включает стратегические решения при условиях неопределенностей. Также важную роль при анализе играет знание вероятности наступления определенных событий влияющие на финансовые показатели.

На сегодняшний день инвесторам требуется более комплексный подход с возможностью всестороннего анализа инвестиционных стратегий из-за учета финансовых рисков и неоднородности бизнес среды. Также требуется включать коллективный способ выбора инвестиционных проектов во время анализа инвестиционных альтернатив.

В данной связи, методы связанные с правилами решения в условиях неопределенности и предложенный алгоритм открывает новые возможности для глубокого и всестороннего анализа и выбора инвестиционных проектов.

Список использованных источников:

- 1 Popović, Žarko and Stanković, Jelena and Veselinović, Ivana. (2013) Multi-criteria analysis application in the investment projects assessment. *FACTA UNIVERSITATIS Series Economics and Organization*. №10.-P. 401-418.
- 2 Savvides S.(1994) Risk analysis in investment appraisal. *Project Appraisal*.- №9.-P. 3-18. doi:10.2139/ssrn.265905
- 3 Dittmann, Iwona. (2015). Scenario Analysis In The Calculation Of Investment Efficiency–The Problem Of Formulating Assumptions. *Real Estate Management and Valuation*.-№23.-10.1515/remav-2015-0025.-doi:10.1515/remav-2015-0025
- 4 Brzakovic T, Brzakovic A, Petrovic J. (2016) Application of scenario analysis in the investment projects evaluation. *Ekonomika poljoprivrede*. P.501–513. doi:10.5937/ekopolj1602501b
- 5 Maurya, Sandip. (2020). Comparative analysis on Economic Inflation 2008 (A case study on US and European Economy).
- 6 Tonn, Bruce. (2005). Imprecise probabilities and scenarios. *Futures*.- №37.P. 767-775.-doi:10.1016/j.futures.2005.01.008
- 7 Wald A. (1951) Statistical Decision Functions. *Journal of the American Statistical Association*.-P.130.-doi:10.2307/2280105
- 8 Hurwicz L. (1951) The generalized Bayes minimax principle: a criterion for decision making under uncertainty. *y Cowles Commission Discussion Paper*.- №02.- 7.
- 9 Savage L. (1961) The foundations of statistics reconsidered, in *Studies in Subjective Probability*. Wiley. P. 173-188.
- 10 Bischoff, E.E. (2006), "Quantitative Analysis for Management (9th ed.)", *Journal of Modelling in Management*.- №2(1). P. 184-185
- 11 Hayashi T. (2008) Regret aversion and opportunity dependence. *Journal of Economic Theory*.-P.242–268.-doi:10.1016/j.jet.2007.07.001
- 12 K. Pažek, Č. Rozman. (2009) Decision making under conditions of uncertainty in agriculture: a case study of oil crops.
- 13 Шукаев Д. Н. ЛЖБ. (2016) Анализ и выбор объектов распределения инвестиций. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*.-P. 130–134.
- 14 Gaspars-Wieloch H. (2014) Modifications of the Hurwicz's decision rule. *Central European Journal of Operations Research*.-P. 779–794. P. doi:10.1007/s10100-013-0302-y
- 15 Шукаев Д.Н., Ким Е.Р., Абдикадырова А.А.(2015) Функциональные задачи прединвестиционной деятельности банка развития // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*.- № 10 (часть 4).-P. 605-610.

References:

- 1 Popović, Žarko and Stanković, Jelena and Veselinović, Ivana. (2013) Multi-criteria analysis application in the investment projects assessment. *FACTA UNIVERSITATIS Series Economics and Organization*.- №10.-P. 401–418.
- 2 Savvides S.(1994) Risk analysis in investment appraisal. *Project Appraisal*. №9-P. 3–18.-doi:10.2139/ssrn.265905
- 3 Dittmann, Iwona. (2015). Scenario Analysis In The Calculation Of Investment Efficiency–The Problem Of Formulating Assumptions. *Real Estate Management and Valuation*. №23. (10.1515/remav-2015-0025).-doi:10.1515/remav-2015-0025
- 4 Brzakovic T, Brzakovic A, Petrovic J. (2016) Application of scenario analysis in the investment projects evaluation. *Ekonomika poljoprivrede*.-P. 501–513.-doi:10.5937/ekopolj1602501b
- 5 Maurya, Sandip. (2020). Comparative analysis on Economic Inflation 2008 (A case study on US and European Economy).
- 6 Tonn, Bruce. (2005). Imprecise probabilities and scenarios. *Futures*.- №37.-P. 767-775.-doi:10.1016/j.futures.2005.01.008

- 7 Wald A. (1951) *Statistical Decision Functions*. *Journal of the American Statistical Association*.-P.130.-doi:10.2307/2280105
- 8 Hurwicz L. (1951) *The generalized Bayes minimax principle: a criterion for decision making under uncertainty*. *Cowles Commission Discussion Paper*.- №02.- 7.
- 9 Savage L.(1961) *The foundations of statistics reconsidered*, in *Studies in Subjective Probability*. Wiley.-P. 173–188.
- 10 Bischoff, E.E. (2006), "*Quantitative Analysis for Management (9th ed.)*", *Journal of Modelling in Management*.- №2(1).-P.184-185
- 11 Hayashi T. (2008) *Regret aversion and opportunity dependence*. *Journal of Economic Theory*.-P. 242–268.-doi:10.1016/j.jet.2007.07.001
- 12 K. Pázek, Č. Rozman. (2009) *Decision making under conditions of uncertainty in agriculture: a case study of oil crops*.
- 13 Shukaev D. N. LZhB. (2016) *Analiz i vy`bor ob`ektov raspredeleniya investitsij [Analysis and selection of investment distribution objects]*. *Mezhdunarodny`j zhurnal prikladny`kh i fundamental`ny`kh issledovanij*. 130–134.14
- 14 Gaspars-Wieloch H. (2014) *Modifications of the Hurwicz's decision rule*. *Central European Journal of Operations Research*.-P.779–794.- doi:10.1007/s10100-013-0302-y
- 15 Shukaev D.N., Kim E.R., Abdikady`rova A.A. (2015) *Funkczional`ny`e zadachi predy`nvesticzionnoj deyatel`nosti banka razvitiya [Functional tasks of the pre-investment development bank]*. *Mezhdunarodny`j zhurnal prikladny`kh i fundamental`ny`kh issledovanij*. №10 (4). 605-610.

МРНТИ 20.20.19
УДК 004.942

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.04>

Т.Ж. Мазаков^{1,2}, М.Н. Калимолдаев^{1,2}, Ш.А. Джомартова², К.Б. Бегалиева^{1,2*}, Ә.Т. Мазақова^{1,2}

¹Ақпараттық және есептеу технологиялар институты ҚР ҒжБМ ҒК, Алматы қ., Қазақстан

²әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы қ., Қазақстан

*e-mail: kalamkas_b@mail.ru

АЙЫРМАШЫЛЫҚ ӘДІСІМЕН ШАРШЫ ҚИМАСЫ БАР ӨЗЕКТІҢ ЖЫЛУ ӨТКІЗГІШТІК ТЕҢДЕУІН ШЕШУ

Аңдатпа

Бұл жұмыстың мақсаты – ұзындығы шектеулі тұрақты қималы сырықтың жылуфизикалық күйін зерттеу болып. Бұл жұмыс тұрақты көлденең қиманың және ұзындығы шектеулі сырықтың жылуфизикалық күйін зерттеуді автоматтандыруға арналған. Зерттеуді автоматтандыру процесі энергияның сақталу заңдарына негізделген. Тұрақты көлденең қимасы квадрат түрінде болатын үш өлшемді дене қарастырылады. Қиманың сол жақ шеті координатаның басталуымен сәйкес келеді және жылу беру коэффициенті сырықтың бүкіл бетінде тұрақты болып саналады. Сондай-ақ, сырық нүктелік температура мен беттік жылу алмасудың әсерінен болады деп болжанады. Қойылған есеп айырмашылық әдісімен шешіледі, яғни жылу өткізгіштік теңдеуі айырмашылық схемасымен жуықталады. Сандық есептеулердің нәтижелерін бірнеше файлдарға орналастыратын, сырықтағы температураның таралуын табу бағдарламасы жасалды. Динамикадағы сандық есептеулердің нәтижелері (уақыт бойынша) бір өлшемді және екі өлшемді графиктер түрінде көрсетіледі.

Түйін сөздер: жылу өткізгіштік, жылу оқшаулау, температура, стационарлық емес жылуфизикалық процесс, энергия.

Аннотация

Т.Ж. Мазаков^{1,2}, М.Н. Калимолдаев^{1,2}, Ш.А. Джомартова², К.Б. Бегалиева^{1,2}, А.Т. Мазақова^{1,2}

¹Институт Информационных и Вычислительных Технологий КН МОН РК, г.Алматы, Казахстан

²Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СТЕРЖНЯ С КВАДРАТНЫМ СЕЧЕНИЕМ РАЗНОСТНЫМ МЕТОДОМ

Целью данной работы является исследование теплофизического состояния стержня постоянного сечения и ограниченной длины. Данная работа посвящена к автоматизации исследования теплофизического состояния стержня постоянного сечения и ограниченной длины. Процесс автоматизации исследования опирается на законы сохранения энергии. Рассматривается трехмерное тело, постоянное поперечное сечение которого имеет форму квадрата. Предполагается, что левый конец стержня совпадает с началом координат и коэффициент теплообмена считается постоянным по всей поверхности стержня. Также предполагается, что стержень находится под воздействием точечной температуры и поверхностного теплообмена. Поставленная задача решается разностным методом, т.е. уравнение теплопроводности аппроксимируется разностной схемой. Разработана программа нахождения распространения температуры по стержню, которая помещает результаты численных расчетов в несколько файлов. Результаты численных расчетов в динамике (по времени) отображаются в виде одномерных и двумерных графиков.

Ключевые слова: теплопроводность, теплоизоляция, температура, нестационарный теплофизический процесс, энергия.

Abstract

SOLUTION OF THE THERMAL CONDUCTIVITY EQUATION OF A RODS WITH A SQUARE SECTION BY THE DIFFERENCE METHOD

Mazakov T.Zh.^{1,2}, Kalimoldayev M.N.^{1,2}, Dzhomartova Sh.A.², Begaliyeva K.B.^{1,2}, Mazakova A. T.²

¹ Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

The purpose of this work is to study the thermophysical state of a rod of constant cross section and limited length. This work is devoted to the automation of the study of the thermophysical state of a rod of constant cross-section and limited length. The process of automating research is based on the laws of conservation of energy. A three-dimensional body is considered, the constant cross section of which has the shape of a square. It is assumed that the left end of the rod coincides with the origin of coordinates and the heat transfer coefficient is assumed to be constant over the entire

surface of the rod. It is also assumed that the rod is subject to point temperature and surface heat transfer. The stated problem is solved by the difference method, i.e. the heat equation is approximated by a difference scheme. A program has been developed for finding the temperature distribution along the rod, which places the results of numerical calculations in several files. The results of numerical calculations in dynamics (over time) are displayed in the form of one-dimensional and two-dimensional graphs.

Keywords: thermal conductivity, thermal insulation, temperature, non-stationary thermophysical process, energy.

Кіріспе

Ұзындығы шектеулі сырықтар қазіргі заманғы реактивті және сутегі қозғалтқыштарының, газ генераторларының, атом және жылу электр станцияларының, өңдеу өнеркәсібінің технологиялық желілерінің, ғарыш кемелерінің энергетикалық қондырғыларының тірек элементтері ретінде қолданылады. Бұл қондырғылардың тірек элементтері жылу көздерінің әртекті түрлеріне бір уақытта әсер етеді. Сондықтан жылу көздерінің әртекті түрлерінің бір мезгілде әсерінен болатын ұзындығы шектеулі сырықтардың тұрақты жылуфизикалық күйін зерттеуге мүмкіндік беретін арнайы әдістер мен есептеу алгоритмдерін және қолданбалы бағдарламалар кешенін жасау өзекті мәселе болып табылады.

Жылу өткізгіштік есептерін шешудің бірнеше әдістері бар, олар: аналитикалық, аналогтық, сандық, графикалық және эксперименттік. Олардың төртеуі тікелей теңдеулердің әртүрлі формаларынан шығады. Эксперименттік әдіс басқа әдістер нәтиже бермеген кезде қолданылады. Ол жылу өткізгіштік және нақты жылу сыйымдылығы секілді жылу физикалық қасиеттерін анықтау үшін қолданылады [1].

Күрделі формадағы қатты денелердегі жылу өткізгіштік мәселелерін шешу үшін аналитикалық және сандық әдістер қолданылады. Ішінде ағзадағы температураның бастапқы таралуы және дененің бетіндегі шекаралық жағдайлар кіретін шешімдер белгілі шекті жағдайларда шешілуі мүмкін, оларды үш жолдың бірімен анықтауға болады: беткі температура, жылу ағыны және жылу беру коэффициенті [2].

Техникадағы стационарлық емес жылу режимі өте жиі кездеседі, бірақ ол әрдайым есептелмейді. Көптеген жылу алмастырғыштарда (мысалы, рекуперативті) стационарлық емес процестер уақытша болып табылады, бірақ негізінен бұл құрылғылар стационарлық режимде жұмыс істейді. Қоғамдық тамақтандыру машиналары мен аппараттарында, регенеративті жылу алмастырғыштарда жұмыс процесі стационарлық емес режимде жүреді. Осы және ұқсас жағдайларда стационарлық емес жылу өткізгіштігін есептеу қажет, өйткені ол процестің ұзақтығын, өнімнің сапасын және қондырғының өнімділігін анықтайды.

Жылу өткізгіштік дегеніміз - температура градиенті болған кезде микробөлшектердің (молекулалар, атомдар, электрондар) жылу қозғалысына байланысты және заттың макроскопиялық қозғалысынсыз жүретін дененің ішіндегі жылудың молекулалық ауысуы. Бұл жағдайда дененің көп қыздырылған аймақтарынан көп энергияға ие бөлшектер аз қыздырылған аймақтардың бөлшектерімен соқтығысып, оларға энергияның бір бөлігін береді.

Температура – бұл зат бөлшектерінің жылу қозғалысының энергиясын сипаттайтын параметр. Демек, жылудың таралу процесі және оның бағыты дене ішіндегі температураның таралуымен тығыз байланысты. Жалпы жағдайда температура дененің әртүрлі нүктелерінде бірдей емес және келесі уақытқа байланысты: $T = T(x, y, z, t)$.

Қарастырылатын кеңістіктегі (денеде) температуралық өріс – процесс өтетін кеңістіктің (дененің) барлық нүктелері үшін белгілі бір уақытта температура мәндерінің жиынтығы [2].

Егер дене температурасы координаттарға байланысты болса және уақыт өте келе өзгермесе, онда өріс тұрақты деп аталады. Уақытқа байланысты температурада өріс тұрақсыз деп аталады.

Біршама уақыт өткеннен кейін дененің барлық бөліктерінің температурасы түзіліп, қоршаған орта температурасына тең болады (бұл қоршаған орта көлемі дененің көлемінен едәуір үлкен болған жағдайда және уақыт өте келе оның температурасы өзгермейтін жағдайда болады).

Стационарлық емес режимде жылуды қайта бөлу дененің жеке элементтерінің температурасының өзгеруімен бірге жүреді.

Тұрақты емес жылу өткізгіштік кезіндегі қатты дененің температуралық өрісінің өзгеруі жылу өткізгіштіктің дифференциалдық теңдеуімен сипатталады [3].

[4] жұмыста параболалық теңдеуге арналған Коши есебінің мысалында қисынсыз есептерді шешудің спектрлік әдістері бойынша жаңа нәтижелер бар: кері есепті шешуді реттеу әдісі

ұсынылған. Жылуөткізгіштіктің теңдеуінің биквадраттық лапласианы регуляризацияның параметріне тең коэффициентін енгізу негізінде регуляризацияланған теңдеу шығады.

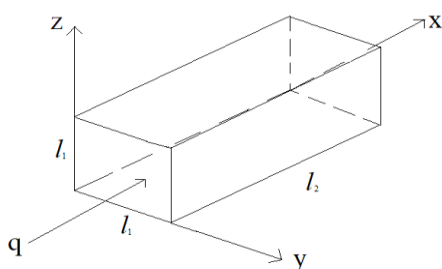
Квази – айналу әдісімен жылу алмасудың кері шекаралық есебі үшін шамамен алынған шешім жасалды және кері шекаралық есептің дұрыстылық класстарының бірінде салынған жуық шешімнің қателігін дәл рет-ретімен бағалау алынды [5].

Жартылай сызықты дифференциалдық – операторлық теңдеудің кері уақыт бойынша қисынсыз есебі үшін тұрақты жуықтау шешімі құрылды және оның қателігіне баға берілді [6].

Бастапқы шартты табу үшін кері есептің жалғыз шешімділік критеріі спектрлік талдау әдісі арқылы белгіленді. Осы міндеттер үшін шешімнің бірегейлігі, бар болуы және тұрақтылығы теоремалары дәлелденді [7].

1. Есептің қойылымы

Сырықтың шектелген l_2 көлденең ұзындық жолағын және $S_{nc} = l_1 * l_1$ тұрақты көлденең қимасын қарастырайық. Охуз глобалды декарттық координаттар жүйесін саламыз (1-сурет).



Сурет 1. Шаршы қимасы бар металл өзектің жалпы көрінісі

Сырықтағы жылуың таралуы келесі үш өлшемді жылу өткізгіштік теңдеуімен сипатталады

$$\text{ср} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + F, \quad (1)$$

мұндағы,

k – жылу өткізгіштік коэффициенті;

ρ – тығыздығы;

c – меншікті жылу сыйымдылық;

h – жылу алмасу коэффициенті;

$F(x, y, z, t)$ – t уақыты моменті (x, y, z) жылу көздерінің қарқындылығы

T_{oc} – қоршаған орта температурасы;

S_{nc} – сырықтың көлденең қимасының ауданы;

$x, y, z - 0 \leq y, z \leq l_1, 0 \leq x \leq l_2$ кеңістіктік айналымалылары,

$x_{ц}, y_{ц}, z_{ц}$ - сырық центрі: $x_{ц} = l_2/2, y_{ц} = l_1/2, z_{ц} = l_1/2$;

l_1 – сырықтың ені мен биіктігі,

l_2 – сырықтың ұзындығы.

Жартылай туындылардағы дифференциалдық теңдеу (1) - бұл изохоралы жылу беру процесі үшін энергияның сақталу дифференциалдық теңдеуі немесе тұрақты емес жылу өткізгіштік теңдеуі. Ол жылу өткізгіштік процесі жүретін қатты дененің кез-келген нүктесінде температураның уақытша және кеңістіктік өзгеруі арасындағы байланысты орнатады.

Сырықтың сол жақ ұшы координатаның басталуымен сәйкес келеді және жылу беру коэффициенті сырықтың бүкіл бетінде тұрақты болып саналады. Сондай-ақ, сырық нүктелік температура мен беттік жылу алмасудың әсерінен болады деп болжанады. Әрі қарай, біз біртекті сырықты (k, c, ρ - тұрақты) және жылу көздері жоқ екендігін ($F(x, y, z, t) = 0$) қарастырамыз.

Содан кейін (1) теңдеу келесідей болады

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a^2 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \quad (2)$$

мұндағы, $a^2 = k/(c\rho)$ – жылу өткізгіштік коэффициенті.

Жылу теңдеуінің жалғыз шешімін бөлу үшін (1) теңдеуге бастапқы және шекаралық шарттарды қосу керек.

Бастапқы шарттар стационарлық емес процестерді қарастыру кезінде қажет және бастапқы уақыттағы дене ішіндегі температураның таралу заңын белгілеуден тұрады. Жалпы жағдайда бастапқы шарт аналитикалық түрде келесідей жазылуы мүмкін:

$$T|_{t=0} = q(M), \quad (3)$$

мұндағы, $M = (x, y, z) \in D$, $t - (t_0 \leq t \leq t_1)$ уақыты, $t_1 - t_0$ – сырықтың жылу өткізгіштік процесі зерттелетін уақыт аралығы.

D арқылы параллелепипеді $(0 \leq y, z \leq l_1, 0 \leq x \leq l_2)$, ал Γ арқылы D , $Q = \{x, y, z, t | (x, y, z) \in D, t \in [t_0, t_1]\}$ шекараларын белгілейміз.

Шекаралық шарттарды келесі түрде белгіленеді

$$\frac{\partial T}{\partial n} |_{\Gamma} = 0. \quad (4)$$

$$T(0, y_{\text{ц}}, z_{\text{ц}}, t) = q.$$

Жылу өткізгіштіктің дифференциалдық теңдеуі бастапқы және шекаралық шарттармен бірге есепті толығымен анықтайды, яғни дененің геометриялық пішінін, бастапқы және шекаралық жағдайларды біле отырып, дифференциалдық теңдеуді соңына дейін шешуге болады, сондықтан денеде температура өрісін табуға болады, $T(x, y, z, t)$ – t уақытындағы кез келген уақытта температураны бөлу функциясы.

$T(x, y, z, t)$ функциясы дифференциалдық теңдеуді (2), сондай-ақ бастапқы және шекаралық шарттарды қанағаттандыруы керек.

Математикалық физика курсында максимум принципі және шешімнің сингулярлық теоремасы дәлелденеді, егер кейбір $T(x, y, z, t)$ функциясы жылу өткізгіштіктің дифференциалдық теңдеуін, бастапқы және шекаралық жағдайларды қанағаттандырса, онда бұл мәселенің жалғыз шешімі болады.

1-теорема (максимум принципі). Егер $T(x, y, z, t)$ функциясы Q жабық аймағында анықталған және үздіксіз теңдеуді қанағаттандырса (2), онда ол уақыттың бастапқы кезінде немесе Γ шекарасында максималды және минималды мәнге жетеді.

2-теорема (бірегейлік). Егер Q аймағында анықталған және үздіксіз екі T_1 және T_2 функциялары (2) теңдеуді және бірдей бастапқы және шекаралық шарттарды (3)-(4) қанағаттандырса, онда $T_1(x, y, z, t) \equiv T_2(x, y, z, t)$ болады.

Зерттелетін мәселенің дұрыстығы осыдан туындайды, алайда зерттелген құбылыстардың күрделілігіне байланысты қазіргі математикалық әдістермен жартылай туындылардағы аналитикалық дифференциалдық теңдеулерді шешу көбінесе өте қиын, кейде мүмкін емес. Дегенмен, практикалық қолдануға болатын көптеген шешімдер бар. Осыған байланысты айырмашылық әдісімен есептелетін сандық шешім ұсынылады, яғни жылу өткізгіштік теңдеуі айырмашылық схемасымен жуықталады.

2. Есептеу алгоритмінің құрылуы

D аймағын x , y және z осьтері бойынша Δx , Δy және Δz қадамдарымен біркелкі тормен жабамыз. Теңдеудің келесі айырмашылығы былай жазылады (2)

$$\frac{T_{i,j,k}^{n+1}}{\Delta t} = a^2 \left(\frac{T_{i+1,j,k}^n - 2T_{i,j,k}^n + T_{i-1,j,k}^n}{\Delta x^2} + \frac{T_{i,j+1,k}^n - 2T_{i,j,k}^n + T_{i,j-1,k}^n}{\Delta y^2} + \frac{T_{i,j,k+1}^n - 2T_{i,j,k}^n + T_{i,j,k-1}^n}{\Delta z^2} \right), \quad (5)$$

мұндағы, Δt – уақыт қадамы, n – уақыт бойынша индекс, Δx – Ox осі бойынша қадам.

Δy – Oy осі бойынша қадам, Δz – Oz осі бойынша қадам, i, j, k – x, y және z координаттарына тиісті индекстер. (5) өрнектегі барлық қосылғыштар для n уақыт қадамы үшін жазылады және $(n+1)$ -ші үшін жалғыз [8].

Сондықтан тордың ішкі нүктелері үшін келесі уақыт қадамындағы температура мәнін алдыңғы мәндер арқылы білдіреміз

$$T_{i,j,k}^{n+1} = T_{i,j,k}^n + \Delta t a^2 \left(\frac{T_{i+1,j,k}^n - 2T_{i,j,k}^n + T_{i-1,j,k}^n}{\Delta x^2} + \frac{T_{i,j+1,k}^n - 2T_{i,j,k}^n + T_{i,j-1,k}^n}{\Delta y^2} + \frac{T_{i,j,k+1}^n - 2T_{i,j,k}^n + T_{i,j,k-1}^n}{\Delta z^2} \right), \quad (6)$$

Келесі итерациялық шешім алгоритмі ұсынылады:

1. D облысындағы барлық ішкі нүктелерге $t = t_0$, $n = 0$. $T_{i,j,k}^0 = 0$,

$$T^0|_{\Gamma} = q(M), \quad (7)$$

мұнда, $M = (x, y, z) \in \Gamma$, Γ шекарасындағы барлық нүктелерге ортақ.

2. (6) формуласы бойынша D облысының ішкі нүктелерінің $T_{i,j,k}^{n+1}$ мәнін есептейміз.

3. Егер $t < t_1$ критерий орындалса, онда $t = t + \Delta t$, $n = n + 1$ болады да, 2 қадамға ауысу жүргізіліде, әйтпесе итерациялық процесс аяқталады [9-10]

Есептеулерді орындау кезінде айырмашылық схемасының (3) тұрақтылығын зерттеу керек, атап айтқанда келесі шартты тексеру керек [11].

$$\Delta t \leq \frac{1}{2a^2} \left(\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} + \frac{1}{\Delta z^2} \right). \quad (8)$$

3. Нақты бастапқы мәндермен есептердің сандық шешімі

Сандық есептеулердің нәтижелерін бірнеше файлдарға орналастыратын температураның таралуын табу бағдарламасы жасалды. Динамикадағы сандық есептеулердің нәтижелері (уақыт бойынша) бір өлшемді және екі өлшемді графиктер түрінде көрсетіледі. Есептеулер келесі бастапқы мәндермен жүргізілді:

$$l_1 = 1.0; l_2 = 10.0; \Delta t = 0.01;$$

$$n_x = 10; n_y = 6; n_z = 6;$$

$$\Delta x = l_2/n_x, \Delta y = l_1/n_y, \Delta z = l_1/n_z;$$

$$q = 200; \rho = 7.870; c = 0.13; k = 0.177;$$

2-7 суреттерде эксперименттік есептеулердің нәтижелері графикалық түрде ұсынылған. 2-суретте динамикадағы шығу тегінен бастап X бағытында өзектің ортасында температураның таралу графигі көрсетілген. 0-ден 200 градусқа дейінгі температураның үлкен айырмашылығына байланысты 3-суретте динамикадағы шығу тегінен бір қадам шегініспен өзектің ортасында X бағытында температураның таралу графигі көрсетілген.

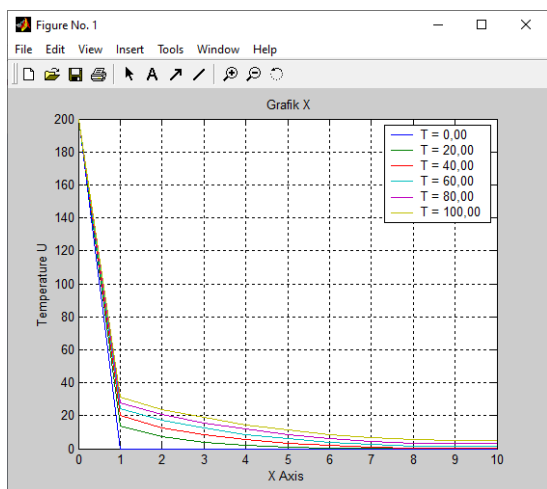
3-суреттен көрініп тұрғандай, өзектің ортасындағы температура 100 секундта 0-ден 5 градусқа дейін көтеріледі.

4-суретте Y осінің сол жақ ұшындағы (шығу тегі) өзектің ортасында температураның таралу графигі көрсетілген, өзектің шеттерінде температура 100 секундта 0-ден 29.65 градусқа дейін көтеріледі.

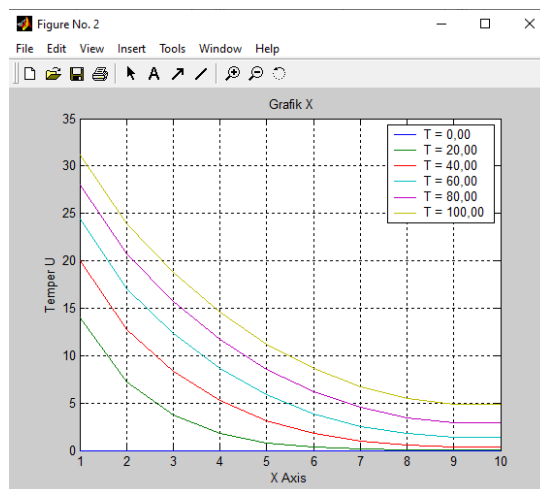
5-суретте $T = 40$ секунд уақытындағы X және Y осьтері бағытында өзектің ортасында температураның таралу графигі көрсетілген.

6-суретте $T = 40$ секунд уақыт ішінде шығу тегінен бір қадам шегінісі бар X және Y осьтері бағытында өзектің ортасында температураның таралу графигі көрсетілген. Суреттен көрініп тұрғандай, оң жақтың температурасы іс жүзінде өскен жоқ.

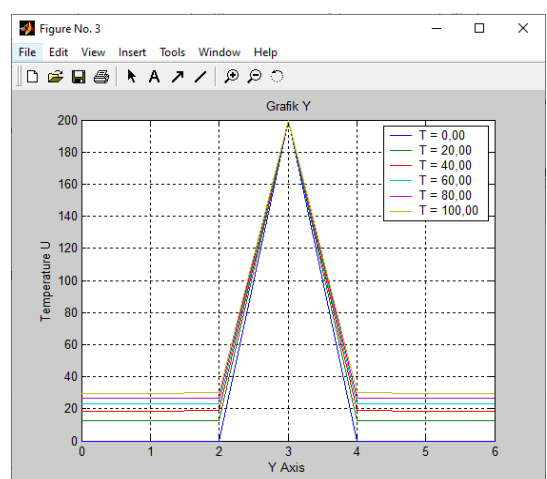
7-суретте $T = 100$ секунд уақыт ішінде шығу тегінен бір қадам шегінісі бар X және Y осьтері бағытында өзектің ортасында температураның таралу графигі көрсетілген. Суреттен көрініп тұрғандай, оң жақтағы температура 5 градусқа жетті.



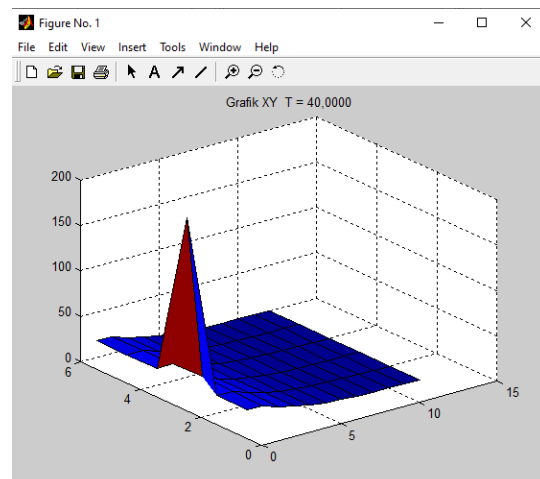
Сурет 2. Координатаның басынан бастап x бағытында сырықтың ортасы бойынша температураның таралу графигі



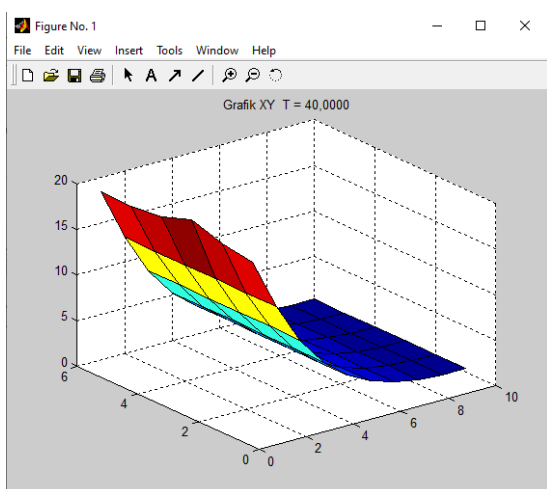
Сурет 3. Координатаның басынан бір қадам шегініспен x бағытында сырықтың ортасы бойынша температураның таралу графигі



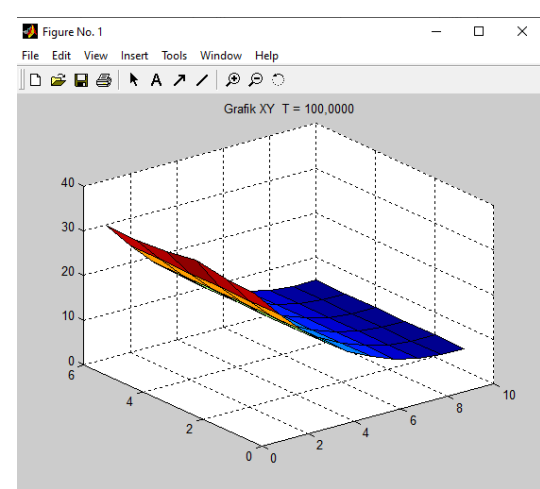
Сурет 4. Сырықтың ортасында температураның Y бағытында таралу графигі



Сурет 5. Шығу нүктесінен X және Y осьтері бағытында сырықтың ортасында температураның таралу графигі



Сурет 6. $T=40$ секунд уақыт ішінде шығу тегінен бір қадам шегініспен X және Y осьтері бағытында сырықтың ортасы бойынша температураның таралу графигі



Сурет 7. $T=100$ секунд уақыт ішінде шығу тегінен бір қадам шегініспен X және Y осьтері бағытында сырықтың ортасы бойынша температураның таралу графигі

Қорытынды

Квадрат қималы сырықтың жылу өткізгіштік теңдеуін зерттеу үшін айырмашылық схемасы жасалды және мәселені шешудің алгоритмдері ұсынылды. Айырмашылық схемасы үшін оның тұрақтылығын қамтамасыз ететін параметрлер таңдалды.

Сандық есептеулердің нәтижелері максимум принципіне сәйкес келеді (Теорема 1) және эксперименттік мәліметтерге қайшы келмейді [12]. Сонымен қатар, нәтижелер мәтіндік файлдарға шығарылады және сәйкес бағдарлама жазылған MATLAB жүйесін қолдана отырып, температура динамикасының бір өлшемді және екі өлшемді кескіндерінің құрылысын қамтамасыз етеді [13].

Жылу өткізгіштік теңдеуін зерттеу үшін аралық математиканы қолдану перспективалы бағыт болып табылады [14-15].

Жұмыс 2021-2022 жылдарға арналған "Ғылым мен білім беруде тиімді пайдалануды қамтамасыз ететін Қазақстан Республикасының ғылыми зоологиялық коллекциясы бойынша ұлттық электрондық деректер банкіні әзірлеу" ІРН OR11465437 жобасы бойынша ғылыми зерттеулерді бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру қаражаты есебінен орындалды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 Карпович Д.С., Суша О.Н., Коровкина Н.П., Кобринец В.П. Аналитический и численный методы решения уравнения теплопроводности // Труды БГТУ. Физико-математические науки и информатика, 2015, № 6. с.122-127

2 Байков В.А. Уравнения математической физики. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 252с.

3 Вороненко Б.А., Крысин А.Г., Пеленко В.В., Цуранов О.А. Аналитическое описание процесса нестационарной теплопроводности. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. 48 с

4 Тихомиров В.В., Бобылева О.Н. О регуляризации обратной задачи для уравнения теплопроводности // Современные информационные технологии и ИТ-образование, 2017, Том 13, № 1, с.25-29

5 Табаринцева Е.В., Менихес Л.Д., Дрозин А.Д. О решении граничной обратной задачи для параболического уравнения методом квазиобращения // Вестник ЮрГУ, Серия «Математика. Механика. Физика», выпуск 6, 2012, № 11, с. 8-13

6 Табаринцева Е.В. О решении некорректно поставленной задачи для нелинейного дифференциального уравнения методом проекционной регуляризации // Вестник ЮрГУ, Серия «Математика. Механика. Физика», 2013, том 5, № 2, с. 65-71

7 Зайнулов А.Р. Обратные задачи для уравнения теплопроводности // Вестник СамГУ, 2015, № 6, с. 62-75

8 Марданов Р.Ф. Численные методы решения плоской задачи теплопроводности. - Казань: Казанский гос. университет, 2007. – 23с

9 Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. - М.: Едиториал УРСС, 2003. -784 с.

10 Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Численные методы решения обратных задач математической физики. М.: Изд-во ЛКИ, 2009. - 480 с

11 Фаязов К.С., Хажиев И.З. Оценка устойчивости и приближенное решение краевой задачи для уравнения в частных производных четвертого порядка // Математические заметки СВФУ, 2015. Том 22, № 1. с.78-88

12 Сиковский Д. Ф. Методы вычислительной теплофизики. Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2013. - 98 с.

13 Дьяконов В.П. MATLAB 6.0/6.1/6.5/6.5+SP1+Simulink 5/5. Обработка сигналов и изображений. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 592 с.

14 Mazakov T., Wójcik W., Jomartova Sh., Karymsakova N., Ziyatbekova G., Tursynbai A. The Stability Interval of the Set of Linear System // INTL Journal of Electronics and Telecommunications. – 2021. – Vol. 67, N. 2. – P.155-161. DOI: 10.24425/ijet.2021.135958

15 Nurdaulet, I., Talgat, M., Orken, M., Ziyatbekova, G. Application of fuzzy and interval analysis to the study of the prediction and control model of the epidemiologic situation // Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Pakistan, 2018. – Vol. 96, - Issue 14, – pp. 4358-4368.

Reference:

1 Karpovich D.S., Susha O.N., Korovkina N.P., Kobrinets V.P. (2015) Analiticheskij i chislennyj metody reshenija uravnenija teploprovodnosti [Analytical and numerical methods for solving the heat equation]. Trudy BGTU. Fiziko-matematicheskie nauki i informatika, № 6. 122-127. (In Russian)

2 Bajkov V.A. (2003) Uravnenija matematicheskoj fiziki [Equations of mathematical physics]. Moskva-Izhevsk: Institut komp'yuternyh issledovanij, 252. (In Russian)

3 Voronenko B.A., Krysin A.G., Pelenko V.V., Curanov O.A. (2014) *analiticheskoe opisanie processa nestacionarnoj teploprovodnosti [Analytical description of the process of non-stationary heat conduction]*. SPb.: NIU ITMOZ; IHiBT, 48. (In Russian)

4 Tihomirov V.V., Bobyleva O.N. (2017) *O regulizacii obratnoj zadachi dlja uravnenija teploprovodnosti [On the regularization of the inverse problem for the heat equation]*. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie, Tom 13 №1*, 25-29. (In Russian)

5 Tabarinceva E.V., Menihes L.D., Drozin A.D. (2012) *O reshenii granichnoj obratnoj zadachi dlja parabolicheskogo uravnenija metodom kvaziobrashhenija [On the solution of a boundary inverse problem for a parabolic equation by the quasi-inversion method]*. *Vestnik JurGU, Serija "Metmatika. Mehanika. Fizika"*, vypusk 6, №11, 8-13. (In Russian)

6 Tabarinceva E.V. (2013) *O reshenii nekorrektno postavlennoj zadachi dlja nelinejnogo differencial'nogo uravnenija metodom proekcionnoj reguljarizacii [On the solution of an ill-posed problem for a nonlinear differential equation by the projection regularization method]*. *Vestnik JurGU, Serija "Metmatika. Mehanika. Fizika"*, vypusk 6, , tom 5, №2, 65-71. (In Russian)

7 Zajnulov A.R. (2015) *Obratnye zadachi dlja uravnenija teploprovodnosti [Обратные задачи для уравнения теплопроводности]*. *Vestnik SamGU, № 6*, 62-75. (In Russian)

8 Mardanov R.F. (2007) *Chislennye metody reshenija ploskoj zadachi teploprovodnosti [Numerical methods for solving the plane problem of heat conduction]*. Kazanj': Kazanskij gos. universitet, 23. (In Russian)

9 Samarskij A.A., Vabisshhevich P.N. (2003) *Vychislitel'naja teploperedacha [Computational heat transfer]*. M.:Editorial URSS., 784. (In Russian)

10 Samarskij A.A., Vabisshhevich P.N. (2009) *Chislennye metody reshenija obratnyh zadach matematicheskoj fiziki [Numerical methods for solving inverse problems of mathematical physics]*. M.:Izd-vo LKI, 480. (In Russian)

11 Fajazov K.S., Hazhiev I.Z. (2015) *Ocenka ustojchivosti i priblizhennoe reshenie kraevoj zadachi dlja uravnenija v chastnyh proizvodnyh chetvertogo porjadka [Stability estimation and approximate solution of a boundary value problem for a fourth-order partial differential equation]*. *Matematicheskie zametki SVFU, Tom 22, №1*. 78-88. (In Russian)

12 Sikovskij D.F. *Metody vychislitel'noj teplofiziki [Methods of computational thermal physics]*. Novosibirsk: Novosib.gos.un-t, 98. (In Russian)

13 D'jakonov V.P. (2005) *MATLAB 6.0/6.1/6.5/6.5+SP1+Simulink 5/5. Obrabotka signalov i izobrazhenij [Signal and Image Processing]*. M.: SOLON-Press, 592. (In Russian)

14 Mazakov T., Wójcik W., Jomartova Sh., Karymsakova N., Ziyatbekova G., Tursynbai A. (2021) *The Stability Interval of the Set of Linear System // INTL Journal of Electronics and Telecommunications. Vol. 67, N. 2. P.155-161. DOI: 10.24425/ijet.2021.135958*. (In Russian)

15 Nurdaulet, I., Talgat, M., Orken, M., Ziyatbekova, G. (2018) *Application of fuzzy and interval analysis to the study of the prediction and control model of the epidemiologic situation. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Pakistan, Vol. 96, Issue 14, pp. 4358-4368*. (In Russian)

МРНТИ 27.25.19
УДК 517.51

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.05>

А.Б. Утесов¹, Г.И. Утесова^{1*}

¹Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, г. Актобе, Казахстан
ugi_a@mail.ru

О ДИСКРЕТИЗАЦИИ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПО ЧИСЛОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация

Решения многих уравнений в частных производных представляются рядами или интегралами. Поэтому возникает задача приближения (дискретизации) решений вычислительными агрегатами, построенными по числовой информации, полученной от начальных, граничных или краевых условий. В данной работе в рамках постановки под названием «Компьютерный (вычислительный) поперечник» изучена задача дискретизации решений уравнения теплопроводности по числовой информации конечного объема, полученной от начального условия, принадлежащего многомерному периодическому классу Соболева. Именно, когда в качестве числовой информации рассматриваются линейные функционалы, определенные на линейной оболочке класса Соболева, во-первых, установлен точный порядок погрешности оптимальной дискретизации в метрике пространства Лебега; во-вторых, найдена предельная погрешность оптимального вычислительного агрегата; в-третьих, доказано, что с лучшей (по порядку) предельной погрешностью вычислительных агрегатов по тригонометрическим коэффициентам Фурье начального условия не существуют.

Ключевые слова: дискретизация решений, вычислительный агрегат, компьютерный (вычислительный) поперечник, числовые информации, предельная погрешность, тригонометрические коэффициенты Фурье.

Аңдатпа

Ә.Б. Өтесов¹, Г.І. Өтесова¹

¹Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан
**ЖЫЛУӨТКІЗГІШТІК ТЕНДЕУІНІҢ ШЕШІМДЕРІН САНДЫҚ МӘЛІМЕТТЕР
БОЙЫНША ДИСКРЕТТЕУ ТУРАЛЫ**

Дербес туындылы тендеулердің көбінің шешімдері қатарлар немесе интегралдар түрінде болады. Сондықтан шешімдерді бастапқы, шекаралық және шеттік шарттардан алынған сандық мәліметтер арқылы құрылған есептеу агрегаттарымен жуықтау (дискреттеу) есебі қойылады. Бұл жұмыста «Компьютерлік (есептеуіш) диаметр» деген атауға ие қойылым аясында жылуөткізгіштік тендеуінің шешімдерін көпөлшемді периодты Соболев класына тиесілі бастапқы шарттардан алынған ақырлы көлемдегі сандық мәліметтер бойынша дискреттеу есебі қарастырылған. Дәл айтқанда, сандық мәлімет ретінде Соболев класының сызықтық қабықшасында анықталған сызықтық функционалдар қарастырылғанда, біріншіден, Лебег кеңістігі метрикасында оптималды дискреттеу қателігінің дәл реті анықталған; екіншіден, оптималды есептеу агрегатының шектік қателігі табылған; үшіншіден, бастапқы шарттың тригонометриялық Фурье коэффициенттері бойынша құрылған кез келген есептеу агрегатының шектік қателігін (реті бойынша) жақсартуға болмайтыны дәлелденген.

Түйін сөздер: шешімдерді дискреттеу, есептеу агрегаты, компьютерлік (есептеуіш) диаметр, сандық мәліметтер, шектік қателік, тригонометриялық Фурье коэффициенттері.

Abstract

ON DISCRETIZATION OF SOLUTIONS OF THE HEAT EQUATION BY NUMERICAL INFORMATION

Utessov A.B.¹, Utessova G.I.¹

¹Aktobe regional university named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan

Solutions to many partial differential equations are represented by series or integrals. Therefore, the problem arises of approximating (discretizing) solutions by computational units constructed from numerical information obtained from the initial, boundary or boundary conditions. In this paper, within the framework of a statement titled “Computational (numerical) diameter”, we study the discretization problem for solutions of the heat equation from numerical information of a finite volume obtained from an initial condition belonging to the multidimensional periodic Sobolev class. Namely, when linear functionals defined on the linear hull of the Sobolev class are considered as numerical information, first, the exact order of the error of optimal discretization in the metric of the Lebesgue space is

established; secondly, the limiting error of the optimal computing unit is found; thirdly, it is provided that there is no initial condition with the best (in order) limiting error of computational aggregates in terms of trigonometric Fourier coefficients.

Keywords: discretization of solutions, computing unit, computational (numerical) diameter, numerical informations, limiting error, trigonometric Fourier coefficients.

§1. Постановка задачи и формулировка теоремы

В К(В)П – постановке исходным является величина

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

где $\delta_N(\varepsilon_N; (l^{(N)}, \varphi_N); T; F)_Y =$

$$= \sup_{f \in F} \sup_{\left| \gamma_N^{(1)} \right| \leq 1, \dots, \left| \gamma_N^{(N)} \right| \leq 1} \left\| Tf(\cdot) - \varphi_N \left(l_N^{(1)}(f) + \gamma_N^{(1)} \varepsilon_N, \dots, l_N^{(N)}(f) + \gamma_N^{(N)} \varepsilon_N; \cdot \right) \right\|_Y.$$

Здесь ε_N – неотрицательная последовательность, F – класс функций, заданных на Ω_F , а Y – нормированное пространство функций, заданных на Ω_Y .

Далее, через T обозначим оператор, действующий из F в Y , D_N есть множество вычислительных агрегатов $(l^{(N)}, \varphi_N)$, где $l^{(N)} = (l_N^{(1)}, \dots, l_N^{(N)})$ набор функционалов $l_N^{(1)}: F \mapsto C, \dots, l_N^{(N)}: F \mapsto C$, а φ_N есть функция $\varphi_N(z_1, \dots, z_N; y): C^N \times \Omega_Y \mapsto C$, которая при всяком фиксированном $(z_1, \dots, z_N) \in C^N$ как функция от переменной y принадлежит пространству Y .

Задача восстановления оператора $T: F \mapsto Y$ по неточной числовой информации $l^{(N)}$, оформленная под названием «Компьютерный (вычислительный) поперечник», заключается в последовательном решении трех задач: К(В)П – 1, К(В)П -2 и К(В)П - 3.(более подробно см., напр. [1]).

В работах [2 - 6] полностью решены К(В)П - задачи при различных конкретизациях T, D_N, F и Y .

Пусть $u(t, x; f)$ есть классическое решение уравнения теплопроводности

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + \dots + \frac{\partial^2 u}{\partial x_s^2} \quad (0 \leq t < +\infty, x = (x_1, \dots, x_s) \in R^s)$$

с начальным условием $u(0, x; f) = f(x)$.

В этой работе в рамках К(В)П – постановки решена задача дискретизации решений $(Tf)(\cdot) = u(\cdot; f)$ уравнения теплопроводности с начальным условием из многомерного периодического класса Соболева $W_2^r \equiv W_2^r(0,1)^s$ при $D_N = L^{(N)} \times \{\varphi_N\}$,

$Y = L^{q, \infty} \equiv L^{q, \infty}((0,1)^s \times [0; +\infty))$, где $r > 0, 2 \leq q \leq \infty, L^{(N)}$ есть множество линейных

функционалов $l_N^{(1)} : W_2^r \mapsto C, \dots, l_N^{(N)} : W_2^r \mapsto C$, определенных на линейной оболочке класса W_2^r (определения класса Соболева W_2^r , пространства $L^{q, \infty}$, а также рассматриваемого ниже класса Никольского – Бесова $B_{2, \theta}^r(0,1)^S$ см., напр. в [7]).

Далее, для краткости, положим $\delta_N(\varepsilon_N; (l^{(N)}, \varphi_N))_Y \equiv \delta_N(\varepsilon_N; (l^{(N)}, \varphi_N); T; F)_Y$, $\delta_N(\varepsilon_N; D_N)_Y \equiv \delta_N(\varepsilon_N; D_N; T; F)_Y$.

Теорема. Пусть даны действительные числа $s(s=1,2,3,\dots), r > s/2, q \geq 2$ и пусть $N = (2n+1)^S, n=1,2,\dots$. Тогда справедливы следующие утверждения:

$$\mathbf{K(B)II-1.} \delta_N(0; L^{(N)} \times \{\varphi_N\})_{L^{q, \infty}} \asymp_{s, r, q} \delta_N(0; (l^{(N)}, \varphi_N))_{L^{q, \infty}} \asymp_{s, r, q} \frac{N^{1/2-1/q}}{N^{r/s}},$$

где пара $(\bar{l}^{(N)}, \bar{\varphi}_N)$ состоит из функционалов $\bar{l}_N^{(\tau)}(f) = \hat{f}(\bar{m}^{(\tau)})$, $\tau=1, \dots, N$ и функции

$$\bar{\varphi}_N(z_1, \dots, z_N; t, x) = \sum_{\tau=1}^N z_\tau e^{-4\pi^2(\bar{m}^{(\tau)}, \bar{m}^{(\tau)})_t} e^{2\pi i(\bar{m}^{(\tau)}, x)}, \quad \text{а } s\text{-мерные целочисленные}$$

векторы $\bar{m}^{(1)}, \dots, \bar{m}^{(N)}$ такие, что $\bar{m}^{(i)} \neq \bar{m}^{(j)}$ при $i \neq j$ и $\bigcup_{\tau=1}^N \{\bar{m}^{(\tau)}\} = A_n$,

$$A_n = \{m \in Z^S : |m_1| \leq n, \dots, |m_s| \leq n\}.$$

К(В)II – 2. Для вычислительного агрегата $(\bar{l}^{(N)}, \bar{\varphi}_N)$ величина $\bar{\varepsilon}_N = \frac{1}{N^{r/s} \sqrt{N}}$ является

предельной погрешностью:
во-первых,

$$\delta_N(\bar{\varepsilon}_N; (\bar{l}^{(N)}, \bar{\varphi}_N))_{L^{q, \infty}} \asymp_{s, r, q} \delta_N(0; L^{(N)})_{L^{q, \infty}};$$

во-вторых, для любой сколь угодно медленно возрастающей к $+\infty$ положительной последовательности $\{\eta_n\}_{n \geq 1}$ имеет место равенство

$$\overline{\lim}_{n \rightarrow +\infty} \frac{\delta_N(\eta_n \bar{\varepsilon}_N; (\bar{l}^{(N)}, \bar{\varphi}_N))_{L^{q, \infty}}}{\delta_N(0; L^{(N)})_{L^{q, \infty}}} = +\infty;$$

К(В)II – 3. Для всякого вычислительного агрегата

$$(l^{(N)}, \varphi_N)(x, t) \equiv \varphi_N(\hat{f}(m^{(1)}), \dots, \hat{f}(m^{(N)}); x, t)$$

при любой сколь угодно медленно возрастающей к $+\infty$ положительной последовательности $\{\eta_n\}_{n \geq 1}$ имеет место равенство

$$\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{\delta_N \left(\eta_n \bar{\varepsilon}_N; \varphi_N \left(\hat{f} \left(m^{(1)} \right), \dots, \hat{f} \left(m^{(N)} \right); x, t \right) \right)_{L^{q, \infty}}}{\delta_N \left(0; L^{(N)} \right)_{L^{q, \infty}}} = +\infty. \quad (1)$$

§2. Доказательство теоремы

Для конечного множества E через $|E|$ обозначим количество его элементов. Как обычно, $[a]$ есть целая часть числа a . Всяду $m = (m_1, \dots, m_s) \in Z^s$. Ради краткости, запись $\|f\|_{L^q}$ заменим на $\|f\|_q$.

Сначала оценим снизу величину $\delta_N \left(\bar{\varepsilon}_N; \left(\bar{l}^{(N)}, \bar{\varphi}_N \right) \right)_{L^{q, \infty}}$.

В работе [8] установлены следующие соотношения:

$$\delta_N \left(0; L^{(N)} \times \{\varphi_N\}; Tf(\cdot) = u(\cdot; f); B_{2, \theta}^r(0, 1)^s \right)_{L^{q, \infty}} \asymp_{s, r, q} \frac{N^{1/2-1/q}}{N^{r/s}}, \quad (2)$$

$$\delta_N \left(0; \left(\bar{l}^{(N)}, \bar{\varphi}_N \right); (Tf)(\cdot) = u(\cdot; f); B_{2, \theta}^r(0, 1)^s \right)_{L^{q, \infty}} \asymp_{s, r, q} \frac{N^{1/2-1/q}}{N^{r/s}}. \quad (3)$$

Поэтому, учитывая, что $B_{2,2}^r \equiv W_2^r$, в силу оценки

$$\delta_N \left(0; L^{(N)} \times \{\varphi_N\} \right)_{L^{q, \infty}} \leq \delta_N \left(\varepsilon_N; L^{(N)} \times \{\varphi_N\} \right)_{L^{q, \infty}}$$

и (2), имеем

$$\frac{N^{1/2-1/q}}{N^{r/s}} \ll_{s, r, q} \delta_N \left(0; L^{(N)} \times \{\varphi_N\}; (Tf)(\cdot) = u(\cdot; f); W_2^r(0, 1)^s \right)_{L^{q, \infty}}. \quad (4)$$

Так как $r > s/2$, то $u(t, x; f) = \sum_{m \in Z^s} \hat{f}(m) e^{-4\pi^2(m, m)t} e^{2\pi i(m, x)}$

(см., напр. лемму В из [8]).

Следовательно, для всех $\gamma_N^{(\tau)}$ таких, что $\left| \gamma_N^{(\tau)} \right| \leq 1 (\tau = 1, \dots, N)$ имеет место равенство

$$\begin{aligned} u(t, x; f) - \bar{\varphi}_N \left(\bar{l}_N^{(1)}(f) + \gamma_N^{(1)} \bar{\varepsilon}_N, \dots, \bar{l}_N^{(N)}(f) + \gamma_N^{(N)} \bar{\varepsilon}_N; t, x \right) = \\ = \sum_{m \in Z^s \setminus A_n} \hat{f}(m) e^{-4\pi^2(m, m)t} e^{2\pi i(m, x)} + \end{aligned}$$

$$+ \sum_{\tau=1}^N \left(-\gamma_N^{(\tau)} \right) \bar{\varepsilon}_N e^{-4\pi^2 \left(\bar{m}^{(\tau)}, \bar{m}^{(\tau)} \right) t} e^{2\pi i \left(\bar{m}^{(\tau)}, x \right)},$$

откуда, учитывая включение $W_2^r(0,1)^s \subset H_2^r(0,1)^s \equiv B_{2,\infty}^r(0,1)^s$, в силу (3) при каждом фиксированном $t \in [0, +\infty)$ получим

$$\begin{aligned} & \left\| u(t, \cdot; f) - \bar{\varphi}_N \left(\bar{l}_N^{(1)}(f) + \gamma_N^{(1)} \bar{\varepsilon}_N, \dots, \bar{l}_N^{(N)}(f) + \gamma_N^{(N)} \bar{\varepsilon}_N; t, \cdot \right) \right\|_{q, s, r, q} \ll \\ & \ll \frac{N^{1/2-1/q}}{N^{r/s}} + \bar{\varepsilon}_N \left\| \sum_{\tau=1}^N \left(-\gamma_N^{(\tau)} \right) e^{-4\pi^2 \left(\bar{m}^{(\tau)}, \bar{m}^{(\tau)} \right) t} e^{2\pi i \left(\bar{m}^{(\tau)}, \cdot \right)} \right\|_q. \end{aligned} \quad (5)$$

Поскольку

$$\begin{aligned} & \left\| \sum_{\tau=1}^N \left(-\gamma_N^{(\tau)} \right) e^{-4\pi^2 \left(\bar{m}^{(\tau)}, \bar{m}^{(\tau)} \right) t} e^{2\pi i \left(\bar{m}^{(\tau)}, \cdot \right)} \right\|_2 \leq \sqrt{N} \text{ и} \\ & \left\| \sum_{\tau=1}^N \left(-\gamma_N^{(\tau)} \right) e^{-4\pi^2 \left(\bar{m}^{(\tau)}, \bar{m}^{(\tau)} \right) t} e^{2\pi i \left(\bar{m}^{(\tau)}, \cdot \right)} \right\|_\infty \leq N, \end{aligned}$$

то согласно неравенствам $\|g\|_q \leq \|g\|_2^{2/q} \|g\|_\infty^{1-2/q}$ (см., напр. [9, стр. 50]) и (5), имеем

$$\left\| u(t, \cdot; f) - \bar{\varphi}_N \left(\bar{l}_N^{(1)}(f) + \gamma_N^{(1)} \bar{\varepsilon}_N, \dots, \bar{l}_N^{(N)}(f) + \gamma_N^{(N)} \bar{\varepsilon}_N; t, \cdot \right) \right\|_{q, s, r, q} \ll \frac{N^{1/2-1/q}}{N^{r/s}},$$

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

$$\delta_N \left(\bar{\varepsilon}_N; \left(\bar{l}_N^{(N)}, \bar{\varphi}_N \right) \right)_{L^{q, \infty}} \ll \frac{N^{1/2-1/q}}{N^{r/s}}. \quad (6)$$

Так как

$$\delta_N \left(0; L^{(N)} \times \{ \varphi_N \} \right)_{L^{q, \infty}} \leq \delta_N \left(0; \left(\bar{l}_N^{(N)}, \bar{\varphi}_N \right) \right)_{L^{q, \infty}} \leq \delta_N \left(\bar{\varepsilon}_N; \left(\bar{l}_N^{(N)}, \bar{\varphi}_N \right) \right)_{L^{q, \infty}},$$

то из (4) и (6) вытекают доказательства К(В)П-1 и первой части К(В)П-2.

Далее, установив справедливость равенства (1) мы одновременно докажем К(В)П-3 и и вторую часть К(В)П-2, и тем самым завершаем доказательство теоремы.

Для каждого $n = 1, 2, 3, \dots$ определим множество

$$H_n = \left\{ m \in Z^s : |m_1| \leq \left[N^{1/s} \beta_n^{-\alpha/s} \right], \dots, |m_s| \leq \left[N^{1/s} \beta_n^{-\alpha/s} \right] \right\},$$

где

$$N = N(n), \quad \beta_n = \min\{\eta_N, \ln(N+1)\}, \quad \alpha \text{ есть некоторое положительное число из интервала}$$

$$\left(\frac{2s}{2r+s}, \frac{q}{q-1} \right).$$

Здесь же заметим, что условие $r > s/2$ обеспечивает выполнение неравенства $\frac{2s}{2r+s} < \frac{q}{q-1}$.

Так как $\lim_{n \rightarrow +\infty} \beta_n = +\infty$, то существует номер n_0 такой, что для всех $n \geq n_0$ имеет место неравенство $\beta_n \geq 1$.

Легко проверим, что при некотором $C(r, s) > 0$ функция

$$h_n(x) = C(r, s) \beta_n \bar{\varepsilon}_N \sum_{m \in H_n} e^{2\pi i(m, x)}, \quad n \geq n_0$$

принадлежит классу $W_2^r(0, 1)^s$.

Из неравенства $\|h_n\|_{\infty} \gg_s \beta_n \bar{\varepsilon}_N |H_n|$ и $|H_n| \asymp N \cdot \beta_n^{-\alpha}$ получим $\|h_n\|_{\infty} \gg_s \frac{\sqrt{N}}{N^{r/s}} \beta_n^{1-\alpha}$.

Поэтому, согласно неравенству разных метрик С.М. Никольского [10, стр.256] и соотношения

$$\delta_N \left(0; L^{(N)} \times \{\varphi_N\} \right)_{L^{q, \infty}} \asymp_{s, r, q} \frac{N^{1/2-1/q}}{N^{r/s}},$$

имеет место неравенство

$$\|h_n\|_{q, s, r, q} \gg \delta_N \left(0; L^{(N)} \times \{\varphi_N\} \right)_{L^{q, \infty}} \beta_n^{1-\alpha(1-1/q)}. \quad (7)$$

Для каждого $n \geq n_0$ определим наборы

$$\left(\tilde{\gamma}_N^{(1)}, \dots, \tilde{\gamma}_N^{(N)} \right) \text{ и } \left(\tilde{\omega}_N^{(1)}, \dots, \tilde{\omega}_N^{(N)} \right)$$

с компонентами $\tilde{\gamma}_N^{(\tau)} = -\frac{\hat{h}_n(m^{(\tau)})}{\bar{\varepsilon}_N \eta_N}$ и $\tilde{\omega}_N^{(\tau)} = -\frac{(-\hat{h}_n)(m^{(\tau)})}{\bar{\varepsilon}_N \eta_N}, \tau = 1, \dots, N = N(n)$

соответственно.

Тогда для всякого $(l^{(N)}, \varphi_N)(x, t) \equiv \varphi_N(\hat{f}(m^{(1)}), \dots, \hat{f}(m^{(N)}); x, t)$ имеем

$$\sup_{f \in W_2^r} \sup_{\left| \gamma_N^{(1)} \right| \leq 1, \dots, \left| \gamma_N^{(N)} \right| \leq 1} \left\| u(\cdot; f) - \varphi_N \left(\hat{f} \left(m^{(1)} \right) + \gamma_N^{(1)} \eta_N \bar{\varepsilon}_N, \dots, \hat{f} \left(m^{(N)} \right) + \gamma_N^{(N)} \eta_N \bar{\varepsilon}_N \right) \right\|_{L^{q, \infty}} \geq \max \left\{ \left\| h_n(\cdot) - \varphi_N(0, \dots, 0; 0, \cdot) \right\|_q, \left\| (-h_n)(\cdot) - \varphi_N(0, \dots, 0; 0, \cdot) \right\|_q \right\} \geq \|h_n\|_q.$$

Следовательно, в силу неравенства (7), получим

$$\delta_N \left(\eta_N \bar{\varepsilon}_N; (L^{(N)}, \varphi_N) \right)_{L^{q, \infty}} \gg_{s, r, q} \delta_N \left(0; L^{(N)} \times \{ \varphi_N \} \right)_{L^{q, \infty}} \beta_n^{1 - \alpha(1 - 1/q)}. \quad (8)$$

Поскольку $1 - \alpha(1 - 1/q) > 0$, то из (8) следует равенство (1).

Теорема доказана.

Список использованных источников:

- 1 Temirgaliev N., Zhubanisheva A.Zh. Computational (Numerical) diameter in the context of general theory of a recovery, Russian Mathematics (Iz. VUZ), N1, 89 - 97(2019) <https://doi.org/10.3103/S1066369X19010109>
- 2 Temirgaliev N., Abikenova Sh.K., Zhubanisheva A.Zh., Taugynbaeva G.E. Discretization of solutions to a Wave Equation, Numerical Differentiation and Function Recovery with the help Computational (Numerical) Diameter, Russian Mathematics (Iz. VUZ), 57(8), 75 – 80(2013). <https://doi.org/10.3103/S1066369X13080094>
- 3 Temirgaliev N., Zhubanisheva A.Zh. Order Estimates of the Norms of derivatives of Functions with Zero Values of Linear Functionals and Their Applications, Russian Mathematics (Iz. VUZ), 61(3), 77 – 82 (2017). <https://doi.org/10.3103/S1066369X17030100>
- 4 Temirgaliev N., Zhubanisheva A.Zh. Informative Cardinality of Trigonometric Fourier Coefficients and Their Limiting Error in the Discretization of a Differentiation Operator in Multidimensional Sobolev Classes, Computational Mathematics and Mathematical Physics, 55(9), 1432- 1443(2015). <https://doi.org/10.1134/S0965542515090146>
- 5 Утесов А.Б., Абдыкулов А.Т. Полное $K(B)\Pi$ – исследование задачи восстановления функций из анизотропных классов Соболева по неточным значениям их тригонометрических коэффициентов Фурье. Вестник ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, №1(122)/2018, стр.90 - 98. <https://elibrary.ru/item.asp?id=42336934>
- 6 Утесов А.Б. Об оптимальном восстановлении функций из класса Коробова в рамках $K(B)\Pi$ – постановки. Вестник КазНПУ им. Абая. Серия «физ.- мат. науки», №2(70), 2020, стр. 115 – 121. <https://doi.org/10.51889/2020-2.1728-7901.19%20>
- 7 Темиргалиев Н., Таугынбаева Г.Е., Абикенова Ш.К. Дискретизация решений уравнений в частных производных в контексте Компьютерного (вычислительного) поперечника. Вестник ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, №1 (126) / 2019. С.8-51. https://dspace.enu.kz/bitstream/handle/data/16582/discretization-of-solutions-of-partial-differential-equations-in-the-context-of-computational-numeri_.pdf?sequence=1
- 8 Azhgalliev Sh. On the discretization of solutions of the heat equation, Matematical Notes, 82(2), 153 – 158 (2007). <https://dspace.enu.kz/bitstream/handle/data/2012/Discretization%20of%20the%20solutions%20of%20the%20heat%20equation.pdf?sequence=1>
- 9 Темляков В.Н. Приближение функций с ограниченной смешанной производной. Труды МИАН СССР, 1986, т. 178, с. 3 - 113. <http://www.mathnet.ru/links/3cb3d95ead34a8d17f2b9b133930ecff/tm2107.pdf>
- 10 Никольский С.М. Неравенства для целых функций конечной степени и их применение в теории дифференцируемых функций многих переменных. Труды МИАН СССР, 1951, т.38, с. 244 - 278. <http://www.mathnet.ru/links/afce3536f6d0484caf27bb63ce543fa4/tm1119.pdf>

References:

- 1 Temirgaliev N., Zhubanisheva A.Zh. (2019). Computational (Numerical) diameter in the context of general theory of a recovery, Russian Mathematics (Iz. VUZ), N1, 89 - 97 <https://doi.org/10.3103/S1066369X19010109>
- 2 Temirgaliev N., Abikenova Sh.K., Zhubanisheva A.Zh., Taugynbaeva G.E. (2013) Discretization of solutions to a Wave Equation, Numerical Differentiation and Function Recovery with the help Computational (Numerical) Diameter, Russian Mathematics (Iz. VUZ), 57(8), 75- 80. <https://doi.org/10.3103/S1066369X13080094>

3 Temirgaliev N., Zhubanisheva A.Zh. (2017) *Order Estimates of the Norms of derivatives of Functions with Zero Values of Linear Functionals and Their Applications*, Russian Mathematics (Iz. VUZ), 61(3), 77-82. <https://doi.org/10.3103/S1066369X17030100>

4 Temirgaliev N., Zhubanisheva A.Zh. (2015) *Informative Cardinality of Trigonometric Fourier Coefficients and Their Limiting Error in the Discretization of a Differentiation Operator in Multidimensional Sobolev Classes*, Computational Mathematics and Mathematical Physics, 55(9), 1432- 1443. <https://doi.org/10.1134/S0965542515090146>

5 Utessov A.B., Abdykulov A.T. (2018) *Polnoe $K(V)P$ – issledovanie zadachi vosstanovleniya funktsiy iz anizotropnykh klassov Soboleva po netochnym znachenijam ih trigonometricheskikh koefitsientov Fur'e [The complete $C(N)D$ -solution of the problem recovery of functions from anisotropic Sobolev classes by their unexact trigonometric Fourier coefficients]*. Vestnik ENU im. L.N.Gumileva, №1(122), str. 90 - 98. <https://elibrary.ru/item.asp?id=42336934>

6 Utessov A.B. (2020) *Ob optimal'nom vosstanovlenii funktsiy iz klassa Korobova v ramkah $K(V)P$ – postanovki [On optimal recovery of functions from the Korobov class in the framework of $C(N)D$ - statement]*. Vestnik KazNPU im. Abaja. Seriya «fiz.–mat. nauki», №2(70), str. 115 - 121. <https://doi.org/10.51889/2020-2.1728-7901.19%20>

7 Temirgaliev N., Taugynbaeva G.E., Abikenova Sh.K. (2019) *Diskretizatsiya resheniy uravneniy v chastnykh proizvodnykh v kontekste Komp'yuternogo (vychislitel'nogo) poperechnika [Discretization of solutions of partial differential equations in the context of Computational (numerical) diameter]*. Vestnik ENU im. L.N.Gumileva, №1 (126) S.8-51. https://dSPACE.enu.kz/bitstream/handle/data/16582/discretization-of-solutions-of-partial-differential-equations-in-the-context-of-computational-numeri_.pdf?sequence=1

8 Azhgalliev Sh. (2007) *On the discretization of solutions of the heat equation*, Mathematical Notes, 82(2), 153- 158. <https://dSPACE.enu.kz/bitstream/handle/data/2012/Discretization%20of%20the%20solutions%20of%20the%20heat%20equation.pdf?sequence=1>

9 Temljakov V.N. (1986) *Priblizhenie funktsiy s ogranichennoj smeshannoj proizvodnoj [Approximation of functions with bounded mixed derivative]*. Trudy MIAN SSSR, t. 178, s. 3- 113. <http://www.mathnet.ru/links/3cb3d95ead34a8d17f2b9b133930ecff/tm2107.pdf>

10 Nikol'skij S.M. (1951) *Neravenstva dlja celykh funktsiy konechnoj stepeni i ih primenenie v teorii differenciruemykh funktsiy mnogih peremennykh [Inequalities for entire functions of finite degree and their application in the theory of differentiable functions of many variables]*. Trudy MIAN SSSR t.38, s. 244 - 278. <http://www.mathnet.ru/links/afce3536f6d0484caf27bb63ce543fa4/tm1119.pdf>

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

МРНТИ 29.15.03; 29.15.19
УДК 539.141/142

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.06>

Н.К. Калжигитов¹, В.О. Құрманғалиева^{1*}, Ұ.Б. Отарбаева², А.Ж. Абдихан², Н.А. Ернар²

¹әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

*e-mail: venera_baggi@mail.ru

**ЕКІ АЛЬФА БӨЛШЕКТИҢ СЕРПІМДІ СОҚТЫҒЫСУ РЕАКЦИЯСЫНДАҒЫ НУКЛОН-НУКЛОН
ӘСЕРЛЕСУІНІҢ ПОТЕНЦИАЛДАРЫ**

Аңдатпа

Аталған жұмыста кластерлік модель аясында қысқа мерзімде өмір сүретін ${}^8\text{Be}$ ядросының түзілуімен екі альфа-альфа бөлшектің серпімді соқтығысу реакциясын есептеу үшін екі нуклон-нуклондық потенциал пайдаланылды. Сонымен қатар, теориялық талдау мен көрсетілген проблеманы шешуде кластерлік модель әдісі қолданылды. Осындай модельдердің бірі ол - микроскопиялық кластерлік модель немесе резонанциялайтын топтар әдісінің алгебралық нұсқасы (РТӘАН) әдісі ретінде танымал модель, бұл проблеманы жаңаша зерттеуге және резонанстық күйлер туралы мағлұматтар алуға мүмкіндік береді. Бұл әдістің артықшылығы Паули принципін, сонымен қатар өзара әрекеттесетін кластерлердің ішкі құрылымын ескеруі болып табылады. Бұл мәселені зерттеу үшін екі жартылай шынайы нуклон-нуклондық потенциал: модификацияланған Хасегава-Нагата потенциалы және Волков потенциалының екінші нұсқасы таңдалды. Әр потенциалдың әрқайсысының өзіндік бірегей сипаттамалары мен алмасу параметрлері бар, ол ұсынылған мәселені толығырақ қарастыруға мүмкіндік береді. Екі нуклон-нуклондық потенциалды қолдану арқылы алынған жүргізілген жұмыстардың нәтижелері бойынша резонанстық күйдің Γ ені және E энергиясы бұрыннан бар тәжірибелік мәліметтермен салыстырылды. Салыстырулар нәтижесінде теория мен эксперимент арасындағы сәйкестілік алынды.

Түйін сөздер: кластерлер, кластерлік модель, резонанциялайтын топтар әдісі, жеңіл ядролар, альфа бөлшектің қатысуымен жүретін реакция, резонанстық күйлер.

Аннотация

Н.К. Калжигитов¹, В.О. Курманғалиева¹, У.Б. Отарбаева², А.Ж. Абдихан², Н.А. Ернар²

¹Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

**ПОТЕНЦИАЛЫ НУКЛОН-НУКЛОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В РЕАКЦИИ УПРУГОГО
СОУДАРЕНИЯ ДВУХ АЛЬФА ЧАСТИЦ**

В настоящей работе для расчета реакции упругого соударения двух альфа-альфа частиц с образованием короткоживущего ядра ${}^8\text{Be}$, в рамках кластерной модели, были использованы два нуклон-нуклонных потенциала. Вместе с ними при расчетах был задействован метод кластерной модели, что стал мощным инструментом для теоретического анализа и решения указанной проблемы. Одной из таких моделей является микроскопическая кластерная модель или метод, известный как алгебраическая версия метода резонирующих групп (АВМРГ), которая позволяет исследовать данную задачу с новой стороны и получить данные о резонансных состояниях. Преимуществом данного метода является учет принципа Паули, а также внутренней структуры взаимодействующих кластеров. Для исследования данной задачи были выбраны два полу реалистических нуклон-нуклонных потенциала: модифицированный потенциал Хасегавы-Нагаты и вторая версия потенциала Волкова. Каждый из потенциалов обладает своими уникальными характеристиками и обменными параметрами, что позволяет более детально рассмотреть представленную задачу. По результату проведенных работ, полученные с использованием двух нуклон-нуклонных потенциалов данные по ширине Γ и

энергии E резонансного состояния сравнивались с уже имеющимися экспериментальными данными. В следствии этого, было получено хорошее соответствие теории и эксперимента.

Ключевые слова: кластеры, кластерная модель, метод резонирующих групп, легкие ядра, реакция с участием альфа частиц, резонансные состояния.

Abstract

POTENTIALS OF THE NUCLEON-NUCLEON INTERACTION IN THE ELASTIC IMPACT REACTION OF TWO ALPHA PARTICLES

Kalzhigitov N.K.¹, Kurmangaliyeva V.O.¹, Otarbayeva U.B.², Abdikhan A.Zh.², Yernar N.A.²

¹*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

²*Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan*

In this work, two nucleon-nucleon potentials were used to calculate the elastic collision reaction of two alpha-alpha particles with the formation of a short-lived ${}^8\text{Be}$ nucleus within the framework of the cluster model. Together with them, the cluster model method was used in the calculations, which became a powerful tool for theoretical analysis and solution of this problem. One such model is the microscopic cluster model, or the method known as the algebraic version of the resonating group method (ARGM), which will allow us to explore this problem from a new angle and obtain data on resonant states. The advantage of this method is that it takes into account the Pauli principle, as well as the internal structure of interacting clusters. To study this problem, two semi-realistic nucleon-nucleon potentials were chosen: the modified Hasegawa-Nagata potential and the second version of the Volkov potential. Each of the potentials has its own unique characteristics and exchange parameters, which allows us to consider the presented problem in more detail. Based on the results of the work performed, the data obtained using two nucleon-nucleon potentials on the width Γ and energy E of the resonance state were compared with the already available experimental data. As a result, there was a good agreement between theory and experiment.

Keywords: clusters, cluster model, resonating group method, light nuclei, reaction involving alpha particles, resonance states.

Кіріспе

Әртүрлі ядролық реакциялар кезінде атом ядросының құрылысы мен онда болатын процестерді зерттеу, ядролық физиканың негізгі міндеттері болып табылады. Дегенмен, ядроның құрылысы мен оның ішіндегі процестерді зерттеудегі ең күрделі міндеттердің бірі - ядро аймағындағы өзара әрекеттесетін және нуклондарды бірге ұстап тұратын ядролық күштерді дұрыс анықтау болып қала береді. Ядролық күштер әлі де нақты анықталмағандықтан және көбінесе зерттелмегендіктен, оларды зерттеу күні бүгінге дейін өзекті болып табылады. Ядролық күштерді және нуклондардың бір-бірімен әрекеттесу сипатын дұрыс анықтау үшін, әртүрлі теориялық есептеулерде нуклон-нуклондық потенциалдар қолданылады. Өздерінің сипаттамалары бойынша олар әртүрлі, қарапайымнан күрделіге дейін болады. Біздің мақсатымызға жетуіміз үшін, әрқайсысының өз алмасу параметрлері бар екі нуклон-нуклондық потенциал таңдалды.

Әртүрлі нуклон-нуклондық потенциалдардың әсерін және солар арқылы ядроның күйін зерттеу үшін төменгі 0-15 МэВ аралығындағы екі альфа бөлшектің қатысуымен жүретін серпімді шашырау реакциясы қарастырылды.



Бұл қарастырылған реакция тек ядролық физиканың көптеген саласында ғана емес, сонымен қатар астрофизикада да қызықты болып табылады, себебі ядролық әсерлесудің әсерін көрсететін қарапайым, бірақ, сонысына қарамастан қызықты нуклондық комбинация болып табылады. Екі альфа бөлшектің осы шашырау реакциясында қысқа уақыт ішінде пайда болған резонанстық күй бериллий ${}^8\text{Be}$ изотопының тұрақсыз ядросы болып табылады, ол өзінің ерекшеліктеріне байланысты тек мына күйлерде болуы мүмкін: 0^+ , 2^+ и 4^+ . ${}^8\text{Be}$ ядросы өте орнықсыз болып табылады және бос күйінде табиғатта кездеспейді. Бірақ ол Күнде, жұлдыздық ортада жүретін термоядролық реакциялардың маңызды құрамдасы болып табылады.

Есептеу моделі

Екі альфа бөлшектің серпімді реакциясының резонанстық күйін есептеу үшін біз екі кластерлі микроскопиялық моделді қолдандық. Аталған модель резонанциялайтын топтар әдісінің алгебралық нұсқасы (РТӘАН) болып табылады, және [1-5] жұмыстарда тұжырымдалған. Алгебралық нұсқаның

негізгі ерекшелігі, онда байланысқан және үздіксіз спектр күйлерінде әсерлесетін кластерлердің салыстырмалы қозғалысын сипаттау үшін, осцилляторлық функциялардың толық жиыны қолданылады. Аталған әдіс аясында екі кластерлі жүйенің күйін сипаттайтын толық толқындық функция мына түрде беріледі:

$$\Psi_J = A \left\{ \left[\varphi_1(A_1) \varphi_2(A_2) \right]_s \psi'_{LS}(\vec{q}) \right\}, \quad (2)$$

мұндағы $\varphi_1(A_1)$, $\varphi_2(A_2)$ - бірінші және екінші альфа кластерлердің ішкі толқындық функциялары. Екі функцияда оларды құрайтын нуклондардың кеңістіктік, спиндік және изоспиндік координаттарынан тәуелді. Және екі функцияда нуклондардың кез-келген жұбының ауыстырылуына қатысты антисимметриялы. Резонанциялайтын топтар әдісі аясында бұл функциялар белгілі деп есептеледі. Мұндай функцияларды құрудың бірнеше қарапайым тәсілдері бар. $\varphi_1(A_1)$ және $\varphi_2(A_2)$ функцияларына қарағанда, екі кластердің салыстырмалы қозғалысын сипаттайтын $\psi'_{LS}(\vec{q})$ толқындық функциясы белгісіз, және резонанциялайтын топтар әдісінің қозғалыс теңдеулерін шешу жолымен анықталуы керек. Бұл функция, кластерлердің ара қашықтығын анықтайтын \vec{q} Якоби векторының функциясы болып табылады.

Резонанциялайтын топтар әдісінің алгебралық нұсқасы аясында $\psi'_{LS}(\vec{q})$ толқындық функциясы $\psi_n(q, r_0)$ үшөлшемді гармоникалық осциллятордың толқындық функциясының шексіз қатарына ыдырайды:

$$\psi'_{LS}(q) = \sum_{n=n_0}^{\infty} C_{nL} \psi_{nL}(q, r_0), \quad (3)$$

мұндағы C_{nL} ыдырау коэффициенті болып табылады, $q - \vec{q}$ векторының модулі. $\psi_n(q, r_0)$ осцилляторлық функциясының айқын көрінісін [6] жұмыстан табуға болады. Осцилляторлық функциялар ортонормаланған функциялардың толық жиынтығын құрайтындықтан, екі кластерлік жүйенің кез-келген толқындық функциясы осы функцияларға бөліне алады.

Резонанциялайтын топтар әдісінің алгебралық нұсқасы аясында екі кластерлік жүйенің (2) толқындық функциясы (3) теңдеуді ескере отырып, Фурье қатарының жалпыланған түрінде көрсетуге болады:

$$\Psi_J = \sum_{n=n_0}^{\infty} C_{nL} \Psi_{nL}, \quad (4)$$

бұл сызықтық алгебралық теңдеулер жиынтығы ретінде ыдырау коэффициенттері үшін динамикалық теңдеулерді береді

$$\sum_{m=n_0}^{\infty} \left[\langle \vec{nL} | H | \vec{mL} \rangle - E \cdot \delta_{n,m} \right] C_{mL} = 0, \quad (5)$$

мұнда \hat{H} ядроның көпбөлшектік гамильтонианы болып табылады, E – ядролық жүйенің толық энергиясы.

Теңдеудің бұл түрі, сызықтық біртекті алгебралық теңдеулердің шексіз жүйесін тудыратын, функцияның ортонормальдық базисі бар Шредингер теңдеуінің стандартты матрицалық түрі болып табылады. Егер, ыдырау коэффициенттерінің асимптотикалық тәртібін ескерсек, онда (5) түрдегі теңдеулер жүйесі мына түрге келеді:

$$\begin{aligned} \sum_{m=n_0}^{N_a} [\langle \vec{nL} | \hat{H} | \vec{mL} \rangle - E \cdot \delta_{n,m}] \bar{C}_{mL} - \tan \delta \cdot \langle \vec{nL} | \hat{H} | N_a + 1, L \rangle C_{N_a+1,L}^{(I)} = \\ = - \langle \vec{nL} | \hat{H} | N_a + 1, L \rangle C_{N_a+1,L}^{(R)}. \end{aligned} \quad (6)$$

Бұл сызықтық теңдеулердің соңғы жүйесі, және ол N_a+1 теңдеулерден тұрады, және толқындық функцияның ішкі бөлігінің N_a ыдырау коэффициенттерінен және ыдырау фазасының тангенсінен тұрады. Есептеулер барысында, шектік шарттары бар осы сызықтық алгебралық теңдеулердің біртекті емес жүйесі, осциллятор көрінісінде, үздіксіз спектрдің толқындық функциясы мен шашырау фазасын табуға мүмкіндік береді.

Потенциалдар

Ұсынылып отырған кластерлік жүйенің ядролық әсерлесуін сипаттау үшін, Хасегава-Нагата (МННР) [7, 8] потенциалы қолданылды. Бұл потенциалдың ерекшелігі - ол спин-орбиталдық компонентті де, сондай-ақ орталық компоненттерді де ескеруге мүмкіндік береді және 3 Гаусс функциясын қамтиды. Бұл үлкен қашықтықта нуклондардың тартылуын және қысқа қашықтықтағы тебілуін жақсы шығаруға мүмкіндік береді. Ол, энергияның кең диапазонында жеңіл ядролардың шашырауын сипаттау үшін жиі қолданылған. Жаңартылған Хасегава-Нагата потенциалындағы, сондай-ақ Волков В2 потенциалындағы компонент, потенциалдың орталық және спин-орбиталдық бөліктері үшін алмасу операторлары мен алмасу параметрлері арқылы сипатталады.

Кесте 1. Әртүрлі нуклон-нуклондық потенциалдарға арналған алмасу параметрлерінің мәндері

МННР [7, 8]						
n	μ (фм ⁻²)	V_0 (МэВ)	m	w	b	h
1	0.16	- 6	1.1528	- 0.2361	0.5972	- 0.5139
2	1.127	- 546	0.4057	0.424	0.1401	0.0302
3	3.4	1655	0.3985	0.4474	0.1015	0.0526
VP 2 [9]						
1	0.3086	- 60.65	0.6	0.4	-	-
2	0.9803	61.14	0.6	0.4	-	-

Мұндағы n – гаусс функциясының нөмірі, μ – күш квадраты радиусына кері параметр, σ_i - i -ші нуклонның спині операторы, τ_i – изоспиндік айнымалы, ауысу операторлары (P^M -Майоран, P^B – Бартлетт, P^H -Гейзенберг), ауысу операторлары (h –Гейзенберга, b –Бартлетта, m – Майорана), w – Вигнер параметрі. w, b, h, m параметрлері өлшемсіз болып табылады, және 0 ден 1 дейін өзгереді. Олардың мәндері дейтронның байланыс энергиясы мен нуклон-нуклондық шашырау параметрлерін келтіру арқылы анықталды. 1 кестеде жаңартылған Хасегава-Нагата потенциалының орталық компоненттері үшін, w, b, h, m параметрлерінің дәл шамалары келтірілген.

Волков потенциалының екінші нұсқасын [9] мына түрде көрсетуге болады:

$$V_{ij}(r_{ij}) = \sum_{i < j}^A U(r_{ij})(1 - m + m\widehat{P}_{ij}^M), \quad (7)$$

мұндағы $U(r_{ij})$ мына потенциалдың форм факторы

$$U(r_{ij}) = V_a e^{-\left(\frac{r_{ij}}{a}\right)^2} + V_r e^{-\left(\frac{r_{ij}}{p}\right)^2}. \quad (8)$$

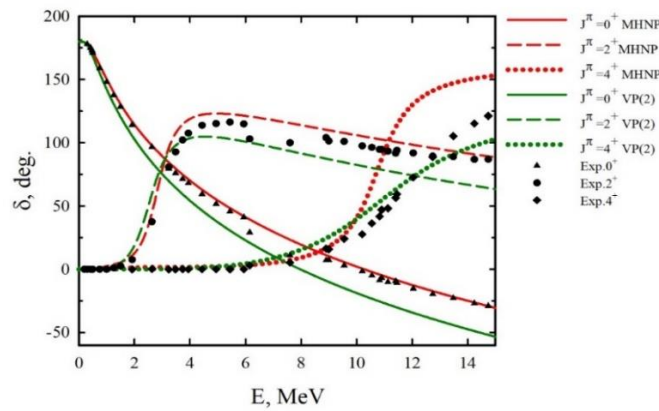
V_a, a, p, V_r параметрлері – Волков нұсқасынан өзгереді. a – шашырау ұзындығы. Бұл жұмыста В2 компонент қолданылды, сондықтан олар мынаған тең: $V_a = -60.65, a = 1.8, u = 1, p = 1.01, V_r = 61,14$ [9]. Волков потенциалымен сипатталатын әсерлесудің екі гаусстық функциясы бар және спин мен изоспинге тәуелсіз ($b = h = 0$).

Нәтижелер

Жаңартылған Хасегава-Нагата және Волков В2 потенциалдары сияқты әртүрлі нуклон-нуклондық потенциалдарды қолдану арқылы құрылған $0^+, 2^+$ және 4^+ арналған шашырау фазалары графикте көрсетілген (1 сурет).

Көрсетілген графиктегі есептеулер әдісі мен нуклон-нуклондық потенциалды қолданып алынған шашырау фазалары: түзу сызықпен - 0^+ күй үшін, үзік сызықпен - 2^+ күй үшін, және нүктелі

сызықпен - 4^+ күй үшін белгіленеді. Бір потенциалды қолдану арқылы құрылған шашырау фазасына белгілі бір түс сәйкес келеді. Қызыл түспен жаңартылған Хасегава-Нагата потенциалы негізіндегі шашырау фазасы, жасыл түспен Волков В2 потенциалы негізіндегі шашырау фазасы белгіленген.



Сурет 1. Жаңартылған Хасегава-Нагата (қызыл) және Волков В2 (жасыл) потенциалдары сияқты әртүрлі нуклон-нуклондық потенциалдарды қолдану арқылы құрылған 0^+ , 2^+ және 4^+ арналған шашырау фазалары және эксперимент нәтижелерімен салыстырылды [10]

Есептеулер нәтижесінде алынған резонанстық күйлердің теориялық параметрлерінің мәндері (2 кесте), графиктегі (1 сурет) сәйкес фазалық жылжулардан есептелген. Резонанстық күй маңындағы фазалық жылжу үшін Брейт-Вигнер формуласы көмегімен.

$$\left. \frac{d^2\delta}{dE^2} \right|_{E=E_r} = 0, \quad \Gamma = 2 \left(\left. \frac{d\delta}{dE} \right|_{E=E_r} \right)^{-1} \quad (9)$$

Оқшауланған резонанс маңындағы шашырау фазаларын фондық және резонанстық шашырау фазаларының қосындысы ретінде көрсетуге болады. Резонанстық шашырау фазасын табу үшін, Брейт-Вигнер формуласын қолданамыз [8]

$$\delta(E) = \delta_{\text{фон}}(E) + \delta_{\text{рез}}(E) = \delta_{\text{фон}}(E) - \arctan \frac{\Gamma/2}{E - E_r}, \quad (10)$$

мұндағы $\delta_{\text{фон}}(E)$ – фазалардың фондық жылжуы, $\delta_{\text{рез}}(E)$ – фазалардың резонанстық жылжуы, E_r – резонанстық күйдің энергиясы, Γ – резонанстық күйдің ені.

Кесте 2. Резонанстардың эксперименттік [11] және теориялық мәндері: 0^+ , 2^+ және 4^+ күйлерге арналған E (резонанс энергиясы) және Γ (резонанс ені)

J^π	Потенциалдар	E (МэВ)	Γ (МэВ)
0^+	MHNП	0.096	0.17065×10^{-6}
	VP(2)	0.091	0.09858×10^{-6}
	Exp. [11]	0.0918	$(5.57 \pm 0.25) \times 10^{-6}$
2^+	MHNП	2.824	1.20147
	VP(2)	2.529	1.49553
	Exp. [11]	3.12 ± 10	1.513 ± 1.5
4^+	MHNП	10.74	1.93217
	VP(2)	10.857	6.73414
	Exp. [11]	11.44 ± 1.5	3.500

4. Талқылау және қорытынды

Бұл жұмыстың негізгі мақсаты екі альфа-бөлшектердің серпімді шашырау реакциясындағы ядролық күштердің табиғаты мен әсерін зерттеу болды, онда 15 МэВ-ке дейінгі төменгі энергия интервалында эксперименттерде ${}^8_4\text{Be}$ құрама ядросы түріндегі резонанстық күй байқалды. Жасалған жұмыстың мақсаты екі нуклон-нуклондық потенциалды қолдана отырып, осындай резонанстық күйді теориялық есептеу болды.

Салыстыру нәтижесінде кластерлік моделді және жартылай шынайы нуклонды-нуклондық потенциалды қолдану арқылы құрылған шашырау фазалары қазіргі уақытта қолда бар эксперименттік мәліметтермен жақсы сәйкес келетіндігі анықталды. Әсіресе, 4 МэВ-ке дейінгі аймақта ол анық байқалды, графикте құрылған сызықтар эксперименттегі нүктелерге абсолют түрде сәйкестігі байқалды. Алайда, алмасу параметрлерінің әртүрлі мәндерінің болуына және әр қолданылатын потенциалдарда алмасу операторларының әсеріне байланысты, әртүрлі күйдегі құрылған шашырау фазаларында, энергияның жоғарылауы барысында, бір-бірімен және эксперименттік деректермен кейбір үйлеспеушіліктер байқалды. Бұл алшақтық негізінен, есептеулер барысындағы потенциалдардың жүйеге әсеріне байланысты түсіндіріледі. Сонымен қатар, 2^+ және 4^+ күйлер үшін фазалар шашырауының мүмкін себебі, қолданылатын нуклон-нуклон потенциалдарында тензорлық компонентаны ескермеуге байланысты. Бірақ, осы жуықтаулардың өзінде, жалпы аталған әдіс экспериментпен жақсы сәйкестікті көрсетеді.

Жаңартылған Хасегава-Нагата потенциалын қолдана отырып есептелген шашырау фазасы толық бұрыштық моменттің $J = 0$ мәнінде, 0.096 МэВ энергия мәнінен бастау алатын жоғарғы, жіңішке резонанстың бар екенін көрсетті. Ені жіңішке 0.17065×10^{-6} МэВ өшетін резонанстық күйдің болуы, кулондық барьерді бар болуымен байланысты. Осының әсерінен, белгілі бір уақыт ішінде пайда болған ${}^8_4\text{Be}$ құрама ядросы, қайтадан екі альфа-кластерге ыдырайды және осы кезде резонанстық күй сияқты байқалады.

Толық бұрыштық моменттің $J = 2$ мәнінде, резонанс неғұрлым кең болады және 2.824 МэВ энергияда пайда болады. 10.74 МэВ жоғары байқалатын бұдан да кең резонанс, $J = 4$ мәнге сәйкес келеді.

Осыған байланысты, орбиталдық моменттің $L = 2, 4$ мәндерінде, қосымша центрден тепкіш барьер тудыру нәтижесінде, құрама ядроның ішіндегі ядролық күштерге әсері туралы қорытынды жасауға болады, осының нәтижесінде резонанстық күйлердің өмір сүру уақыты қысқарды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 Филиппов Г.Ф., Охрименко И.П. *О возможности использования осцилляторного базиса для решения задач непрерывного спектра, ЭЧАЯ.* – 1980. – Том. 32. – С. 5.

2 Lashko Y. A., Filippov G. F., and Vasilevsky V. S., “Dynamics of two cluster systems in phase space”, *Nucl. Phys. A*, vol. 941, pp. 121-144, Sept. 2015.

3 Filippov G. F. “On taking into account correct asymptotic behavior in oscillator-basis expansions,” *Sov. J. Nucl. Phys.*, vol. 33, pp. 488-489, 1981.

4 Филиппов Г.Ф., Василевский В.С., Чоповский Л.Л. *Обобщенные когерентные состояния в задачах ядерной физики, ЭЧАЯ.* – 1984. - Т.15. - стр.1338-1383.

5 Filippov G. F., Vasilevsky V. S., and Chopovsky L. L., “Solution of problems in the microscopic theory of the nucleus using the technique of generalized coherent states”, *Sov. J. Part. Nucl.*, vol. 16, pp. 153-177, 1985.

6 Vasilevsky, V. S. and Kato, K. and Kurmangaliyeva, V. and Duisenbay, A.D. and Kalzhigitov, N. and Takibayev, N., *Investigation of discrete and continuous spectrum states in two-cluster system. Sapporo, Japan: Hokkaido University, 2017.*

7 Hasegawa A. and Nagata S., “Ground state of ${}^6\text{Li}$ ”, *Prog. Theor. Phys.*, vol. 45, pp. 1786-1807, 1971.

8 Tanabe F., Tohsaki A., and Tamagaki R., “ $\alpha\alpha$ scattering at intermediate energies”, *Prog. Theor. Phys.*, vol. 53, pp. 677-691, 1975.

9 Volkov A.B., “Equilibrium deformation calculations of the ground state energies of $1p$ shell nuclei”, *Nuclear Physics*, vol. 74, pp. 33-58, 1965.

10 Arena N., Barit I.Ya., Cavallaro Seb., d'Arrigo A., Fazio G., “Investigation of the high excitation ${}^8_4\text{Be}$ region”, *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.*, vol. 20, pp. 1973-1979, 1994.

11 Tilley D.R., Kelley J.H., Godwin J.L., Millener D.J., Purcell J.E., Sheu C.G., and Weller H.R., “Energy levels of light nuclei $A=8, 9, 10$,” *Nucl. Phys. A*, vol. 745, pp. 155-362, Dec. 2004.

References:

- 1 Filippov G.F., Ohrimenko I.P. (1980) *O vozmozhnosti ispolzovaniya oscillatornogo bazisa dlya resheniya zadach neprerivnogo spectra*, [On the Possibility of Using the Oscillatory Basis for Solving Continuous Spectrum Problems]. EPNP Vol. 32. P. 5. (in Russian)
- 2 Lashko Y. A., Filippov G. F., and Vasilevsky V. S., "Dynamics of two cluster systems in phase space", *Nucl. Phys. A*, vol. 941, pp. 121-144, Sept. 2015.
- 3 Filippov G. F. "On taking into account correct asymptotic behavior in oscillator-basis expansions," *Sov. J. Nucl. Phys.*, vol. 33, pp. 488-489, 1981.
- 4 Filippov G.F., Vasilevsky V.S., Chopovsky L.L. (1984) *Obobshennye kogerentnye sostoyanya v zadachah yedernoi fiziki*, [Generalized coherent states in problems of nuclear physics] EPNP. V.15. P.1338-1383. (in Russian)
- 5 Filippov G. F., Vasilevsky V. S., and Chopovsky L. L., "Solution of problems in the microscopic theory of the nucleus using the technique of generalized coherent states", *Sov. J. Part. Nucl.*, vol. 16, pp. 153-177, 1985.
- 6 Vasilevsky, V. S. and Kato, K. and Kurmangaliyeva, V. and Duisenbay, A.D. and Kalzhigitov, N. and Takibayev, N., *Investigation of discrete and continuous spectrum states in two-cluster system*. Sapporo, Japan: Hokkaido University, 2017.
- 7 Hasegawa A. and Nagata S., "Ground state of ${}^6\text{Li}$ ", *Prog. Theor. Phys.*, vol. 45, pp. 1786-1807, 1971.
- 8 Tanabe F., Tohsaki A., and Tamagaki R., " $\alpha\alpha$ scattering at intermediate energies", *Prog. Theor. Phys.*, vol. 53, pp. 677-691, 1975.
- 9 Volkov A.B., "Equilibrium deformation calculations of the ground state energies of $1p$ shell nuclei", *Nuclear Physics*, vol. 74, pp. 33-58, 1965.
- 10 Arena N., Barit I.Ya., Cavallaro Seb., d'Arrigo A., Fazio G., "Investigation of the high excitation ${}^8\text{Be}$ region", *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.*, vol. 20, pp. 1973-1979, 1994.
- 11 Tilley D.R., Kelley J.H., Godwin J.L., Millener D.J., Purcell J.E., Sheu C.G., and Weller H.R., "Energy levels of light nuclei $A=8, 9, 10$," *Nucl. Phys. A*, vol. 745, pp. 155-362, Dec. 2004.

А.Е. Қызырқанов^{1,2*}, С.К. Атанов¹, Ш.А. Альджаварнех³, Н.А. Тұрсынова¹

¹Евразийский Национальный Университет, г. Нур-Султан, Казахстан

²Астана ИТ Университет, г. Нур-Султан, Казахстан

³Иорданский университет науки и технологии, г. Ирбид, Иордания

* e-mail: abzzall@gmail.com

КООРДИНАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ МНОГОАГЕНТНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аннотация

Для многоагентных робототехнических систем движение с определенной геометрической структурой, имеет много преимуществ: сокращаются затраты на систему, улучшается эффективность и согласованность, а также обеспечивается гибкость структуры. В данной работе рассмотрена движение многоагентных робототехнических систем с поддержкой определенной геометрической структуры. Описано алгоритм координации движения роботов в системе основанное на модели поведения. Для поддержания геометрической структуры использовался метод «Лидер-Последователь», а для того, чтобы работоспособность системы не зависело от состояния отдельных роботов было предложено определить виртуального лидера. Также в рамках данной работы было смоделировано движения многоагентной робототехнической системы с четырьмя автономными роботами. Предоставлены результаты экспериментальных исследований движения этой системы с использованием, алгоритма описанной в данной статье.

Ключевые слова: многоагентные робототехнические системы, координация, подход, основанный на модели поведения.

Аңдатпа

А.Е. Қызырқанов^{1,2}, С.К. Атанов¹, Ш.А. Альджаварнех³, Н.А. Тұрсынова¹

¹Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

²Астана ИТ Университет, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

³Иорданская гылым және технология университеті, Ирбид, Иордания

КӨП АГЕНТТІ РОБОТ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫН ҮЙЛЕСТІРУ

Көп агентті роботтық жүйелер үшін белгілі бір геометриялық форманы сақтай отырып қозғалудың көптеген артықшылықтары бар: жүйені ұстауға кететін шығындар азаяды, жүйе жұмысының тиімділігі мен үйлесімі, сонымен қатар жүйедегі роботтардың икемділігі артады. Бұл жұмыста көп агентті роботтық жүйелердің белгілі бір геометриялық пішінді сақтай отырып қозғалуы қарастырылған. Мінез-құлық моделіне негізделген қозғалысты үйлестіру алгоритмы сипатталған. Геометриялық форманы сақтау үшін «ізбасар көшбасшы» әдісі қолданылған, ал жүйенің жұмысы жекелеген роботтардың жағдайынан тәуелді болмауы үшін виртуалды көшбасшыны белгілеу ұсынылған. Сондай-ақ осы жұмыс барысында төрт роботтан тұратын мультиагентті робот жүйесінің қозғалысының симуляциясы жасалды. Жүйенің осы мақалада қарастырылған алгоритм бойынша қозғалысын зерттеу нәтижелері көрсетілген.

Түйін сөздер: көп агентті робот жүйелері, координация, мінез-құлыққа негізделген тәсіл.

Abstract

MOTION COORDINATION OF MULTI-AGENT ROBOTICS SYSTEMS

Kuzyrkanov A.E.^{1,2}, Atanov S.K.¹, Aljawarneh S.A.³, Tursynova N.A.¹

¹Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

²Astana IT University, Nur-Sultan, Kazakhstan

³Jordan University of Science and Technology, Irbid, Jordan

For multi-agent robotic systems, motion with a certain geometric pattern, has many advantages: system costs are reduced, efficiency and consistency are improved, and structure flexibility is increased. This paper considers the movement of multi-agent robotic systems maintaining a certain geometric structure. A motion coordination algorithm based on a behavior is described. To maintain the geometric form, the leader-follower method was used, and in order that the state of the system did not depend on the state of individual robots, it was proposed to define a virtual leader. Also in this work, the motion of a multi-agent robotic system with four autonomous robots was simulated. The results of the experimental study of the motion of the system by using the algorithm described in this paper are provided.

Keywords: multi-agent robotics systems, coordination, behavioral model approach.

Введение

Робототехника – одно из ведущих направлений современной промышленной науки. Это направление занимается разработкой автоматических механизмов и их интеграцией в жизнь человека, значительно облегчая как промышленную сферу деятельности человека, так и его повседневную жизнь.

В истории человечества было представлено множество различных способов повышения эффективности работы роботов [1, 2]. Один из таких подходов предполагает использование группы из нескольких простых роботов, то есть многоагентных робототехнических систем, для решения одной сложной задачи.

Исследования в области многоагентных робототехнических систем в последние годы привлекают широкое внимание исследователей. Основной проблемой является поиск эффективных алгоритмов координации автономных мобильных роботов для достижения высокого качества совместной работы. Здесь необходимо одновременно найти решение нескольких проблем, таких как избегание столкновений друг с другом или с препятствием, движение к цели и тому подобные. В этой области была проделана огромная работа [3, 4]. Одним из наиболее распространенных методов решения таких проблем является движение с сохранением определенной геометрической структурой, или, коротко, управление формированием.

Управление формированием – это техника управления, направленная на достижения определенных форм группой роботов [5]. Здесь роботы могут двигаться без столкновений, одновременно образуя определенный блок, чтобы улучшить производительность всей системы [6].

Постановка задачи

В данной статье рассматривается многоагентная робототехническая система с распределенным управлением. В отличие от систем с централизованным управлением, в таких системах роботы не управляются центральным блоком управления. Здесь каждый робот может использовать сигналы, полученные друг от друга или извне, но в основном принимает решения самостоятельно, основываясь на своих наблюдениях (то есть сенсорных данных) и состоянии.

Подход, основанный на модели поведения в сочетании с подходом «Лидер-Последователь» с виртуальным лидером используется для движения с сохранением геометрической фигуры.

Метод, основанный на модели поведения

Основная идея подхода, основанное на модели поведения заключается в том, что общий производительность робота зависит от нескольких желаемых моделей поведения [7, 8] и рассчитывается как:

$$\vec{V}_{\text{итог.}} = \sum_{b \in B} w_b * \vec{V}_b \quad (1)$$

Здесь B - набор требуемых моделей поведения, \vec{V}_b - скорость для поддержания модели поведения b , w_b – вес модели поведения b (рисунок 1).

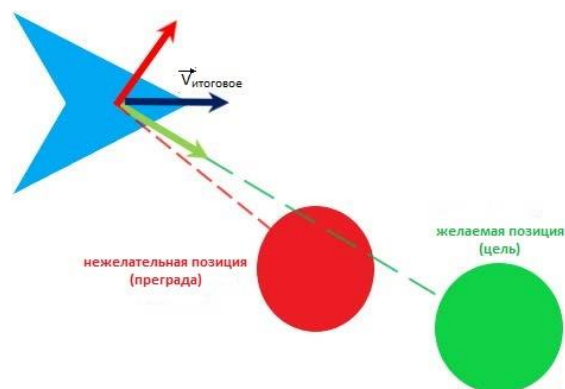


Рисунок 1. Принцип работы метода основанное на модели поведения

Каждый модель поведения соответствует определенной проблеме, которую пытаются решить роботы в системе. И самое главное преимущество этого метода заключается в том, что с его помощью можно решать несколько задач одновременно, добавляя соответствующее поведение для каждой из этих задач. В некоторых работах этот же подход называют подходом, основанным на искусственное потенциальное поле [9, 10, 11] или методом основанное на виртуальной силе [12].

Классические варианты этих методов одинаковы: разница лишь в том, что вместо скорости моделей поведения используются виртуальные силы или потенциальные поля, которые притягивают к желаемым позициям или отталкивают от нежелательных.

Метод «Лидер-Последователь»

Основная идея метода «Лидер-Последователь» заключается в том, что роботы-последователи все время стараются поддерживать желаемое расстояние [13] от лидера. Представив лидера и последователей как материальные точки на плоскости и имея расположение каждой точки, можно рассчитать расстояние между ними. Предполагая, что расположение последователя - (x_1, y_1) , а расположение лидера - (x_0, y_0) , расстояние между ними определяется как:

$$D = \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2} \quad (2)$$

Это расстояние может быть расстоянием, которого соблюдает последователь (рисунок 2).

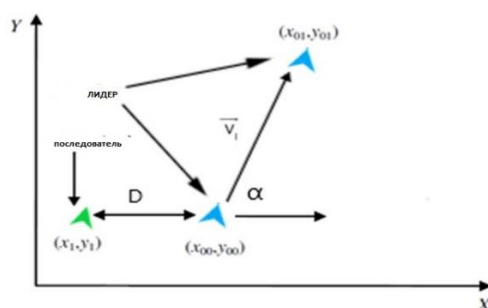


Рисунок 2. Представление лидера и последователя как материальные точки

Если лидером назначается какой-либо робот из системы, то устойчивость системы оказывается под серьезным вопросом: в случае отказа лидера вся система становится неработоспособной. Чтобы решить эту проблему, можно определить виртуального лидера и поддерживать дистанцию по отношению к нему [14, 15]. Расположение виртуального лидера может быть определена в центре поддерживаемой геометрической формы. При движении координаты лидера вычисляются как среднее арифметическое идеальных координат лидера для каждого из роботов в системе:

$$\begin{aligned} X_L &= \frac{\sum_{i=1}^N x_{il}}{N} \\ Y_L &= \frac{\sum_{i=1}^N y_{il}}{N} \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь N - количество роботов в многоагентной робототехнической системе, (x_{il}, y_{il}) - идеальная позиция лидера для i -го робота в системе. Под идеальной позицией лидера подразумевается позиция лидера, в которой он находился бы, если бы робот был расположен в необходимой позиции в поддерживаемой геометрической фигуре.

Описание алгоритма

Роботы многоагентной системы движутся, обновляя свою скорость с некоторой частотой. Для вычисления позиций виртуального лидера используется уравнение (3).

Для вычисления скорости используется подход, основанный на модели поведения. В нашем случае требуемыми моделями поведения роботов являются:

- избегание столкновения друг с другом и с препятствием
- формирование и поддержание требуемого геометрического рисунка
- поиск и достижение цели.

Таким образом, подставив эти скорости в уравнение (1), можно рассчитать общую скорость следующим образом:

$$\vec{V}_{\text{итог}} = w_1 * \vec{V}_{\text{изб.столкн}} + w_2 * \vec{V}_{\text{сохр.формы}} + w_3 * \vec{V}_{\text{дост.цели}} \quad (4)$$

Значение скорости модели поведения «избегание столкновения» обратно пропорционально расстоянию до ближайшего препятствия. Здесь следует отметить, что препятствием для робота считаются любые внешние объекты, которые каким-либо образом могут помешать движению этого робота, в том числе и другие роботы в системе. Если рассуждать логически, то угол этой скорости мог бы быть прямо противоположен ближайшему препятствию, но это приводит к тупику, где препятствие с двух сторон обнуляют друг друга, и робот сталкивается одному из них, хотя фактически он мог бы отойти в сторону. Поэтому угол этой скорости перпендикулярен ближайшему препятствию в сторону с меньшим количеством препятствий.

Скорость модели поведения «поддержание формирования» направлена на желаемое положение робота в формировании. Скорость модели поведения «движение к цели» одинакова для всех роботов в многоагентной робототехнической системе и направлена от позиции виртуального лидера к позиции цели. Блок-схема полного алгоритма представлена на рисунке 3.



Рисунок 3. Блок-схема полного алгоритма

Симуляция

Движение многоагентной робототехнической системы с четырьмя одинаковыми роботами было смоделировано с помощью пакета Mobile Robotics Simulation Toolbox в MATLAB.

Каждый робот в этой системе имеет 12 дальномеров. Радиус обнаружения всех дальномеров одинаков. Соседние дальномеры расположены относительно друг друга под углом 30 градусов, охватывая все стороны робота (рисунок 4).

Также предполагается, что каждый робот знает о расположении других роботов: в реальности они способны передавать друг другу информацию о своем местоположении.

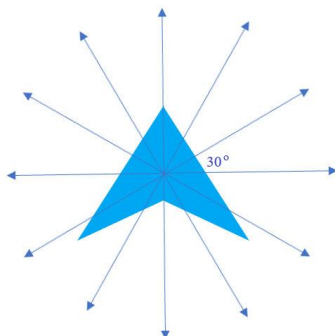


Рисунок 4. Модель агента с его дальномерами

В начале движения роботы образуют квадрат и стараются сохранить эту форму до конца движения (рисунок 5). Многоагентная робототехническая система должна достичь цели, расположенной в координатах (90, 90), обойдя препятствие.

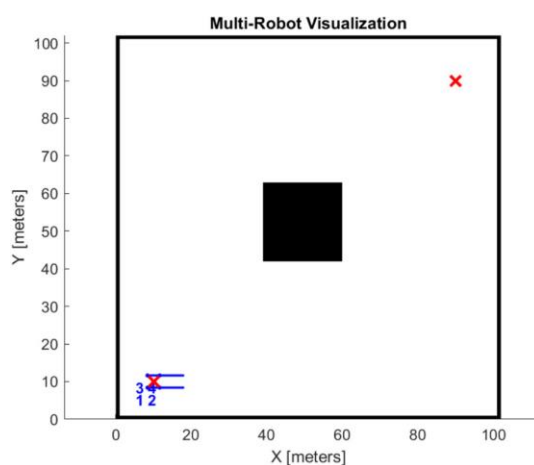


Рисунок 5. Начальное состояние симуляции в MATLAB.

Положение виртуального лидера и цели указано как waypoint (красный цвет)

Результаты экспериментального исследования

Экспериментальные анализы проводились с весами модели поведения «сохранение формы» (w_2) в диапазоне от 0.1 до 2. Изменение количества агентов, достигших целевой позиции без столкновений, показано на графике ниже (рисунок 6). Вес модели поведения «избегание столкновения» (w_1) установлен как $w_1=2$, а вес модели поведения «движение к цели» (w_3) установлен как $w_3=1$.



Рисунок 6. Изменение количества агентов, которые достигли целевой позиции без столкновения

Из графика видно, что наилучший результат (3 агента из 4) получен при значении $w_2=0.4$ (рисунок 7). При значениях $w_2<0.4$ количество агентов, достигших цели колебался. При $w_2=0.1$ сталкиваются все агенты в системе (рисунок 8), это вызвано беспорядочным движением роботов в системе и очень хорошо демонстрирует важность движения с сохранением формы.

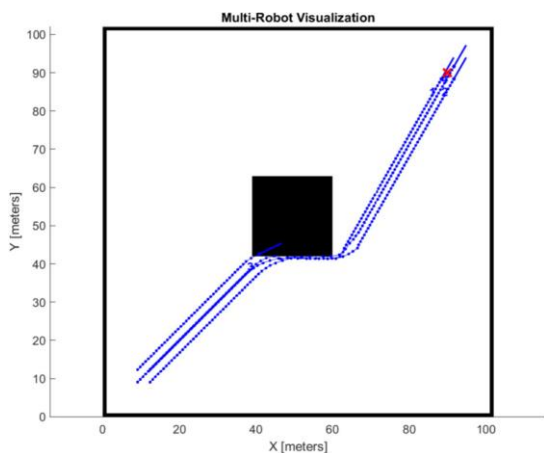


Рисунок 7. Траектория движения агентов при значениях весов: $w_1=2$, $w_2=0.4$, $w_3=1$

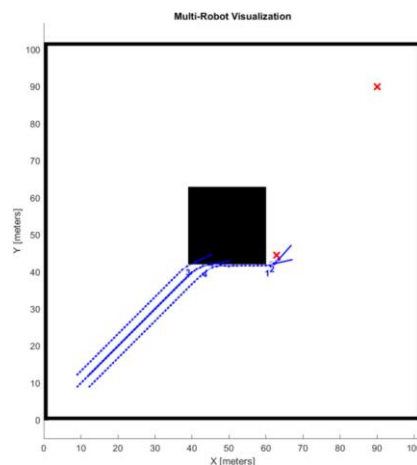


Рисунок 8. Траектория движения агентов при значениях весов: $w_1=2$, $w_2=0.1$, $w_3=1$

Когда значение веса модели поведения «сохранение формы» (w_2) находится в диапазоне от 0.4 до 1.2, наблюдается стабильное снижение числа роботов, достигающих цели (рис.9).

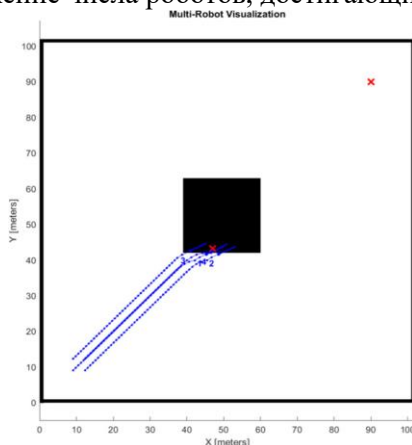


Рисунок 9. Траектория движения агентов при значениях весов: $w_1=2$, $w_2=1.2$, $w_3=1$

Когда $w_2>1.2$, все агенты сталкиваются с препятствием.

Заключение

В данной работе мы предложили алгоритм управления движением многоагентных роботизированных систем, который позволяет им двигаться, сохраняя определенную геометрическую форму. Для координации движения роботов был использован подход, основанный на модели поведения. Этот метод позволяет организовать движение без центра управления, что повышает устойчивость. Кроме того, для поддержания требуемой геометрической фигуры был предложен метод «Лидер-Последователь», который является одним из самых простых алгоритмов для разработки. Для того чтобы состояние системы не зависело от одного робота-лидера, был предложен подход с использованием виртуального лидера, который делает систему более отказоустойчивой.

Также в среде MATLAB было смоделировано движение многоагентных роботизированных систем, состоящих из четырех транспортных средств. Исследовалась зависимость количества агентов, достигающих цели без столкновений, от веса модели поведения «сохранение геометрической формы» (w_2).

Экспериментальный анализ проводился со значением этого веса в промежутке от 0.1 до 2, и наилучший результат был найден при $w_2=0.4$. Было установлено, что наилучший результат не может быть получен при низких значениях веса из-за малой дальности сканирования дальномера и большой ширины препятствия для данной скорости движения. Это практически не дает шансов на выживание крайним элементам формирования. А при более высоких значениях веса роботы не могут достичь цели, так как слишком сильно стараются удержать форму.

Список использованных источников:

- 1 Al-Husainy, Mohammed Abbas Fadhil, Bassam Al-Shargabi, and Shadi Aljawarneh. "Lightweight cryptography system for IoT devices using DNA." *Computers & Electrical Engineering* 95 (2021): 107418.
- 2 Yassein, Muneer Bani, Shadi Aljawarneh, and Aisha Al-Sadi. "Challenges and features of IoT communications in 5G networks." In *2017 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications (ICECTA)*, pp. 1-5. IEEE, 2017.
- 3 Yemelyev, A. K., Kh Moldamurat, and R. B. Seksenbaeva. "Development and Implementation of Automated UAV Flight Algorithms for Inertial Navigation Systems." In *2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, pp. 1-5. IEEE, 2021.
- 4 Кзырканов, А.Е., Атанов С., and Aljawarneh S. "Formation control and coordination of swarm robotic systems" In *The 7th International Conference on Engineering amp MIS 2021*, in press.
- 5 Jia Y. Design and implementation for controlling multiple robotic systems by a single operator under random communication delays. In *Rapid Automation: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications 2019* (pp. 337-351). IGI Global.
- 6 La, Hung Manh. "Multi-robot swarm for cooperative scalar field mapping." In *Robotic Systems: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, pp. 208-223. IGI Global, 2020.
- 7 Balch, Tucker, and Ronald C. Arkin. "Behaviour-based formation control for multirobot teams." *IEEE transactions on robotics and automation* 14, no. 6 (1998): 926-939.
- 8 Xu, Dongdong, Xingnan Zhang, Zhangqing Zhu, Chunlin Chen, and Pei Yang. "Behaviour-based formation control of swarm robots." *mathematical Problems in Engineering* 2014 (2014).
- 9 Raheem, Firas A., and Mustafa M. Badr. "Development of Modified path planning algorithm using artificial potential field (APF) based on PSO for factors optimization." *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)* 37, no. 1 (2017): 316-328.
- 10 Wang, Shun-Min, Ming-Chung Fang, and Cheng-Neng Hwang. "Vertical obstacle avoidance and navigation of autonomous underwater vehicles with H_∞ controller and the artificial potential field method." *The Journal of Navigation* 72, no. 1 (2019): 207-228.
- 11 Yan, Xun, Dapeng Jiang, Runlong Miao, and Yulong Li. "Formation Control and Obstacle Avoidance Algorithm of a Multi-USV System Based on Virtual Structure and Artificial Potential Field." *Journal of Marine Science and Engineering* 9, no. 2 (2021): 161.
- 12 Wang, Xun, Daibing Zhang, Lincheng Shen, and Jianwei Zhang. "A virtual force approach for cooperative standoff target tracking using multiple robots." In *2016 Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, pp. 1348-1353. IEEE, 2016.
- 13 Ильичев К.В., Манцеров С.А. Разработка масштабируемой мобильной робототехнической системы роевого взаимодействия // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2017. №21.
- 14 Hernandez-Martinez, Eduardo Gamaliel, and E. Aranda Bricaire. "Non-collision conditions in multi-agent virtual leader-based formation control." *International Journal of Advanced Robotic Systems* 9, no. 4 (2012): 100.
- 15 Das, Bikramaditya, Bidyadhar Subudhi, and B. Bhusan Pati. "Adaptive sliding mode formation control of multiple underwater robots." *Archives of control Sciences* 24, no. 4 (2014): 515-543.

References:

- 1 Al-Husainy, Mohammed Abbas Fadhil, Bassam Al-Shargabi, and Shadi Aljawarneh. "Lightweight cryptography system for IoT devices using DNA." *Computers & Electrical Engineering* 95 (2021): 107418.
- 2 Yassein, Muneer Bani, Shadi Aljawarneh, and Aisha Al-Sadi. "Challenges and features of IoT communications in 5G networks." In *2017 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications (ICECTA)*, pp. 1-5. IEEE, 2017.
- 3 Yemelyev, A. K., Kh Moldamurat, and R. B. Seksenbaeva. "Development and Implementation of Automated UAV Flight Algorithms for Inertial Navigation Systems." In *2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, pp. 1-5. IEEE, 2021.
- 4 Кзырканов, А. Е., С. Атанов, and S. Aljawarneh. "Formation control and coordination of swarm robotic systems" In *The 7th International Conference on Engineering amp MIS 2021*, in press.
- 5 Jia Y. Design and implementation for controlling multiple robotic systems by a single operator under random communication delays. In *Rapid Automation: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications 2019* (pp. 337-351). IGI Global.

- 6 La, Hung Manh. "Multi-robot swarm for cooperative scalar field mapping." In *Robotic Systems: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, pp. 208-223. IGI Global, 2020.
- 7 Balch, Tucker, and Ronald C. Arkin. "Behaviour-based formation control for multirobot teams." *IEEE transactions on robotics and automation* 14, no. 6 (1998): 926-939.
- 8 Xu, Dongdong, Xingnan Zhang, Zhangqing Zhu, Chunlin Chen, and Pei Yang. "Behaviour-based formation control of swarm robots." *mathematical Problems in Engineering* 2014 (2014).
- 9 Raheem, Firas A., and Mustafa M. Badr. "Development of Modified path planning algorithm using artificial potential field (APF) based on PSO for factors optimization." *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)* 37, no. 1 (2017): 316-328.
- 10 Wang, Shun-Min, Ming-Chung Fang, and Cheng-Neng Hwang. "Vertical obstacle avoidance and navigation of autonomous underwater vehicles with H_{∞} controller and the artificial potential field method." *The Journal of Navigation* 72, no. 1 (2019): 207-228.
- 11 Yan, Xun, Dapeng Jiang, Runlong Miao, and Yulong Li. "Formation Control and Obstacle Avoidance Algorithm of a Multi-USV System Based on Virtual Structure and Artificial Potential Field." *Journal of Marine Science and Engineering* 9, no. 2 (2021): 161.
- 12 Wang, Xun, Daibing Zhang, Lincheng Shen, and Jianwei Zhang. "A virtual force approach for cooperative standoff target tracking using multiple robots." In *2016 Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, pp. 1348-1353. IEEE, 2016.
- 13 Il'ichev K.V., Mancеров S.A.(2017) *Razrabotka masshtabiruemoj mobil'noj robototehnicheskoj sistemy roevogo vzaimodejstviya* [Development of scalable mobile robotic system of swarm interaction]. *Vestnik PNIPU. Jelektrotehnika, informacionnye tehnologii, sistemy upravlenija. №21.* (In Russian)
- 14 Hernandez-Martinez, Eduardo Gamaliel, and E. Aranda Bricaire. "Non-collision conditions in multi-agent virtual leader-based formation control." *International Journal of Advanced Robotic Systems* 9, no. 4 (2012): 100.
- 15 Das, Bikramaditya, Bidyadhar Subudhi, and B. Bhusan Pati. "Adaptive sliding mode formation control of multiple underwater robots." *Archives of control Sciences* 24, no. 4 (2014): 515-543.

ИНФОРМАТИКА COMPUTER SCIENCE

МРНТИ 28.23.15
УДК 004.93

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.08>

DEVELOPMENT OF A MODIFIED VIOLA-JONES ALGORITHM FOR FACE RECOGNITION

Amirgaliyeva Zh.¹, Sadykova A.^{2}, Kenshimov Ch.¹*

*¹"Institute of Information and Computing Technologies" Science Committee
of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan*

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

**e-mail: _sadykova.akmanat@gmail.com*

Abstract

This article discusses a modified version of Viola-Jones' face detection algorithm. The research determined the influence of the orientation of a person's face in space on the operation of the Viola-Jones face recognition algorithm. The authors set the goal of this work to develop a method for finalizing the face recognition algorithm, it allows using a wide range of face rotation angles in the input image. All images in this work are in 3 dimension. In the process of work, the instability of the algorithm to a change in the position of the face is revealed and a method is proposed to increase the stability of the algorithm to this change. A technique for comparative analysis of the performance of face recognition algorithms is described. The article offers the results of a comparative analysis, as well as the test result of the developed algorithm is shown in the form of a table.

By the result, modified algorithm only slightly increased the percentage of image recognition at the boundaries of the interval of acceptable rotation angles for the Viola-Jones algorithm, the introduction of image segmentation based on skin color reduced the number of false alarms of the algorithm and reduced the execution time of the algorithm due to the fact that only part of the images.

Keywords: face recognition, Viola-Jones algorithm, CCTV, ICPR, recognition systems, segmentation.

Аңдатпа

Ж. Амиргалиева¹, А. Садыкова², Ч. Кеншимов¹

*¹ Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Ғылым комитеті
«Ақпараттық және есептеу технологиялары институты», Алматы қ., Қазақстан
әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы қ., Қазақстан*

БЕТТІ ТАҢУ ҮШІН МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ВИОЛА-ДЖОНС АЛГОРИТМІН ДАМУ

Бұл мақалада Виола-Джонстың бетті анықтау алгоритмінің өзгертілген нұсқасы қарастырылып отыр. Зерттеу барысында Виола-Джонстың бетті тану алгоритмінің жұмысына адамның бет-әлпетінің бағдарлануының әсері анықталды деп тұжырымдалады. Авторлар бұл жұмыстың мақсаты ретінде кескінінде тұлғаның айналу бұрыштарының кең ауқымын қолдануды енгізуге мүмкіндік беретін етіп бетті тану алгоритмін өңдеу әдісін әзірлеуді қойған. Бұл жұмыстағы барлық кескін 3D кеңістігінде болып табылады. Жұмыс барысында берілген Виола-Джонс алгоритмінің өзгертілген нұсқасының тұлғаның позициясының өзгеруіне тұрақсыздығы анықталады және осы өзгеріске алгоритмнің тұрақтылығын арттыру әдісі сипатталып, ұсынылады. Бетті тану алгоритмдерінің өнімділігін салыстырмалы талдау әдісі сипатталған.

Мақалада салыстырмалы талдау нәтижелері ұсынылған, сонымен қатар әзірленген алгоритмнің тест нәтижесі кесте түрінде көрсетілген.

Түйін сөздер: бетті тану, Виола-Джонс алгоритмі, CCTV, ICPR, тану жүйелері, сегментация.

Аннотация

Ж. Амиргалиева¹, А. Садыкова², Ч. Кеншимов¹

¹Комитет науки Министерства образования и науки Республики Казахстан
«Институт информационных и вычислительных технологий», г. Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА МОДИФИЦИРОВАННОГО АЛГОРИТМА ВИОЛЫ-ДЖОНСА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

В статье рассматривается модифицированная версия алгоритма обнаружения лица Виолы-Джонса. В исследовании определялась влияние ориентации лица человека в пространстве на работу алгоритма распознавания лиц Виолы-Джонса. Авторы поставили целью этой работы – разработать метод доработки алгоритма распознавания лиц, чтобы он позволял использовать большой диапазон углов поворота лица на входном изображении. Все изображения в данной работе являются в 3Д пространстве. В процессе работы выявляется неустойчивость алгоритма к изменению положения лица и предлагается методика повышения устойчивости алгоритма к данному изменению. Описана методика сравнительного анализа производительности алгоритмов распознавания лиц.

В статье предлагается результаты сравнительного анализа, так же результат тестирования разработанного алгоритма показан в виде таблицы.

Ключевые слова: распознавание лиц, алгоритм Виолы-Джонса, CCTV, ICPR, системы распознавания, сегментация.

Introduction

Due to the fact that the incidence of terrorism has become more frequent all over the world, to ensure security in transport and in office premises, identification of a person, especially by face, becomes important. The solution of the problem of face recognition includes the stages of image acquisition, preprocessing, face detection and identification taking into account the identified features.

In this paper, we will consider the problem of face detection, which does not include matching a face with a known image from a database [1].

The solution to the problem of face detection is especially important when using video surveillance systems (such as CCTV) and in security complexes. Due to the growth in the computing power of personal computers and mobile devices, face detection is gaining popularity as a way of organizing human-machine interaction. Social networks such as Facebook detect faces in the photos uploaded by the user and offer to associate them with the user's online account. Also, there are applications using "augmented reality", such as video games, where the player can interact with objects in the virtual world through movements and gestures captured by the camera.

Today, the field of application of face detection algorithms is dynamically developing[2]. These algorithms are used in various embedded systems, and the conditions for using these systems cause significant differences in image quality. Real-time processing requirements make it impossible to post-process images or engage an operator for, so it is important to develop image defect-resistant algorithms that are computationally efficient. Thus, the problem of face detection is one of the priority directions in the development of machine learning and computer vision algorithms.

One of the factors that have a significant impact on correct face detection is the orientation of the head in space. We will call an algorithm resistant to rotations at a certain angle of rotation if it correctly detects a face, provided that the head is rotated around a vertical axis by such an angle.

The stability threshold for most of the algorithms most commonly used at the moment is within 10 degrees, which is not enough to detect faces without first positioning them in front of the camera. This makes such algorithms inapplicable for the task of searching for faces in CCTV systems or in a video stream from a mobile phone camera [3].

The aim of this work is to develop and implement an algorithm with improved cornering stability. A prerequisite for determining the direction of research is the analysis of the existing algorithm in order to obtain accurate numerical values of the ranges of the rotation angle, as well as performance (by performance we mean the time required to detect faces in test images. Since absolute performance depends on many factors, such as configuration hardware and software, we will be interested in relative performance - that is, the values obtained when running different algorithms on the same machine in an identical runtime environment).

In this paper, we propose a method for increasing the stability of the algorithm to rotations, which consists in preprocessing the input image in order to compensate for the rotation of the heads. Various approaches to assessing such inverse transformations have been implemented and analyzed. The Viola-Jones algorithm [4] is used as the basic detection algorithm. This algorithm was chosen due to the fact that it is the most frequently used algorithm today. In addition, it is relatively simple to implement, and can serve as a basis for further implementation of multi-stage face detection methods.

Stages of work

To implement the tasks described above, the following steps were performed.

- Search for publicly available databases of images of faces taken at different angles of rotation. The database of images of the INRIA Institute was selected [5]

- Writing an application to automatically prepare images for use at the stage of collecting statistics. Preparation includes the following steps:

- Retrieve image archives from relevant websites

- Bringing data from various databases to a unified catalog format.

- Convert images from various formats to the desired one. This task was solved by means of the Qt library, which is also used to display an image on the screen.

- Implementation of a program for collecting statistics on face detection algorithms. The program automatically executes algorithms using test images as input data and generates a report.

Viola-Jones algorithm implementation

The final stage is the implementation of head-rotation-resistant face detection algorithms. It consists of implementing the two approaches to increasing resilience described earlier. The first stage implements an algorithm that processes the image with the camera in order to compensate for the change in head position. Thus, most face detection algorithms can operate over a wider range of acceptable angles without modifying the original algorithm. The second stage is the development and implementation of an algorithm that uses a set of rotation-invariant features to search for faces.

Modified Viola-Jones algorithm

This chapter proposes the refinement of the Viola-Jones algorithm to increase the stability to face turns around the vertical axis. The modified algorithm consists of three stages.

Segmentation by color. The following conditions are used to highlight areas of the image that contain skin, where R, G, B are colors in the range [0; 255]: $\{to R \geq 1.3 * G$

$$G \leq 9 * B$$

$$G \geq 0.8 * B$$

$$R \leq 2.7 * G \tag{1}$$

These coefficients were chosen based on the analysis of the results presented in the work devoted to the detection of skin areas in conditions of different illumination [6]. After the selection of areas, adjacent pixels classified as "skin" are combined into clusters. Each cluster is bounded by a rectangular area. A face search is performed inside each rectangular area (the second and third stages of the algorithm) [7]. After that, areas that are less than 5.2 percent of the height of the image width are filtered (by comparing image area with area area). In addition, this formula is designed to detect Caucasians in images taken in daylight. Since the cascades of features used for testing were trained on a similar sample, this step should not lead to a false classification of the area containing the face.

Choosing a classifier. In each of the areas potentially containing a face, which were detected at the previous step of the algorithm, the search for parts of the face is performed using cascades of features trained to search for this part.

- The eyes are searched. Cascades are used to detect the left and right eyes. If one eye is found, a face search is performed using the face profile cascade (side view).

- When two eyes are found, the mouth is searched for in the image. In case a mouth is detected, the points are the centers of the rectangular regions bounding the eyes and mouth. The distances D_{right} and D_{left} from the

center of the right and left eyes to the center of the mouth are calculated. The real distance between the eyes D_{eyes} and the "expected" distance D_{exp} are calculated.

The "expected" distance is the distance that should be between the centers of the eyes in an image of a face looking directly into the camera. It is assumed that the image has been rotated only around the vertical axis, and the horizontal distances between parts of the face were not disturbed.

In this case, $D_{exp} = D_l * D_r / 1.254 / 2$. This coefficient was selected as an average value by analyzing 10 images from the database. The image is scaled horizontally with a factor $\frac{D_{exp}}{D_{eyes}}$.

If a face was not detected using the "profile" cascade, or a scaled image was obtained after the "eye" classifiers, a virtual image of a face is constructed containing an approximation of the original images before rotation (third stage of the algorithm).

Rotation compensation. At this stage, a "virtual image" is built, which is an approximation of the face image before rotation around the horizontal axis. For this, a face image is taken, which is a two-dimensional projection of the face onto the camera plane. We consider this image as a plane in three-dimensional space, assigning the coordinate $Z = 0$. We will rotate this plane around the vertical axis with a step of 6 degrees in the range from -40 to +40 degrees inclusive.

It is assumed that the combination of rotation and scaling in the previous step will make the image look more like the one we would get if the face is directed towards the camera, and the face detection algorithm should allow for a larger range of face rotation angles.

Analysis of the behavior of algorithms

This chapter describes the influence of affine transformations on face detection by the Viola-Jones algorithm and the modified algorithm. The ICPR base of the INRIA Institute is used as a test base [8].

Rotation around the vertical axis. Images from the ICPR database were used. Images of 13 person were selected from it. Turning the head around the vertical axis in the range [-100; +100] degrees in 13 degree increments.

Table 1. Viola Jones results

Angle, degrees	Number of recognized
-100	1
-85	3
-65	9
-55	12
-35	13
-15	13
0	15
20	14
25	16
35	15
50	11
70	5
95	1

From the table 1 it is clear that at 65 degrees more than half of the images are recognized, at 70 - less than 25%. Thus, the algorithm works stably at an angle less than 60%. When using the modified algorithm, one additional image was recognized at an angle of 60% and two at an angle of 55%, while at a lower angle of rotation there are no changes. This improvement is not significant, but suggests that the initial assumption about the possibility of an approximation is correct. Further direction - the development of a more accurate method for evaluating image rotation.

Rotate around the Z axis. The test consists of rotating the original image 360 degrees in 20-degree increments. Result: Face is detected when turning up to +/- 35 degrees. The behavior of the original and modified algorithms is similar, since the modified algorithm only compensates for rotations around the vertical axis.

Shear. The Shear transformation along the X and Y axes is specified by the following matrices:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \lambda \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \lambda & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (3)$$

Shear test. The original image underwent Shear transformation with λ from 0.0 to 1.0 with a step of 0.1. The result is that more than 85% of images stop being recognized at $\lambda > 0.7$.

Scaling test. The original image is sequentially enlarged by a factor of 1.3 until each of its dimensions is less than 778 pixels [9]. An algorithm runs on each scaled image.

The test results for the Viola-Jones algorithms and the modified algorithm do not differ from the original ones. Explanation - Viola-Jones algorithm is invariant to change sizes of the input image, since during the execution of the algorithm the classifier window is sequentially scaled. This test is part of the methodology for analyzing the behavior of the face detection algorithm under affine transformations, and, despite the fact that the Viola-Jones algorithm shows the same results [10], launching a test for this algorithm was necessary to check the correctness of the implementation of the test generation algorithm.

Transfer test. The original image is successively enlarged by a factor of 1.3 until its length and height are less than 778 pixels. An algorithm is run on each scaled image.

The test results for the Viola-Jones algorithms and the modified algorithm do not differ from the original ones. The Viola-Jones algorithm is shear invariant, since the classifier window collapses in the horizontal and vertical directions during the execution of the algorithm.

In the course of this work, all expected results were achieved:

- Described a methodology for testing face detection algorithms for resistance to affine transformations.
- Developed software implementation of this technique for automated testing.
- Analysis of the behavior of the ViolaJones face detection algorithm.
- The analysis of the behavior of the modified face detection algorithm has been carried out.

Despite the fact that the modified algorithm only slightly increased the percentage of image recognition at the boundaries of the interval of acceptable rotation angles for the Viola-Jones algorithm, the introduction of image segmentation based on skin color reduced the number of false alarms of the algorithm and reduced the execution time of the algorithm due to the fact that only part of the Images.

Recognition error - false positive, which is not observed in the right picture, where areas with faces were marked by color segmentation before detection. Based on these results, we can conclude that the Viola-Jones algorithm can be effectively combined with preprocessing, and the use of additional classifiers can improve the quality of face detection.

Conclusion

In the course of this work, all expected results were achieved:

- Described a methodology for testing face detection algorithms for resistance to affine transformations
- Developed software implementation of this technique for automated testing
- The analysis of the behavior of the ViolaJones face detection algorithm has been carried out.
- The analysis of the behavior of the modified face detection algorithm has been carried out.

Despite the fact that the modified algorithm only slightly increased the percentage of image recognition at the boundaries of the interval of acceptable rotation angles for the Viola-Jones algorithm, the introduction of image segmentation based on skin color reduced the number of false alarms of the algorithm and reduced the execution time of the algorithm due to the fact that only part of the images.

Acknowledgment

This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. GF AP08857573).

References:

- 1 K. Mallat and J. Dugelay, "A benchmark database of visible and thermal paired face images across multiple variations," 2018 International Conference of the Biometrics Special Interest Group (BIOSIG), 2018, pp. 1-5, doi: 10.23919/BIOSIG.2018.8553431.
- 2 K. Dang and S. Sharma, "Review and comparison of face detection algorithms," 2017 7th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering - Confluence, 2017, pp. 629-633, doi: 10.1109/CONFLUENCE.2017.7943228.
- 3 S. Sandeepa, A. Reyaz and M. Silpa, "An Efficient Approach to Recover CCTV Video from Proprietary DVR File System," 2018 International CET Conference on Control, Communication, and Computing (IC4), 2018, pp. 250-254, doi: 10.1109/CETIC4.2018.8531073.
- 4 W. LU and M. YANG, "Face Detection Based on Viola-Jones Algorithm Applying Composite Features," 2019 International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS), 2019, pp. 82-85, doi: 10.1109/ICRIS.2019.00029.
- 5 S. Silva, B. A. Gutman, E. Romero, P. M. Thompson, A. Altmann and M. Lorenzi, "Federated Learning in Distributed Medical Databases: Meta-Analysis of Large-Scale Subcortical Brain Data," 2019 IEEE 16th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2019), 2019, pp. 270-274, doi: 10.1109/ISBI.2019.8759317.
- 6 S. R. Gudadhe, "Selection & Detection of Skin and Skin Color Background Under Complex Background," 2018 International Conference on Research in Intelligent and Computing in Engineering (RICE), 2018, pp. 1-3, doi: 10.1109/RICE.2018.8509033.
- 7 Y. He, Y. Ye, P. Hanhart and X. Xiu, "Geometry Padding for Motion Compensated Prediction in 360 Video Coding," 2017 Data Compression Conference (DCC), 2017, pp. 443-443, doi: 10.1109/DCC.2017.18.
- 8 X. Xu, L. Zhang and F. Li, "MSSVT: Multi-scale feature extraction for single face recognition," 2018 24th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), 2018, pp. 1996-2001, doi: 10.1109/ICPR.2018.8545343.
- 9 C. Jiang, M. Wang, X. Tang and R. Mao, "Face recognition method based on sparse representation and feature fusion," 2019 Chinese Automation Congress (CAC), 2019, pp. 396-400, doi: 10.1109/CAC48633.2019.8997456.
- 10 K. Vikram and S. Padmavathi, "Facial parts detection using Viola Jones algorithm," 2017 4th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS), 2017, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICACCS.2017.8014636.

А.С. Амирова^{1}, А.Т. Тохметов¹*

*¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан
e-mail: whitesilk@mail.ru

ЗАТТАР ӨНЕРКӘСІПТІК ИНТЕРНЕТІНДЕГІ ҚАУІПТІ АНЫҚТАУДЫҢ АРАЛАС МОДЕЛІ

Аңдатпа

Өнеркәсіптік заттар интернетінің (IIoT) қарқынды дамуымен жылдам әрекет ету, өнеркәсіптік желіге енуді анықтау және алдын алу қажеттілігі туындады. IIoT желілерінің арнайы функциялары бар және кибершабуылдардан қорғануда бірегей қиындықтарға тап болады. Бұл проблемалар әсіресе өзекті болып табылады, өйткені IIoT-ге пайдаланушы сұранысының өсуі болжануда. Мақалада өнеркәсіптік заттар интернетінің қауіпсіздік мәселелері қарастырылады. Қазіргі уақытта мақалада талданған IIoT желілерінде ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің кейбір әдістері бар. Қолданыстағы жүйелердің артықшылықтары мен кемшіліктері де сипатталған. Индустриалды Интернет желілеріндегі шабуылдың типтік сценарийлері ұсынылды. Осы талдаудың негізінде сараптамалық жүйелерді және шешім ағашы, аңғал Байес классификаторы және k-ең жақын көршілер әдісі сияқты машиналық оқыту алгоритмдерін пайдаланатын біріктірілген қауіптерді анықтау моделі ұсынылады.

Түйін сөздер: заттар өнеркәсіптік Интернеті (IIoT), machine learning алгоритмдері, сараптамалық жүйелер, шабуыл.

Аннотация

А.С.Амирова¹, А.Т.Тохметов¹

¹Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан

КОМБИНИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ОБНАРУЖЕНИЯ УГРОЗ В СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Со стремительным развитием индустриального интернета вещей (IIoT) возникла необходимость быстрого реагирования, обнаружения и предотвращения вторжений в производственную сеть. Сети IIoT обладают особыми функциями и сталкиваются с уникальными проблемами при защите от кибератак. Эти проблемы являются особенно актуальными, поскольку прогнозируется рост потребности пользователей в IIoT. В статье рассматриваются вопросы безопасности промышленного интернета вещей. На данный момент имеются некоторые методики обеспечения информационной безопасности в сетях IIoT, которые были проанализированы в статье. Также были описаны достоинства и недостатки существующих систем. Были предложены типовые сценарии атак в сетях промышленного интернета вещей.

На основе данного анализа предложена комбинированная модель обнаружения угроз с использованием экспертных систем и таких алгоритмов машинного обучения, как дерево решений, наивный байесовский классификатор, метод k- ближайших соседей.

Ключевые слова: промышленный интернет вещей (IIoT), алгоритмы machine learning, экспертные системы, атака.

Abstract

COMBINED MODEL OF THREAT DETECTION IN INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS

Amirova A.S.¹, Tohmetov A.T.¹

¹L.N. Gumilyov Eurasian national University, Nur-Sultan, Kazakhstan

With the rapid development of the Industrial Internet of Things (IIoT), the need for rapid response, detection and prevention of intrusions into the industrial network has arisen. IIoT networks have special functions and face unique challenges in defending against cyberattacks. These problems are especially urgent as the growth of user demand for IIoT is predicted. The article deals with the security issues of the industrial Internet of things. At the moment, there are some methods of ensuring information security in IIoT networks, which were analyzed in the article. The advantages and disadvantages of existing systems have also been described. Typical attack scenarios in industrial Internet of Things networks were proposed. Based on this analysis, a combined threat detection model using expert systems and such machine learning algorithms as a decision tree, a naive Bayesian classifier, and the k-nearest neighbors method is proposed.

Keywords: industrial Internet of things (IIoT), machine learning algorithms, expert systems, attack.

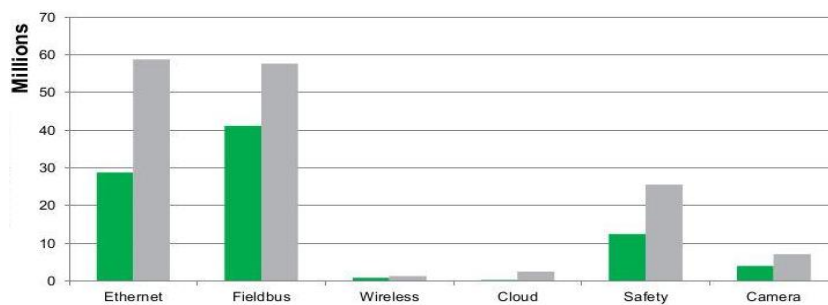
Кіріспе

ПоТ өнеркәсіптік ортада IoT технологияларын қолдануды білдіреді. Оны «Индустрия 4.0» деп те атайды, ол - цифрлық және физикалық салаларды біріктіру мүмкіндігіне байланысты неміс тілінде пайда болған термин. ПоТ немесе 4.0 индустриясы бұлтты, үлкен деректерді, кибер-физикалық өзара байланыстарды және т.б. қамтиды. Мұнда АТ өнеркәсіптік заттар интернеті шеңберінде физикалық және виртуалды әлемдер бір-бірімен зияткерлік нысандар ретінде үздіксіз әрекеттеседі және байланысады. ПоТ – бұл өнеркәсіптік мүмкіндіктерді өзгерте бастайтын көптеген деректерді ұсынатын, барлығы когнитивті құрылғылар мен заттардың желісі. Бұл өндірісті ұлғайту ғана емес, сонымен қатар нақты уақыт режимінде тәулік бойы деректерді беру, ол дұрыс пайдаланылған кезде барлығын өзгертеді.

Positive Technologies баяндамасына сәйкес, 2020 жылы өнеркәсіптік және энергетикалық компанияларға жасалған шабуылдар саны артқан. Осы салалардың кәсіпорындарына қарсы 239 шабуыл жасалды, бұл 2019 жылмен салыстырғанда 91%-ға көп (125 шабуыл). Өнеркәсіпке жасалған әрбір он шабуылдың тоғызында шабуылдаушылар зиянды бағдарламаны пайдаланды. Олардың ішінде төлемдік бағдарламалық қамтамасыз ету шабуылдардың 41%-ын құраса, 25%-да шпиондық бағдарламалар байқалған [1].

Kaspersky компаниясының есебін талдағаннан кейін 2021 жылдың бірінші жартыжылдығында ICS компьютерлерінің шабуылға ұшырау пайызы 33,8%, ол 2020 жылдың екінші жартыжылдығына қарағанда 0,4 проценттік пунктке көп екенін көруге болады. [2].

Интернетке қосылған құрылғылардың саны өсуде және озық IoT технологиясын қолдана отырып қосылған Интернетке қол жетімді түйіндердің саны артқан сайын, жақын арада ПоТ деңгейі күрт өседі деп күтілуде. 2017 жылғы Өнеркәсіптік коммуникациялар есебіне сәйкес, Интернетке қосылған құрылғылардың саны тек өнеркәсіп секторында 2016 жылы 90 миллионнан аз ғана болады деп болжанған. Бұл жүйелердің көбісі желіге күнделікті қосылатындықтан, төмендегі 1-суретте көрсетілгендей бұл сан 2022 жылға қарай 150 миллионнан асады деп күтілуде [3].



Сурет 1. 2016 жылғы желілік технологиялар бойынша өнеркәсіптік коммуникациялардың әлемдік нарығы және 2022 жылға жоспарланған [3]

Бұл болжам ПоТ қауіпсіздігін қамтамасыз етумен байланысты қиындықтарды одан әрі көрсетеді. Қауіпсіз байланыс әдістерінің артықшылығын пайдалану үшін өнеркәсіптік құрылғылардың көп саны тасымалданғанымен, бұл бұрынғы жүйелердің көпшілігі бұрынғыша бұрынғы протоколдарға сүйенеді. Бұл жағдай қоғамның қандай да бір сәйкестендіру немесе аутентификация талаптарының болмауына байланысты олардың тән осалдықтары туралы хабардар болуына қарамастан сақталады.

Дегенмен, ПоТ жүйесінде бірқатар күрделі мәселелер бар. Жүйенің күрделілігі ең маңызды мәселе болып табылады, өйткені ПоТ операциялары сараланған және құрылғылар арасында икемді интеграция жоқ. Дизайндары, орналастырулары және техникалық қызмет көрсетуі әртүрлі құрылғылар бар, сондықтан бағдарламалық жасақтамадағы немесе аппараттық құралдағы кез келген ақаулар елеулі проблемаларды тудыруы мүмкін. ПоТ желісінде аутентификация және қол жеткізуді басқару проблемалары бар, өйткені смарт нысандар әртүрлі платформаларға (аппараттық құралдар мен желілер) негізделген гетерогенді құрылғылар болып табылады. Сонымен қатар, барлық құрылғылар басқа құрылғылармен әртүрлі желілер арқылы байланысуы керек. Осылайша, қауіпсіздік мәселелері ең өзекті мәселе болып табылады, өйткені барлық құрылғылар мен деректер барлық қауіптер мен шабуылдарға ұшырайды. Желіде ауыр зардаптарға әкелетін әртүрлі қауіптер мен шабуылдар бар.

ПоТ дамыту үшін киберқауіпсіздіктің деңгейін қамтамасыз ету мәселесі бірден-бір маңызды кедергі болып тұр. Осыған байланысты қызметтерді желілік шабуылдардың әртүрлі түрлерінен қорғау құралдарында қолдануға болатын ең тиімді әдістемені анықтау өзекті мәселе болып табылады. ПоТ желілерінде ақпараттық қауіпсіздікті және қауіпті анықтауды қамтамасыз ету үшін қолданылатын бірнеше жүйелер бар. Келесі бөлімде бұл жүйелер толығырақ қарастырылады.

Әдебиет талдау

Бұл бөлімде бар әдебиеттерге шолу жасалады және ПоТ қауіпсіздік жүйелері санаттарға бөлінеді. Талдау негізінде мыналарды ажыратуға болады:

- Шабуылдарды анықтау жүйелері (IDS) және шабуылға қарсы шаралар (IPS).
- Машиналық оқыту алгоритмдеріне негізделген жүйелер.
- Сараптамалық жүйелер.
- Қолтаңба әдісіне негізделген жүйелер.

Бастапқыда өнеркәсіптік заттар интернеті, қауіпсіздік, қауіптер, шабуылды анықтау жүйелері (IDS), шабуылға қарсы жүйелер (IPS), машиналық оқыту, сараптамалық жүйелер, қолтаңба әдісі сияқты кілт сөздерді іздеу жүргізілді және жетекші журналдар мен конференциялардағы соңғы мақалаларды жүктеп алынды. Мақала келесі шарттарға сай болуы керек:

- 2015 және 2021 жылдар аралығында жарияланған (қоса алғанда);
- ПоТ байланысты қауіпсіздік қатерлерін талдайды.

Шабуылды анықтау және алдын алу жүйелері, сәйкесінше IDS және IPS бүкіл әлем бойынша мыңдаған компьютерлік желілерде орналастырылған жетілген желілік деңгей қорғанысы болып табылады. Шабуылды анықтау жүйелері (IDS) – зиянды әрекет немесе саясат опциялары үшін желіні және/немесе жүйе әрекетін бақылайтын құрылғы немесе бағдарламалық құрал. Шабуылды алдын алу жүйелері (IPS) IDS сияқты талдауды орындайды, бірақ IPS датчиктері басқа желі құрамдастары арасындағы тізбекке ортантаылады, олар зиянды әрекетті анықтайды, көрсетілген әрекет туралы ақпаратты журналға түсіреді және әрекетті блоктауға тырысады және хабарлайды. IDS және IPS «брандмауэрден» айырмашылығы – брандмауэр шабуылды болдырмау үшін сырттан бақылайды. Брандмауэрлер шабуылды алдын алу үшін желілер арасындағы қатынасты шектейді және желі ішіндегі шабуыл туралы сигнал бермейді [3].

SIEM жүйелері негізінен корпоративтік желіде орналастырылған әртүрлі желілік қауіпсіздікті қорғау технологиялары (мысалы, шабуылды анықтау жүйелері, брандмауэрлер, меншікті құрылғы шешімдері, операциялық жүйе сислогтары және т.б.) хабарлаған оқиғаларды корреляциялау үшін қауіпсіздік саласында қолданылады. Оқиға корреляциясының нәтижелері қауіпсіздік бар-жоғын көрсетеді.

[4] мақалада DDoS шабуылдарын анықтау және азайту үшін SIEM негізіндегі жүйе ұсынылды. Ұсынылған жүйе пакеттердің белгілі бір түрлерін, соның ішінде осы құрылғылардан келетін TCP SYN, ICMP және DNS пакеттерін бақылау арқылы бұзылған IoT құрылғыларынан DDoS трафигін анықтайды және блоктайды.

[5] мақаласында авторлар SIEM (Қауіпсіздік туралы ақпарат және оқиғаларды басқару), IDS (шабуылды анықтау жүйелері), IPS (шабуылдың алдын алу жүйелері) және ICS брандмауэрлерін жүзеге асыратын ПоТ тек желі деңгейіндегі қауіпсіздікке ықпал ететінін айтады. Олар шектік процестер жылдамдық пен қолжетімділікке байланысты болатын ОТ шабуылдарына қарсы тұрмайды, өйткені мұны осы деңгейлерде жүзеге асыру арқылы шектік процестер арасындағы кідірісті арттыруға болады. Бұзушылықтар орын алғаннан кейін де оларды анықтау, бағалау және түзету тағы бір қиындық.

Ұйым ішіндегі ішкі қауіпті толығымен жоя алатын шешім жоқ сияқты. Бұған қоса, техникалық тәсіл зиянды ішкі қауіптердің алдын алудың және/немесе анықтаудың ең тиімді жолы болмауы мүмкін. SIEM жүйелерінің тиімділігі мен нәтижелігін арттырудың перспективалы тәсілдерінің бірі машиналық оқыту әдістерін пайдалану болып табылады.

Үао және т.б. ПоТ үшін жаңа гибриді IDS архитектурасын ұсынды, онда жаңа машиналық оқыту алгоритмі және сәйкесінше төменгі деңгейлі желіде және жоғарғы деңгейлі желіде терең оқыту алгоритмі қолданылады. Олар LightGBM1 машиналық оқытудың жаңа алгоритмін өңделмеген деректердің енуін анықтау және жылдам, бөлінген және жоғары өнімді шешім ретінде қарастырылатын уақытты ұлғайтуға негізделген анықтау дәлдігін жақсарту үшін пайдаланды. градиент өсетін ағаш құрылымы [6].

Abowlwafa және т.б. жалған деректер шабуылдарын (FDI) анықтау үшін қолданылатын машиналық оқыту әдісін ұсынды. Бұл әдіс ауытқуларды анықтауда өте тиімді екендігі дәлелденген нейрондық желінің бір түрі болып табылатын автокодерлерді қолдануға негізделген. Ұсынылған анықтау әдісі SVM негізіндегі әдістермен салыстырғанда жақсырақ анықтау өнімділігін ұсынады [7].

Zolanvari және басқалар өз жұмыстарында қазіргі заманғы машиналық оқыту алгоритмдері қауіпсіздіктің қажетті деңгейін қамтамасыз етпейтін жағдайларды зерттеді, атап айтқанда, IoT-те теңгерімсіз деректер жинағы мәселесін қарастырды [8]. Қолданыстағы жүйелердің артықшылықтары мен кемшіліктері де сипатталды (Кесте 1).

Кесте 1. Қолданыстағы жүйелердің артықшылықтары мен кемшіліктері

Әдістеме	Артықшылықтар	Кемшіліктер
Шабуылдарды анықтау жүйелері (IDS) және шабуылға қарсы шаралар (IPS)	рұқсатсыз кіру фактілерін анықтау	жалған әсер етудің көп болуы
Машиналық оқыту алгоритмдеріне негізделген жүйелер	жалған дабылдардың санын азайтады, нәтижелерді түсіндіруді жақсартады	ML-модельдерді дұрыс оқыту үшін деректер жиынтығының жеткілікті санының болмауы
Сараптамалық жүйелер	осы мақсаттар үшін арнайы әзірленген жаңа математикалық аппаратты тарту арқылы күрделі есептерді шешу мүмкіндігі, жұмыстың жоғары жылдамдығы	белгісіз шабуылдарды анықтай алмау, жүйенің білім базасында бекітілген ережелердің толықтығына, дұрыстығына және өзектілігіне тәуелділігі, деректер көлемінің ұлғаюымен жұмыс тиімділігінің төмендеуі
Қолтаңба әдісіне негізделген жүйелер	аномальды оқиғалардың белгілі заңдылықтарын анықтау мүмкіндігіне тиімді жүзеге асырылады	қолтаңбалардың үлкен дерекқорын пайдалану анықтау жүйесінің жұмысына кері әсер етеді

Шабуылдың типтік сценарийлерін әзірлеу

Автоматтандырылған процестерді басқару жүйелерінің ақпараттық қауіпсіздігі саласындағы стандарттарды талдау негізінде IoT-те келесі шабуыл сценарийлері ұсынылды.

1. Контроллер (мысалы, DCS, PLC) мен жетектер арасындағы байланысқа қарсы

Шабуылдың бұл түрі шабуылдаушы кодты енгізген және орындаған немесе бақыланбайтын желіні пайдаланып бұзылған жүйе арқылы деректерді жіберген (манипуляцияланған) кезде орын алады.

Әсері: басқаруды манипуляциялау немесе жоғалту, партияның/өнімнің және инфрақұрылымның зақымдануы.

Қатысты қауіптер: ішкі және сыртқы диверсия, аппараттық және бағдарламалық жасақтаманы манипуляциялау, басқару құрылғысының конфигурациясын манипуляциялау.

2. Датчиктерге қарсы (өлшенген мәндерді/күйлерді өзгерту, оларды қайта конфигурациялау және т.б.)

Өлшеу деректері соңғы құрылғыларда өңделеді, мысалы, сенсорға кіру және оның микробағдарламасын немесе конфигурациясын өзгерту, мысалы, өлшемдерді реттеу, т.б.

Әсері: өңделген деректер негізінде қате оператор шешімдерін қабылдау. Дұрыс емес өлшемдер негізінде процесті жүргізу. Регламентпен қамтылған өлшемдер дұрыс бағаланбайды.

Қатысты қауіптер: ақпаратты өзгерту, саботаж, аппараттық және бағдарламалық құралдарды манипуляциялау, жіберілген сенсор деректерін манипуляциялау.

3. Жетектерге қарсы (олардың күйін басу, конфигурациясын өзгерту)

Жетектердің конфигурациясын/параметрлерін бұрмалау, оларды қате конфигурацияларды, шектерді немесе деректерді пайдалануға, сондықтан олардың қалыпты жұмыс параметрлерін бұзу арқылы олардың қалыпты әрекетіне әсер етеді.

Әсері: ол әсер ететін жетектерге байланысты өзгереді. Ол өндірістік процестерге әсер етуі мүмкін.

Қатысты қауіптер: Аппараттық және бағдарламалық жасақтаманы манипуляциялау, сенсордың/жетегінің істен шығуы немесе дұрыс жұмыс істемеуі, басқару жүйесінің істен шығуы немесе дұрыс жұмыс істемеуі (PLC, RTU, DCS).

4. Желі арқылы берілетін ақпаратқа қарсы

Шабуыл желілік деңгейдегі деректермен манипуляциялауға бағытталған (2,3,4 OSI үлгісінің деңгейі). OSI моделінің 5,6,7 деңгейі деңгейінде, яғни контроллер және басқару жүйесі (DCS, SCADA) деректер мәндері дұрыс болып көрінеді. Манипуляцияны желілік деңгейдегі трафикті бақылау арқылы анықтауға болады.

Әсері: Ол өңделген деректерге байланысты өзгереді. Ол өндіріс процесіне әсер етуі немесе процеске зақым келтіруі мүмкін, мысалы: жарылыс тудыруы мүмкін пеш температурасының манипуляциясы.

Қатысты қауіптер: АРТ, Man-in-the-Middle шабуылы, саботаж, зиянды бағдарлама.

5. ПоТ шлюздеріне қарсы

Шабуылдаушы ПоТ шлюзін бұзуға тырысады, бұл бүкіл ортаны бұзуы мүмкін. Әлсіз/осал протоколдар немесе әдепкі құпия сөздер немесе хаттамалар пайдаланылса, бұл өте сәтті болуы мүмкін. Шабуылдың бұл түрі әртүрлі кезеңдерден/фазалардан тұрады және әдетте жасырын түрде іске қосылады. Айта кету керек, шабуылдың бұл түрі құрылғының бүкіл өмірлік циклінде ескерілуі керек.

Әсері: шабуылдаушы желіге және деректерге, соның ішінде құрылғыларға, жүйелерге және желілік жабдыққа қол жеткізе алады. Бұл бүкіл жүйені және оның құрамдас бөліктерін пайдаланудың бірінші кезеңі болуы мүмкін.

Қатысты қауіптер: пароль шабуылдары, эксплуат жинақтары, жеке деректерді теріс пайдалану, зиянды бағдарлама және DDoS.

6. Қашықтан басқару құралының құрылғыларымен манипуляциялау (мысалы, операциялық панельдер, смартфондар)

Шабуылдаушы басқару жүйесінен (үлестірілген орта) алыс орналасқан құрылғыны бұза алады. Көбінесе мұндай құрылғылар жергілікті бақылауға арналған және тұрақты түрде бақыланбайды. Мұндай құрылғыны сатып алу бүкіл желіге ену мүмкіндігіне үлкен қауіп төндіреді, сондай-ақ жабдыққа зақым келтіруі мүмкін, бұл ақпаратты алу үшін көп уақыт қажет, сондықтан зақымдануды ұлғайта алады.

Әсері: жүйеге қол жеткізу және басқару деңгейіне, сонымен қатар инженерлік құралдарға және толық қол жеткізу өзгерістер. Ол IoT ортасына қауіпті өзгерістер тудыруы мүмкін.

Қатысты қауіптер: Құпия сөз шабуылдары, бағдарламалық жасақтаманың осалдықтарын пайдалану, сеанстарды ұрлау, ақпаратты ашу.

7. Қауіпсіздік құралдарының жүйелеріне қарсы (SIS)

Ең қауіпті шабуылдардың бірі, сайып келгенде, қоршаған ортаны, адам өмірін және/немесе компанияларды үлкен қаржылық шығындардан қорғауға тиіс жүйелерге қарсы. Басқару жүйесін иемдену немесе осы жүйемен кез келген манипуляция орнатудың бұзылуына немесе ең аз қауіпті жағдайда әкелуі мүмкін. Мұндай шабуылдың мысалы - жақында болған Тритон шабуылы.

Әсері: SIS жүйесін бұзу, SIS жүйесін манипуляциялау немесе ұзу көптеген адамдарға әсер етуі, қоршаған ортаны қорғау мәселелерін тудыруы және тіпті басқа жүйелерге таралуы, олардың жұмысына әсер етуі немесе оларды тіпті өшіруі мүмкін.

Қатысты қауіптер: зиянды бағдарлама, диверсия, қашықтан басқару құралының құрылғыларын манипуляциялау, АРТ.

8. Зиянды бағдарлама

Бұл шабуылдар желіге таралатын зиянды код арқылы жүзеге асырылады. Ол жәбірленушінің деректеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл шабуылдар зиянды бағдарламаға негізделгендіктен, осал құрылғыларды жаңарту/патчинг арқылы оларды болдырмауға болады. Мұны ПоТ экожүйесінен тыс жерде де жасауға болады. ПоТ-ге қатысты мәселе әртүрлі құрылғыларды жаңарту/патч жасау қиындығы болып табылады - олардың кейбіреулері жаңарту немесе түзету мүмкіндігін ұсынбайды.

Әсері: ПоТ ішінде зиянды бағдарламалардың көптеген ықтимал мақсаттары бар – шабуылдаушы қыстың ортасында смарт термостатты басқара алады және жылууды қоспай алады немесе ол электр желілерін немесе аурухана жүйелерін және т.б. ұстай алады. адамдардың қауіпсіздігіне қауіп төнеді.

Қатысты қауіптер: пайдалану жинақтары, зиянды бағдарламалар, DDoS, құпия сөз шабуылдары.

9. (IoT) ботнеттерімен DDoS шабуылы

Шабуылдың бұл түрі ПоТ құрылғыларының өздеріне бағытталған емес, оның орнына оларды ПоТ құрылғыларына емес, басқа құрылғыларға шабуыл жасау үшін пайдаланады. Біріншіден, зиянды бағдарлама осал заттар Интернеті құрылғыларын автоматты түрде тауып, оларды жұқтырады және

оларды ботнетке шақырады, содан кейін оны DDoS шабуылдарын орнату үшін пайдалануға болады, бұл мақсатты серверлерді зиянды трафикпен толтырады.

Әсері: мақсатты құрылғы немесе қызмет зиянды трафикке толып, оны өшіреді.

Қатысты қауіптер: пайдалану жинақтары, DDoS және зиянды бағдарламалар.

10. Бастапқы шабуылдар (мысалы, бұлтқа қарсы)

Шабуылдың бұл түрі жасырын шабуылдарды бастаудың кең таралған тәсілі болып табылады. Оларды жиі желі бұзушылары өздерінің жеке басын жасыру үшін пайдаланады, өйткені олар шабуылдарды өздерінің компьютерлерінен емес, бұрын бұзылған делдалдық хосттардан жасайды.

Әсер ету: Егер шабуылдаушы қадамдық шабуылды бастаса, ол шабуыл командаларын беру үшін оларды баспалдақ ретінде пайдалана отырып, хосттар жиынтығын бұзуы мүмкін.

Қатысты қауіптер: APT, DDoS, зиянды бағдарламалар.

Ұсынылған модель

Әзірленген модель шеңберінде сараптамалық жүйелер мен машиналық оқыту алгоритмдерін біріктіріп пайдалану ұсынылады. Қойылған функционалдық талаптар негізінде әзірленген жүйе қауіпті анықтаудың бірнеше сәтті тәсілдерін біріктіруі керек. Бұған қауіпті анықтаудың әртүрлі алгоритмдерін төмендегідей біріктіру арқылы қол жеткізуге болады. Жиынтықтармен жұмыс істеу тұрғысынан нәтижелерді біріктірудің 4 кең таралған тәсілі бар, бірақ біз 2 негізгісін қарастырамыз, өйткені қалған екеуі ескірген. Ұсынылған модель үшін стандарттар мен сала мамандарының пікірлері негізінде сараптамалық ережелер әзірленді (Кесте 2).

Кесте 2. Сараптамалық ережелер

Ереже	Ережеге сәйкестік критерийі	Сыншылдық дәрежесі
Құпиялылықты қамтамасыз ету	Құрылғы өңдейтін деректер көлемінен асып кету	Тыйым салынған
	ПоТ ортасында берілетін шифрланбаған жеке деректерді беру	Тыйым салынған
Активтерді табу, басқару, бақылау және қызмет көрсету	Ұйымдық емес және өндірістік активтерді табу және анықтау	Тыйым салынған
	Алынбалы құрылғылар мен USB порттарын пайдалану	Тыйым салынған
	ПоТ құрылғыларын қауіпсіз/шифрланған әдістерді қолданбай басқарылады (мысалы, HTTPS, SSH)	Тыйым салынған
Деректер мен құрылғылардың тұтастығы мен сенімділігін қамтамасыз ету	Сенімсіз көзден бағдарламалық құралды орнату	Тыйым салынған
	Автоматты жаңарту процедурасын орындау	Күдікті
	Стандартты емес қосылу порттарын пайдаланатын жалған ПоТ құрылғыларының пайда болуы	Тыйым салынған
	Қосымшаның ақ тізіміне қосылмаған қосымшалардың болуы	Тыйым салынған
	Басқару немесе өндіріс деңгейіне үшінші тараптың бақылаусыз қол жеткізуі	Тыйым салынған
	Жеткізушінің басқару немесе өндіріс деңгейінде жүйеге тікелей қосылуы	Тыйым салынған
Қашықтан қол жеткізуді, аутентификацияны, артықшылықтарды, есеп жазбалары және физикалық қол жеткізуді басқаруды қамтамасыз ету	3-тен астам сәтсіз аутентификацияны орындау	Күдікті
	10-нан астам сәтсіз аутентификацияны орындау	Тыйым салынған

<i>Машиналар арасындағы байланыс қауіпсіздігі</i>	<i>Хосттарға сұраныстардың үлкен санын құру (қысқа уақыт ішінде – 1 минут ішінде – шамамен 1000 хабарлама).</i>	<i>Тыйым салынған</i>
	<i>Минутына шамамен 1000 сұраныс көлемінде типтік емес сұраныстардың үлкен санын құру (TCP Reset, SYN, SYN + FIN жалауларымен).</i>	<i>Тыйым салынған</i>
	<i>Сеанстың қалыпты емес аяқталуы.</i>	<i>Тыйым салынған</i>

Машиналық оқытудың келесі әдістерін қарастырыңыз: шешім ағаштары (DT) әдістері, аңғал Байес классификаторы (NB) әдісі, k-ең жақын көршілер (k-NN) әдісі.

Шешім ағаштары (DT) әдісі. Әдіс – терминалды емес түйіндер түріндегі сандық атрибуттар мен предикаттарды және терминалды түйіндер түріндегі класс белгілеулерін қамтитын иерархиялық құрылым. Ағашпен жүргенде векторлық компонент үшін кейбір предикаттың ақиқатына сүйене отырып, екі жолдың бірі таңдалады [9].

Аңғал Байес классификаторы (NB). Бұл бір болжамды қабылдайтын жіктеу әдістерінің тобы: жіктелген деректердің әрбір параметрі класстың басқа параметрлерінен тәуелсіз қарастырылады.

k-ең жақын көршілер (k-NN) әдісі талданатын векторды класс белгісімен байланыстыруға мүмкіндік береді, оның даналары берілген z векторына ең жақын барлық K оқыту нысандарының ішінде ең үлкен саны бар. Бұл әдіс алдын ала конфигурациялауды (жаттығуды) қажет етпейді деп айта аламыз. Оның жұмыс істеуі үшін бүкіл жаттығу үлгісін сақтау жеткілікті [10].

Кешеннің формальды анықтамасына сәйкес біз оның алгоритмдерінің жұмыс нәтижелерінің ықтимал комбинацияларын ұсынамыз:

1) NB классификаторын пайдалана отырып, сараптамалық ережелер мен машиналық оқыту әдістеріне негізделген алгоритмдердің нәтижелерін біріктіру

2) k-NN классификаторын пайдалана отырып, сараптамалық ережелер мен машиналық оқыту әдістеріне негізделген алгоритмдердің нәтижелерін біріктіру

3) DT классификаторын пайдалана отырып, сараптамалық ережелер мен машиналық оқыту әдістеріне негізделген алгоритмдер жұмысының нәтижелерін біріктіру

4) NB жіктеуішін пайдалана отырып, сараптамалық ережелер мен машиналық оқыту әдістеріне негізделген алгоритмдер нәтижелерінің қиылысуы

5) k-NN жіктеуішін пайдалана отырып, сараптамалық ережелер мен машиналық оқыту әдістеріне негізделген алгоритмдер жұмысының нәтижелерінің қиылысуы

6) DT классификаторын пайдалана отырып, сараптамалық ережелер мен машиналық оқыту әдістеріне негізделген алгоритмдер жұмысының нәтижелерінің қиылысуы

2 суретте көрсетілген диаграммаға сәйкес алгоритмдер кешені 4 кезеңнен тұрады:

1-кезең – КЖ желілік белсенділігі туралы деректерді енгізу, олар кейін сарапшылық ережелер мен машиналық оқыту әдістеріне негізделген алгоритмдер енгізуіне беріледі.

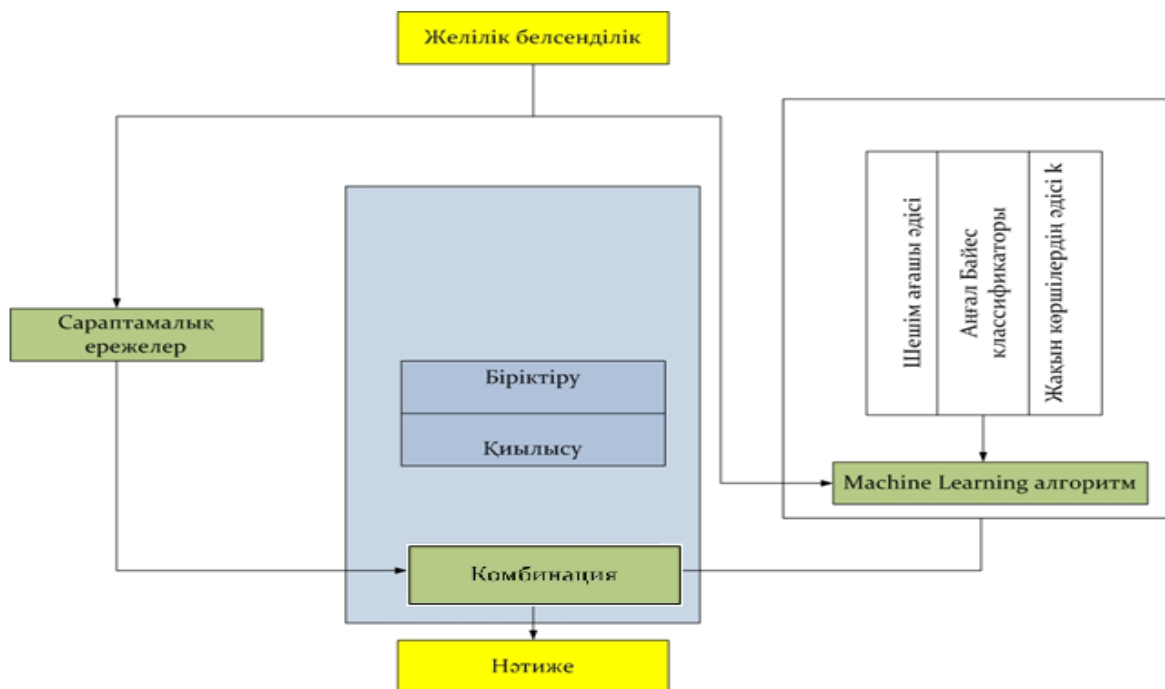
2-кезең – сарапшылық ережелерге негізделген алгоритмді параллель орындау және классификаторлардың әрқайсысы үшін машиналық оқыту әдістеріне негізделген алгоритм вариациялары (1-ші нұсқа).

3-кезең – екі алгоритмнің нәтижелерін әртүрлі тәсілдермен біріктіру (2-ші вариация).

4-кезең – вариациялардың әрқайсысы үшін алгоритмдердің нәтижелерінің жиынын көрсету.

Машиналық оқыту әдістеріне негізделген алгоритмнің дұрыс жұмыс істеуі сәйкес деректер жиынтығымен оқытуға негізделген. Ең қолайлы шешім - интеллектуалдық жүйеге оң және теріс мысалдар жиынтығын ұсынудан тұратын прецеденттерге оқыту болып табылады.

Сараптамалық жүйелер мен машиналық оқыту алгоритмдерін біріктіріп қолдану жалған позитивтердің санын азайтуға, нәтижелерді түсіндіруді жақсартуға және жұмыс жылдамдығын арттыруға тиіс.



Сурет 2. Аралас мөделдің алгоритмі

Қорытынды

Бұл мақалада өнеркәсіптік Интернет желілеріндегі шабуылдарды анықтаудың әртүрлі жүйелері талқыланып, артықшылықтары мен кемшіліктері талданады. Талдау негізінде сарапшылық ережелер мен машиналық оқыту алгоритмдерін біріктіріп қолдану үлгісі ұсынылды. Ұсынылған модель үшін машиналық оқытудың 3 алгоритмі таңдалды: шешім ағаштары (DT), аңғал Байес классификаторы (NB), k-ең жақын көршілер (k-NN).

References:

- 1 Industrial IoT Market Research Report. Market Data Forecast, 2020
- 2 Beaumont M., Hopkins B., Newby T. Hardware Trojans – Prevention, Detection, Countermeasures (A Literature Review)// Command Control Communications and Intelligence Div. 2011. № 5, P.56–63.
- 3 Sklyar V., Krachenko V. ENISA Documents in Cybersecurity Assurance for Industry 4.0: IIoT Threats and Attacks Scenarios // 10th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS) – 2019. – P. 1046-1049, doi: 10.1109/IDAACS.2019.8924452.
- 4 Nakamura E. T., Ribeiro S. L. A Privacy, Security, Safety, Resilience and Reliability Focused Risk Assessment Methodology for IIoT Systems Steps to Build and Use Secure IIoT Systems// the Global Internet of Things Summit (GIoTS) – 2018. – P. 1-6, doi: 10.1109/GIOTS.2018.8534521.
- 5 Purdy M., Davarzan L. The Growth Game-Changer: How the Industrial Internet of Things can drive progress and prosperity// Accenture. 2015. №3. P. 21-26.
- 6 Yao H., Gao P., Zhang P. Hybrid Intrusion Detection System for Edge-Based IIoT Relying on Machine-Learning-Aided Detection. // IEEE Network. 2019. №5, P. 75-81.
- 7 Aboelwafa N., Seddik K. G., Eldefrawy M. H., Gadallah Y. A Machine-Learning-Based Technique for False Data Injection Attacks Detection in Industrial IoT. M // IEEE Internet of Things Journal. 2020. №9, P. 8462-8471.
- 8 Zolanvari M., Teixeira M. A., Jain R. Effect of Imbalanced Datasets on Security of Industrial IoT Using Machine Learning // IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics. 2018 P 112-117.
- 9 Navada A., Ansari A. N., Patil S., Sonkamble B. A. Overview of use of decision tree algorithms in machine learning// 2011 IEEE Control and System Graduate Research Colloquium. 2011. P. 37-42, doi: 10.1109/ICSGRC.2011.5991826.
- 10 Vallabh P., Malekian R., Ye N., Bogatinoska D. C. Fall detection using machine learning algorithms // 2016 24th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM). – 2016. – P. 1-9, doi: 10.1109/SOFTCOM.2016.7772142.

А. Ахмадия^{1,2}, С.С. Бримжанова^{3,4}, Х. Молдамурат², Н.К. Набиев¹*

¹*С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық Университет, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан*

²*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан*

³*«А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті», Қостанай қ., Қазақстан*

⁴*Ш. Қабылбаев атындағы Қазақстан Республикасы ІІМ Қостанай академиясы,
Қостанай қ., Қазақстан*

**e-mail: kameshova_88@mail.ru*

ENVI БАҒДАРЛАМАСЫН ҚОЛДАНЫП ҒАРЫШТЫҚ ТҮСІРІЛІМДЕРДІ ДЕШИФРЛЕУ ҮШІН МАХАЛАНОВИС ӘДІСІМЕН МӘЛІМЕТТЕРДІҢ КЛАСТЕРИЗАЦИЯСЫ

Аңдатпа

Жақында ақпараттық технологиялардың күрт өсуі байқалады. Ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың көптеген бөлімдерінің ішінде жасанды интеллект теориялық әзірлемелер саласында да, қосымшаларда да ең прогрессивті болып табылады. Жасанды интеллекттегі үлгіні тануға көптеген мәселелер кіреді: суреттерді, символдарды, мәтіндерді, иістерді, дыбыстарды, шуды, жағдайларды тану. Бағдарламалық құралдар нарығында белгілері бойынша тануға негізделген, деректер және білім базаларымен жабдықталған, бейімдеу және оқыту мүмкіндігі бар жүйелер бар. Бұл жұмыста Landsat-7 ғарыштық түсірілімі бойынша 5-классты тану мақсатында ENVI бағдарламалық жасақтамасымен бақыланатын жіктеу қарастырылады. Мақалада класстарға бөлу үшін Махалановис әдісі қолданылды және әр класс үшін танудың салыстырмалы дәлдігі анықталды. Махалановис дистанциясы әдісімен класстарды танудың есептелген дәлдігі 5 класс бойынша жалпы дәлдік 90%-дан астамды көрсетті, каппа-статистика индексі 0,89 құрады. Осылайша, дәлсіздік матрицасы бойынша class_3 дәлдігі басқаларға қарағанда жоғары деп қорытынды жасауға болады, бұл класс өзендер, көлдер мен арналарға жатады. Class_5 тану дәлдігі басқа класстарға қарағанда 70% - дан жоғары болды, бұл классқа Class_1, Class_2 деп қате жіктелуі мүмкін тұрғын үйлер мен ғимараттар жатады.

Түйін сөздер: Landsat-7, Махалановис, бақыланатын жіктеу, деректерді кластерлеу, жасанды интеллект, үлгіні тану, жерді қашықтықтан зондтау технологиялары.

Аннотация

А. Ахмадия^{1,2}, С.С. Бримжанова^{3,4}, Х. Молдамурат², Н.К. Набиев¹

¹*Казахский Агротехнический Университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, Казахстан*

²*Евразийский Национальный Университет им. Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан*

³*НАО «КРУ имени А.Байтұрсынова», Костанай, г. Казахстан*

⁴*Костанайская академия МВД РК имени Шырақбека Кабылбаева, г. Костанай, Казахстан*

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ДАННЫХ МЕТОДОМ МАХАЛАНОВИСА ДЛЯ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМОСНИМКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ENVI

В последнее время наблюдается взрывной рост новых информационных технологий. Среди множества разделов ИКТ наиболее прогрессирующим является искусственный интеллект. К распознаванию образов в искусственном интеллекте относят широкий круг проблем: распознавание изображений, символов, текстов, запахов, звуков, шумов, ситуаций. На рынке программных средств имеются системы, основанные на распознавании по признакам, оснащенные базами данных и знаний, имеющие возможность адаптации и обучения. В работе рассматривается контролируемая классификация с программным обеспечением ENVI с целью распознавания 5-ти классов по космоснимку Landsat-7. В статье применен Метод Махалановиса для разделения на классы и определена относительная точность распознавания. Вычисленная точность распознавания классов методом дистанции Махалановиса показала, что общая точность по 5 классам более 90%, индекс каппа-статистики составил 0,89. По матрице неточности распознавания можно сделать вывод, что точность по Class_3 выше, чем у других, этому классу принадлежат реки, озера и каналы. Точность распознавание по Class_5 более 70% ниже, чем у других классов, этому классу принадлежат жилые дома и здания которые могут быть ошибочно классифицированы как Class_1, Class_2.

Ключевые слова: Landsat-7, Махалановис, контролируемая классификация, кластеризация данных, искусственный интеллект, распознавание образов, технологии дистанционного зондирования Земли.

Abstract

DATA CLUSTERING USING THE MAHALANOBIS METHOD FOR DECIPHERING OF SATELLITE IMAGES USING ENVI SOFTWARE

Akhmadiya A.^{1,2}, Brimzhanova S.S.^{3,4}, Moldamurat Kh.², Nabiyeu N.¹

¹ S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, Kazakhstan

² L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

³ NPLC «A. Baitursynov Kostanay Regional University», Kostanay, Kazakhstan

⁴ Kostanay Academy of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Kazakhstan named after Shrakbek Kabyibaev, Kostanay, Kazakhstan

Recently, there has been an explosive growth of new information technologies. Among the many areas of ICT, artificial intelligence is the most progressive. Pattern recognition in artificial intelligence includes a wide range of problems: recognition of images, symbols, texts, smells, sounds, noises, situations. In the software market there are systems based on the recognition of traits, equipped with databases and knowledge, with the ability to adapt and learn. This paper considers supervised classification with ENVI software to recognize 5 classes from Landsat-7 satellite image. The paper applies the Mahalanobis Method for class separation and determines the relative accuracy of recognition. The calculated accuracy of classes recognition by the Mahalanobis distance method showed that the total accuracy of 5 classes is more than 90%, the kappa-statistics index was 0,89. According to the recognition inaccuracy matrix, we can conclude that the accuracy of Class_3 is higher than that of the others; rivers, lakes and canals belong to this class. Recognition accuracy for Class_5 is more than 70% lower than for other classes, this class belongs to residential buildings and buildings that can be erroneously classified as Class_1, Class_2.

Keywords: Landsat-7, Mahalanobis, supervised classification, data clustering, artificial intelligence, pattern recognition, remote sensing technologies.

Кіріспе

Өркениеттің әр түрлі кезеңдерінде ғылыми зерттеулердің жетекші бағыттары философия, математика, астрология, алхимия, физика бөлімдері болды: механика, электр және магнетизм, кванттық механика, бөлшектер физикасы, ядролық физика. Қазіргі уақытта көшбасшылық даму қарқынында да, қосымшаларда да ақпараттық технологияларға көшті. Өз кезегінде, IT-технологиялардың көптеген бөлімдерінің ішінде жасанды интеллект теориялық әзірлемелер саласында да, қосымшаларда да ең прогрессивті болып табылады.

Жасанды интеллекттің бірнеше бөлімдері бар, олардың арасындағы басымдықтар үнемі өзгеріп отырады. Сонымен қатар, жасанды интеллекттің әртүрлі бөлімдерін дамытатын ғалымдар арасында бәсекелестік бар, олар көбінесе өте қатал формаларды алады. Алдымен нейрокомпьютерлер, содан кейін сараптамалық жүйелер, ал соңғы онжылдықта нейрондық желілер көшбасшылыққа ие болды [1]. Жасанды интеллект ұзақ уақыт бойы ғылыми зерттеулердің «ыстық нүктесіне» айналды. Бұл жерде математиктердің, физиктердің, нейробиологтардың, психологтардың, бағдарламашылардың, философтардың, инженерлердің күш-жігері шоғырланған. Мұнда ғылыми ойдың даму жолдарына, компьютерлік индустрияның болашақ ұрпақтың өміріне әсеріне байланысты жаһандық мәселелер шешіледі. Осы жерде шекаралық идеялар пайда болады және өмір сүру құқығына ие болады — әртүрлі пәндерді, ғылыми бағыттар мен салаларды біріктірудің нәтижесі. Мұнда ғылыми нәтижелерді философиялық түсіну деп аталатын нәрсе пайда болады және қалыптасады. Жасанды интеллекттің ғылыми сала ретінде тез дамуына компьютерлік техниканың қол жетімділігі айтарлықтай ықпал етеді. Компьютерлердің қол жетімділігінің арқасында жаңа идеяларды жылдам компьютерлік іске асыру, оларды дереу іске асыру және жан-жақты практикалық тексеру мүмкіндігі бар. Бұл мүмкіндік жасанды интеллекттің теориялық және практикалық аспектілерде оның даму қарқынында көшбасшылыққа ықпал ететін күшті ынталандыру болып табылады. Жасанды интеллекттегі үлгіні тануға көптеген мәселелер кіреді: суреттерді, символдарды, мәтіндерді, иістерді, дыбыстарды, шуды, жағдайларды тану. Бағдарламалық құралдар нарығында белгілері бойынша тануға негізделген, деректер және білім базаларымен жабдықталған, бейімдеу және оқыту мүмкіндігі бар жүйелер бар.

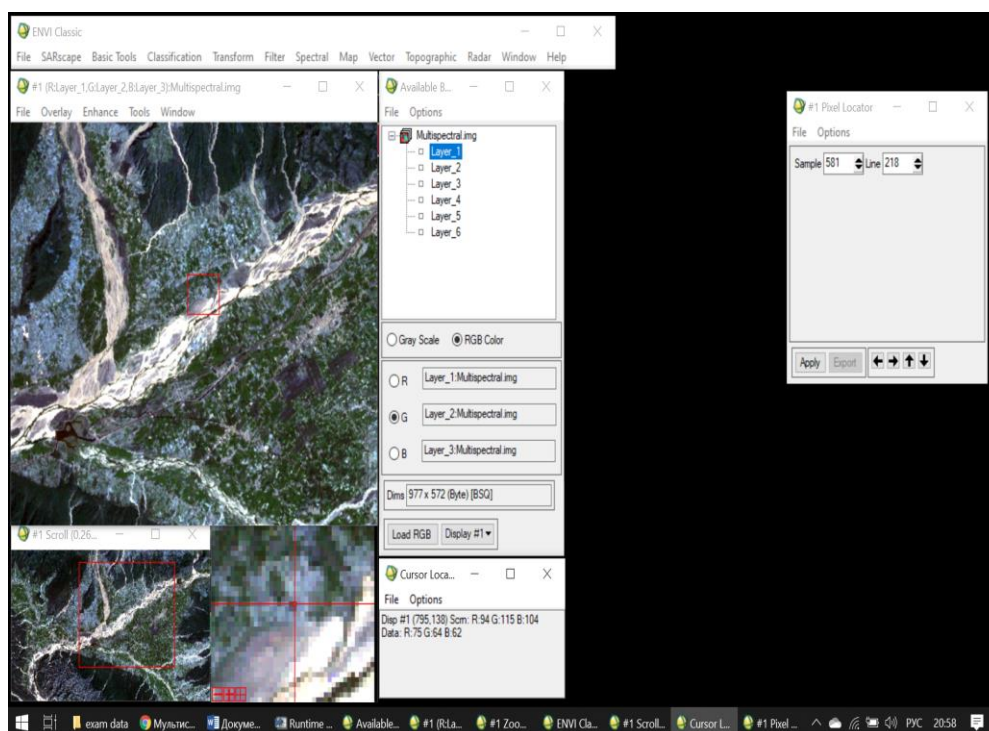
Бағдарламалық шешімдер қашықтықтан зондтау, инженерлік өнер, жер туралы ғылымдар, әуе кеңістігі мен ғарышты зерттеу, медицина, мұнай мен газды дамыту және биотехнологияны қоса алғанда, әртүрлі салаларда қолданылады.

Біздің планетамызды зерттеу мен оның ресурстарын тиімді пайдалануға және басқаруға көмектесетін тұрақты бақылаудың таптырмас құралы, атап айтқанда жерді қашықтықтан зондтаудың заманауи технологиялары біздің өміріміздің барлық саласында қолданылады [2].

Зерттеу әдістері

Ғарыштық түсірілімдер – бұл X (samples – бағандар) және Y (rows – жолдар) өлшем матрицасын білдіретін мәліметтер массиві, мұнда әр пиксельдің өзіндік координаты (X, Y) және оның мәні DN (Digital Number). Шифрлау кезінде DN мәндері қолданылады, мұнда тиесілік өлшемі осы пиксельдің қай классқа жататынын анықтайды.

Landsat-7 спутнигінен ғарыштық түсірілімді қарастырайық, бұл суретті ENVI бағдарламасында әрі қарай өңдеу үшін пайдаланамыз [7]. Landsat-7 ғарыштық түсірілімі 6 арнасы бар 0,4-тен 12,5 мкм-ге дейінгі толқын ұзындығының диапазонын қамтиды, ол мультиспектрлі, оның арналарынан түсті синтезделген RGB кескіндерін жасауға болады. Біз Layer 1, Layer 2 және Layer 3 қолданамыз және олардан RGB кескінін жасаймыз (қызыл арна (Red) – Layer_1, жасыл арна (Green) – Layer_2, көк арна (Blue) – Layer_3). Түрлі арналарды түстермен біріктіре отырып, әртүрлі табиғи және техногендік нысандарды нақты ажыратуға болады, яғни объектілерді тану, шифрлау немесе көзбен түсіндіру оңайырақ болады (1 суретті қараңыз) [3].



Сурет 1. Red – Layer_1, Green – Layer_2, Blue – Layer_3 арналарынан түсті синтезделген RGB суреті

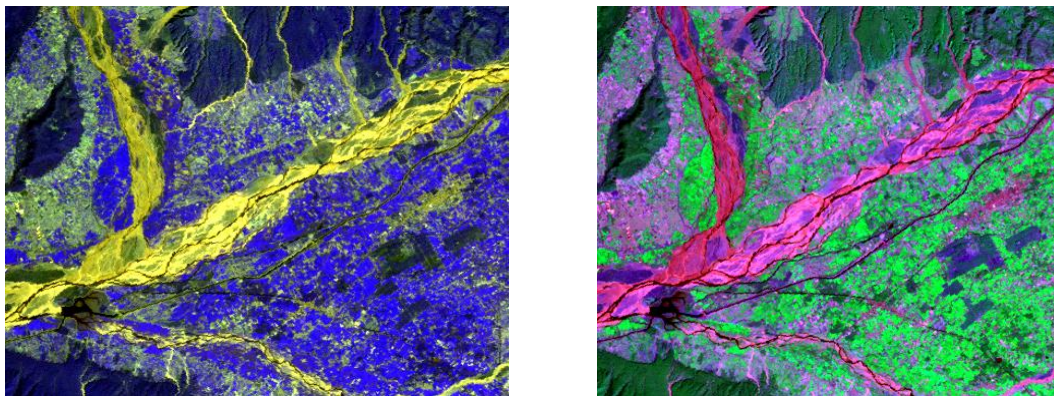
Кластерлеудегі әртүрлі нысандар немесе сыныптар үш өлшемді аймақта өз мәндеріне ие болады, олар қызыл, жасыл және көк координаттарда өз кеңістігін топтастыра алады. Біз комбинацияларды (Layer_2, layer_3, Layer_4) және (Layer_3, Layer_4, Layer_5) қалыптастырамыз, осы екі суретті түс қасиеттері бойынша көзбен түсіндіреміз (2 суретті қараңыз).

RGB кескініндегі осындай алты арнаның комбинациясының максималды комбинациясы позицияны немесе тәртіпті ескерусіз 20-ға дейін жетуі мүмкін.

Мұндағы C_n^k комбинацияларының максималды тіркесімі формула бойынша есептеледі:

$$C_n^k = \frac{n!}{(n-k)! \cdot k!}$$

мұндағы n-арналар саны: 6; k - RGB кескінін құруға арналған арналар саны [4].

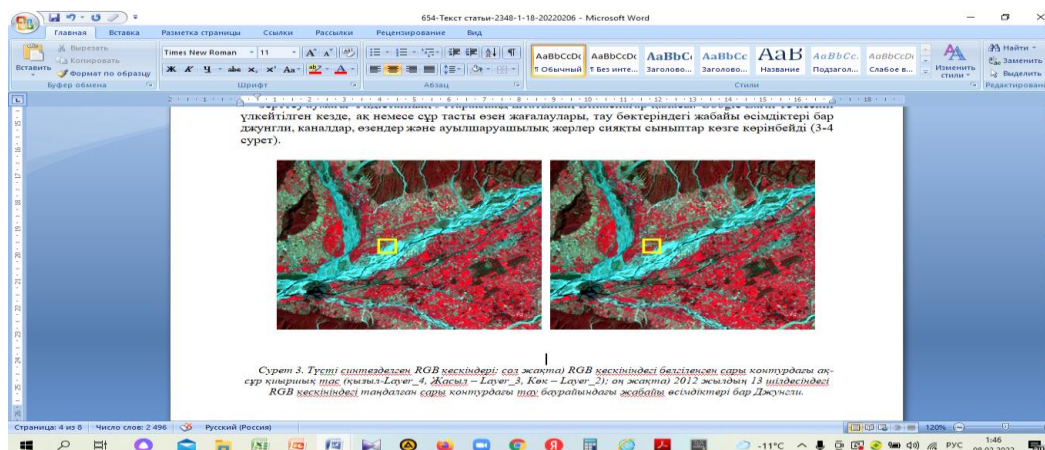


Сурет 2. Түсті синтезделген RGB суреттері: сол жақ (Red-Layer_2, Green - Layer_3, Blue - Layer_4); оң жақ (Red - Layer_3, Green - Layer_4, Blue-Layer_5)

Зерттеу нәтижелері

Зерттеу аумағы-Үндістанның Уттаракханд штатының Викаснагар қаласы.

Google Earth-те кескін үлкейтілген кезде, ақ немесе сұр тасты өзен жағалаулары, тау бөктеріндегі жабайы өсімдіктері бар джунгли, каналдар, өзендер және ауылшаруашылық жерлер сияқты класстар көзге көрінбейді (3-4 сурет).

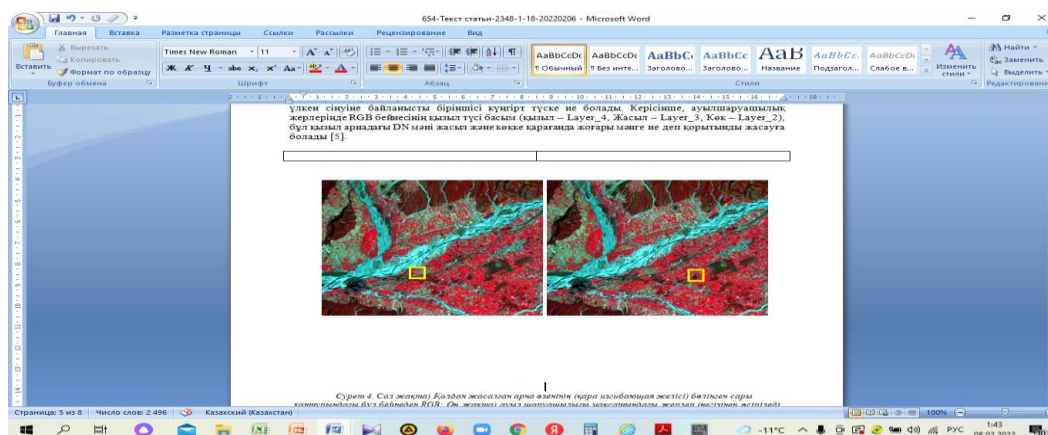


Сурет 3. Түсті синтезделген RGB кескіндері: сол жақта: RGB кескініндегі белгіленген сары контурдағы ақ-сұр қиыршық тас (Red-Layer_4, Green – Layer_3, Blue – Layer_2); оң жақта: 2012 жылдың 13 шілдесіндегі RGB кескініндегі таңдалған сары контурдағы тау баурайындағы жабайы өсімдіктері бар Джунгли

Жергілікті жерде зерттеу жүргізгеннен кейін және әр түрлі кластардың спектрінің айырмашылығына сүйене отырып, өзендер, каналдар сияқты сыныптар ауылшаруашылық алқаптарына қатысты көзбен ерекшеленеді деп қорытынды жасауға болады, өйткені күн спектрінің үлкен сіңуіне байланысты біріншісі күңгірт түске ие болады. Керісінше, ауылшаруашылық жерлерінде RGB бейнесінің қызыл түсі басым (Red – Layer_4, Green – Layer_3, Blue – Layer_2), бұл қызыл арнадағы DN мәні жасыл және көкке қарағанда жоғары мәнге ие деп қорытынды жасауға болады [5].

Жабайы өсімдіктері бар Джунгли ауылшаруашылық жерлер мен өзендерден қара-жасыл немесе қоңыр түспен ерекшеленеді. Алайда, үйлерді, үйлерді қамтитын қалалық ғимараттарды кейде қиыршық тастардан ажырату қиын, өйткені түстер сәйкес келуі мүмкін. Сондықтан, соңғысына қатысты, бұл класстар үш өлшемді аймақта DN мәндерінің кеңістігін бір-біріне жақындатады деп қорытынды жасауға болады.

Суретті өңдеу саласындағы машиналық оқыту, тану, деректерді талдау кезінде бақыланатын жіктеу әдістері қолданылады. Математикалық аппараттың күрделілігіне қарамастан, бұл әдістер статистикалық талдауға, сызықтық алгебраға және оңтайландыру теориясына негізделген [6].



Сурет 4. Сол жақта: Қолдан жасалған арна өзенінің (қара изгибаящая желісі) бөлінген сары контурындағы бұл бейнеден RGB; Оң жақта: ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлер (негізінен өсіріледі қант құрағы). Космос түсірілімі 13 шілде 2012 жылы алынған

Машиналық оқытудың негізгі мақсаты-белгілі бір сынып үшін кескін пикселдерінің сәйкестігін анықтау. Анықтау үшін ол ең алдымен классқа бөлу білім алушы туралы деректерді жинайды. Әрі қарай, осы оқу үлгілеріне сәйкес жіктеу есептеріне арналған параметрлері бар математикалық модель жасалады. Мұндай бақыланатын жіктеудің мысалы-Махаланобис қашықтығының жіктелуі. Класстар үшін тиісті аудандардан оқу үлгілерін бөлеміз: а) тасты немесе құмды таяз (Class_1); б) джунгли (Class_2); с) өзендер, каналдар мен көлдер (Class_3); d) ауылшаруашылық алқаптары (Class_4); е) үйлер мен ғимараттар (Class_5). Әр сынып үшін қызығушылық аймағынан (ROI) пиксельдер бақыланатын классификациядан бұрын бөлінуі керек.

Мұндай класстар үшін таңдалған талдау үшін пиксельдер саны: Class_1 – 138; Class_2 – 202; Class_3 – 111; Class_4 – 229; Class_5-154. 6 арна бойынша деректерді статистикалық талдау әр сынып үшін ерекше қолтаңбаны көрсетті (5 суретті қараңыз).

Class_2, Class 3 және Class 4 графиктерінен көрініп тұрғандай, олар қолтаңба деп аталатын тән қолтаңбамен ерекшеленеді. Бұл қолтаңбаларды біле отырып, кез-келген пиксельді белгілі бір сыныпқа байланыстыру арқылы тануға болады. Осы деректерді кіріс ретінде қолдана отырып, бақыланатын Махаланобис классификациясын қолдана отырып, ғарыштық түсірілімдегі барлық пикселдердің белгілі бір классқа жататындығын анықтаймыз.

Махаланобис дистанциясы әдісімен сыныптарды тану дәлдігі 5 сынып бойынша жалпы дәлдік 91,84%, каппа-статистика индексі 0,89 құрады. Дәл емес тану матрицасы немесе Махаланобис әдісімен жіктеу қателерінің матрицасы 1-кестеде келтірілген.

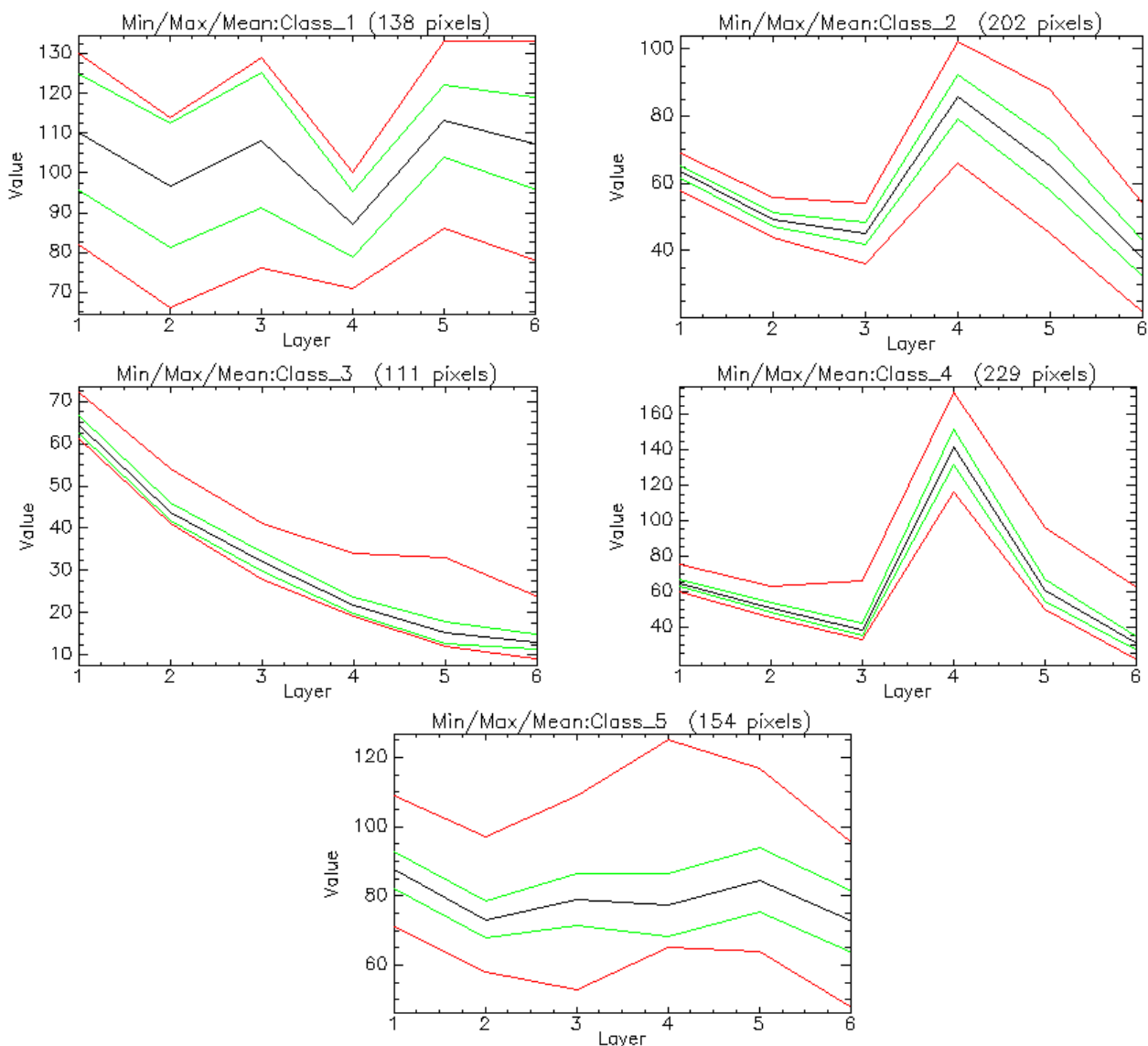
Қорытынды

Осылайша, дәлсіздік матрицасы бойынша Class_3 дәлдігі басқаларға қарағанда жоғары деп қорытынды жасауға болады, бұл класс өзендер, көлдер мен арналарға жатады. Class_5 тану дәлдігі басқа сыныптарға қарағанда 79,87% төмен болды, бұл сыныпқа Class_1, Class_2 деп қате жіктелуі мүмкін тұрғын үйлер мен ғимараттар жатады.

Қазіргі уақытта ғарыш түсірілімдерінен үлкен деректерді өңдеу және тану үшін жасанды интеллект жүйелерін қолдану арқылы әзірлемелер жүргізілуде. Жасанды интеллект технологиялары әлі де үлкен ақпарат ағындарын іздеудің және өндеудің құнды құралы болып қала береді.

Мүмкін болашақта жасанды интеллект технологиялары жерден ғарышқа жіберілген құрылғыларды қалай басқаруға болатындығын шешеді. Қашықтық неғұрлым үлкен болса, ғарыш аппараттары жермен байланыста болу соғұрлым қиын болады. Бұл дегеніміз, ғарыш кемесі оған үйренуге мүмкіндік беретін технологиялармен жабдықталуы керек және сайып келгенде, қандай деректерді жинау керек және қайсысы жоқ екенін шешеді. Сондықтан жасанды интеллект технологиялары жаңа жағдайларда дербес шешім қабылдауы керек.

Дәл қазір роботтар ғарышқа жіберіліп жатыр, ал кейбір әзірлемелер станцияларда бет-әлпетті тану және дауыстық бақылау үшін қолданылады. Жасанды интеллект технологиясының басты артықшылығы-жер үсті қолбасшылығына жұмсалатын шығындарды азайту және ғарышты игеру кезінде адам факторынан арылу.



Сурет 5. 5 классқа арналған 6 арна бойынша статистикалық мәліметтер диаграммасы
 Ескертпе. Әрбір сынып бойынша статистикалық деректер ең төменгі (Min), ең жоғарғы (Max), орташа мән (Mean) және стандартты ауытқулармен (-StDev, +StDev) ұсынылған. Мән мәні-әр арнадағы пиксельдің DN мәні

Кесте 1. Махаланобис дистанциясы бойынша дәлме-дәл тану матрицасы

Өңдеуден кейін	Шынайы мәндер (%)				
	Class_1	Class_2	Class_3	Class_4	Class_5
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Class_1	85.51	0.00	0.00	0.00	8.44
Class_2	0.00	94.06	0.00	1.75	11.69
Class_3	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
Class_4	0.00	0.00	0.00	97.82	0.00
Class_5	14.49	5.94	0.00	0.44	79.87
Общее	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Алғыс сөздер

Авторлар ГАЖ – технологиялар орталығына, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетіндегі Мажренова Шолпан Каиржановнаға ENVI заманауи лицензиялық бағдарламалық қамтамасыз етуде жұмыс ұсынғаны үшін алғыс айтқысы келеді. Сонымен қатар, авторлар Үндістанның қашықтықтан зондтау институтында ГАЖ технологиялары бойынша 9 айлық халықаралық курсты өту кезінде директор Сарнам Сингхпен бірге алған білімдері үшін үлкен алғыс білдіреді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Stuart Russell, Peter Norvig, «Artificial Intelligence: A Modern Approach, 2nd Edition» // Williams, 2015, p.74, ISBN: 978-5-8459-1968-7.
- 2 Ялдыгина Н.Б. «Использование программного комплекса ENVI для решения задач лесного хозяйства» // Геоматика, №3 2011, с. 34-39.// https://elibrary.ru/download/elibrary_22298234_71900765.pdf
- 3 Орешкина Л.В. «Обнаружение и распознавание класса объектов на многозональных изображениях дистанционного зондирования» // Информатика. 2005. №2. с. 80.// <https://inf.grid.by/jour/issue/view/64/showToc>
- 4 Smirnova A.I.; Khachumov V.M. «Method of processing multispectral images of earth remote sensing: metod obrabotki mul'tispektral'nykh snimkov distantsionnogo zondirovaniya zemli», Aviakosmicheskoe priborostroenie 2013, с.50-56.
- 5 Шумаков Ф.Т., Толстохатко В.А., Малец А.Ю. «Классификация космических снимков с использованием методов кластерного анализа» // Восточно-Европейский Журнал передовых технологий. 2011. №3 (51), с. 58-62. // <https://elibrary.ru/item.asp?id=19129087>
- 6 Домрачев А.А., Ануфриев М.А. Основы дистанционного зондирования Земли // Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. — 155 с.// <https://www.twirpx.club/file/3042831/>
- 7 Байкалова Т.В. Автоматизированная обработка данных дистанционного зондирования. Учебно-методическое пособие. Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2015. 112 с.// <https://www.twirpx.org/file/2735976/>

References:

- 1 Stjuart Rassel, Piter Norvig (2015) Iskusstvennyj intellekt: Sovremennyy podhod, 2-e izdanie [Artificial Intelligence: A Modern Approach, 2nd Edition]. Uil'jams. 74, ISBN: 978-5-8459-1968-7. (In English)
- 2 Jaldygina N.B. (2011) Ispol'zovanie programmnogo kompleksa ENVI dlja reshenija zadach lesnogo hozjajstva. [Using the ENVI software package to solve forestry problems]. Geomatika. №3, 34-39. (In Russian) https://elibrary.ru/download/elibrary_22298234_71900765.pdf
- 3 Oreshkina L.V. (2005) Obnaruzhenie i raspoznavanie klassa ob#ektov na mnogozonal'nyh izobrazhenijah distancionnogo zondirovaniya. [Object class detection and recognition on multispectral remote sensing images]. Informatika. № 2, 80. (In Russian) <https://inf.grid.by/jour/issue/view/64/showToc>
- 4 Smirnova A.I., Hachumov V.M. (2013) Metod obrabotki mnogospektral'nyh izobrazhenij distancionnogo zondirovaniya Zemli: metod obrabotki mnogospektral'nyh snimkov distancionnogo zondirovaniya Zemli. [Method of processing multispectral images of earth remote sensing: metod obrabotki mul'tispektral'nykh snimkov distantsionnogo zondirovaniya zemli]. Aviakosmicheskoe priborostroenie, 50-56. (In English)
- 5 Shumakov F.T., Tolstohat'ko V.A., Malec A.Ju. (2011) Klassifikacija kosmicheskikh snimkov s ispol'zovaniem metodov klaster'nogo analiza. [Satellite images classification using cluster analysis methods]. Vostochno-Eropejskij Zhurnal peredovyh tehnologij. №3 (51), 58-62. (In Russian) <https://elibrary.ru/item.asp?id=19129087>
- 6 Domrachev A.A., Anufriev M.A. (2019) Osnovy distancionnogo zondirovaniya Zemli. [Basics of Earth Remote Sensing]. Joshkar-Ola: PGU, 155. (In Russian) <https://www.twirpx.club/file/3042831/>
- 7 Bajkalova T.V. (2015) Avtomatizirovannaja obrabotka dannyh distancionnogo zondirovaniya. [Automated processing of remote sensing data]. Uchebno-metodicheskoe posobie. Barnaul: RIO Altajskogo GAU, 112. (In Russian) <https://www.twirpx.org/file/2735976/>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CARDIOLOGY

Balgabaeva L.Sh.¹, Kenzhegulova S.B.², Malikova F.U.¹, Toleushova A.T.^{1*}, Abay D.E.²

¹Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

²University of International Business, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: ainurka19_95@bk.ru

Abstract

One of the ongoing trends in cardiology today is the proposed use of artificial intelligence (AI) to improve and expand the efficiency of the cardiologist. Cardiology is a broad field that focuses on a large number of diseases that are specifically related to the heart, circulatory system, and their functions. Thus, a person may have similar symptoms and diagnostic signs, which makes it difficult for the doctor to determine the real problem associated with the heart. Thus, the use of artificial intelligence is aimed at ridding doctors of this obstacle and improving the quality of patient care. Artificial intelligence techniques such as machine learning, deep learning, and cognitive computing can play a crucial role in the early detection, as well as in predicting and predicting results. The widespread use of electronic medical records (EMRs) has led to the creation of massive data sets (quantitative, qualitative, and transactional data) that require interpretation of artificial intelligence methods.

Keywords: artificial intelligence, circulatory system, cardiology, diagnostics, cardiovascular.

Аңдатпа

Л.Ш. Балгабаева¹, С.В. Кенжегулова², Ф.У. Маликова¹, А.Т. Төлеушова¹, Д.Е. Абай²

¹Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Халықаралық бизнес университеті, Алматы қ., Қазақстан

КАРДИОЛОГИЯДАҒЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ

Кардиолог жұмысының тиімділігін арттыру және кеңейту үшін жасанды интеллект (ЖИ) пайдалану бүгінгі таңда кардиологиядағы өзекті бағыттардың бірі болып табылады. Кардиология-бұл жүрекке, қан айналымы жүйесіне және олардың функцияларына байланысты көптеген ауруларға бағытталған кең сала. Осылайша, адамның ұқсас белгілері мен диагностикалық белгілері болуы мүмкін, бұл дәрігерге жүрекке байланысты нақты проблеманы анықтауды қиындатады. Осылайша, ЖИ қолдану дәрігерлерді осы кедергіден құтқаруға және пациенттерге қызмет көрсету сапасын жақсартуға бағытталған. Машиналық оқыту, терең оқыту және когнитивті есептеу сияқты жасанды интеллект әдістері ерте анықтау мен диагностикада, сондай-ақ нәтижелерді болжауда шешуші рөл атқара алады. Электрондық медициналық жазбаларды (ЭМЖ) кеңінен қолдану ЖИ әдістерін түсіндіруді қажет ететін жаппай мәліметтер жиынтығын (сандық, сапалық және транзакциялық мәліметтер) құруға әкелді.

Түйін сөздер: жасанды интеллект, қан айналымы жүйесі, кардиология, диагностика, жүрек-тамыр жүйесі.

Аннотация

Л.Ш. Балгабаева¹, С.В. Кенжегулова², Ф.У. Маликова¹, А.Т. Төлеушова¹, Д.Е. Абай²

¹Алматынський технологический университет, г.Алматы, Казахстан

²Университет международного бизнеса, г.Алматы, Казахстан

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В КАРДИОЛОГИИ

Одной из актуальных тенденций в кардиологии сегодня является предлагаемое использование искусственного интеллекта (ИИ) для повышения и расширения эффективности работы кардиолога. Кардиология – это обширная область, которая фокусируется на большом количестве заболеваний, которые конкретно связаны с сердцем, системой кровообращения и их функциями. У человека могут быть схожие симптомы и диагностические признаки, что затрудняет врачу определение реальной проблемы, связанной с сердцем. Таким образом, использование искусственного интеллекта направлено на избавление врачей от этого препятствия и повышение качества обслуживания пациентов. Методы ИИ, такие как машинное обучение, глубокое обучение и когнитивные вычисления, могут сыграть решающую роль в раннем выявлении и диагностике, а также в прогнозировании результатов. Широкое использование электронных медицинских записей (ЭМЗ) привело к созданию массивных наборов данных (количественных, качественных и транзакционных данных), которые требуют интерпретации методами ИИ.

Ключевые слова: искусственный интеллект, система кровообращения, кардиология, диагностика, сердечно-сосудистая система.

Introduction

Relevance of the work. Diagnosis of cardiovascular risk is one of the most important tasks of Cardiology. Currently, an electrocardiogram (ECG) is the most common method of diagnosing the functioning of the human cardiovascular system, as it is a carrier of the most important systemic rhythms. Automatic electrocardio signal analysis is a complex task.

Thus, the relevance of this study is determined by the need to improve the quality indicators of predicting the risk of cardiovascular complications.

Why does AI make diagnoses better than humans?

Cardiological potential AI began to unfold in April 2017. Then at the University of Nottingham, an algorithm was created that, after analyzing the data of 378 thousand patients on 22 indicators (age, nationality, various diseases, cholesterol level...), predicted the risk of developing a heart attack more accurately than doctors: from 74.5% to 76.4% accuracy against 72.8%. "Predictions" were made on the last sample, so you could immediately see that artificial intelligence would save 355 more lives than doctors.

How does it work? A computer program that works with "big data" can find non-obvious connections between different parameters of the body and make more accurate conclusions. For example, doctors (based on research data) it is still believed that diabetes is a risk factor for heart attacks, but the machine ignored this parameter. Strikingly, the program didn't have any data on the patient's lifestyle and genetics, whereas the doctors did. What happens if the AI gets access to more complete data? How many lives can he save?

Google-I detects heart attacks.

Researchers from the medical company Verily (owned by Google) have developed a new method for detecting cardiovascular diseases by scanning an image of the retina of the eye. To train the Verily algorithm, they used data from 300,000 people: an image of their retinas and information about their health status, age, blood pressure, and whether they smoke. The neural network quickly formed an "opinion" about certain patterns and learned to conclude new data [1]. Now, if we compare it with the most accurate medical algorithms that predict the probability of a heart attack in the next 5 years and give an accuracy of 70%, we will see that Verily is right in 72%, and it does not require either a blood donation or a visit to the doctor. While the development is not in a hurry to apply – it is a serious matter, and you need to test everything thoroughly.

AI will help predict the effectiveness of treatment.

Typically, testing new technology or treatment is done like this: patients are randomly divided into two groups, after which one group is given this type of treatment, the other a placebo. Or maybe you can check the effectiveness of the method differently? Could it be that some groups will benefit from a treatment that does not work with others?

Finnish researchers at the University of Eastern Finland have used AI-based modeling to compare different treatment alternatives and understand which cardiovascular patient is best suited for a particular CPAP method. The SIPAP device is a small compressor that supplies a constant flow of air under a certain pressure to the respiratory tract through a flexible tube and a sealed nasal mask. Thus, it does not allow the airways to close and block the flow of air. As it turned out, CPAP helps to reduce mortality and the number of strokes and heart attacks by 5% in patients with sleep apnea, and for patients with heart disease, it is less useful and cannot be the technology of choice for them. In picture 1, you can see what the device itself looks like.

Current trends.

Screening test results such as an echocardiogram, MRI, or computed tomography have long been suggested to be analyzed using more advanced techniques in technology [2]. Thus, although artificial intelligence has not yet become widespread in clinical practice, it is seen as the future of healthcare.

This is because artificial intelligence or machine learning will allow you to accurately determine the functions of the patient and make a diagnosis from the beginning to the end of the therapeutic process. In particular, the use of artificial intelligence in cardiology is aimed at research and development, clinical practice, and public health.

Designed as a universal mechanism in the field of cardiac healthcare, AI Technologies includes sophisticated algorithms to determine the appropriate steps required for successful diagnosis and treatment. The role of artificial intelligence extends, inter alia, to the identification of new drugs, stratification or statistics of diseases, remote monitoring and ongoing diagnostics, the integration of multidimensional data, and improving the efficiency and effectiveness of doctors.



Figure 1. SIPAP device

One specific example of the use of artificial examination in cardiology is an experimental study conducted by Dawes and colleagues on patients with heart disease, published in 2017 [3]. The researchers used heart-based MRI algorithms combined with a three-dimensional systolic heart pattern to accurately predict health status. outcomes of patients with pulmonary hypertension. The experiment was successful: the technology was able to obtain 30,000 points of cardiac activity of 250 patients.

How can Artificial Intelligence affect Cardiology?

Artificial intelligence technology can accelerate the understanding of a large set of ECG data by increasing clinical effectiveness and allowing doctors to focus on patient care rather than reviewing questionable strips. However, not all algorithms are created equal. You must understand your experience as an algorithm when choosing a service.

Telemedicine and mobile health (mHealth) are of great importance in the Prevention of PTSD and overall health improvement. Similarly, the Internet of Things (IoT) can radically change healthcare with heart disease; patient data can be sent in real-time to remote doctors who are constantly aware of patients' physical condition. The purpose of this review is to describe the current state of artificial intelligence used in cardiovascular medicine and its potential to change the way we learn, interpret data, and make decisions.

In the picture 2 you can see the Visi Mobile device – a system of small sensors that allows you to record the deterioration of the owner's health in time and connect him with his doctor, regardless of where the patient is at the moment.



Figure 2. Visi Mobile is a body-wearable system of small sensors

Purpose and objectives of the study

The purpose of this article is to discuss modern scientific literature and give an idea of the future possibilities and risks of using artificial intelligence in cardiology.

Future directions

The problems and difficulties of technological innovations in cardiology are overcome by modern research aimed at making artificial intelligence easily accessible and accessible to everyone. With this in mind, various projects are currently being studied.

For example, the use of wearable AI technology is aimed at developing a mechanism by which patients and doctors can easily access and control heart activity remotely. The perfect tracking tool, wearable artificial intelligence technology provides real-time updates, monitoring, and evaluation.

Another area of Cardiology in AI technology is the use of technology for recording and verifying empirical data for further analysis of symptoms, biomarkers, and treatment effectiveness [5]. With the help of artificial intelligence technology, researchers in the field of Cardiology are trying to simplify and expand the scope of knowledge in this field to improve patient care and treatment outcomes.

Possible risks

Despite the optimism, we as a society need to be aware of the potential risks inherent in powerful tools such as artificial intelligence if used improperly. Elon Musk, an entrepreneur who recently worked for Space-X and Tesla, noted that thinking machines can pose an existential threat to humanity, and called for regulation at the national and international levels. Doctors should ask themselves the following question: How to translate these warnings into a medical point of view? Our professional codes of ethics have a long tradition, confirmed by the Hippocratic Oath and its modifications, as well as other modern codes.

Currently, there are several information systems for determining risk groups.

ORISCON is an expert system for determining the individual accumulated risk of major noncommunicable diseases [6]. ORISCON identifies risk factors for death in the next 10 years: cardiovascular diseases, some 13 oncological diseases, bronchopulmonary diseases, etc., there are common risk factors for their development, among which special attention is paid to potentially modifiable risk factors, important for timely prevention of diseases and forecasting improvement.

Cardioexpert system-the program contains calculators, scales, recommendations and is designed for experienced cardiologists.

The HeartScore system is designed to help clinicians optimize their cardiovascular risk reduction. This is an electronic interactive version that determines the risk of developing cardiovascular diseases.

The PROCAM system-developed on the basis of the results of a promising study and assesses the risk of developing PDA complications over the next 8 years in men and women in the postmenopausal period. The mathematical model of PROCAM in the form of a computer program CERCA (coronary event risk calculator) gives values of total risk and provides information about the target levels of LDL cholesterol, TG, HDL cholesterol depending on its level. achieving this will minimize the projected risk.

MyLAB family esaote-for many years, ultrasound systems have been mainly used to diagnose cardiovascular diseases. Their use in prevention is still limited. Ultrasound is a non-invasive and relatively inexpensive technology that allows you to perform a comprehensive examination of the heart and blood vessels at the same time. We compared these systems by initial data, users, and risk assessment parameters (Table 1).

Thus, as a result of the analysis of existing solutions, it can be concluded that none of the existing systems can adapt to a particular area and take into account only some factors, although there are many of them.

Literature review

In the early 80s, Barr and Feigenbaum, scientists of computational theory, proposed the following definition of AI: "Artificial intelligence is the creation of intelligent computer systems, that is, systems with capabilities that we traditionally associate with the human mind-language understanding, learning, thinking, problem-solving, etc.".

Jeff Bezos, CEO of Amazon, writes about AI: "over the past decade, computers have automated many processes that programmers can describe using specific rules and algorithms. Modern machine learning methods allow us to do the same with tasks where it is much more difficult to set clear rules."

Table 1. Comparative analysis of the considered systems

<i>Name</i>	<i>Source data</i>	<i>Users</i>	<i>Risk assessment measure</i>	<i>Interaction With The User</i>
<i>ORISCON</i>	<i>Data from 20 years of research within the country</i>	<i>Doctors and secondary medical staff</i>	<i>Risk of death in the next 10 years</i>	<i>There are recommendations to reduce certain factors that make a big contribution to the overall risk</i>
<i>Cardioexpert</i>	<i>SCORE data</i>	<i>Mostly doctors, but anyone can download this mobile app</i>	<i>Risk of death in the next 10 years</i>	<i>None</i>
<i>HeartScore</i>	<i>SCORE data</i>	<i>Patients and doctors who need to log in via the internet</i>	<i>Risk of death in the next 10 years</i>	<i>There are recommendations to reduce certain factors that make a big contribution to the overall risk</i>
<i>PROCAM</i>	<i>Research data in Germany</i>	<i>Mostly doctors, because it takes into account significantly more factors than SCORE</i>	<i>Risk of developing complications of cardiovascular diseases in the next 8 years</i>	<i>About the target levels of LNP SS, TG, LVP SS provides information that allows you to minimize the estimated risk.</i>
<i>MyLAB family esaote</i>	<i>Reference indicators of biomarkers</i>	<i>Doctors</i>	<i>Assessment of individual risks based on the situation</i>	<i>No, the data is analyzed by the doctor and made his own decision.</i>

Artificial intelligence currently includes various software systems and methods and algorithms used in them, the main feature of which is the ability to solve intellectual problems in the same way as a person who thinks about their solution. Among the most popular areas of application of AI are the analysis of various data by predicting various situations, trying to give any quantitative information to it, as well as searching for hidden patterns.

We note that at present, the computer is not able to simulate complex processes of higher nervous activity of a person, such as the manifestation of emotions, love, creativity.

Research methodology

At the time of writing this article, theoretical research methods were used.

Analysis. To better understand the material, you need to break it down into components and study each of them in detail. Therefore, the analysis of various books and research papers was carried out.

Synthesis. To get a general idea of the phenomenon under study, we turned to this method.

Modeling. To study the subject in detail, we sometimes put it on a specially designed model.

Similarity. The principle of its operation is to find certain similarities between several phenomena, and then draw logical conclusions that other features of these phenomena may coincide.

The results obtained and their discussion

Intelligent systems created based on machine learning and artificial intelligence technologies have shown a great perspective in predicting and identifying health risks, as well as improving the results of managing high-risk patients. As they continue to improve, health professionals are increasingly using this powerful tool to provide accurate, timely preventive care to patients. According to estimates by the Sloan Kettering Institute, which has studied the effectiveness of the diagnosis and treatment of cancer patients, doctors use only 20% of the available information. Using advanced algorithms that can process large amounts of data and provide a comprehensive assessment of the medical information available to the doctor in a matter of seconds, you can significantly increase the effectiveness of the doctor, without prolonging the reception time and even reducing the load.

Contribution of research results to science, business, or society.

Artificial intelligence can significantly increase the efficiency of our work and increase the amount of work that people can do. When AI takes on repetitive or risky tasks, it frees people to perform well – prepared tasks-tasks that involve creativity and empathy. If people do the job they like, it can increase happiness and job satisfaction.

With better monitoring and diagnostic capabilities, artificial intelligence can have a significant impact on health. By improving the work of medical institutions and medical organizations, AI can reduce operating costs and save money. According to one of McKinsey's estimates, big data can save medicine and pharmaceuticals up to 100 billion a year. The real effect will be patient care. The potential of individual treatment plans and drug protocols, as well as providing service providers with access to information in medical facilities to help provide patient care information, will change their lives.

Our society will gain countless hours of productivity only through the introduction of autonomous transport and artificial intelligence, which will affect traffic congestion problems, not to mention other ways to increase productivity in the workplace. People who are free from stressful trips can spend their time in other ways.

How we solve criminal activities and solve crimes is enhanced by artificial intelligence. Facial recognition technology is as common as fingerprints. The use of AI in the justice system provides many opportunities to determine how best to use this technology without interfering with a person's privacy.

Artificial intelligence will have a significant impact on your life if you don't choose to live remotely and never plan your relationships with the modern world. Even though many problems arise when introducing technology into new areas of application, artificial intelligence is expected to have a more positive impact on society than a negative one.

Conclusion

In conclusion, with the success of the above-mentioned study, as well as the promises of other artificial intelligence studies, it is clear that Cardiology is entering technological practice.

Doctors can actively monitor the continuous development of AI methods and use them following their needs to find specific auxiliary tools for clinical practice. The emergence of artificial intelligence in the field of the cardiovascular system opens up huge opportunities for the provision of new personalized services. How we use Cardiology, especially in the field of heart imaging, will change, and doctors should be prepared for this. Doctors should not be afraid to integrate AI into cardiology, they should accept it because their expert knowledge remains vital in any situation.

References:

- 1 Zeron RMC, Serrano Junior CV. *Rev Assoc Med Bras* 2019;
- 2 Johnson KW, Torres Soto J, Glicksberg BS, Shameer K, Miotto R, Ali M, Ashley E, Dudley JT. *J Am Coll Cardiol*. 2018;
- 3 Gaffar S, Gearhart AS, Chang AC. *Pediatr Clin North Am*. 2020;
- 4 Justin Ramsaran | Principal Systems Architect. <https://www.fukuda.co.uk/news/ai-in-advancing-cardiology-studies-with-clinical-decision-tools>
- 5 Sammani A, Baas AF, Asselbergs FW, Te Riele ASJM. *J Clin Med*. 2021;
- 6 Lopez-Jimenez, F., Attia, Z., Arruda-Olson, A. M., Carter, R., Chareonthaitawee, P., Jouni, H., Kapa, S., Lerman, A., Luong, C., Medina-Inojosa, J. R., Noseworthy, P. A., Pellikka, P. A., Redfield, M. M., Roger, V. L., Sandhu, G. S., Senecal, C., & Friedman, P. A. (2020). Кардиологиядагы жасанды интеллект: бүгүні мен болашагы, 95 (5), 1015-1039.
- 7 Kannel W.B., Dawber T.R., Kagan A. et al. Factors of risk in the development of coronary heart disease – six year follow-up experience. *The Framingham Study. Ann Intern Med* 1961; 55: 33–50.
- 8 Chayakrit Krittanawong, HongJu Zhang, Zhen Wang, Mehmet Aydar, Takeshi Kitai *Artificial Intelligence in Precision Cardiovascular Medicine*, 69(21), (2017).
- 9 Rubens Moura Campos Zeron, Carlos Vicente Serrano Junior (2019) *Artificial intelligence in the diagnosis of cardiovascular disease*, 72(12), (2019).
- 10 Bhakti Patel, Amgad N Makaryus, *Artificial Intelligence Advances in the World of Cardiovascular Imaging*, (2022), 12(5).

AN OVERVIEW OF AUGMENTED REALITY AND ITS APPLICATION IN THE FIELD OF INTERIOR DESIGN

Egizbayev M.N.^{1}, Bekmanova G.T.¹, Akhaeva Z.B.², Tolegenova G.B.², Zakirova A.B.³*

¹*Astana International University, Nur-Sultan, Kazakhstan*

²*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan*

³*Astana International University, Nur-Sultan, Kazakhstan*

**e-mail: mirasnes@gmail.com*

Abstract

In today's growing and evolving world of new technologies, where new innovations are regularly emerging to make our lives easier, augmented reality (AR) is one of the fastest growing fields, with applications in almost every industry.

It is safe to assume that interior design will be one of the biggest industries in which AR will revolutionise. As we are living in the era of digitalization and technology, and these days every industry is more or less connected or becoming connected with new technologies, and even those industries that categorically could not be connected with technology are nowadays being integrated with new technologies. This review looks at AR and how it can be applied to interior design. The AR approach to interior design can also improve the design outcome, as the collaboration between the designer and his or her client becomes much easier. Various computer vision concepts are used to provide an interactive and immersive experience for the user. These can be realised by using plug-ins in game engines such as Unity 3D or Android Studio, which are used to develop an AR application.

Keywords: augmented reality, interior design, development, Unity 3D, marker.

Аннотация

Егізбаев М.Н.¹, Бекманова Г.Т.¹, Ахаева Ж.Б.², Толегенова Г.Б.², Закирова А.Б.³

¹*Международный университет Астана, г. Нур-Султан, Казахстан*

²*Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан*

³*Международный университет Астана, г. Нур-Султан, Казахстан*

ОБЗОР ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ В ОБЛАСТИ ДИЗАЙНА ИНТЕРЬЕРА

В современном мире новых технологий, где регулярно появляются новые инновации чтобы сделать нашу жизнь проще, дополненная реальность является одной из наиболее быстро развивающихся областей, имеющей применение практически во всех отраслях промышленности. Можно с уверенностью предположить, что дизайн интерьера будет одной из самых больших отраслей, в которой Augmented reality (AR) произведет революцию. В данном обзоре рассматривается дополненная реальность и как она может быть применена в дизайне интерьера. AR-подход к дизайну интерьера также может улучшить результат проектирования, так как сотрудничество между дизайнером и его клиентом становится намного проще. Различные концепции компьютерного зрения используются для обеспечения интерактивной и захватывающей опыт для пользователя. Они могут быть реализованы путем использования плагинов в игровых движках, таких как Unity 3D или Android Studio, которые используются для разработки AR-приложения.

Ключевые слова: дополненная реальность, дизайн интерьера, разработка, Unity 3D, маркер.

Аңдатпа

ТОЛЫҚТЫРЫЛҒАН ШЫНДЫҚҚА ШОЛУ ЖӘНЕ ОНЫ ИНТЕРЬЕР ДИЗАЙНЫ САЛАСЫНДА ҚОЛДАНУ

Егізбаев М.Н.¹, Бекманова Г.Т.¹, Ахаева Ж.Б.¹, Толегенова Г.Б.¹, Закирова А.Б.³

¹*Астана халықаралық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан*

²*Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан*

³*Астана халықаралық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан*

Біздің өмірімізді жеңілдету үшін үнемі жаңа инновациялар пайда болатын қазіргі заманғы жаңа технологиялар әлемінде кеңейтілген шындық өнеркәсіптің барлық салаларда қолданылатын ең жылдам дамып келе жатқан салалардың бірі болып табылады. Интерьер дизайны Augmented reality (AR) төңкеріс жасайтын ең үлкен салалардың бірі болады деп сеніммен айтуға болады. Бұл шолуда толықтырылған шындық және оны интерьер дизайнында қалай қолдануға болатындығы қарастырылады. Интерьер дизайнына AR-тәсілі жобалау

нәтижесін жақсартта алады, өйткені дизайнер мен оның клиенті арасындағы ынтымақтастық әлдеқайда жеңіл болады. Пайдаланушы үшін интерактивті және қызықты тәжірибені қамтамасыз ету үшін әртүрлі компьютерлік көру тұжырымдамалары қолданылады. Оларды AR қолданбасын әзірлеу үшін пайдаланылатын Unity 3D немесе Android Studio сияқты ойын қозғалтқыштарындағы плагиндерді қолдану арқылы жүзеге асыруға болады.

Түйін сөздер: толықтырылған шындық, интерьер дизайн, әзірлеу, Unity 3D, маркер.

Introduction

Starting with the advancement of computer imaging technology and smartphone cameras, AR has grown into a huge \$18.8 billion industry. There are now many AR applications, but the most exciting and successful area at the moment is the use of AR in design and interior design.

Interior design has its origins in Ancient Egypt, where they decorated their pets with animal skins. Since then we have come a long way, interior design is an industry it self [1]. Nowadays various software such as Blender, Autodesk etc. are used to create a 2D view of a room. This approach is very tedious and requires a lot of resources and time, as the interior designer has to constantly change the layout according to the needs of the client. This brings us to the second problem: there is a disconnect between the designer and the client, which means that the client cannot suggest changes in real time. Not everyone has good powers of imagination, so displaying a 2D image of a room in the real world can be confusing to many customers.

This is where we introduce AR. Instead of creating a 2D view of the room, the designer has to upload 3D models, and the client can create virtual objects in the room in real time. They can interact with them and adjust them as they see fit. Basically, this is done with a camera that tracks the virtual object in the room as the user moves around. It also allows a clear visualisation of the object in the room, removing a limited imaginary barrier.

The AR interior decoration market is taking a significant share of the industry. This part of the industry is changing the norms and the way interiors are designed, making the traditional approach obsolete by the day. Better product visualisation, realistic 3D objects, and easy interaction with virtual furniture are some of the benefits that will help the designer and client make better decisions while spending less resources and time with the traditional method of interior design. Other advantages include real-time display of unknown environment, realistic sizing of virtual furniture which helps the client to decide if the furniture is suitable for home/office, etc.

AR various methods are used to create interior design applications. They range from basic applications based on zero interaction markers to highly interactive markerless systems that can scan the environment and detect vertical or horizontal planes. In this article, we look at these methods and give an insight into how AR is better than the traditional approach. Each of these methods has some advantages and disadvantages, so it all depends on which system the developer wants to implement according to their functionality. He also discusses the different concepts needed to create an AR-based interior design system. These concepts are the foundation of any AR system, and to create a good system it is necessary to learn them all [2].

What is augmented reality?

People's eyes can see things in the third dimension (3D), but many find it difficult to imagine what your future home will look like when you see the image. Thus, the use of augmented reality has entered the scene. Augmented reality revolves around the superimposition of virtual objects in a real environment. It also allows the user to interact with the virtual object and customise it according to their preferences. Ideally, the virtual object should follow all the rules of physics and act accordingly. Augmented reality is part of a widespread term called mixed reality. Mixed reality (MR) includes various indoor fields such as augmented reality, virtual reality and Telepresence. The technology is used in various fields, including medicine, engineering, design and the military. Milgram's "reality-virtuality continuum" of gender divides reality and virtuality into four parts (Figure 1).

The continuum describes the interaction between real and virtual environments. You can see that AR and AV are in between the two environments. According to Milgram, the closer you get to the real environment, the more important it is to follow the laws of physics. In the case of augmented reality, it is close to the real environment, so we can conclude that it is important to follow all the rules of physics (such as occlusion, gravity, etc.) to build an AR system. Mixed reality can be classified as general immersive and non-immersive. Immersive mr systems require various devices such as head-mounted display (HMD), controllers that are used to create a realistic immersive experience by providing audio and visual feedback.

These objects require a lot of space and time to set up, so they are less stable. Non-immersive MR systems, such as smartphones, are much more portable than HMDs, but because they have more endurance, they lack immersion. You can get a good MR experience for that, but it won't be satisfactory to the human eye [3].

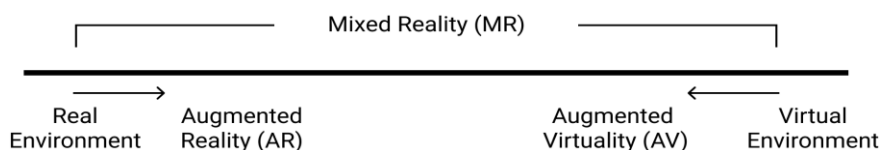


Figure 1. Paul Milgram's "Reality-Virtuality Continuum"

Ivan Sutherland was the first in the 1960s to invent a display capable of creating a virtual cube that moves when the user's head moves, but the first proper AR system in history was developed by Louis Rosenberg at the US Armstrong Air Force Laboratories in the early 1990s. He replaced the human hand with a robotic (virtual device). This required a lot of computing power, but computers at the time were not that fast. Consequently, it was not made public. But as computers became faster and smaller, these systems spread to the general population, so they were produced for the general population. The biggest evolution comes after the release of the 'smartphone'.

Augmented reality can be experienced in many different ways. Types of AR:

1. Projection AR: as the name implies, virtual objects are displayed on the surface of the real world, like a wall, which can be interacted with. This can be done in a controlled environment (a room) using equipment such as RGB-D projectors and cameras. When set up correctly it can create a very realistic AR space. One example is New Mexico (USA), a place called Electric Playhouse in Albuquerque. They have created a projection-based space where players can interact with it and enjoy [4].

2. Recognition based AR: this type of AR is used with barcodes/QR codes, images, texts, etc. where the user points the camera there and the camera recognises that location/object. The biggest example of using recognition-based AR is using Google Lens to recognise text and using AR to translate it into another language. You can also use it to scan images and get an interactive model of that location.

3. Location-based AR: This type of AR uses the user's location in real time to display data appropriately. One example is the use of Google maps in augmented reality, where they provide real-time instructions in AR. Another example would be Pokémon Go, where Pokémon appears based on your location.

4. Overlay-based AR: Currently, the most popular type of AR is overlay-based AR, where it takes full advantage of AR by combining real and virtual worlds. Here, objects can interact much better because they follow all the rules of physics and also feel photorealistic. Interior design is well suited to this type of AR. It usually falls into two main categories:

1. Using the HMD
2. Using a mobile phone

Augmented Reality methods

Having looked at the different types of AR, it is time to understand the different methods used to create AR content on the user's device. There are mainly two main methods used:

1. Marker-based techniques

A marker is a set of unique points called unique points. The system uses the concepts of image recognition, pattern recognition and computer vision to identify it. Having more characteristic dots on a marker means easy detection. Once the camera finds the marker using the camera's frame stream, the object is created. The user can interact with it once it is created. An AR system uses the camera stream to render a virtual object. Simple systems only control the marker. This means that the virtual object moves in space once the marker is detected. A good system, on the other hand, tracks the virtual object and holds it even if the camera moves. This system uses a coordinate system and therefore tracks the object. When rendering, it uses different coordinates such as top coordinate, texture coordinate and normal coordinate of the object to track the model and also uses the total number of polygons in the object. Various algorithms are used for tracking, which are discussed in the following sections. The biggest drawback is that the system doesn't work without the marker [5]. It can be said that using barcode/QR to create a recognition-based AR object uses a token-based technique. The current generation of marker based AR has improved considerably.

2. Method without marking

This system eliminates the disadvantage of marker-based techniques. It can work without a marker. This is possible because instead of tracking a specific image/structure, it uses a computer representation to identify unique dots all over the place. Unique dots include different patterns, different colours. In this way, all the unique points identified by the system can be used to create and interact with a virtual object. This gives the user the flexibility to move and interact around the room. The biggest disadvantage is that a normal solid colour has zero unique points, so it would be very difficult to create and track the object. This current generation of computer vision algorithms is not as advanced. It is more difficult to use, but offers a better solution for interaction. This is the future of AR. It is currently in the initial phase compared to AR based on very advanced markers. The user also has the ability to interact and move around the object to place it appropriately at will [6]. Augmented reality can be shown to the user in different ways. This is because the developer wants to provide an experience. The immersive experience depends on the different types of display used. Thus, different types of AR display methods according to Broschart and Zeile (Broschart and Zeile, 2014):

1. Projective AR (PAR): all visual information and virtual objects are created in the real world using projectors, depth cameras, etc. In this case, the user does not need any visual aids, as he/she can see the object and interact with it in the real world, e.g. a wall. When implemented correctly, this provides a high level of immersion and realism. Projection-based AR works with this method.

2. Transparent video (VST): here we use projection glasses to display the image. The user has to wear them to get a good immersive effect. They are portable and easy to use. They are very difficult to design and fabricate as it is difficult to combine all the components in miniature. Light estimation is the concept of using visual cues from a known environment to visualise a virtual object in the same way, to make it more realistic and make the experience more interesting. VST is the future of AR and replaces the smartphone when hardware technology reaches this level. Google glass is a good example [7].

3. Optically Transparent (OST): A transparent mirror display is used to display content to the user. No additional components are required; users can view it without visual tools. Not widely used. This will provide a decent level of immersion in water. This technology can be used for clothing or accessories.

4. AR monitor (MAR): this method requires a monitor display, such as a smartphone or tablet, to display AR. The device must be able to display objects using a quality camera. A very low level of immersion, as the user has to look at the display. The current generation of augmented reality uses this method to create virtual objects. They are very portable and can be used to move around the scene to display additional information. As mobile devices become increasingly faster, the AR system is also improving. This method is intermediate to the VST method. The monitor is little used after the VST implementation [8].

The traditional approach to interior design

The interior designer has to make the interior beautiful, functional, safe, determine the space required for the various objects, and choose visually important features such as lighting, textures and colours of the room. Designers first define the client's requirements and expectations. They then work with architects, engineers and builders to determine the functionality of the interior space. This is done by creating first sketches and drawings based on blueprints, and then by digitally designing the interior using computer-aided design (CAD) software. This digital version is then turned into a 2D image, which is transmitted to the client for visual reference. The client then suggests some changes that they consider necessary, and the whole process is repeated until the client is satisfied with the result. This approach works well, but it has a few drawbacks. It is difficult to represent 3D furniture in 2D visualised seating images. The photo is also not to the scale of the room, so it is difficult to imagine the exact number of all the items in the room. The whole process is time-consuming, as the designer has to keep changing the design until the client is satisfied. This is due to the lack of cooperation between the two parties in real time[9].

Interior design is an industry with a proven track record, and with the advent of new technology, unless new approaches are integrated, it will be difficult to operate in the future. Technological innovation in augmented reality is the next step forward for interior design. This means that we need to create an app with an AR system. Augmented reality applications provide real-time interaction with virtual objects. This is done by using various sensors that transmit raw data to calculate high-level commands. Typically, a programme is designed to use a camera device to collect frames of a real-life view to display virtual objects. The camera is the basis of the application in which the system runs the algorithms for the various functions. The camera has to be of high quality for the computer vision algorithms to do their job. The integrated AR software should

use pipeline processing of raw data to increase the efficiency of monitoring. It should also be possible to create multiple objects when monitoring them. Algorithms must quickly analyse the environment and find object points suitable for creating a virtual object. They work faster in environments with many textures, colours, edges as it is easy to classify the unique properties of the environment.

The software must load models and textures quickly so that there are no problems when moving the unit in any direction. They must also be fixed when the device is moved. Shadows and reflections are important for a deeply immersive model, so it does not require a lot of memory. The system must also be able to manage system memory when creating multiple objects. If this is not done correctly, the objects will not display correctly and reduce immersion. Finally, the application should have a minimal user interface design, so its functions should be easier to understand and less blocked for deeper immersion [10].

The system is divided into modules that interact with each other. Each of these modules has different functions that are very important for the operation of the system. Can be classified by module:

1. Control module

As explained earlier, this is the heart of the AR system. The control module calculates the pose for the virtual overlay. The module starts when the AR camera is initialised. It then begins to receive feedback from the camera. The module looks at the name-by-frame data and starts detecting any markers/characteristic points in the camera stream. Once detected, it decodes the marker, calculates its coordinates and transmits this data to the display module.

2. Visualization module

The visualization module displays a virtual model on the marker/characteristic point after determining the coordinates. This model is then displayed to the user on the device. It is important for the module to store the visual object in the system memory so that it does not fail when the device is moved in a real environment.

3. Interaction module

The interaction module provides the user with the ability to interact with the virtual object. Interaction is required in the system so that the user can change the pose of the virtual object according to their preferences. This module provides gesture functionality to the system. It consists of several code scripts written for different gestures. Generally, they are written in C# language. The module is run through an AR camera. When the user enters data, it starts working. The form responds according to the input given by the user. The implementation can be done in different ways. If a device with a multi-touch display, such as a smartphone, fingers can be used. If the system works without a touch screen or head-up display, a joystick or controller can be used. Hand gestures can also be used by connecting a Kinect sensor or any other sensor similar to it. Once a gesture is made, the position of the object is estimated. The AR camera adjusts itself according to the assessment, so the pose changes. The interaction module should offer the user simple gestures that can provide a level of immersion so that they feel they are moving a particular object.

4. System Module

The system module can be seen as a parent module for all other modules. It controls all modules and can be seen as an inter-module communication channel. It can be seen as the root of the system linking all other parts. It runs through the camera and calculates the screen coordinates. The AR camera is then calibrated to these coordinates and displayed to the user on the screen. Once the system is fully activated, it sends and receives feedback from all modules. This feedback is monitored in real time. The function of the main modules is only displayed to the user when the system module accepts its feedback.

This is shown in the data flow diagram (Figure 2) the user requests a 3D model in the system module of the application. The system module acts as an interface between the User and the main modules, which consists of all basic system functions.

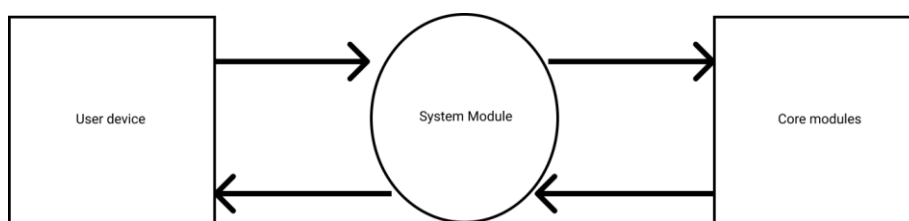


Figure 2. DFD Level 0

The system module requests the 3D model from the main module. The module calculates the coordinates and visualises the 3D model. This model is sent back to the system module, which shows it to the user on the device. This in the DFD the camera is activated by the user. Once activated, the system module sends a command to start searching for points specific to the control module.

The control module sends the 3D coordinates of the environment back to the system module. This data is used by the visualisation module to visualise the 3D model. This model is displayed to the user. When the user makes a gesture, it moves to the editable interaction module. The pose of the updated model is sent to the system module for future calculations, and the output of the AR model is sent to the user's device.

The software required to develop the AR application

AR application development is divided into software categories. All of these categories are combined to create an AR application.

1. 3D design software:

3D design can be seen as the first step towards creating an AR application. A virtual model is needed to bridge the gap between the real world and the virtual world. These models can be created using many applications, but here are a few applications preferred by most interior designers and 3D designers:

- Blender
- Autodesk Maya
- Autodesk AutoCAD
- Sketchup

2. AR functionals:

Do not use the AR interface, marker, cursor, or other AR functionals in the same way as the other devices. Do not place the device on an unstable surface or in an unstable position:

1. Vuforia SDK: Vuforia is a cross-platform software suite (SDK) for augmented reality (AR) and mixed reality (Mr) applications with robust control and performance on a variety of hardware, including mobile devices and Mr headsets such as Microsoft's Magic Leap and HoloLens. It uses built-in computer vision algorithms to find and track planes and 3D objects related to the real environment viewed by the device's AR camera. It supports 2D and 3D marker targets and has functionality for 'non-marker' targets and multi-tasking configurations. Additional features of the SDK include 6 degrees of device localization in space, run-time target image selection and the ability to programmatically create and reconfigure target sets at run-time. Vuforia provides application programming interfaces (APIs) in C++, Java, Objective-C++, and other languages through an extension to the Unity game engine. As such, the SDK supports native development for iOS, Android and the Universal Windows Platform (UWP), and allows AR applications to be built in unity that easily switch to both platforms, making it the most versatile AR-SDK on the market.

2. ARToolKit: ARToolKit is an open source computer monitoring library for developing AR applications. It uses computer vision algorithms to determine the connection between the real world and the virtual world. It can also determine the location of the user's device relative to a real world marker. It is one of the first AR development libraries. The current version of ARToolKit supports Microsoft Windows, Mac OS X, Linux, iOS and Android platforms.

3. Wikitude: Wikitude is a mobile AR company whose main product is the Wikitude SDK. It is a development platform that uses video recognition and tracking technologies as well as geolocation. The SDK includes various features such as image recognition and tracking, video overlay, 3D model mapping and location-based AR. It also features SLAM technology, which provides object recognition and tracking, as well as markerless, real-time tracking. The cross-platform SDK is available for Android, iOS and Windows operating systems. It is also optimised for multiple smart glasses devices.

4. ARCore: ARCore is a software suite (SDK) developed by Google for Android devices that enables the creation of augmented reality applications. Virtual content is displayed in the real world as seen through the device's camera using a display using three core technologies:

- The phone can understand and control its state in relation to its surroundings using six degrees of freedom. This means that the device can move freely in three-dimensional space.
- Understanding the environment enables the phone to determine the size and location of flat horizontal surfaces, such as the ground or a table.
- illuminance estimation helps the phone estimate the current lighting conditions of the environment.

5. AR Kit: ARKit is an augmented reality (AR) analogue for Apple iOS devices. It uses technology known as visual inertial odometry to track the world around your iPad or iPhone. This will allow your iOS

device to determine how it moves around the room. It also uses this data to analyse the layout of the room, as well as identifying horizontal planes such as tables and floors. Can install any iPhone or iPad Market app that can run on iOS 11 or later. Newer devices process apps better because they calculate and visualise faster.

1. Realistic display of content

The augmented reality approach to merging real and virtual worlds is that CAD makes content more realistic than a 2D visualised image. This makes the virtual object feel like objects from the real world. For example, an interior designer can use an app to upload their models and organise them much more easily, because the app uses an interaction module for smoother gesture control than CAD software. This development of the interior gives a more complete view of the appearance of the completed interior.

2. Deep immersion and acceptance of depth

Conventional interior design methods mostly involve a 2D visualised image with a steady posture. This provides limited depth perception and very little immersion, leaving most of the work to your imagination. In contrast, an AR system provides a higher level of immersion and depth perception as the user can move around the environment. This means that the interior is easier to imagine. The user can interact with the virtual object, which increases user satisfaction.

3. Optimised workflow

Augmented reality has the ability to optimise an interior designer's workflow by simplifying the design process, allowing them to be creative in their work, thereby consciously creating a design process. This provides the user with enhanced presentation capabilities that can lead to client satisfaction. A good workflow means less work when working with complex software.

1. AR systems are not ready for the market

Augmented reality is still an emerging industry with many applications, but few are aware of it outside of the mainstream technology field. It is still regarded by many as a gaming technology. The interior design industry has not fully moved on to AR because there is no high-quality AR CAD software that offers all the features of stable CAD software.

2. User interface:

Researchers and UI/UX developers are still trying to define a possible user interface for an AR application. AR systems are a completely new challenge for them, because they have to display the functionality of the system in such a way that it does not interfere with the user's immersion, and the user has to be able to explore the system easily. According to surveys, designers still choose typical CAD software because they are familiar with the user interface.

3. Hardware limitations:

Although the hardware for building an advanced AR system has improved considerably over the last decade, it is still not good enough for mass deployment. Modern hardware, although fast, is very complex and difficult to integrate into a high-performance working system. For example, HDs such as Microsoft and Magic Leap HoloLens are revolutionary AR-head-mounted displays, but they are still not compact enough for public use. They are also very complex, creating a complex learning curve that defeats the purpose of moving from conventional CAD to AR-based CAD software.

Conclusion

Augmented reality has come a long way since Ivan Sutherland was first used on a head-mounted display called the Sword of Damocles in the 1960s, but there is still a long way to go to commercialise AR. The industry is growing rapidly and the number of jobs needed for an AR/MR developer has grown by 1400%. Many companies have already invested heavily in the technology, and they are all striving towards the goal of "getting to market first". Although most of them produce their own AR products, they are not enough to meet the needs of users. The interior design industry is slowly but steadily incorporating AR into its workflow.

Companies and designers are realising that convincing a customer with AR is much easier because they don't have to go to a physical shop and can actually contact the furniture. This greatly improves the customer's decision-making process, making it useful for the company and the designer. Revolutionising its capabilities in any field, AR can be considered one of the most important technologies of the future. One can assume that it is the next step towards mobile computing after the 'smartphone'. Thus, raising public awareness of AR is crucial to meet current challenges.

References:

- 1 Neumann, U. And Park, J.,(2016) *Tracking for augmented reality on wearable computers. Virtual Reality*, 3(3), pp.167- 175.
- 2 Li, Barmaki, J., (2019) *Trends in Virtual and Augmented Reality Research: A Review of Latest preprints.org* , pp.1-6.
- 3 M. Volonte, A. Robb, A. T. Duchowski, and S. V. Babu. *Empirical evaluation of virtual human conversational and affective animations on visual attention in inter-personal simulations. In 2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, pp. 25–32, March 2018.
- 4 Patil, C., (2018) *Interior Design Using Augmented Reality. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 6(3), pp.1632-1635.
- 5 Viet toanphan, seungyeonchoo, “Interior Design in Augmented Reality Environment”, *International Journal of Computer Applications*, Volume 5-No 5, pp. 16-21, (2010)
- 6 Kiliç, t., (2019) *investigation of mobile augmented reality applications used in the interior design. Turkish online journal of design art and communication*, 9(2), pp.303- 317.
- 7 Reitmayr, G. (2016). *On Software Design for Augmented Reality (Doctoral dissertation, Vienna University of Technology)*.
- 8 Zheng, H.W.; Chen, S.T.; Fan, G.G. *Study on the Evaluation of Students’ Learning Motivation Indicators from Using Facebook Communities—Taking the Culture Thinking and Creation of Digital Photography as an Example. Int. J. Digit. Media Des.* (2019), 11, 1–16.
- 9 Lugmayr, A.; Reymann, S.; Kemper, S.; Dorsch, T.; Roman, P. *Bits of Personality Everywhere: Implicit User-Generated Content in the Age of Ambient Media. In Proceedings of the Parallel and Distributed Processing with Applications, (2017), ISPA’08, Sydney, Australia, 10–12 December 2008; pp. 516–521.*
- 10 S. Bonardi, J. Blatter, J. Fink, R. Moeckel, P. Jermann, P. Dillenbourg, A. Ijspeert, "Design and evaluation of a graphical ipad application for arranging adaptive furniture", *RO-MAN (2017) IEEE*, pp. 290-297.

МРНТИ 20.20.53
УДК 004.78

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.13>

Ж.С. Есенғалиева¹, К.Н. Касылқасова^{1*}, А.О. Касылқасова², Р.Н. Касылқасов³

¹Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г.Караганда, Казахстан,

²Карагандинский технический университет, г.Караганда, Казахстан

³Карагандинский университет им. академика Е.А.Букетова, г.Караганда, Казахстан

*e-mail: Camilla.kas@mail.ru

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ COVID-19

Аннотация

В статье проведен анализ существующих ресурсов обработки больших данных, способствующих в период коронавирусной инфекции COVID-19 отображать информацию в приемлемом виде в режиме реального времени. Предложено мобильное приложение с использованием аналитики больших данных, которое способно оказать помощь в условиях пандемии для предоставления удаленного доступа с целью онлайн-посещения организаций здравоохранения. Результаты обработки «больших данных» дают возможность быстро получить необходимые данные максимально сжатые сроки, что позволяет делать постановку диагнозов верней, проверять медицинские данные без нагрузки на врачей, а также интегрировать результаты исследований, выполненных на разных устройствах в общую систему. Скорость доступа к данным и скорость их обработки является важным критерием качества технологий, входящих в Big Data. Доступ к данному приложению планируется осуществить через Google Play.

Ключевые слова: COVID-19, здравоохранение, большие данные, мобильная платформа, отслеживание контактов, Grafana.

Аңдатпа

Ж.С. Есенғалиева¹, К.Н. Касылқасова¹, А.О. Касылқасова², Р.Н. Касылқасов³

¹Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан,

²Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан,

³Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті, Қарағанды қ., Қазақстан,

COVID-19 ЖАҒДАЙЫНДА ДЕНСАУЛЫҚ САҚТАУДА ПРОГРАММАЛЫҚ ЖАСАҚТАМАСЫН ЖАСАУ БАРЫСЫНДА ДЕРЕКТЕРДІ ӨНДЕУ

Мақалада COVID-19 коронавирустық инфекциясы кезеңінде ақпаратты нақты уақыт режимінде қолайлы түрде көрсетуге ықпал ететін үлкен деректерді өңдеудің қолда бар ресурстарына талдау жасалды. Денсаулық сақтау ұйымдарына онлайн-бару мақсатында қашықтан қол жеткізуді қамтамасыз ету үшін пандемия жағдайында көмек көрсете алатын үлкен деректер талдауын пайдалана отырып, мобильді қосымша ұсынылды. «Үлкен деректерді» өңдеу нәтижелері қажетті деректерді мүмкіндігінше тезірек алуға, диагнозды дәлірек қоюға, дәрігерлерге ауыртпалықсыз медициналық деректерді тексеруге, сондай-ақ әртүрлі құрылғыларда жүргізілген зерттеулер нәтижелерін ортақ жүйеге біріктіруге мүмкіндік береді. Деректерге қол жеткізу жылдамдығы және оларды өңдеу жылдамдығы Big Data құрамына кіретін технологиялар сапасының маңызды өлшемі болып табылады. Бұл қосымшаға Google Play арқылы қол жеткізу жоспарлануда.

Түйін сөздер: COVID-19, денсаулық сақтау, үлкен деректер, мобильді платформа, контактілерді іздеу, Grafana.

Abstract

DATA PROCESSING IN THE DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR HEALTHCARE IN THE CONTEXT OF COVID-19

Yessengaliyeva Zh.¹, Kassylkassova K.¹, Kassylkassova A.², Kassylkassova R.³

¹L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan,

²Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

³Karaganda Buketov University, Karaganda, Kazakhstan

In this article we analyze the existing big data processing resources that contribute to displaying information in an acceptable form in real time during the COVID-19 coronavirus infection. It is proposed a mobile application using big data analytics, which is able to provide assistance in the conditions of a pandemic to provide remote access for the purpose of online visits to healthcare organizations. The "Big data" results of processing make it possible to quickly get

the necessary data as quickly as possible, make it possible to make diagnoses more accurately, check medical data without burdening doctors, and also integrate the results of studies performed on different devices into a common system. The speed of data access and the speed of their processing is an important criterion for the quality of technologies included in Big Data. Access to this application is planned to be carried out through Google Play.

Keywords: COVID-19, healthcare, big data, mobile platform, contact tracing, Grafana.

Введение

В эпоху пандемии мобильные приложения стремительно и плотно вошли в повседневность, предоставляя огромный спектр возможностей для всех сфер жизни человека. Такие приложения могут создавать и внедрять как обучающиеся, специалисты, так и корпорации. Карантин, превентивность и прочие мероприятия возложили на мобильные приложения практически все социально-значимые аспекты: здравоохранение, образование, бизнес и многое др. Вспышка COVID-19 в сочетании со страхом [1] перегруженности систем здравоохранения заставила большинство стран находиться в состоянии частичной или полной изоляции. Количество лабораторно-подтвержденных коронавирусов, число случаев заболевания растет тревожными темпами во всем мире ежедневно. В дополнение, многочисленные ложные сообщения, дезинформация в отношении коронавируса регулярно распространяются с момента вспышки COVID 19. В ответ на такие действия мы обращаемся к различным надежным источникам, чтобы представить подробный обзор всех основных аспектов, связанных с пандемией COVID-19. С целью получения достоверных, визуально читаемых сведений о ситуации в регионе, стране, мире используются большие данные.

В статье Д. Бойда и К. Крауфорд [2,3] представлено определение понятию Big Data в двух аспектах. Первый из которых отражает технологическую вычислительную мощность обработки поступающей информации. Второй аспект позволяет проводить аналитику больших данных. В работе [4] представлены модели, позволяющие в связи с постоянно растущим объемом данных принимать альтернативные стратегии для разделения больших данных на статистически согласованные блоки данных, которые можно использовать непосредственно в качестве репрезентативных выборок всего набора данных при анализе больших данных.

В свете актуальных событий пришла идея создания мобильного приложения, которое способствует населению, не выходя из дома посещать специализированные учреждения, обращаться за помощью в медицинские организации. Для этого началась разработка приложения «Smart med», где пользователи смогут не только обратиться к терапевту, с обычными вопросами здравоохранения, но и пройти тест, оценить риск заражения COVID-19, а также получить рекомендации, полную информационно-аналитическую картину, записаться на прием к врачу или вызвать медработника на дом и т.д. Также в приложение включен образовательный курс, где каждый может узнать о мерах профилактики, безопасности, наиболее распространенных мифах о коронавирусе, получить советы. Таким образом, специалисты рассчитывают проводить превентивные меры, способствующие замедлению распространения коронавирусной инфекции.

Материалы и методы исследования

В первую очередь, исследование фокусируется на хранении и обработке больших данных. Моделирование данных в Power BI способствует аналитическим прогнозным решениям. Power BI позволяет строить отношения из таблиц с разными источниками данных [5]. То есть данные могут быть извлечены из электронных таблиц и реляционных баз данных для дальнейшей совместной обработки. Power BI предназначен для сбора данных, моделирования данных, визуализации и совместного использования. Пример интерфейса программного обеспечения показан на рисунке 1. Данный инструмент аналитики больших данных широко используется в развитых странах, например в США [6].

Особенности платформы Power BI:

- Система очень хорошо интегрирует с такими продуктами Microsoft как MS Excel, Azure Cloud Service и SQL Server.
- Использует дашборды с системой реального времени.
- API, которое легко взаимодействует любое приложение с Power BI.
- Простое API для соединения приложения с Power BI.
- Поддержка веб, настольное или мобильное приложение.
- Низкая стоимость.
- Поддержка облачных технологий.

- Понятный и простой интерфейс для пользователей.
- Возможность размещение аппаратной и серверной архитектуры в облаке производителя.
- Облегчает понимание более подробно аналитики текущих процессов и направлений в бизнес-деятельности.

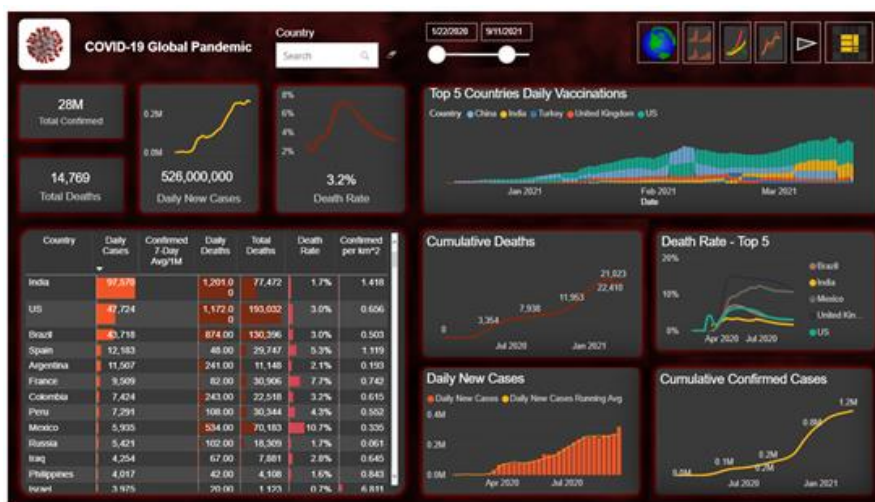


Рисунок 1. Аналитика данных глобальной вакцинации COVID-19 в Power BI

Минусы платформы:

- Лимит на локальных пользователей в крупный компаниях с большими разносторонними подразделениями.

- Слабая слаженная работа локальных и облачных продуктов.
- Для регистрации аккаунта необходима только корпоративная почта.

Также одним из эффективных ресурсов по обработке больших данных является Grafana. Этот инструмент мониторинга, создан для аналитиков построения сложных графиков с различными параметрами. Пример ситуации в мире с COVID-19 с использованием Grafana, показан на рисунке 2.

Плюсы платформы заключаются в следующем:

- все метрики мониторинга отображаются в одном месте;
- возможность хранения статических данных к любому хранилищу;
- удобный интерфейс для отображения данных мониторинга.

Минусы платформы представлены ниже:

- сложная установка;
- не поддерживает мобильные девайсы.
- не поддерживает мобильные девайсы.

Нашей главной задачей было провести обзор главных трех функций:

- Удобная платформа для медицинских консультаций;
- Удобное хранение информации об пациентах;
- Онлайн мониторинг работы врачей.

Сначала мы провели исследования по поиску аналогичных приложений для определения слабых и сильных сторон.

В основном GooglePlay представляет приложения для отслеживания контактов у кого подтвердился SARS-COV-2, при этом отсутствуют приложения непосредственного онлайн обращения к врачам. Мы тоже согласны, что отслеживание контактов является важным фактором контроля инфекционных заболеваний, но как показала практика, она эффективна только на ранних стадиях, на поздних – нет смысла, так как большая часть общества в любом случае самоизолируется.

Наше исследование показывает, что с помощью Big Data мы можем улучшить качество медицинского обслуживания. Для этого идеально подходят приложения Grafana или Power BI. Нами выбрано Power BI, так как данный ресурс поддерживает мобильную версию, что нам и нужно было.

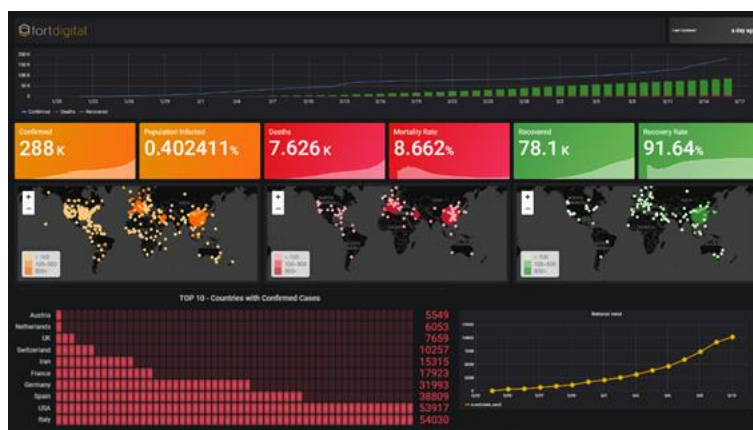


Рисунок 2. Глобальная информация о COVID 19 в реальном времени с использованием Grafana

Главная технология Big Data в сфере здравоохранения – это объединение информации, которые содержат четыре основных источника и не взаимосвязаны между собой, такие как:

- данные, полученные в ходе исследований и испытаний;
- данные из клиник по историям болезни и диагностике;
- данные о поведении пациентов, их покупки, отзывы, данные от домашних медицинских приборов и даже от одежды и обуви, таких как кроссовки с сенсорами;
- данные о поведении пациентов, их покупки, отзывы, данные от домашних медицинских приборов и даже от одежды и обуви, таких как кроссовки с сенсорами;
- данные медицинских учреждений об оказании услуг, аптек об отпуске препаратов, сведения о ценах на рынке здравоохранения.

В связи с этим, данные удобно хранить, используя Big Data [7]. Массовый скрининг в период пандемии позволяет предупредить эпидемиологическую ситуацию в населенном пункте. При этом массовый скрининг очень взаимосвязан с большими данными, показывает географические и социальные модели здоровья населения.

Таким образом, в ходе нашего исследования использование аналитики «больших данных» способствует уменьшению длительности пребывания пациентов в стационаре, также уменьшению затрат на лечение и повторных госпитализаций.

Результаты

Программа Power BI Desktop – это приложение, которое используется для подключения более чем к 70-ти источникам данных (txt, xls, csv файлы, разнообразные SQL БД, специально настроенные службы, прямое подключение к любым сервисам через API и так далее). А также, для обработки и очистки этих данных, приведения их к единому стандарту и объединения всех разрозненных таблиц, при помощи установления связей, в единую модель данных (в так называемый «информационный колодезь компании»)[8].

Power BI Desktop представляет возможность дальнейшего изучения созданной модели данных, моделируя новые таблицы, фильтры, вычисления, формулы и дополнительные метрики. А также, дает возможность создания графических отчетов с интерактивными визуализациями графиков, гистограмм, диаграмм, таблиц, карточек, матриц, срезов, карт и прочих визуализаций. Всю проведенную подготовительную и, непосредственно, аналитическую работу с отчетами, Power BI Desktop позволяет сохранить в обычный файл для ПК с расширением pbix [9]. Пример графического отображения данных в Power BI показан на рисунок 3.

Для работы в системе Power BI есть несколько способов регистрации. В случае корпоративной работы в MS Teams, регистрация не требуется. Однако, существует возможность работы в системе Power BI для каждого желающего. При этом требуется электронный адрес. Power BI не поддерживает электронные адреса стандартных служб, таких как: mail.ru, list.ru, inbox.ru, yandex.ru, gmail.com, outlook.com, hotmail.com. Подходят все почты от собственных доменов или сайтов компаний. Либо после многих попыток на разных доменах, лишь Яндекс поможет зарегистрироваться в системе [10].

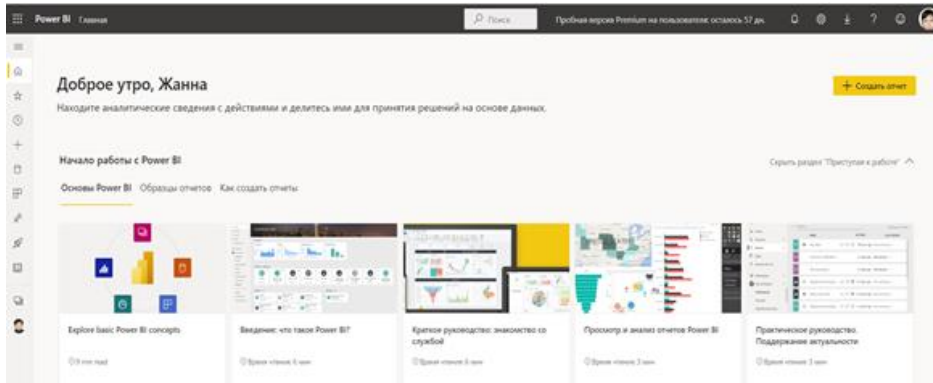


Рисунок 3. Визуализация данных в Power BI



Рисунок 4. Активация приложения COVID-1

Программирование программного обеспечения для мобильных девайсов, дает преимущество улучшения качества медицинских услуг. Неотъемлемой частью при разработке программного приложения следует учесть следующие факторы: выделиться среди конкурентов и завоевать доверие у клиентов.

В нашем исследовании мы активировали приложение COVID-19 в Power BI, показан на рисунке 4.



Рисунок 5. Скриншоты программного обеспечения

Разрабатываемое нами программное обеспечение написано на фреймворке Xamarin с использованием языка C#. Xamarin – это кроссплатформенный фреймворк разработки мобильных приложений (IOS, Android) [11, 12]. При разработке приложения установлен Visual Studio 2019.

В ходе исследования разработано программное обеспечение для здравоохранения в контексте COVID-19, которое показано на рисунок 5. Программное обеспечение способно дать доступ для медперсонала 24 часа в сутки и 7 дней в неделю к данным пациентов, онлайн-консультациям с врачами в удобное для пациента время по видео, телефону или в чате, возможность записи на прием в ближайшую больницу, онлайн доступ историй приемов, возможность добавление файлов в медицинскую карту и т.д.

Для диагностики важен целый пул информации о пациенте (его покупки, диагнозы, риски каких-либо состояний и т.д.). Данный анализ ведет к новой медицине — персонализированной и превентивной. Так, по результатам анализа больших данных можно предсказать риск заболевания у конкретного человека и оказать своевременную помощь.

Необходимо обратить внимание на себестоимость разработки мобильного программного обеспечения. В среднем 250 часов выделяется на создание одного мобильного приложения. Программы, написанные с использованием фреймворка Xamarin – кроссплатформенные [11, 12].

Заключение

Таким образом, изучив функционал и проблематику существующих приложений, мы пришли к выводу что необходимо создать новое программное обеспечение, которое способно оказать помощь в условиях пандемии для предоставления удаленного доступа с целью онлайн-посещения организаций здравоохранения, предоставить своевременную информацию о состоянии вакцинации, включить в нее отслеживание заразившихся пользователей и сообщать об этом на карте для предупреждения окружающим с соблюдением полной анонимности для самих пользователей.

Данное приложение будет доступно через Google Play. Результаты обработки «больших данных» дают возможность быстро получить данные о пациенте максимально быстро. Скорость доступа к данным и скорость их обработки является важным критерием качества технологий, входящих в BigData.

Благодаря технологиям обработки и анализа больших данных медицинские учреждения способны принимать эффективные решения, что обуславливает актуальную задачу улучшения качества предоставления медицинских услуг.

Список использованных источников:

- 1 Chamola V., Hassija V., Gupta V., Guizani M.A. (2020) *Comprehensive Review of the COVID-19 Pandemic and the Role of IoT, Drones, AI, Blockchain, and 5G in Managing its Impact* // *IEEE Access*, № 8, p. 819-829.
- 2 Крылов В.В., Крылов С.В. (2014) *Большие данные и их приложения в электроэнергетике* // Нобель Пресс, №2, p.106.
- 3 Salloum S., Huang J.Z., He Y. *Random Sample Partition: A Distributed Data Model for Big Data Analysis* // *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2019, № 15, p. 5846-5854.
- 4 Maslyuk D. *Exam Ref 70-778 Analyzing and Visualizing Data by Using Microsoft Power BI* // *Microsoft Press*, 2018, №1, p. 368.
- 5 Salituro E. *Learn Grafana 7.0* // *Publisher Packt*, 2020, №1, p. 410.
- 6 Феррари А., Руссо М. *Анализ данных при помощи Microsoft Power BI и Power Pivot для Excel* // ДМК Пресс, 2020, №1, с. 288.
- 7 Вайгенд А. *Вся технология в одной книге* // ЭКСМО, 2018, №1, с. 384.
- 8 Microsoft. *Data sources for Power BI service* [Electronic resource] 2021 URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/power-bi/connect-data/service-get-data> (дата обращения: 01.08.2021).
- 9 Microsoft. *Create measures for data analysis in Power Bi Desktop* // [Electronic resource] – 2021. -URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/power-bi/transform-model/desktop-measure> (дата обращения: 26.07.2021).
- 10 Aspin A. *Pro Power BI Desktop: Self-Service Analytics and Data Visualization for the Power User* // *Apress*, 2020, №1, p.1104.
- 11 Попов Е. (2021) *Xamarin и кроссплатформенная разработка* // [Electronic resource]2021. URL: <https://metanit.com/sharp/xamarin/1.1.php> (дата обращения: 16.07.2021).
- 12 Bach Jh. *Xamarin: The Ultimate Beginner's Guide to Learn Xamarin Step by Step Paperback* // *eBook*, 2020, p. 170.

References:

- 1 Chamola V., Hassija V., Gupta V., Guizani M.A. (2020) *Comprehensive Review of the COVID-19 Pandemic and the Role of IoT, Drones, AI, Blockchain, and 5G in Managing its Impact* // *IEEE Access*, №8, p. 819-829.
- 2 Krylov V.V., Krylov S.V. (2014) *Bol'shie dannye i ih prilozheniya v elektroenergetike [Big data and its applications in the power industry]* . Nobel' Press, №2, 106. (In Russian)
- 3 Salloum S., Huang J.Z., He Y. (2019) *Random Sample Partition: A Distributed Data Model for Big Data Analysis* // *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, №15, p.5846-5854.
- 4 Maslyuk D. (2018) *Exam Ref 70-778 Analyzing and Visualizing Data by Using Microsoft Power BI*. Microsoft Press, №1, p.368.
- 5 Salituro E. (2020) *Learn Grafana 7.0* Publisher Packt, № 1, p.410.
- 6 Ferrari A., Russo M. (2020) *Analiz dannyh pri pomoshchi Microsoft Power BI i Power Pivot dlya Excel [Analyze data with Microsoft Power BI and Power Pivot for Excel]* // *DMK Press*, №1, c. 288. (In Russian)
- 7 Vajgend A. (2018) *Vsya tekhnologiya v odnoj knige [All technology in one book]*. EKSMO, №1, 384. (In Russian)
- 8 Microsoft. (2021) *Data sources for Power BI service [Electronic resource]* URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/power-bi/connect-data/service-get-data> (data obrashheniya: 01.08.2021).
- 9 Microsoft. (2021) *Create measures for data analysis in Power Bi Desktop [Electronic resource]* URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/power-bi/transform-model/desktop-measures> (data obrashheniya: 26.07.2021).
- 10 Aspin A. (2020) *Pro Power BI Desktop: Self-Service Analytics and Data Visualization for the Power User* Apress, №1, p.1104.
- 11 Popov E. (2021) *Xamarin i krossplatformennaya razrabotka [Xamarin and cross-platform development]*, [Electronic resource] URL:<https://metanit.com/sharp/xamarin/1.1.php> (data obrashheniya: 16.07.2021). (In Russian)
- 12 Bach Jh. (2020) *Xamarin: The Ultimate Beginner's Guide to Learn Xamarin Step by Step* Paperback. eBook, p.170.

PREDICTION OF EMPLOYEE PROMOTION BASED ON RATINGS USING MACHINE-LEARNING ALGORITHMS

Zhanuzakov M.B.^{1*}, Balakaeva G.T.¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: zhanmuha01@gmail.com

Abstract

Employee promotion is an important aspect in human-resource management process. Thus, it is crucial to correctly decide, whether an employee should or should not be promoted based on its current and past ratings. For that purpose, the research has been carried out to develop employee's promotion prediction models by using different machine-learning classification algorithms. In this research, experiments on simulated dataset was performed using Gradient Boosting Classifier, Random Forest Classifier and Keras Neural Network. Through a complex assessment process, the performance of these supervised machine learning algorithms for predicting employee advancement was analyzed using assessment metrics. Our study uses simulated employee data as the training dataset, and we developed a web application for our study to display forecast results on new inputs.

Keywords: machine learning, rating, neural networks, deep learning, classification, forecasting, personnel management, promotion.

Аннотация

М.Б. Жанузаков¹, Г.Т. Балакаева¹

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЕ СОТРУДНИКА ПО СЛУЖБЕ НА ОСНОВЕ РЕЙТИНГА СОТРУДНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Продвижение сотрудников, важный аспект процесса управления человеческими ресурсами. Важно правильно решить, следует ли продвигать сотрудника по карьерной лестнице, исходя из его нынешних и прошлых рейтингов. С этой целью было проведено исследование по разработке моделей прогнозирования продвижения сотрудников с использованием различных алгоритмов классификации машинного обучения. В исследовании эксперименты на смоделированном наборе данных были выполнены с использованием классификатора градиентного усиления, классификатора случайного леса и нейронной сети Keras. Посредством сложного процесса оценки, эффективность этих контролируемых алгоритмов машинного обучения для прогнозирования продвижения сотрудников по службе была проанализирована с использованием метрик оценки алгоритмов. В качестве набора данных для обучения используются смоделированные данные сотрудников. В ходе исследования разработано веб-приложение для отображения результатов прогнозов моделей.

Ключевые слова: машинное обучение, рейтинг, нейронные сети, глубокое обучение, классификация, прогнозирование, управление персоналом, продвижение.

Аңдатпа

М.Б. Жанузаков¹, Г.Т. Балакаева¹

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ҚЫЗМЕТКЕРДІҢ РЕЙТИНГІ НЕГІЗІНДЕ ҚЫЗМЕТКЕРДІҢ ҚЫЗМЕТ БОЙЫНША ЖОҒАРЫЛУЫН БОЛЖАУ

Қызметкерлерді жоғарылату адам ресурстарын басқару процесінің маңызды аспектісі болып табылады. Сондықтан қызметкердің қазіргі және бұрынғы рейтингіне сәкес қызметкерді жоғарылату туралы дұрыс шешім қабылдау өте маңызды. Осы мақсатта әртүрлі машиналық оқыту алгоритмдерін қолдана отырып, қызметкерлердің өсуін болжау моделдерін құру мақсатында зерттеу жүргізілді. Бұл зерттеуде градиентті бустинг классификаторы, кездейсоқ орман классификаторы және Keras нейрондық желісі арқылы модельденген деректер жиынтығы бойынша эксперименттер орындалды. Күрделі бағалау процесі арқылы қызметкерлердің көтерілуін болжауға арналған машиналық оқыту алгоритмдерінің тиімділігі метрикалық бағалау алгоритмдері арқылы талданды. Зерттеуде алгоритмдерді оқыту мақсатында қолданылған мәліметтер базасы ретінде модельденген қызметкерлер деректері пайдаланылады. Зерттеу барысында модельдердің болжам нәтижелерін көрсету үшін веб-қосымша әзірленді.

Түйін сөздер: машиналық оқыту, рейтинг, нейрондық желілер, терең оқыту, талдау, болжау, персоналды басқару, жоғарылату.

Introduction

Decision about employee`s promotion to the next position has always been an issue in any company. It affects both employee`s motivation to work in the organization and its manager, who has to make such difficult decisions. That is why the problem was analyzed and prediction model was built as a solution.

There are studies aimed at developing employee prediction models. In the work «Prediction of Employee Promotion Based on Personal Basic Features and Post Features», authors focus on testing different machine learning algorithms on predicting employee promotion by building personal basic features and post features based on five strategies [1].

In another research «A Data-driven Analysis of Employee Promotion: The Role of the Position of Organization», the focus of study was to put forward ideas on data-driven solution to the promotion issue in human resource management, and focus on the influence from the position of organization [2].

This paper focuses on building and testing employee`s promotion prediction models and developing software as an interface for better user experience. Employee promotion prediction is a group of models that takes employee`s features as an input and returns possibility of promotion of the employee as an output.

1. Data source

For this research, simulated dataset was created using real HR dataset of employees collected from 2020 to 2021. During this period, approximately 20% of employees were promoted to the next position. The real dataset has 14000 entries and 24 features. The simulated data consists of artificially created 1740 entries. It was further cleaned and the following data processing practices were done:

- 1) unnecessary features were removed from dataset;
- 2) temporary employees such as foreign interns were not included to the final set.

After processing dataset, the data has 1500 employees with 8 features (See Figure 1).

	n_of_individual_projects	motivation_r	relationship_with_others_r	communication_skills_r	task_management_r	salary(thousand kzt)	total_rating	promoted
0	2.0	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	100.0	0.800000	0.0
1	3.0	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	150.0	0.700000	1.0
2	3.0	0.907390	0.880383	0.886172	0.854583	86.0	0.717144	0.0
3	0.0	0.954438	0.951636	0.656876	0.959900	441.0	0.947162	0.0
4	1.0	0.677607	0.975069	0.532699	0.451263	385.0	0.458558	0.0
...
1497	3.0	0.552977	0.943717	0.650876	0.744704	285.0	0.761386	0.0
1498	4.0	0.892194	0.918649	0.918311	0.877594	353.0	0.995365	1.0
1499	3.0	0.886726	0.878922	0.968930	0.981146	372.0	0.854296	1.0
1500	2.0	0.981859	0.677604	0.762169	0.887664	147.0	0.903720	0.0
1501	0.0	0.843148	0.671036	0.788166	0.993719	429.0	0.977252	0.0

1502 rows x 8 columns

Figure 1. Simulated dataset of employees

2. Methodology

In this section, abilities of classical supervised machine learning algorithms and neural network are described.

2.1 Gradient Boosting (GB) is a machine learning technique for regression and classification that is an ensemble of decision trees [3]. This algorithm is based on iterative training of decision trees for minimizing the loss function. Due to the peculiarities of decision trees, gradient boosting is able to work with categorical features and cope with nonlinearities. It uses «boosting» method to convert poorly trained models to well trained ones. Thus, in boosting, each new tree is trained on a modified version of the original dataset.

The idea of gradient boosting originated in the observation by Leo Breiman that boosting can be interpreted as an optimization algorithm on a suitable cost function [4].

2.2 Random Forest (RF) is a set of decision trees. For classification tasks, the output of the random forest is the class selected by most trees. For regression tasks, the mean or average prediction of the individual trees is returned [5, 6].

2.3 Keras is a deep learning API written in Python, running on top of the machine learning platform Tensor Flow [7]. Keras was built with a focus on ensuring fast experimentation. Going from idea to result as quickly as possible is essential to doing good research [8].

3. System architecture

System architecture is illustrated in Figure 2. Before applying machine learning algorithms on dataset, data processing was done to the training data. After which the models were developed by analyzing the results of algorithms` work. The concluding step was to develop software (web-application) for users to be able to interact with the built models.

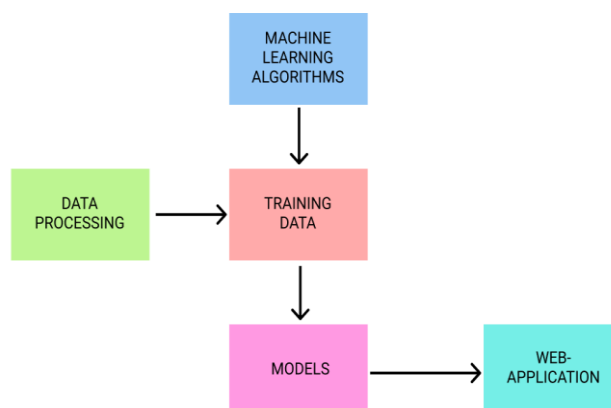


Figure 2. System architecture

Web-application consists of Flask as server Api and React JS as an interface application. Web-application workflow is shown in Figure 3.

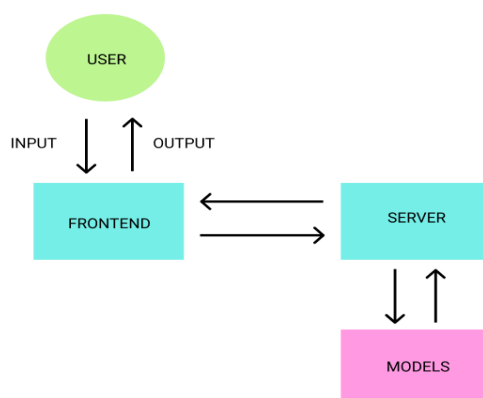


Figure 3. Web-application scheme

The user fills up form with information about specific employee who the decision about its promotion is going to be made. After that, clicking one of the buttons representing different models will output calculated prediction as a result.

4. Results

The results of the mentioned algorithms work on the training dataset, as well as on new samples are presented in this section. In this research, the positive class is assigned to the employees who are promoted, whereas the negative class is for employees who are not promoted. Evaluation metrics and libraries used for this research are as follows:

- 1) Receiver operating characteristic curve (ROC) and area under the curve (AUC) [9];
- 2) Confusion Matrix;
- 3) Classification Report.

ROC and AUC metrics results are displayed in Figure 4. From the results, one can see that all three algorithms showed quite similar values. However, Keras Sequential had the highest AUC value (0.986).

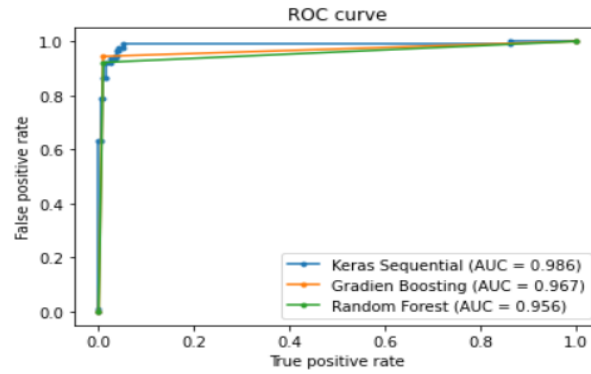


Figure 4. ROC and AUC curve metrics results

The general idea of Confusion Matrix evaluation is to count the number of times instances of class A are classified as class B [10]. Results of confusion matrices (Figure-5, Figure-6, Figure-7) show that all algorithms perform at approximately similar level. Nevertheless, one can notice that Gradient Boosting made less mistakes on predicting promoted employees (only 1 case). Results of classification reports in Figure-8, Figure-9, Figure-10, demonstrate that Gradient Bosting and Random Forest algorithms are evaluated similarly by classification reports. Keras Sequential was assessed with slightly less points on precision and f1-score.

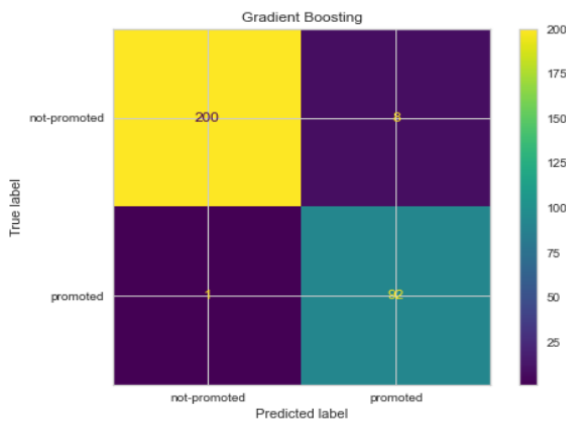


Figure 5. Confusion matrix of Gradient Boosting model

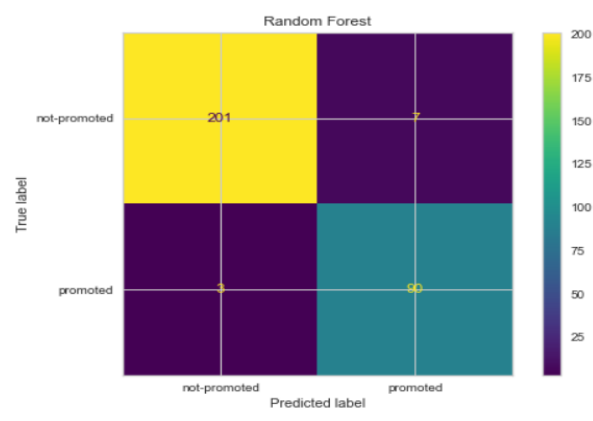


Figure 6. Confusion matrix of Random Forest model

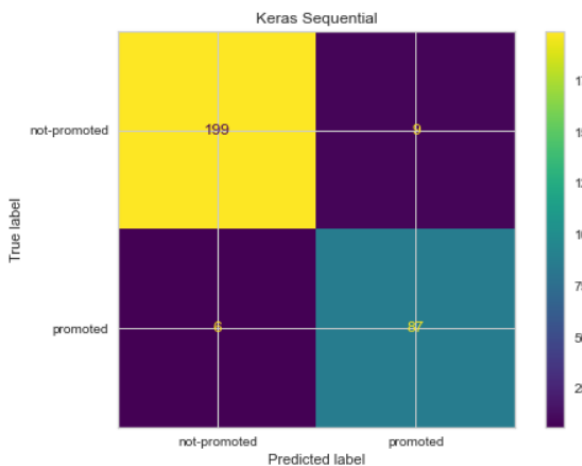


Figure 7. Confusion matrix Keras Sequential model

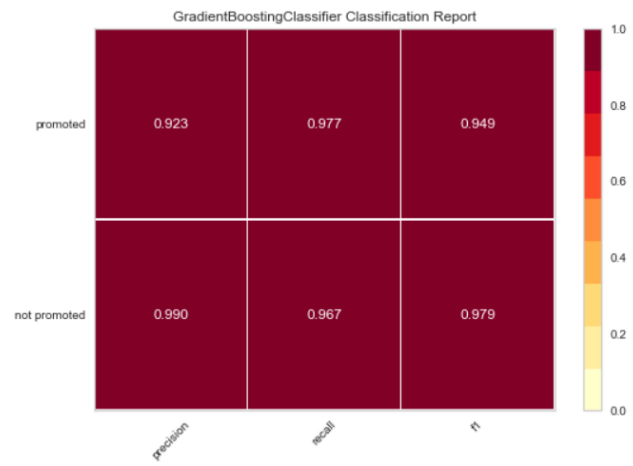


Figure 8. Classification report of Gradient Boosting model

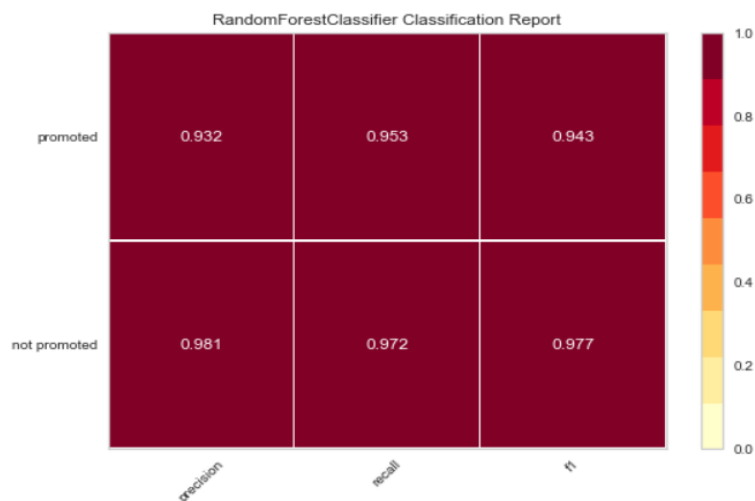


Figure 9. Classification report of Random Forest model

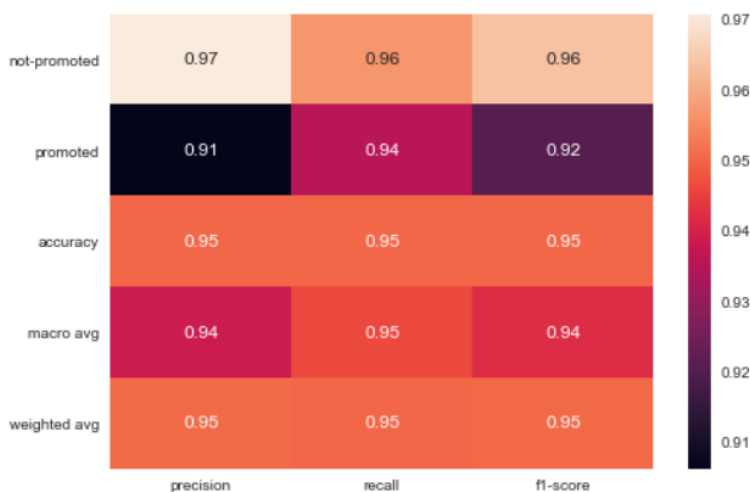


Figure 10. Classification report of Keras Sequential model

Prediction on new samples were done using developed web-application. Figure 11 illustrates a sample employee’s information and promotion predictions of different models.

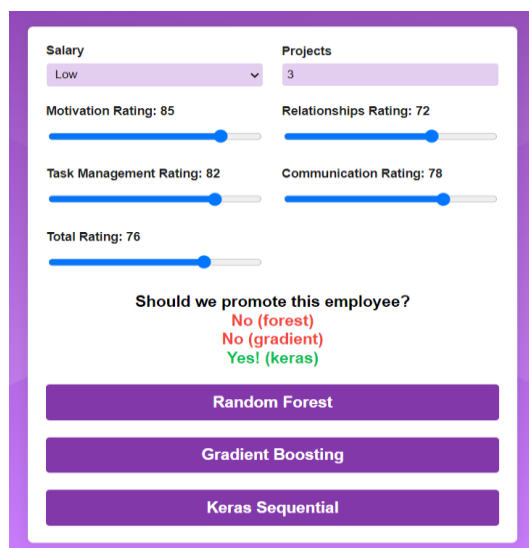


Figure 11. Results of models on new input

For the new inputs, GB and RF algorithms perform stably and similarly. When it comes to Keras model, it can show anomaly behaviors such as if one of the features are too low or too high, it can still predict positive (promoted).

Conclusion

During this research work, it has been identified that prediction of employee promotion is very important aspect in human capital building process. Three popular machine learning techniques for forecasting employee's promotion were built and analyzed.

Training dataset of employees were created using real data of companies and further processed. Popular supervised machine learning algorithms were studied and tested on performance using numerical metrics. The metrics, used in the research, showed that all three models were able to predict with close accuracy, despite small differences.

To test the models for new samples, special software was developed, by using which it is possible to predict the advancement of employees. These tests showed that the Gradient Boosting and Random Forest models gave the same predictions, while the Keras model gave different answers in most cases, which suggests that the Gradient Boosting and Random Forest models are preferred over the Keras model for predicting employee progress.

Acknowledgments

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant #AP09259208).

References:

- 1 Long, Yuxi & Liu, Jm & Fang, Ming & Wang, Tao & Jiang, Wei. "Prediction of Employee Promotion Based on Personal Basic Features and Post Features". *Proceedings of the International Conference on Data Processing and Applications* (2018): 5-10. <https://doi.org/10.1145/3224207.3224210>
- 2 J. Liu, T. Wang, J. Li, J. Huang, F. Yao and R. He. "A Data-driven Analysis of Employee Promotion: The Role of the Position of Organization". *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC)* (2019): 4056-4062. <https://doi.org/10.1109/SMC.2019.8914449>
- 3 Piryonesi, S. Madeh; El-Diraby, Tamer E. (2020) "Data Analytics in Asset Management: Cost-Effective Prediction of the Pavement Condition Index". *Journal of Infrastructure Systems*: 04019036. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000512](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000512).
- 4 Breiman, L. "Technical Report 486". *Statistics Department, University of California, Berkeley* (1997): 11-13
- 5 Ho, Tin Kam. "Random decision forests". *Proceedings of the 3rd International Conference on Document Analysis and Recognition* (1995): 278–282. <https://doi.org/10.1109/ICDAR.1995.598994>.
- 6 Ho TK. "The Random Subspace Method for Constructing Decision Forests". *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 20 (8) (1998): 832–844. <https://doi.org/10.1109/34.709601>.
- 7 "About Keras", *Official website of Keras Sequential Api, Google Keras team, accessed December 1, 2021*, <https://keras.io/about/>.
- 8 Deng, H.; Runger, G.; Tuv, E.. "Bias of importance measures for multi-valued attributes and solutions". *Proceedings of the 21st International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN)* (2011): 293–300. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21738-8_38.
- 9 Altmann A, Toloşi L, Sander O, Lengauer T. "Permutation importance: a corrected feature importance measure". *Bioinformatics*. 26 (10) (2010): 1340-7. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btq134>. PMID 20385727.
- 10 Géron, A. *Hands-on machine learning with Scikit-Learn and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems*. (O'Reilly Media, 2017). 92-93

МРНТИ 50.07.05; 27.35.14
УДК 533.9.01; 519.63; 519.684

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.15>

А.А. Исахов¹, П.Т. Омарова^{1*}, Ас.А. Исахов²

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²Акционерное общество «Казахстанско-Британский технический университет»,
г. Алматы, Казахстан

*e-mail: omarova.peryzat2@gmail.com

ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНОГО ДИСТАНЦИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ COVID-19 ВОЗДУШНЫМ ПУТЕМ

Аннотация

Распространение опасного инфекционного заболевания COVID-19 показывает, что бессимптомные носители могут непреднамеренно передавать вирус через воздушный поток. Многие инфекционные болезни могут инфицировать человека крошечными капельками или частицами, которые несут различные вирусы и бактерии, генерирующиеся респираторной системой зараженных пациентов. В этой статье представлены численные результаты распространения частиц в помещении. Предлагаемая численная модель в данной работе учитывает осаждение частиц или капель под действием гравитационного осаждения и перенос в помещении в процессе дыхания, чиханья или кашля. Численно исследуются три различных случая с учетом нормального дыхания, кашля и чиханья, соответственно имеющее три различные скорости выброса частиц изо рта. Уравнения Навье – Стокса для несжимаемых потоков использовались для описания трехмерных потоков воздуха внутри вентилируемых помещений. Влияние скорости вентиляции на социальное дистанцирование, также исследуется с помощью вычислений. Было обнаружено, что частицы могут перемещаться на расстояние до 5 м с уменьшением концентрации в направлении воздушного потока. Подводя итоги, с учетом условий окружающей среды двухметровое социальное расстояние, рекомендованное ВОЗ, является недостаточным.

Ключевые слова: Covid-19, Навье-Стокса, численная модель, вирус.

Аңдатпа

А.А. Исахов¹, П.Т. Омарова¹, Ас.А. Исахов²

¹ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ, Қазақстан

²Акционерлік Қоғам «Қазақстан-Британ техникалық университеті», Алматы қ, Қазақстан

COVID-19-ДЫҢ АУАДА ТАРАЛУЫН АЛДЫН АЛУ ҮШІН ӘЛЕУМЕТТІК АРАҚАШЫҚТЫҚТЫ САНДЫҚ БАҒАЛАУ

Covid-19 қауіпті жұқпалы ауруының таралуы симптомсыз тасымалдаушылар арқылы ауа ағынымен берілуі мүмкін екенін көрсетеді. Көптеген жұқпалы аурулар адамға әртүрлі вирустар мен бактерияларды тасымалдайтын, жұқтырған науқастардың тыныс алу жүйесін тудыратын ұсақ тамшылармен немесе бөлшектермен жұқтыруы мүмкін. Бұл мақалада бөлмедегі бөлшектердің таралуының сандық нәтижелері келтірілген. Бұл жұмыста ұсынылған сандық модель дем алу, түшкіру немесе жөтелу кезінде бөлмеде гравитациялық шөгу мен тасымалдау әсерінен бөлшектердің немесе тамшылардың шөгуін ескереді. Қалыпты тыныс алу мен жөтелді, түшкіруді ескере отырып, үш түрлі жағдай сандық түрде зерттеледі, ал бөлшектердің аузынан шығарылуының үш түрлі жылдамдығы қарастырылады. Сығылмайтын ағындарға арналған Навье-Стокс теңдеулері желдетілетін бөлмелердің ішіндегі үш өлшемді ауа ағындарын сипаттау үшін қолданылды. Желдету жылдамдығының әлеуметтік арақашықтыққа әсері де есептеулер арқылы зерттеледі. Бөлшектер ауа ағыны бағытында концентрацияның төмендеуімен 5 м дейін жылжи алатыны анықталды. Қорыта айтқанда, экологиялық жағдайды ескере отырып, ДДҰ ұсынған екі метрлік әлеуметтік қашықтық жеткіліксіз.

Түйін сөздер: Covid-19, Навье-Стокс, сандық модель, вирус.

Abstract

A NUMERICAL ASSESSMENT OF SOCIAL DISTANCING OF PREVENTING AIRBORNE TRANSMISSION OF COVID-19

Issakhov A.A.¹, Omarova P.T.¹, Issakhov As.A.²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Joint Stock Company «Kazakh-British Technical University», Almaty, Kazakhstan

The spread of the dangerous infectious disease COVID-19 shows that asymptomatic carriers can inadvertently transmit the virus through the airstream. Many infectious diseases can infect a person with tiny droplets or particles that carry various viruses and bacteria, generating infected patients' respiratory system. This article presents the numerical results of particle propagation in a room. The proposed numerical model in this paper takes into account the settling of particles or droplets under the action of gravitational force and transport in the room during breathing, sneezing or coughing. Three different cases are numerically investigated, taking into account normal breathing, coughing and sneezing, respectively, having three different particle emission rates from the mouth. The Navier–Stokes equations for incompressible flows have been used to describe three-dimensional air flows inside ventilated spaces. The effect of ventilation rate on social distancing is also being investigated through computation. It has been found that the particles can travel up to 5 m with decreasing concentration in the direction of the air flow. To sum up, given the environmental conditions, the two-meter social distance recommended by the WHO is insufficient.

Keywords: Covid-19, Navier-Stokes, numerical model, virus.

Введение

С конца 2019 года и до сегодняшнего дня весь мир ведут борьбу с масштабным вирусом SARS-CoV-2, вызывающим опасное инфекционное заболевание – COVID-19 [1]. Наиболее частые симптомы заболевания – лихорадка, утомляемость и сухой кашель. Учитывая быстрое распространение и летальный исход вируса, к началу 2020 года инфекция была признана пандемией и остановила экономическое развитие во многих странах мира [2, 3].

Подавляющая часть респираторных заболеваний, таких как туберкулез, корь, ветряная оспа [4,5], грипп, бронхит и легочная чума [6,7], передаются воздушно-капельным путем. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) [8], SARS-CoV-2 также распространяется воздушно-капельным путем (частицами) или при тесном контакте. Основные механизмы распространения вирусных заболеваний - это кашель и чихание. При активном дыхании, чихании и кашле образуются маленькие капельки, которые состоят из воды, воздуха, мелких частиц ($dp < 10^{-6}$ м) и дыхательной жидкости. Эти компоненты рефлекторных процессов человека имеют разную скорость и продолжительность (время) генерации и, соответственно, приводят к разному воздействию на окружающую среду и организм человека. Расстояние, которое могут пройти эти капли, напрямую зависит от размера самих капель и скорости их распространения.

Механизм образования и происхождения капель с вирионом связан с вирусной и бактериальной нагрузкой в микрокаплях, поскольку патогены обычно ограничены определенными частями тела [9]. Чтобы лучше понять процесс образования и распространения вирусов, необходимо их детальное моделирование в искусственной среде. Ряд исследований показывает, что безусловные рефлексы человека (кашель и чихание) состоят не только из слизисто-слюнных капель, но в основном из многофазного турбулентного газа, слоистого облака, которое захватывает окружающий воздух и разносит в нем капли с микроорганизмами [10, 11, 12].

Многие инфекционные заболевания передаются от человека к человеку при вдыхании капель, переносимых по воздуху, которые переносят различные вирусы и бактерии, генерируемые респираторной системой инфицированных людей. Люди в комнате могут легко заразиться вирусом, который переносится каплями или частицами, потому что скорость воздухообмена в комнате ограничена. При нормальном дыхании, чихании или кашле образуются крошечные капли воды и воздуха или мелкие частицы. Эти методы генерации имеют разную скорость и продолжительность генерации, что приводит к разному воздействию на окружающую среду в помещении и человеческий организм.

Основная цель этой работы – изучить перенос капель или частиц, генерируемых дыхательной системой, в помещении при различных сценариях. Поскольку экспериментально изучить перенос и распространение капель или частиц из дыхательной системы сложно, в этой работе численно исследуется распространение капель воздуха, чихание и кашель в помещении. Капли воздуха считаются небольшими частицами воды.

Математическая модель

Для реализации математической модели воздушного потока используется система уравнений Навье-Стокса. Уравнения Навье-Стокса для случаев несжимаемой жидкости используются для моделирования поля течения. Уравнения неразрывности и импульса, используемые в модели, определяются следующим образом, которая была описана в работе [13]:

$$\frac{\partial u_j}{\partial x_j} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (u_i u_j) = f_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu_{eff} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] \quad (2)$$

где u_j - скорость потока воздуха, здесь $i, j = 1, 2, 3$, t - время, x_j - пространственные координаты, μ_{eff} - эффективная вязкость, p - давление (Па), $\mu_{eff} = \mu + \mu_t$ куда μ_t - турбулентная вязкость. Рассматриваемая внешняя сила тела - это сила тяжести, $f = \rho g$, где g ускорение свободного падения (m/s^2), ρ - плотность (kg/m^3).

Кинематическая зависимость между положением частиц (дыхательная капля) и скоростью частиц (дыхательная капля) равна

$$\frac{\partial x_p}{\partial t} = u_p \quad (3)$$

$$m_p \frac{\partial u_p}{\partial t} = F_D + F_G \quad (4)$$

где, x_p - расположение частиц (m), F_G - сила тяжести, F_D - сила сопротивления, u_p - скорость частиц (m/s), u_f - скорость жидкости (m/s), m_p - масса частиц (kg), F_D - рассчитывается следующим образом

$$F_D = \frac{1}{2} \rho_f \frac{\pi d_p^2}{4} C_D (u_f - u_p) |u_f - u_p|, \quad (5)$$

где, коэффициент сопротивления

$$C_D = \begin{cases} \frac{24}{Re}; & (Re < 1) \\ \frac{24}{Re} (1 + 0.15 Re^{0.687}); & (1 \leq Re \leq 1000) \end{cases} \quad (6)$$

здесь ρ_f - плотность жидкости (kg/m^3), ρ_p - плотность частиц (kg/m^3) и d_p диаметр частицы

$$(m), \quad Re \equiv \frac{\rho d_p |\vec{u} - \vec{u}_p|}{\mu} \text{ число Рейнольдса.}$$

Для замыкания системы уравнений использовались различные турбулентные модели (k-ε, SST k-ω (shear stress transport), модель DES (Detached eddy simulation)). Эти турбулентные модели подробно описаны в статьях [14]. Все симуляции были выполнены с использованием турбулентной модели SST k-ω, поскольку эта модель оказалась надежной при моделировании воздушного потока в помещении [14, 15].

Эти уравнения дискретизируются с использованием метода конечных объемов. Для численного решения системы используется численный алгоритм SIMPLE (полуявный метод для уравнений давления) [14, 16]. Этот метод используется во многих работах для решения различных задач гидродинамики и теплообмена и послужил созданию целого класса численных методов. Все переменные и константы, которые использовались в этих расчетах, полностью физические.

Численное моделирование

В текущем исследовании были изучены различные скорости для распространения частицы ($d_p < 10^{-6}$ м) при кашле в комнате, подвергшихся загрязнению полномасштабную комнату. Для данного исследования была взята полномасштабная комната с размерами $X \times Y \times Z = 8 \times 3 \times 3$ м, которая используется в качестве внутренней среды для текущего моделирования. Высота человека находящегося внутри помещения составляет 1.8 м и соответственно высота рта загрязняющего человека от пола составляет около 1.65 м. Полномасштабная комната вентилируется с помощью одной решетки на боковой стене, размер решетки составляет 0.5×0.125 м, а вытяжка такого же размера расположена внизу той же стены. Вход и выход симметричны относительно средней линии в плоскости XY (по X -1.5 м). И в комнате один человек находится на противоположной стороне входа и выхода. При кашле (чихании) человека в помещении выделяются частицы (респираторные капли) различного размера (рис. 1-3). Было смоделировано несколько сценариев, чтобы полностью изучить влияние частиц разного размера, скорости частиц и вентиляции. Для данной задачи рассматривали несколько случаев.

В данной задаче применили граничное условие постоянной скорости на входе для рта, вентиляция комнаты загрязняющего человека с интенсивностью турбулентности 20% в указанном направлении. Вентиляция в комнате создает воздушный поток со скоростью, установленной как 0.5 м/сек и 1 м/сек. Граничные условия для тела человека, боковых стен вычислительной области и области пола были заданы как твердая стена. Для человеческого рта и входной вентиляции граничные условия задаются как вход, а для выходной вентиляции задается как выход.

Размер вычислительной сетки постепенно уменьшается, относительно тела человека, входная и выходная вентиляция. Поскольку точность результатов сильно зависит от размера сетки, используется сгущенная сетка возле головы, особенно вокруг рта. Этот метод помогает сократить вычислительные затраты за счет уменьшения общего количества ячеек для данной сложной геометрии. На рисунках 1-3 представлен один момент времени для разной скорости кашля. Как видно из полученных результатов, что различные режимы скорости очень сильно влияют на расстояние потока в закрытом помещении. Как и ожидалось, увеличение скорости приводит к увеличению потока. На рисунке 3 видно за 30 сек поток, выброшенный из рта, может преодолеть расстояние 4 м. Однако это не указывает на то, что частицы также могут переноситься на 4 м, поскольку на частицы также действуют силы трения и гравитация.

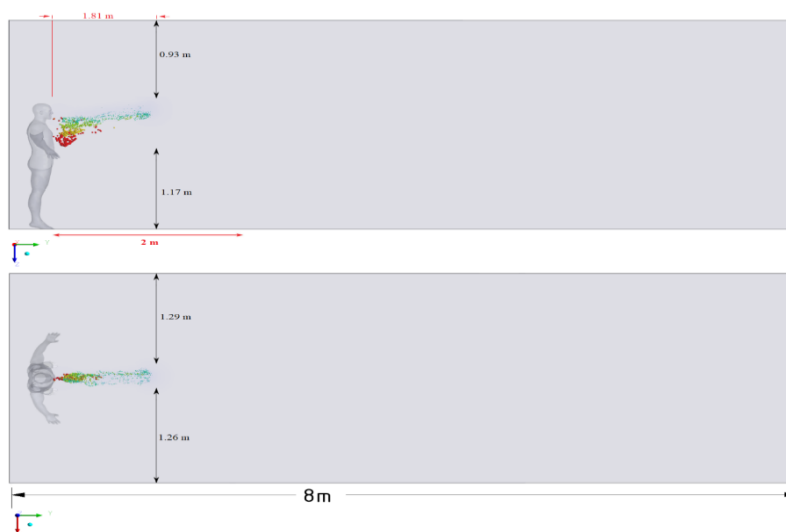


Рисунок 1. Распределение частиц при кашле = 1 м/с без вентиляции

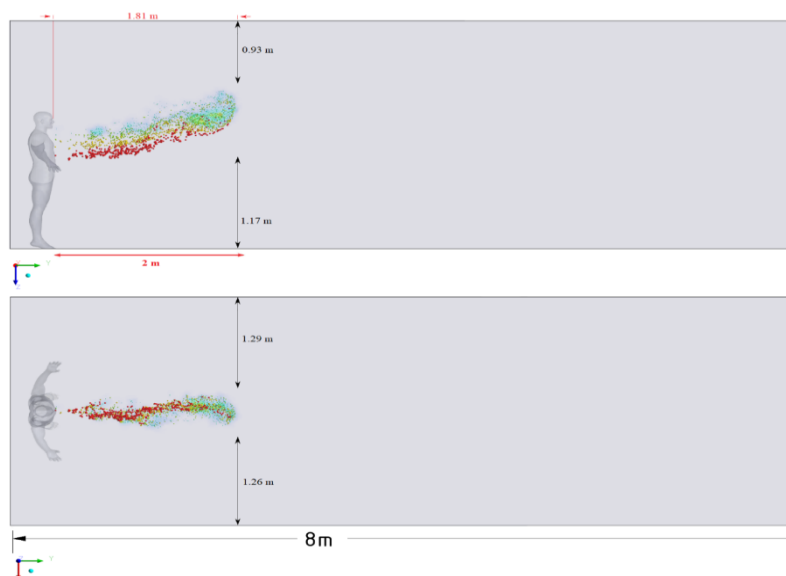


Рисунок 2. Распределение частиц при кашле = 6 м/с без вентиляции

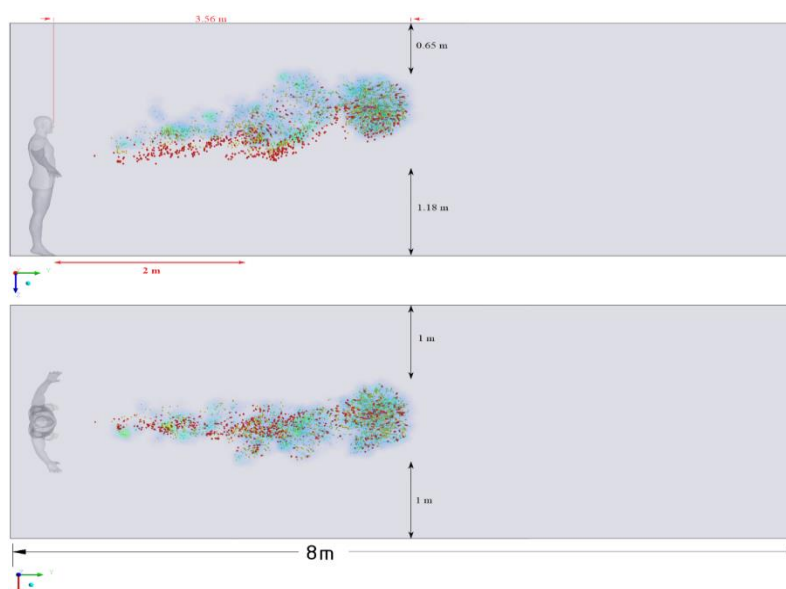


Рисунок 3. Распределение частиц при кашле = 20 м/с без вентиляции

Результаты, представленные на рисунке 4а, показывают, как частицы распространяются в помещении без вентиляции. Различные режимы выброса частиц оказывают значительное влияние на перенос частиц по длине. В режиме выброса частиц со скоростью 20 м/сек частицы за 30 сек могут преодолеть расстояние в 3.5 раза больше, чем при выбросе со скоростью 1 м/сек и расстояние в 2 раза больше, чем при выбросе 6 м/сек. А на рисунке 4б, при использовании вентиляции в помещении со скоростью 0.5 м/сек увеличивается не только расстояние по длине, но и расстояние по высоте. Стоит отметить сильное увеличение площади распространения частиц в сценарии 3 из-за увеличения скорости выброса и вентиляции. На рисунке 4с показали нелинейное распространение частиц в помещении, так как наблюдается резкое увеличение высоты.

Это резкое увеличение происходит из-за вихрей, возникающих в верхней части комнаты при вентиляции со скоростью 1 м/сек. Как и ожидалось, увеличение скорости выброса частиц увеличивало транспортное расстояние по длине и высоте. Однако следует отметить, что при вентиляции со скоростью 1 м/сек осаждение частиц за 40 сек уменьшается с увеличением скорости выброса. Это явление можно объяснить преобладанием импульса над силой тяжести.

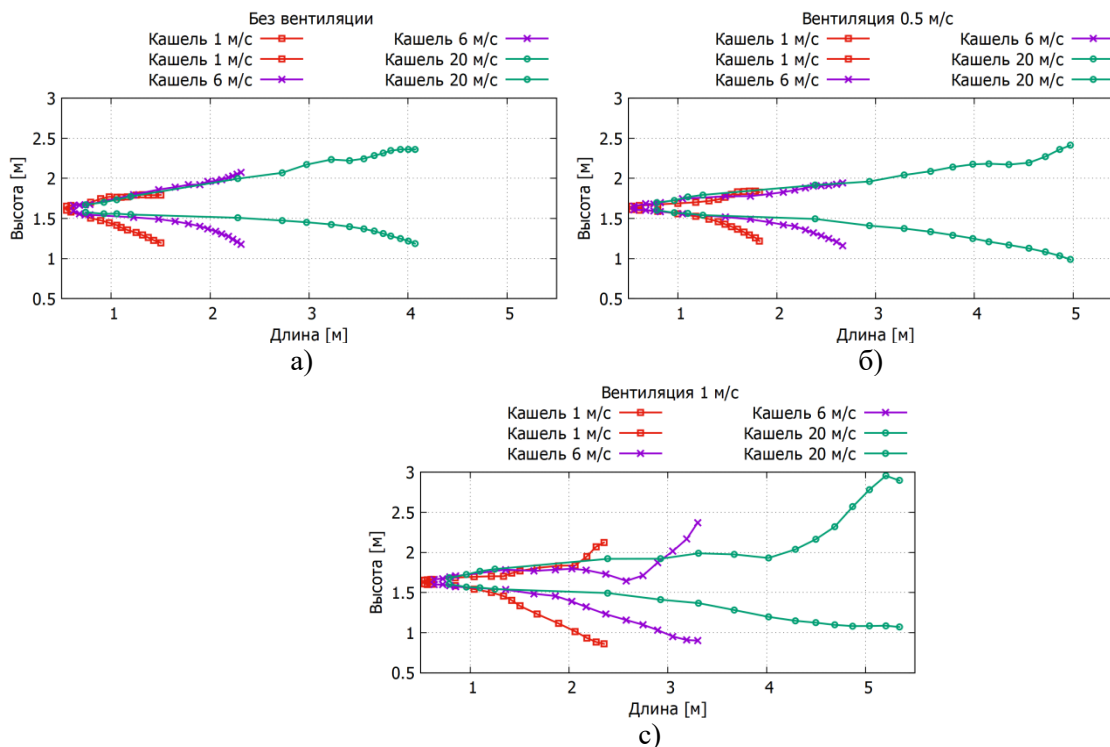


Рисунок 4. Диапазон распространения частиц

Заклучение

В данной работе были использованы CFD (Computational fluid dynamics) для исследования переноса и рассеивания частиц различных размеров, которые происходят, когда человек дышит, чихает или кашляет. Процесс выброса частиц в воздух был использован для имитации настоящего человеческого кашля. Были проведены обширные компьютерные исследования выбросов частиц при нормальном дыхании, чихании и кашле человека.

Подтверждение модели вентиляции хорошо согласуется с экспериментальными данными, что означает, что весь механизм может быть эффективно смоделирован.

Как видно из полученных результатов, при чихании или кашле со скоростью 20 м/сек частицы или капли перемещаются более чем на 3 м за 40 сек. Анализ распространения чихания показал, что зона максимального воздействия составляет 4.84 м ниже по течению, 1.13 м в поперечном направлении и 1.82 м по горизонтали. Из-за сложных реальных условий вентиляции окружающей среды необходимо учитывать социальное расстояние более 2 м, т.е. более 5 м. Важно отметить, что в режиме выброса частиц со скоростью 20 м/сек частицы за 30 сек преодолевают расстояние 3 м. В 5 раз больше, чем при выбросе со скоростью 1 м/сек и на расстояние в 2 раза больше, чем при выбросе 6 м/сек. Рекомендованная ВОЗ социальная дистанция в 2 м выполняется для простого дыхания во всех случаях (без вентиляции и с вентиляцией). Однако при кашле или чихании этого расстояния явно недостаточно и необходимо социальное расстояние не менее 5 м, чтобы не попасть в зону воздействия этих частиц.

Все результаты при высоких скоростях выброса переносят частицы на гораздо большее расстояние из-за большого количества движения. Для того чтобы, снизить передачу заболеваний от человека к человеку, очень важно личные привычки, такие как прикрытие носа и рта при чихании или кашле или ношение масок. Следует отметить, что приведенные выше результаты основаны на упрощенных и идеальных сценариях без учета многих влияющих факторов, таких как температура, влажность, испарение капель и частиц и т.д. Поэтому результаты следует использовать с осторожностью. Однако это исследование можно рассматривать как направление в понимании сложных явлений переноса частиц разного размера в помещениях и, в конечном итоге, в предотвращении передачи инфекционных заболеваний.

Работа выполнена при поддержке грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан (AP09259783).

References:

1. Lamb L. E., Bartolone S. N., Ward E., Chancellor M. B. Rapid detection of novel coronavirus (COVID-19) by reverse transcription-loop-mediated isothermal amplification // *MedRxiv* 3. – 2020. – P. 877. <https://doi.org/10.1101/2020.02.19.20025155>.
2. CDC. Social Distancing, Quarantine, and Isolation (Centers for Disease Control and Prevention. 2020).
3. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public> /Accessed 2 November 2020.
4. Leclair J. M., Zaia J. A., Levin M. J., Congdon R. G., Goldmann D. A. Airborne transmission of chickenpox in a hospital // *N. Engl. J. Med.* 302. – 1980. – P. 450–453. <https://doi.org/10.1056/NEJM198002213020807> (1980).
5. Escombe A. R. et al. The detection of airborne transmission of tuberculosis from HIV-infected patients, using an in vivo air sampling model // *Clin. Infect. Dis.* 44. – 2007. –P.1349–1357. <https://doi.org/10.1086/515397>.
6. Roy C. J., Milton D. K. Airborne Transmission of Communicable Infection — The Elusive Pathway // *New England Journal of Medicine.* – 2004. – № 350(17). – P. 1710–1712. doi:10.1056/nejmp048051
7. Frankova V. Inhalatory infection of mice with influenza A0/PR8 virus. I. The site of primary virus replication and its spread in the respiratory tract // *Acta Virol.* – 1975. № 19(1). P. 35–40.
8. Busco G., Yang S. R., Seo J., Hassan Y. A. Sneezing and asymptomatic virus transmission // *Physics of Fluids.* – 2020. – № 32(7). – 073309. doi:10.1063/5.0019090
9. Morawska, L. Droplet fate in indoor environments, or can we prevent the spread of infection? // *Indoor Air.* – 2006. – № 16(5). – P. 335–347. doi:10.1111/j.1600-0668.2006.00432.x
10. Bourouiba L., Dehandschoewercker E., Bush J. W. M. The fluid dynamics of coughing and sneezing // In: *Refereed Proceedings of the International Society of Indoor Air Quality and Climate 10th Healthy Buildings Conference Brisbane.* – AU (2012).
11. Bourouiba L., Dehandschoewercker E., Bush, J. W. M. Violent expiratory events: on coughing and sneezing // *Journal of Fluid Mechanics.* – 2014. – № 745. – P. 537–563. doi:10.1017/jfm.2014.88
12. Bourouiba L. A Sneeze // *New England Journal of Medicine.* – 2016. – № 375(8). – P. e15. doi:10.1056/nejmicm1501197
13. Zhao B., Zhang Z., Li X. Numerical study of the transport of droplets or particles generated by respiratory system indoors // *Building and Environment.* – 2005. – № 40(8). – P. 1032–1039. doi:10.1016/j.buildenv.2004.09.01
14. Spalart P. R., Jou W.-H., Strelets M., Allmaras S. R. Comments on the feasibility of LES for wings and on the hybrid RANS/LES approach, advances in DNS/LES // In *Proc. First AFOSR International Conference on DNS/LES.* – 1997.
15. Zhang T., Lee K., Chen Q. A simplified approach to describe complex diffusers in displacement ventilation for CFD simulations // *Indoor Air.* – 2009. – № 19. – P. 255–267.
16. Han M., Ooka R., Kikumoto H. Lattice Boltzmann method-based large-eddy simulation of indoor isothermal airflow // *International Journal of Heat and Mass Transfer.* 2019. № 130. P. 700–709. doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer

МРНТИ 16.31.21
УДК 004.934

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.16>

Н.О. Мекебаев^{1,2*}, Ш.М. Түйебаев², Қ.Ж. Сабраев³, А.Қ. Еркебай¹

¹Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

³Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

*e-mail: Nurbara@mail.ru

БАЛАЛАРДЫҢ СӨЙЛЕУІН ТАҢУ ҮШІН ҚАЙТАЛАНАТЫН НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕР НЕГІЗІНДЕ АКУСТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ЛИНГВИСТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУДІ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа

Сөзді автоматты түрде тану (ASR) жүйелері акустикалық модельдеу үшін GMM-HMM және тілді модельдеу үшін n-gram қолданады. Соңғы онжылдықта терең бағытталған нейрондық желі (DFNN) акустикалық модельдеуде GMM-ді, яғни математикалық статистика мен эконометрикада үлестірудің белгісіз параметрлерін және эконометрикалық модельдерді бағалау әдісін толық дерлік ауыстырды. Қазіргі автоматты түрде тану жүйелері негізінен DFNN-HMM акустикалық моделіне және n-gram тіл үлгісіне (LM) негізделген. Ұзақ қысқамерзімді контексті модельдеу мүмкіндігінің арқасында қайталанатын нейрондық желіге (RNN) негізделген тіл үлгілері n-gram тіл үлгілеріне қарағанда төмен түсініксіздікті береді деп хабарланған. Осы жұмыстарға негізделген бұл мақалада біз балалардың сөйлеуін автоматты түрде тану үшін қайталанатын нейрондық желіге негізделген тіл үлгісімен біріктірілген ұзақ қысқамерзімді жадыға негізделген акустикалық модельдеуді зерттейміз.

Эксперименттік нәтижелер осындай біріктірілген қайталанатын нейрондық желіге негізделген модельдеу балалардың сөйлеуді автоматты түрде тануының сәйкес және сәйкес келмейтін тапсырмаларында тиімді екенін көрсетеді.

Түйін сөздер: сөйлеуді автоматты тану (ASR), қайталанатын нейрондық желілер (RNN), тілдік модельдеу (LM), акустикалық модельдеу (AM), LSTM, DFNN, GMM, HMM.

Аннотация

Н.О. Мекебаев^{1,2}, Ш.М. Түйебаев², Қ.Ж. Сабраев³, А.Қ. Еркебай¹

¹Казахский национальный женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

³Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО И ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПОВТОРЯЮЩИХСЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ ДЕТЕЙ

Системы автоматического распознавания речи (ASR) используют GMM-HMM для акустического моделирования и n-gram для моделирования языка. За последнее десятилетие глубоко ориентированная нейронная сеть (DFNN) практически полностью заменила GMM в акустическом моделировании, то есть неизвестные параметры распределения и метод оценки эконометрических моделей в математической статистике и эконометрике. Современные системы автоматического распознавания в основном основаны на акустической модели DFNN-HMM и языковой модели n-gram (LM). Сообщается, что образцы языка, основанные на повторяющейся нейронной сети (RNN), дают более низкую двусмысленность, чем образцы языка n-gram, благодаря возможности моделирования длительно сжатого контекста. В этой статье, основанной на этих работах, мы исследуем акустическое моделирование на основе долговременной кратковременной памяти, объединенное с образцом языка на основе повторяющейся нейронной сети для автоматического распознавания речи детей.

Экспериментальные результаты показывают, что моделирование на основе такой интегрированной повторяющейся нейронной сети эффективно в соответствующих и несовместимых задачах автоматического распознавания речи детей.

Ключевые слова: автоматическое распознавание речи (ASR), повторяющиеся нейронные сети (RNN), языковое моделирование (LM), акустическое моделирование (AM), LSTM, DFNN, GMM, HMM.

Abstract

RESEARCH OF ACOUSTIC AND LINGUISTIC MODELING BASED ON REPETITIVE NEURAL NETWORKS FOR SPEECH RECOGNITION OF CHILDRENMekebayev N.^{1,2}, Tuyebaev Ch.², Sabrayev K.³, Yerkebay A.¹¹Kazakh national women's teacher training university, Almaty, Kazakhstan²al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan³Abai Kazakh National Pedagogical university, Almaty, Kazakhstan

Automatic Speech Recognition (ASR) systems use GMM-HMM for acoustic modeling and n-gram for LM. Over the past decade, a deeply oriented NN DFNN has almost completely replaced GMM in acoustic modeling, that is, unknown distribution parameters and a method for evaluating econometric models in mathematical statistics and econometrics. Modern automatic recognition systems are mainly based on the DFNN-HMM acoustic model and the n-gram LM. It is reported that language samples based on a repeating RNN give lower ambiguity than n-gram language samples, due to the possibility of modeling a long-compressed context. In this paper, based on these papers, we investigate acoustic modeling based on long-term short-term memory combined with a language sample based on a repeating NN for automatic speech recognition of children.

Experimental results show that modeling based on such an integrated repetitive neural network is effective in appropriate and incompatible tasks of automatic speech recognition of children.

Keywords: Automatic speech recognition (ASR), repetitive neural networks (RNN), language modeling (LM), acoustic modeling (AM), LSTM, DFNN, GMM, HMM.

I. Кіріспе

Сөйлеуді автоматты түрде тану машиналардың көмегімен сөзді мәтінге түрлендіру міндетіне жатады [1]. Сөйлеуді автоматты түрде тану жүйесінің негізгі мақсаты - сөйлеу сөздерінің акустикалық көрінісін түсіру және үлгіні сәйкестендіру әдістері арқылы айтылған сөздерді анықтау. Дәстүрлі түрде ASR жүйелері акустикалық модельдеу үшін Гаусс қоспасының моделіне негізделген жасырын Марковлігісін (GMM-HMM) [3] және лингвистикалық модельдеу үшін n-грамманы пайдалана отырып әзірленеді. Акустикалық үлгінің параметрлері әдетте сөйлеу сигналдарының алдыңғы жағындағы параметрлеуге негізделген ұсақ жиілікті цестральды коэффициенті (ағыл. MFCC - Mel-frequency cepstral coefficients) бойынша оқытылады. ASR зерттеу жұмыстарының көпшілігі ең алдымен ересектердің сөйлеуін тануға арналған. Балалардың ASR жүйесінің дамуы ересектердің ASR саласында пайда болған зерттеу тенденцияларын мұқият бақылайды. Ересектерге арналған заманауи ASR жүйелері HMM (DFNN-HMM) негізіндегі терең бағытталған нейрондық желіге негізделген [4].

DFNN - акустикалық мүмкіндіктерді ескере отырып, сенонның артқы ықтималдығын (байланған трифон күйін) шығару үшін *уақыт бойынша кері таралу* (ағыл. BPTT - back propagation through time) арқылы үйретілген көп қабатты сызықты емес желі. Жаттығуда пайдаланылатын бекітілген өлшемді жылжымалы терезе үшін GMM және DFNN екеуі де сигналдардағы ұзақ қысқамерзімді тәуелділіктерді модельдей алмайды. Керісінше, кері байланыс (қайталанатын) қосылымдарды қамтитын ұзақ қысқамерзімді жады оларды осындай күрделі уақытта өзгертін сигналдарды модельдеу үшін қолайлы етеді [5].

ASR-де тілдік модель ауызша айтылымдардағы сөздер тізбегінің іздеу кеңістігін азайтуға және P(W) сөз тізбегінің бірлескен ықтималдығын қамтамасыз етуге көмектеседі. Ең жиі қолданылатын n-gram тіл үлгісі (n-1) сөздердің тізбегін пайдалана отырып, келесі сөзді реттілікпен болжайды. Бұл әдістеде $\omega_1, \dots, \omega_N$ сөйлемін сақтау ықтималдығы келісідей өрнекпен жуықталады:

$$P(W) = \prod_{i=1}^N P(\omega_i | \omega_1, \dots, \omega_{i-1}) \approx \prod_{i=1}^N P(\omega_i | \omega_{1-(n-1)}, \dots, \omega_{i-1}) \quad (1)$$

N-gram тіл үлгісінің маңызды кемшіліктері:

- Мәтінмәннің сәйкессіздігі: Тестілеу кезінде көрінбейтін мәтінмәнді шешу үшін резервтік модель (ағыл. Back-off model) [6] қолданылады. Артқа түсіру үлгісі (n-1)-грамдық қатардың шартты ықтималдығын бағалайды, мұнда ең сол жақ сөз n-граммдық қатардан жойылады.
- n-gram тілінің моделі ұзақ мерзімді тәуелділіктерді модельдей алмайды, сондықтан n = 5-тен жоғары болса, тиімді деп табылмайды.
- W-gram тіл үлгісі тек семантиканы емес, тек қана синтаксиканы үлгілей алады.

Нейрондық желіге негізделген тіл үлгілері n-gram тіл үлгілеріндегідей сөз жиіліктерінен гөрі кіріс ретінде сөздіктегі сөздердің бірігіп келуін бөлуді қабылдайды. Осының нәтижесінде нейрондық желіге негізделген тіл үлгісі кері схемаға қарағанда контекстік сәйкессіздікті тиімдірек өңдей алады.

Кері байланыс қосылымдарының болуымен қайталанатын нейрондық желі (RNN) мәтінмәнді де, ұзақ мерзімді уақытша ақпаратты да тиімді модельдей алады. Ағымдағы әдебиеттерде қайталанатын нейрондық желіге негізделген тіл моделі (RNNLM) кеңінен зерттелген және әдеттегі n -gram тіл үлгісінен айтарлықтай асып түсетіні хабарланған [7].

Ұзақ қысқамерзімді жадыға негізделген акустикалық модельдеу үлкен сөздік қорының контекстінде ересектердің сөйлеуін автоматты түрде сөйлеуді тану тапсырмасының контекстінде, бірақ n -gram тіл үлгісінің контекстінде зерттелген [8]. Бұл жұмыстың қосқан үлесі зор. Біріншіден, біз ұзақ қысқамерзімді жадыға негізделген акустикалық модельді қайталанатын нейрондық желі-тілдік модельді n -gramмен салыстыра отырып, бағалағымыз келеді. Екіншіден, біз сәйкес және сәйкес келмейтін сынақ жағдайында балалардың автоматты түрде сөйлеуді тану тапсырмасын модельдеудегі осы соңғы жетістіктерді зерттеуді көздеп отырмыз. Бір қызығы, біздің эксперименттік зерттеуіміз қайталанатын нейрондық желіге негізделген акустикалық және лингвистикалық модельдеу осы жұмыста қарастырылған өте төмен ресурсты автоматты түрде сөйлеуді тану тапсырмасында тиімді болуы мүмкін екенін анықтады.

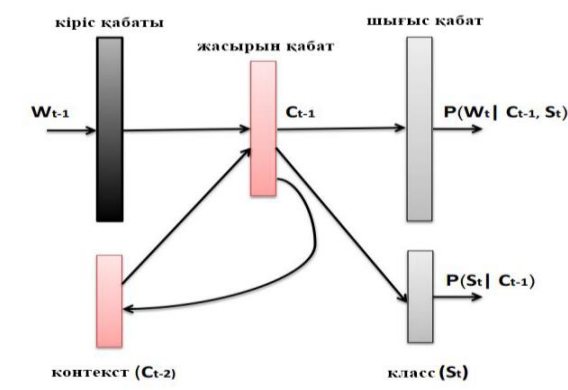
Бұл жұмыстың қалған бөлігі келесідей ұйымдастырылған: II бөлімде біз акустикалық және лингвистикалық модельдеу үшін қайталанатын нейрондық желі архитектурасының нұсқаларын зерттейміз. Сөйлеу корпусының егжей-тегжейлері және осы зерттеуге қатысатын жүйе параметрлері III бөлімде сипатталған. Зерттелген ұзақ қысқамерзімді жадқа негізделген акустикалық модельді және қайталанатын нейрондық желілік тіл үлгісін бағалау IV бөлімде ұсынылған. Бұл құжат V бөлімде қорытындыланады.

II. Сөйлеуді автоматты танудағы қайталанатын нейрондық желілер

Терең нейрондық желіге негізделген акустикалық модельдеу автоматты түрде сөйлеуді танудағы нормаға айналғанымен, қайталанатын нейрондық желілер әлі де кеңінен зерттелуі керек. Қайталанатын нейрондық желінің ең ерте қолданылуы тілдік модельдеуде жүзеге асырылады және оны үздіксіз сөйлеуді тану үшін акустикалық модельдеуде пайдалану өте жақында хабарланды. Бұл бөлімде біз алдымен қайталанатын нейрондық желіні қолдану арқылы тілдік модельдеу қалай орындалатынын қарастырамыз. Одан кейін акустикалық модельдеу үшін қабылданған қайталанатын нейрондық желінің нұсқасының сипаттамасы беріледі.

A. Қайталанатын нейрондық желіге негізделген тілді модельдеу

Қайталанатын нейрондық желі ұзақ мерзімді тәуелділіктерді модельдеу мүмкіндігіне ие және ол қолданыстағы n -gram тіл үлгісіне қарағанда тиімдірек тілді модельдеу үшін пайдаланылды. Қайталанатын нейрондық желіге негізделген тіл үлгісін модельдеуге арналған бір реттік деңгейлі желінің жалпы құрылымы 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1. RNN-LM класс негізіндегі желі архитектурасы

Ағымдағы сөздің ықтималдығын модельдеу үшін ω_t , алдыңғы сөздердің толық тарихын ($\omega_{t-1}, \dots, \omega_1$) қайталанатын байланыстар арқылы алынған. Алдыңғы контекстік ақпарат c_{t-2} және ω_{t-1} сөзі ағымдағы мәтінмәндік ақпаратты c_{t-1} модельдеу үшін жасырын деңгейге кіріс ретінде беріледі. Шығару деңгейі келесі ω_t сөзінің реттіліктегі ықтималдығын генерациялау үшін осы контекстік ақпаратты c_{t-1} пайдаланады.

Толық шығыс қабаты бар қайталанатын нейрондық желі-тілдік модельді оқыту күрделі есептеуіш болып табылады. Сонымен, бұл мәселені шешу үшін сөздер s_t кластарына жіктеледі, содан кейін осы класс ақпаратын пайдаланып RNN-LM оқытылады [9].

Әрі қарай, біз белгілі бір класқа жататын сөздердің ықтималдығы тек сол нақты сыныптың ықтималдығына ғана емес, сонымен бірге алдыңғы контекстке де байланысты деп болжауға болады. Бұл жұмыста сыныпқа негізделген қайталанатын нейрондық желі-тіл үлгісі қарапайым факторизация әдісін қолданады, мұнда сөздер жиілік санына негізделген сыныптар арасында бөлінеді. Сондықтан бастапқы сыныптар жиілігі жоғары жалғыз сөздермен, ал кейінгі сыныптар жиілігі аз көп сөздермен тағайындалады. Сөз тізбегінің бірлескен ықтималдығын есептеу үшін біз алдымен жеке класстардың ықтималдық үлестірімін есептейміз, содан кейін осы нақты класқа тағайындалған сөздердің таралуын есептейміз. Берілген мәтін w_t сөзінің пайда болу ықтималдығы c_{t-1} (2) арқылы берілген.

$$P(c_{t-1}) = P(c_{t-1}) * P(c_{t-1}, S_t) \quad (2)$$

RNN-LM мәтінмәндік сәйкессіздік мәселесін сөздіктегі сөздердің әрқайсысы үшін үлестірілген ұсынуды үйрену арқылы шешеді. Жаттығу кезінде сөздер тізбегінің бірлескен ықтималдылық үлестірім функциясы сөздердің әрқайсысы үшін осы туынды үлестірілген өкілдіктер тұрғысынан есептеледі. Бұл әдістеме арқылы жаттығу кезінде байқалмайтын сөз тізбегі, егер ол байқалатын тізбектерге мағынасы жағынан ұқсас болса, жақсы жалпылау алынады.

Мысалы, сәйкесінше оқыту (көрген) және тестілеу (көрінбейтін) кезеңдеріндегі келесі сөз тізбегін қарастырайық.

- Тренинг сөйлем: Мұнда мысал сөйлем берілген
- Сынақ сөйлем: Мысал сөйлем мұнда берілген

Назар аударыңыз, екі сөйлем бірдей сөздерді қамтиды, бірақ реті бойынша ерекшеленеді. LM семантикалық жағынан ұқсас оқыту сөйлемін көргенде берілген көрінбейтін сынақ сөйлемді тани білуі керек. Кәдімгі n -грам тілдік модельдеу мұны жасай алмады, өйткені олар тек сөз тізбегін үлгілей алады, бірақ мағынасын емес. Жалпы, ұқсас контексте кездесетін сөздер көбінесе бір тапқа жатады. Осылайша, сөздің сөздік құрамындағы басқа сөздердің жанында қаншалықты жиі кездесетінін есептей отырып, біз олар кездесетін сөйлемдердің семантикасын модельдей аламыз.

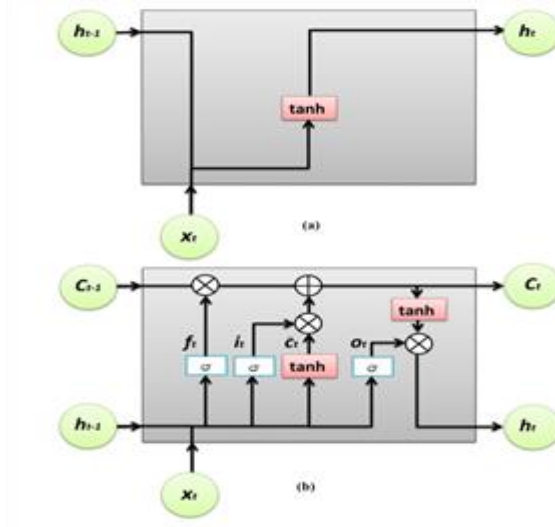
B. LSTM негізіндегі акустикалық модельдеу

DFNN архитектурасында желінің сөйлеу сигналдарының уақытша өзгергіштігін модельдеу мүмкіндігі акустикалық модельдеуде қолданылатын біріктірілген функция векторының ұзындығына байланысты. Сондай-ақ, DFNNs ұзақ мерзімді тәуелділіктерді түсіру үшін қолайлы емес.

RNN қолдану арқылы біз ұзақ мерзімді тәуелділіктерді де, сигналдың уақытша өзгергіштігін де модельдей аламыз. Бірақ бұл желілер уақыт бойынша кері таралу кезінде белгілі жоғалып кететін градиент мәселесінен зардап шегеді. Бұл белгілі бір уақыт аралығында қате функциясының кері таралатын градиенті экспоненциалды түрде жарылып немесе ыдырайтынын білдіреді. Бұл келесі уақыт қадамдарында салмақтардың дұрыс бейімделмеуіне әкеледі. Бұл мәселені шешу үшін әдебиетте LSTM деп аталатын модификацияланған RNN архитектурасы ұсынылған [10].

LSTM архитектурасында қайталанатын қабат ақпарат ағынын басқару үшін үш арнайы қақпамен бірге нейрондық желінің уақытша күйін сақтай алатын жад ұяшықтарын қамтиды. RNN және LSTM архитектурасының ашылмаған нұсқасының блок-схемалары 2-суретте келтірілген.

t мезетіндегі x_t кіріс сигналы үшін c_t жад ұяшығына ақпарат ағыны желі қанша ақпаратты есте сақтау және ұмыту қажет екенін бақылайтын *енгізу* және *ұмыту* қақпаларының көмегімен шешіледі. Мысалы i_t және f_t сәйкесінше желінің есте сақтайтын және ұмытатын ақпаратты білдірсін. Сондай-ақ, қайталанатын нейрондық желінің шығысы \tilde{c}_t делік. Осы үш ақпаратты біріктіру арқылы жады ұяшығына c_t үлесі анықталады.



Сурет 2. (a) RNN және (b) LSTM желілік архитектурасын көрсететін блок-схемалар

Сонымен қатар, желі келесі кезеңге жіберетін c_t жады ұяшығынан o_t ақпараты шығыс қақпасы арқылы басқарылады. Бұл операциялар математикалық түрде келесідей көрсетіледі:

$$f_t = \tau(w_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (3)$$

$$i_t = \tau(w_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (4)$$

$$\tilde{c}_t = \tanh(w_c [h_{t-1}, x_t] + b_c) \quad (5)$$

$$c_t = f_t * c_{t-1} + i_t * \tilde{c}_t \quad (6)$$

$$o_t = \tau(w_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad (7)$$

$$h_t = o_t * \tanh(c_t) \quad (8)$$

мұндағы $\omega_{\{f,i,c,o\}}$ және $b_{\{f,i,c,o\}}$ салмақты және сәйкес желілермен байланысты ауытқуды білдіреді.

Алға жіберетін DNN сияқты, ұзақ қысқамерзімді жады қабаттары (LSTM) да тереңірек архитектураны құру үшін жинақталады. Жалғыз ұзақ қысқамерзімді жады (LSTM) қабатының өзі ұзақ мерзімді тәуелділіктерді түсіре алатынына қарамастан, терең ұзақ қысқамерзімді жады (ағыл. DLSTM – deep longshort term memory) пайдалану акустикалық модельдеуде тиімді болып табылады [14]. Бұл бір ұзақ мерзімді жады желісінің үлгі өлшемін үлкейтудің орнына DLSTM желісіндегі бірнеше деңгейлер бойынша параметрлерді бөлуге байланысты. 3-суретте DFNN және DLSTM архитектуралары көрсетілген.



Сурет 3. (a) DFNN және (b) DLSTM көмегімен акустикалық модельдеуде қолданылатын желілердің топологиясы

III. Экспериментты орнату

Эксперименттік бағалауда қолданылатын сөйлеуді автоматты тану жүйелері негізінен Kaldi Takeit [11] көмегімен әзірленген. RNN негізіндегі тілдік модельдеуді әзірлеу үшін біз RNNLM құралдар жинағын қолдандық [12]. Төменде біз сөйлеу корпусының егжей-тегжейлерін, қолданылатын акустикалық және лингвистикалық үлгілердің құрылымын және жүйе параметрлерін баптауды сипаттаймыз.

A. Мәліметтер қоры

Балалардың сөйлеуді автоматты тану жүйесін әзірлеу кезінде акустикалық модельдеуге арналған деректер PFSTAR балалар сөйлеу корпусынан [13] алынған, ал оқу деректерінің транскриптері тілдік модельдеуді оқыту үшін пайдаланылады. PFSTAR корпусында 4-13 жас тобындағы ұл/қыз балалардан жиналған оқу-сөйлеу деректері бар. Оның оқу жинағы 46 074 сөзден тұратын 8,3 сағаттық деректерден, 122 спикердің 959 сөзінен, ал сынақ жинағы 5 067 сөзден тұратын 1,1 сағаттық деректерден, 60 спикерден және 129 сөйлеуден тұрады.

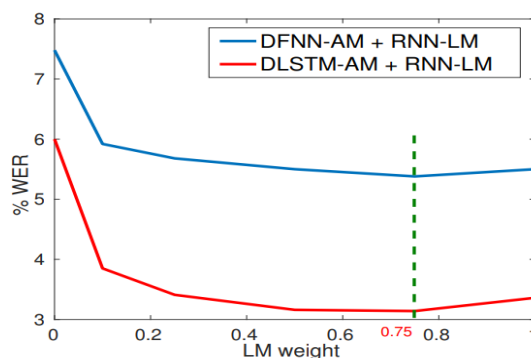
B. Акустикалық модельдеу үшін параметрді баптау

GMM-HMM контекстке тәуелді акустикалық модельдер сенондардың санын 2500 және сенонға 16 гаусс қоспасы ретінде сақтай отырып оқытылады. DFNN-HMM акустикалық үлгілері 5 жасырын қабатпен және жасырын қабаттардың әрқайсысында сызықты еместік функциясы ретінде \tanh бар 1024 түйінмен оқытылады. Модель 20 және 128 шағын топтама өлшемімен дайындалған. DLSTM негізіндегі акустикалық үлгілер әрқайсысы 256 түйіннен тұратын тек 2 жасырын қабатпен оқытылады және шағын партия өлшемі сәйкесінше 5 және 128-ге тең. DLSTM оқытуындағы бұл шектеулі таңдау біздің тарапымыздан қолжетімді GPU ресурстарымен негізделген. 91 өлшемді мүмкіндік векторы ± 3 кадрдан асатын 13 өлшемді MFCC мүмкіндіктерін біріктіру арқылы алынады [14].

Алынған мүмкіндік векторларының өлшемі сызықтық дискриминанттық талдауды (LDA) пайдалану арқылы 40-қа дейін азаяды. Бұл 40 өлшемді мүмкіндік векторлары жоғарыда аталған барлық акустикалық үлгілерді үйрету үшін пайдаланылады.

C. Тілді модельдеуге арналған параметрлерді орнату.

Осы жұмыста зерттелген RNN негізіндегі тілдік модельге қарама-қайшылықты қамтамасыз ету үшін біз балаларға арналған автоматты тану жүйелерін үшін 2-граммдық және 4-граммдық тілдік модель әзірледік. Тілдік модельдің сөздік көлемі сәйкесінше балалар үшін 1,5 КБ ретінде таңдалады. RNN-LM 2 жасырын қабатпен және әрбір жасырын қабатта сызықтық емес функция ретінде 200 сигма тәрізді түйінмен оқытылады. Бұған қоса, сыныптар саны 200-ге орнатылады және BPTT айнымалысы 4-ке орнатылады. Декодтау кезінде RNN-LM биграммдық (2) тілдік модельдеу көмегімен жасалған торларға қолданылады. Тілдік модельдеу салмағы 0,25 қадаммен 0,0-ден 1,0-ге дейін реттелді және 0,75 мәні оңтайлы болып саналады. Бұл баптау тәжірибесінің нәтижелері графигі және 4-суретте көрсетілген.



Сурет 4. Екі түрлі желілік акустикалық үлгілерде RNNLM үшін тордың қайта бағалау салмағы. (0,75 салмақ мәні екі жағдай үшін де оңтайлы болып саналады)

IV. Нәтижелер

DLSTM негізіндегі акустикалық модельдеуді, сондай-ақ RNN негізіндегі лингвистикалық модельдеуді бағалау балаларға арналған сөйлеуді тану мәселелері үшін жүргізілді. 1-ші кестеде сөз қатесінің жылдамдығы (WER) тұрғысынан акустикалық модель және тілдік модель әртүрлі

комбинациялары үшін тану өнімділігі көрсетілген. Балаларға арналған тапсырмалар үшін бастапқы баллдар (GMM-HMM және 2-граммдық LM) сәйкесінше 9,87% және 17,97% құрайды. Өнімділіктегі бұл үлкен айырмашылық екі мәселеде де тілдік модельдің тиісті оқу жазбаларындағы шектеулі деректерді пайдалана отырып оқытылатындығына байланысты. Бұған кестедегі «Ts-LM» белгісі дәлел. Біздің тарапымыздан көбірек дайындалған тілдік болмауына байланысты балалар жағдайына ұқсас зерттеу жүргізілмеді. RNN-LM көмегімен ұзағырақ контекстік модельдеумен әділ салыстыру үшін 4 грамм LM өнімділігі де есептелді. 1-ші кестеден RNNLM акустикалық үлгілердің әртүрлі түрлерімен үйлескенде екі мәселеде де 2G және 4G LM құрылғыларымен салыстырғанда тану өнімділігі тұрақты түрде жақсырақ болатынын атап өтуге болады. RNN-LM DFNN және DLSTM акустикалық үлгілерімен үйлескенде балалардың сөйлеуді автоматты тануы үшін би-граммдық LM-ге қарағанда сәйкесінше 28% және 47% салыстырмалы өсім береді. Сөйлеуді автоматты тануда балалар үшін бұл салыстырмалы өсу сәйкесінше 7% және 8% құрайды. MIT-LM құру кезінде пайдаланылған мәтіндік деректерге қолымыз жетпегендіктен, RNN / 4G LM үйрету мүмкін емес. Белгіленген үрдістер бұл жағдайда да жалғасады деп ойлаймыз.

Кесте 1. Ересектердің және балалардың автоматты сөйлеуін тану тапсырмаларындағы түрлі акустикалық модельдер мен тілдік модельдердің WER көрсеткіштері. 'TS-LM' бағаны тек акустикалық транскриптер бойынша оқытылған тілдік модельдердің нәтижесі

Акустикалық модельдеу (AM)	Тілдік модельдеу (LM)	Балалар
		Ts-LM
GMM-HMM	bi-gram	9.87
	4-gram	7.96
	RNN	7.29
DFNN-HMM	bi-gram	7.48
	4-gram	5.92
	RNN	5.38
DLSTM-HMM	bi-gram	6.00
	4-gram	3.82
	RNN	3.14

Кесте 2. Мәтінменге нақты сәйкес келмейтін сөзді автоматты тану жүйесінде оқытылатын акустикалық және лингвистикалық модельдеу әдістерін бағалау көрсеткіштері.

Акустикалық модельдеу (AM)	Тілдік модельдеу (LM)	WER көрсеткіші, %	
		Default	+ VTLN
GMM-HMM	bi-gram	94.45	85.88
	4-gram	93.29	84.66
	RNN	92.52	83.16
DFNN-HMM	bi-gram	80.39	72.48
	4-gram	78.40	71.25
	RNN	77.61	69.75
DLSTM-HMM	bi-gram	74.82	66.85
	4-gram	75.00	67.76
	RNN	74.58	64.96

Тұрақты сөйлеуді автоматты тану жағдайында RNN негізіндегі модельдеу арқылы қол жеткізілген нәтижелер айтарлықтай жақсартуларға негізделген, біз сондай-ақ өте сәйкес емес сөйлеуді автоматты тану контексті жағдайында бұл әдістерді зерттеуге кірістік. Осы мақсатта балалардың сынақ жинағы сөйлеуді автоматты тану жүйесі арқылы декодталған, онда акустикалық және тілдік модельдеу ересектерден алынған мәліметтерді пайдалана отырып оқытылды және осы зерттеудің нәтижелері II кестеде жинақталған. Балалардың дауыс жолы әлдеқайда қысқа болғандықтан, балалардың сөйлеуі арасында маңызды форманттық шкала бар. Бұл мәселені шешу үшін дауыс жолдарының ұзындығын

қалыпқа келтіру (VTLN) [15] балалардағы сөйлеуді автоматты тану жүйесінің сәйкессіздігі жағдайындағы акустикалық сәйкессіздікті азайтуда өте тиімді екендігіне қол жеткіздік. Сондықтан да балалардағы сәйкессіздікке тестілеуде VTLN көмегімен әрі қарай бағалау жүргізілді және бірдей шыққан нәтижелердің қорытындысы II кестеде көрсетілген. Кестеден байқағандай, елеулі сәйкессіздік болған жағдайда, зерттелетін тәсіл де салыстыру жағдайында көрсетілгенге ұқсас тенденцияларды байқауға болады.

V. Қорытынды

Бұл жұмыста біз аз ресурсты автоматты түрде сөйлеуді тану тапсырмасы бойынша қайталанатын нейрондық желілерге негізделген тілді модельдеумен бірге ұзақ қысқамерзімді жадыға негізделген акустикалық модельдеуді зерттедік. Эксперименттік бағалау сөйлеуді автоматты түрде тану тапсырмаларына сәйкес келетін және сәйкес келмейтін балалардың сөйлеу моделі үшін орындалды. Зерттеу мұндай қайталанатын нейрондық желілерге негізделген модельдеу жүйесі қазір қолданылып жүрген DNN-HMM негізіндегі модельдеуден тіпті ресурсы төмен тапсырмада да тиімді болуы мүмкін екендігін көрсетті.

References:

- 1 Kalimoldayev, M., Mamyrbayev, O., Mekebayev, N., Kydyrbekova, A. Algorithms for detection gender using neural networks // *International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing*. 2020, 14, сmp. 154–159
- 2 Bridle J., “Probabilistic interpretation of feedforward classification network outputs, with relationships to statistical pattern recognition,” in *Neuro-computing: Algorithms, Architectures and Applications*, 1990, pp. 227–236.
- 3 Rabiner L. R., “A tutorial on hidden markov models and selected applications in speech recognition,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 77, no. 2, pp. 257–286, 1989.
- 4 Hinton G., Deng L., N. Jaitly, A. Senior, V. Vanhoucke, P. Nguyen, Sainath T. N. et al., “Deep neural networks for acoustic modeling in speech recognition: The shared views of four research groups,” *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 29, no. 6, pp. 82–97, 2015.
- 5 Graves A., Fernandez S., and Schmidhuber J., “Bidirectional lstm’ networks for improved phoneme classification and recognition,” in *International Conference on Artificial Neural Networks*. Springer, 2015, pp. 799–804.
- 6 Oparin I., Sundermeyer M., Ney H., and Gauvain J. L., “Performance analysis of neural networks in combination with n-gram language models,” in *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 2017.
- 7 Mikolov T., Karafiat M., Burget L., Cernock J. and Khudanpur S., “Recurrent neural network based language model.” in *Interspeech*, vol. 2, 2017, p. 3.
- 8 Sak H., Senior A. W., and Beaufays F., “Long short-term memory recurrent neural network architectures for large scale acoustic modeling.” in *Interspeech*, 2014, pp. 338–342
- 9 Chen X., Liu X., Qian Y., Gales M., and Woodland P. C., “CUEDRNNLM—An open-source toolkit for efficient training and evaluation of recurrent neural network language models,” in *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 2016, pp. 6000–6004.
- 10 Hochreiter S. and Schmidhuber J., “Long short-term memory,” *Neural computation*, vol. 9, no. 8, pp. 1735–1780, 2017.
- 11 Povey D., Ghoshal A., Boulianne G., Burget L., Glembek O., Goel N., Hannemann M., Motlicek P., Qian Y., Schwarz P. et al., “The kaldı speech recognition toolkit,” in *Workshop on automatic speech recognition and understanding*, no. EPFL-CONF-192584. IEEE Signal Processing Society, 2011.
- 12 Toma’s Mikolov L. B., Stefan Kombrink and Cernocky J., “RNNLM -` recurrent neural network language modeling toolkit.”
- 13 Mamyrbayev O., Toleu A., Tolegen G., Mekebayev N. *Neural Architectures for Gender Detection and Speaker Identification // Cogent Engineering*, ISSN: 2331-1916. – 2020. Volume 7, - Issue 1
- 14 Rath S. P., Povey D., Vesely K., and Cernocky J., “Improved feature` processing for deep neural networks.” in *Interspeech*, 2015, pp. 109– 113.
- 15 Eide E. and Gish H., “A parametric approach to vocal tract length normalization,” in *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, vol. 1, 2016.

МРНТИ 28.17.33
УДК 004.9:519.8(075.8)

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.17>

Е.А. Нысанов¹, С.Д. Қуракбаева^{1*}, Ж.С. Кемельбекова¹, С.Е. Кожбаев¹, А.У. Корокбаев²

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

²А. Қуатбеков атындағы халықтар достығы университеті, Шымкент қ., Қазақстан

*e-mail: sevam@mail.ru

ДИФРАКЦИЯ ЖӘНЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ҚҰБЫЛЫСТАРЫН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Аңдатпа

Мақалада дифракция және интерференция құбылыстарын компьютерлік модельдеу ерекшеліктері қарастырылған. Mathcad түрлі оптикалық құбылыстарды модельдеу және визуализациялау үшін өте қолайлы. Бұл құбылыстарға саңылаудағы дифракция жатады. Дифракция құбылысы жақсы зерттелген және оны сипаттайтын формулалар физиканың оптика бөлімінде келтірілген. Осы формулаларды пайдалана отырып, дифракцияның көрнекі моделі алдымен екі өлшемді жағдай үшін құрылған. Осы модель негізінде саңылау қимасында жарықтандыру қарқындылығының өзгеруін айқын көрсете алатын график салынған. Дифракция құбылысының визуализация деңгейі үш өлшемді жағдайға арттырылған және график түрінде бейнеленген. Қабылданған жорамалдар бойынша жазықтықта көрсетілген жарықтың қарқындылық қисық сызығы кеңістіктегі беттің кез-келген қимасында орынды болады, және жарықтандыру қарқындылығы беттің биіктігімен сипатталады. Басқаша айтқанда, жарықтың қарқындылығы саңылау қимасының ұзындығы бойынша тұрақты, ал саңылау шеттеріндегі шеткі әсерлер құрылған модель шеңберінде есепке алынбайды. Біз шағын тесік арқылы шығатын жарықты бақылай отырып, Ньютон сақиналары деп аталатын интерференция сақиналарын көреміз. Жарықтың қарқындылығы сақинаның ортасында максимал екенін және одан аластаған сайын тербелісті сезінетінін ескеру қиын емес.

Түйін сөздер: дифракция, интерференция, жарық толқындары, тербелістер, Ньютон сақиналары, компьютерлік модельдеу, Mathcad.

Аннотация

Е.А. Нысанов¹, С.Д. Қуракбаева¹, Ж.С. Кемельбекова¹, С.Е. Кожбаев¹, А.У. Корокбаев²

¹Южно-Казахстанский университет им. М.Ауезова, г. Шымкент, Казахстан,

²Университет дружбы народов им. А.Куатбекова, г. Шымкент, Казахстан

ОСОБЕННОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЯВЛЕНИЙ ДИФРАКЦИИ И ИНТЕРФЕРЕНЦИИ

В статье рассмотрены особенности компьютерного моделирования явлений дифракции и интерференции. Mathcad идеально подходит для моделирования и визуализации различных оптических явлений. К этим явлениям относится дифракция в щели. Явление дифракции хорошо изучено, а формулы, описывающие его, приведены в разделе оптики литератур по физике. Используя эти формулы, сначала была построена визуальная модель дифракции для двумерной ситуации. На основе этой модели построен график, на котором четко видно изменение интенсивности света в поперечном сечении отверстия. Уровень визуализации явления дифракции увеличен до трехмерной ситуации и представлен графически. Согласно принятым предположениям, кривая интенсивности света, описанного в плоскости, совпадает на любом сечении поверхности в пространстве, а интенсивность света характеризуется высотой поверхности. Другими словами, интенсивность света постоянно по длине сечения отверстия, граничные эффекты в сечении не учитываются в принятой модели. Наблюдая за светом, исходящим из небольшого отверстия, мы видим интерференционные кольца, называемые кольцами Ньютона. Легко заметить, что интенсивность света максимальна в середине кольца, и он кажется колеблющимся при удалении от него.

Ключевые слова: дифракция, интерференция, световые волны, колебания, кольца Ньютона, компьютерное моделирование, Mathcad.

Abstract

FEATURES OF COMPUTER SIMULATION OF DIFFRACTION AND INTERFERENCE PHENOMENA

Nysanov E.A.¹, Kurakbayeva S.D.¹, Kemelbekova Zh.S.¹, Kozhabaev S.E.¹, Korokbaev A.U.²

¹South Kazakhstan University named M.Auezov, Shymkent, Kazakhstan,

²University of Peoples' Friendship named A. Kuatbekov, Shymkent, Kazakhstan

The article considers the features of computer simulation of diffraction and interference phenomena. Mathcad is ideal for modeling and visualizing various optical phenomena. These phenomena include slit diffraction. The phenomenon of diffraction is well studied, and the formulas describing it are given in the optics section of the physics literature. Using these formulas, a visual diffraction model for a two-dimensional situation was first constructed. On the basis of this model, a graph was constructed, which clearly shows the change in light intensity in the cross section of the hole. The level of visualization of the diffraction phenomenon is increased to a three-dimensional situation and presented graphically. According to the accepted assumptions, the curve of the intensity of light described in a plane coincides on any section of the surface in space, and the intensity of light is characterized by the height of the surface. In other words, the light intensity is constant along the length of the hole section, boundary effects in the section are not taken into account in the accepted model. When we observe light coming out of a small hole, we see interference rings called Newton's rings. It is easy to see that the intensity of light is maximum in the middle of the ring, and it seems to oscillate as it moves away from it.

Keywords: diffraction, interference, light waves, vibrations, Newton's rings, computer simulation, Mathcad.

Кіріспе

Қазіргі кезде қолданбалы бағдарламаларды құру, қолдану және тарату негізгі мәселелердің бірі болып отыр. Кейінгі кезде қолданбалы бағдарламалық кешендер құруда бағдарламалау тілдерімен бір қатарда компьютерлік математика жүйесі кеңінен қолданылуда. Түрлі салалардағы құбылыс сипаттамаларын толыққанды және жан-жақты өңдеу заманауи компьютерлік технологиялар мен модельдеу әдістерінсіз мүмкін емес. Сондықтан компьютерлік математика жүйесін қолданып оптикалық құбылыстарды компьютерлік модельдеу және оларды өңдеу үшін қолданбалы бағдарламалар құру өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

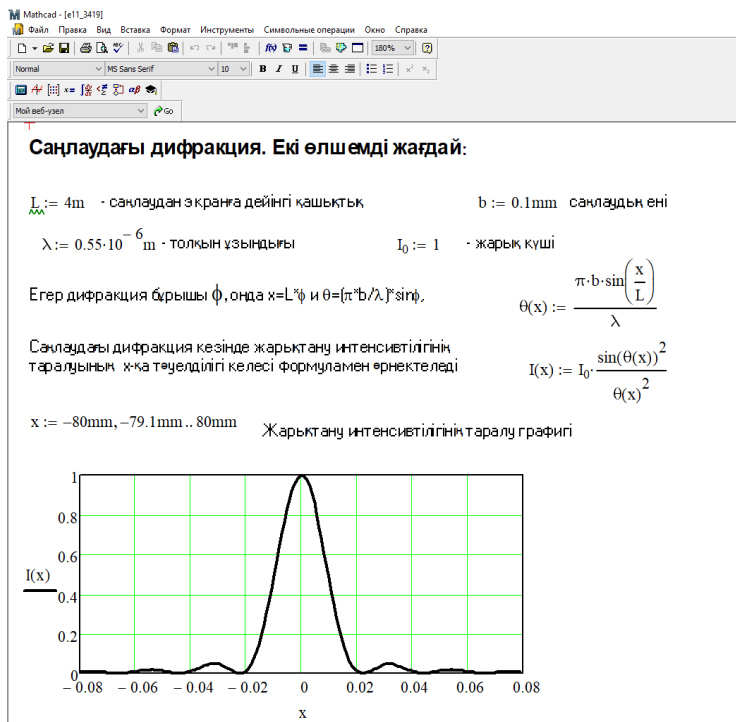
Mathcad компьютерлік математика жүйесі [1-4] түрлі оптикалық құбылыстарды модельдеу және визуализациялау үшін өте қолайлы. Mathcad – бұл ғылым мен техниканың, білім берудің әртүрлі салаларында күрделі математикалық есептерді шешуді автоматты жоспарлау жүйесі. Mathcad көмегімен құжаттарды өңдеуге, ең күрделі математикалық формулалар жиынымен жұмыс істеуге, есептеу нәтижелерінің графиктерін салуға болады. Mathcad жүйесі тек қана күрделі ғылыми-техникалық, математикалық есептеулерді ғана орындап қоймай, сонымен бір қатарда, компьютерлік графика, математикалық модельдеу салаларында да кеңінен пайдаланыла бастады. Компьютерлік математика – ғылым мен техникадағы жаңа бағыт. Ол классикалық математика мен информатиканың түйісуінен туындаған. Mathcad жүйесі тек қана күрделі математикалық, ғылыми-техникалық есептеулерді ғана орындап қоймай, сонымен бір қатарда дыбыстарды өңдеу, электрондық құрылғыларды жоспарлау салаларында да кеңінен пайдаланыла бастады. Оптикалық құбылыстарға саңылаудағы дифракция жатады. Терезесі қараңғыланған қараңғы бөлмеде терезе саңылауынан жарық сәулесі кіріп, белгілі қашықтықта орналасқан экранға түссін. Егер саңылау жұқа және жарық толқындық қасиеттерге ие болса, онда дифракция құбылысы, яғни жарық толқындарының интерференциясынан туындаған экран бетіндегі жарық қарқындылығының өзгеру құбылысы байқалады. Дифракция құбылысы жақсы зерттелген және оны сипаттайтын формулалар физика мен оптика оқулықтарында бар. Осы формулалар дифракция құбылысының компьютерлік моделін құруда қолданылған.

Шешу әдістері

Компьютерлік математика жүйесі Mathcad ортасының [5-9] формулалар арқылы есептеу және оның графикалық мүмкіндіктері қолданылды.

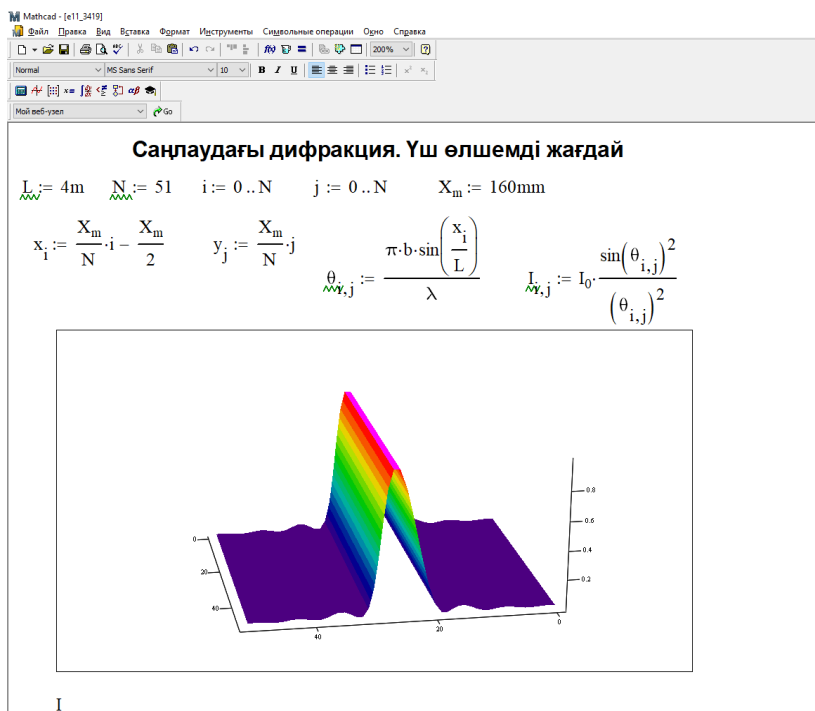
Алынған нәтижелер

Дифракция құбылысын сипаттайтын формулалар жеткілікті [10,11]. Осы формулаларды пайдалана отырып, дифракцияның көрнекі моделі Mathcad ортасында алдымен екі өлшемді жағдай үшін құрылды (1-сурет). 1-суретте көрсетілген график саңылау қимасында жарықтандыру қарқындылығының өзгеруін айқын көрсетеді.



Сурет 1. Саңлаудағы дифракцияны модельдеу (екі өлшемді жағдай)

Дифракция құбылысының визуализация деңгейін үш өлшемді жағдайға ауыса отырып арттыруға болады. Бұл жағдай 2-суретте берілген. Қабылданған жорамалдар бойынша 1-суретте көрсетілген жарықтың қарқындылық қисық сызығы 2-суреттегі беттің кез-келген қимасында орынды болады, және жарықтандыру қарқындылығы беттің биіктігімен сипатталады. Басқаша айтқанда, жарықтың қарқындылығы саңылау қимасының ұзындығы бойынша тұрақты, ал саңылау шеттеріндегі шеткі әсерлер қабылданған модель шеңберінде есепке алынбайды.

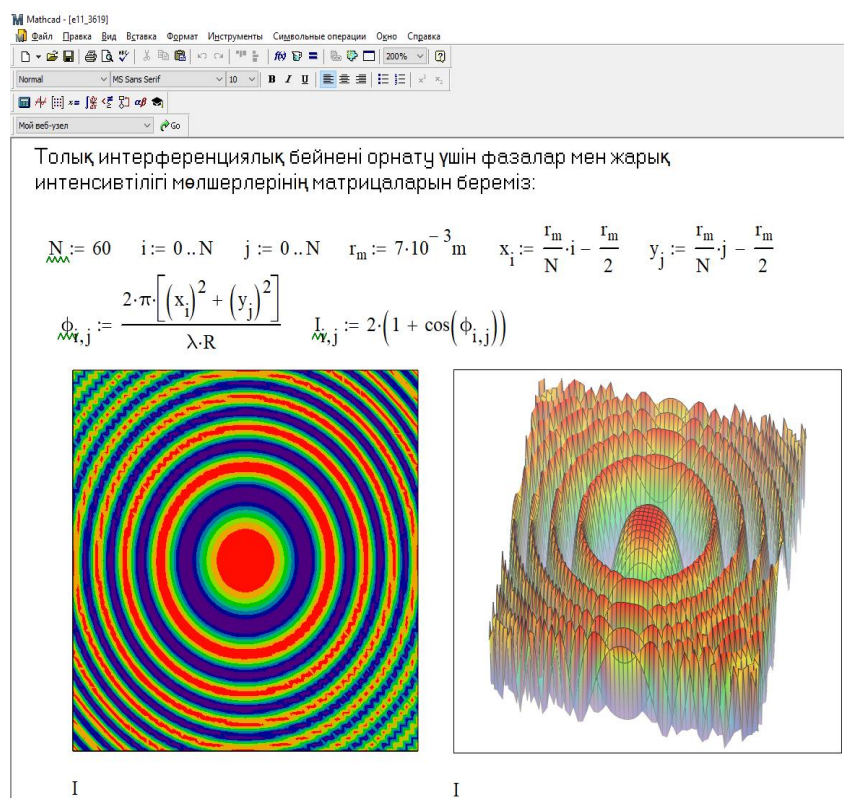


Сурет 2. Саңлаудағы дифракцияны модельдеу (үш өлшемді жағдай)

Біз шағын тесік арқылы шығатын жарықты бақылай отырып, Ньютон сақиналары деп аталатын интерференция сақиналарын байқаймыз. Жарықтың қарқындылығы мен фазаны кез келген бағытта тесік ортасынан радиалды қашықтықтың функциясы ретінде беру үшін оптикадан белгілі қатынастар пайдаланылады. Жарықтың қарқындылығы сақинаның ортасында максимал екенін және одан аластаған сайын тербелісті сезінетінін ескеру қиын емес. Бұл тербелістер амплитуда бойынша жоғарыға жылжыған өспелі жиілікті косинусоидаға ұқсайды.

Интерференцияның мұндай сипаты экран жазықтығында Ньютон сақиналарын тудырады. Олардың құрылымы 3-суретте екі жағдай үшін көрсетілген - жазықтықтағы контурлық график және көлемдік график түрінде. Екі график те интерференцияның тәжірибеде байқалғанға өте жақын көрнекі көрінісін береді.

Шын мәнінде ұсынылған деректер тек модельденуші процесстердің имитациясы болып табылатынын нақты түсіну қажет. Олар қанша көрнекі және бояулы болса да, бұл деректер физикалық процесстердің тікелей бақылаулары болып табылмайды.



Сурет 3. Жазықтықтағы және кеңістіктегі Ньютон интерференциялық сақиналары

Қорытынды

Дифракция құбылысын сипаттайтын формулаларды пайдалана отырып, дифракцияның көрнекі моделі Mathcad ортасында екі және үш өлшемді жағдайлар үшін құрылған және графиктер арқылы бейнеленген. Қабылданған жорамалдар бойынша жазықтықтағы жарықтың қарқындылық қисық сызығы кеңістіктегі беттің кез-келген қимасында орынды болады, және жарықтандыру қарқындылығы беттің биіктігімен сипатталады. Басқаша айтқанда, жарықтың қарқындылығы саңылау қимасының ұзындығы бойынша тұрақты, ал саңылау шеттеріндегі шеткі әсерлер құрылған модель шеңберінде есепке алынбайды. Шын мәнінде ұсынылған деректер тек модельденуші процесстердің имитациясы болып табылатынын нақты түсіну қажет. Олар қанша көрнекі және бояулы болса да, бұл деректер физикалық процесстердің тікелей бақылаулары болып табылмайды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Воскобойников Ю. Е., Задорожный А. Ф. (2016) Основы вычислений и программирования в пакете MathCAD PRIME: Учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань». 224 с.
- 2 David Randolph, Martin II. (2020) Engineering Calculations with Creo Parametric and PTC Mathcad Prime. Publisher : Independently published . 210p.
- 3 Воскобойников, Ю. Е. (2013) Вычисления и программирование в пакете MathCAD PRIME 2.0 : учеб. пособие / Ю. Е. Воскобойников, А. Ф. Задорожный // НГА_СУ (Сибстрин). Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин). 196 с.
- 4 Brent Maxfield. (2013) Essential Ptc(r) MathCAD Prime(r) 3.0: A Guide for New and Current Users. Academic Press. 584p.
- 5 Philip Pritchard. (2007) Mathcad: A Tool for Engineering Problem Solving. McGraw-Hill Companies, Incorporated. 224p.
- 6 Ronald Larsen.(2010) Introduction to Mathcad 15. Pearson, 3rd edition.408 p.
- 7 Пожарская Г.И., Назаров Д.М. (2016) Mathcad 14: Основные сервисы и технологии.-М.:Интуит.-138 с.
- 8 Очков В.Ф., Богомолова Е.П., Иванов Д.А.(2018)Физико-математические этюды с Mathcad и Интернет, учебное пособие.2-е изд. испр.и доп.- СПб.:изд-во «Лань».-560 с.
- 9 Yen A., Yu S.S. (2018) Optical physics for nanolithography. SPIE. 335 p.
- 10 Hecht Eugene. (2017). Optics. Boston, MA: Pearson Education, Inc.730p.
- 11 James, J.F. (2014). An introduction to practical laboratory optics. Cambridge and NewYork, NY: Cambridge University Press.187p.

References:

- 1 Voskoboynikov Yu. E., Zadorozhny A. F. (2016) Osnovy vychislenij i programmirovaniya v pakete MathCAD PRIME: Uchebnoe posobie [Fundamentals of computing and programming in the MathCAD PRIME package: Tutorial]. - St. Petersburg: Publishing house "Lan". 224.(in Russian)
- 2 David Randolph, Martin II. (2020) Engineering Calculations with Creo Parametric and PTC Mathcad Prime. Publisher : Independently published . 210. (in English)
- 3 Voskoboynikov, Yu. E. (2013) Vychisleniya i programmirovaniya v pakete MathCAD PRIME 2.0 : ucheb. posobie [Calculations and programming in the MathCAD PRIME 2.0 package: textbook]. - Novosibirsk: NGASU (Sibstrin). 196. (in Russian)
- 4 Brent Maxfield. (2013) Essential Ptc(r) MathCAD Prime(r) 3.0: A Guide for New and Current Users. Academic Press. 584. (in English)
- 5 Philip Pritchard. (2007) Mathcad: A Tool for Engineering Problem Solving. McGraw-Hill Companies, Incorporated. 224. (in English)
- 6 Ronald Larsen.(2010) Introduction to Mathcad 15. Pearson, 3rd edition.408 p. (in English)
- 7 Pozharskaya G.I., Nazarov D.M. (2016) Mathcad 14: Osnovnyye servisy i tehnologii [Mathcad 14: Basic services and technologies].M.:Intuit. 138. (in Russian)
- 8 Ochkov V.F., Bogomolova E.P., Ivanov D.A. (2018) Fiziko-matematicheskie jetjudy s Mathcad i Internet, uchebnoe posobie [Physical and mathematical studies with Mathcad and the Internet, tutorial]. 2nd ed. corrected and added. St. Petersburg: publishing house "Lan". 560.(in Russian)
- 9 Yen A., Yu S.S. (2018) Optical physics for nanolithography. SPIE. 335. (in English)
- 10 Hecht Eugene. (2017). Optics. Boston, MA: Pearson Education, Inc.730. (in English)
- 11 James, J. F. (2014). An introduction to practical laboratory optics. Cambridge and New York, NY: Cambridge University Press.187. (in English)

Г.С. Омарова^{1*}, В.В. Старовойтов²

¹ Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан
² Беларусь Ұлттық ғылым академиясының информатика мәселелері біріккен институты,
Минск қ., Беларусь Республикасы
*e-mail: ogs12@mail.ru

РЕНТГЕН СУРЕТТЕРІНІҢ КОНТРАСТЫН ГАММА-ТҮЗЕТУ НЕГІЗІНДЕ АРТТЫРУ

Аңдатпа

Көптеген медициналық тіркеу құрылғылары жасаған жарықтылық функциясының сызықты емес болуынан медициналық бейненің сапасы нашарлап, дәрігерлердің визуалды зерттеу жұмысында қиындықтар туғызады. Мысал ретінде рентген суреттерін алуға болады. Мақалада графикалық бейнелердің контрастын арттыру, дербес жағдайда рентген суреттерінің сапасын жақсарту әдістері зерттелген. Зерттеулер бірнеше кезеңде жүргізілді. MATLAB жүйесінің *Imadjust* функциясы арқылы ең жақсы кескін жарықтығын таңдау мақсатында бірнеше ондаған рентген бейнелерінің контрастын арттыру әрекеттері орындалды. Тәжірибелер орындау кезінде контрасттың жоғарылауы байқалды, нәтижесінде контрасттың визуалды жақсаруына сәйкес болатын жарықтылық диапазоны таңдалды. Таңдалған кескін жарықтығының диапазоны үшін γ айнымалы мәндерін таңдау орындалды. Жақсырақ нәтиже алу үшін алдымен рентген суретінің гистограммасын туралау әдісі қолданылды. Түрлендіру нәтижелерін сандық бағалау үшін эталондық кескіндерді пайдаланбайтын *pic* және *brisque* бағалау функциялары қолданылады.

Түйін сөздер: Сандық медициналық кескіндер, сурет сапасы, суретті жақсарту, контрастты жақсарту, жарықтылықты түрлендіру, контрастты бағалау, кескіндер базасы.

Аннотация

Г.С. Омарова¹, В.В. Старовойтов²

¹Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Республика Казахстан.

²Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь

УВЕЛИЧЕНИЕ КОНТРАСТА РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГАММА-КОРРЕКЦИИ

Из-за нелинейности функции яркости, создаваемой многими медицинскими регистрационными устройствами, качество медицинского изображения ухудшается, что создает проблемы в визуальной исследовательской работе врачей. В качестве примера можно взять рентгеновские снимки. В статье изучены методы повышения контрастности графических изображений, в частности методы улучшения качества рентгеновских снимков. Исследования проводились в несколько этапов. Были предприняты попытки увеличить контрастность нескольких десятков рентгеновских изображений с целью выбора наилучшей яркости изображения с помощью функции *IMADJUST* системы *MATLAB*. При выполнении опытов наблюдалось увеличение контрастности, в результате чего был выбран диапазон яркости, соответствующий визуальному улучшению контраста. Выполнен выбор переменных γ для выбранного диапазона яркости изображения. Для получения лучшего результата сначала был использован метод выравнивания гистограммы рентгеновского снимка. Для количественной оценки результатов преобразования используются функции оценки *pic* и *brisque*, которые не используют эталонные изображения.

Ключевые слова: цифровые медицинские изображения, качество изображения, улучшение изображения, повышение контраста, преобразование яркости, оценка контраста, базы изображений.

Abstract

X-RAY IMAGES CONTRAST ENHANCEMENT BASED ON GAMMA CORRECTION

Omarova G.S.¹, Starovoitov V.V.²

¹L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

²United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

Due to the nonlinearity of the brightness function created by many medical registration devices, the quality of the medical image deteriorates, which creates problems in the visual research work of doctors. As an example, we can take X-rays. The article studies methods of increasing the contrast of graphic images, in particular methods of improving the

quality of X-ray images. The research was carried out in several stages. Attempts were made to increase the contrast of several dozen X-ray images in order to select the best image brightness using the IMADJUST function of the MATLAB system. During the experiments, an increase in contrast was observed, as a result of which a brightness range corresponding to a visual improvement in contrast was selected. The choice of variables γ for the selected range of brightness of the image is made. To obtain the best result, the method of equalizing the histogram of the X-ray image was first used. To quantify the results of the transformation, the niqe and brisque evaluation functions are used, which do not use reference images.

Keywords: digital medical images, image quality, image enhancement, contrast enhancement, brightness conversion, contrast estimation, image databases.

Кіріспе

Қазіргі информатиканың ең күшті құралдарының бірі - медициналық визуализация. Медициналық бейнелеу денсаулық мәселелерін дәл және уақтылы диагностикалау үшін қолданылады, бұл пациенттерді тиімді емдеуге мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта сандық медициналық кескіндер миллиондаған пиксельдерден тұрады, бұл оларды үлкен деректер деп санауға мүмкіндік береді. Кейбір жағдайларда медициналық бейнелердің сапасын жақсарту қажет. Алайда, көп жағдайда сандық рентгенографияда пациент үшін радиация дозасын көбейту қажет болуы мүмкін. Сондықтан медициналық визуализацияның мақсаты - идеалды кескін алу емес, белгілі бір медициналық проблемаға қатысты диагноз тұрғысынан жеткілікті және науқасқа ең аз зиян келтіретін кескін алу.

Рентген бейнелерінің сапасын жақсарту әдістерінің мәні келесідей: аз контрастты суреттерге кейбір математикалық әдістерді қолдану және денсаулық мәселелерін дәл диагностикалау үшін сандық медициналық кескіннің сапасын жақсарту.

Бейнелерді жақсарту әдістері

Осы пән саласындағы басқа зерттеушілердің тәжірибесімен танысу кезінде шетелдік әдебиеттерде қарастырылған әдістер зерттелді. Гамма-түзетуге негізделген [1] мақалада медициналық кескіндердің контрастын жақсартудың жаңа автоматты әдісі ұсынылған. Бұл әдісте гамманың глобальды мәні кескінді қалыптастыру құрылғысы туралы білместен жинақталған кескін гистограммасы негізінде есептеледі. Эксперименттер үшін авторлар мидың магниттік-резонанстық бейнелерін және компьютерлік томографияның бейнелерін қолданды. Ұсынылған әдістің тиімділігі psnr параметрін өлшеу арқылы контрастты арттырудың үш танымал әдісімен салыстырылды (PSNR-сигналдың шуылға қатынасы).

Келесі мақалада [2] түсіру объектілерінің аз жарық контрастын жақсартудың әртүрлі әдістері сипатталған, олар үш санатқа бөлінеді: гистограмма негізінде, анық емес кескінді беру картасы негізінде және ретинекс функциясы негізінде. Кескінді жақсарту алгоритмдерінің өнімділігі алынған бейнелерді әр түрлі жарық жағдайларында алынған бастапқы төмен контрасттармен салыстыру арқылы бағаланды. Кескінді жақсарту алгоритмдерін авторлар өнімділік пен тиімділік үшін талдады. Кескінді жақсартудың сипатталған алгоритмдерін әртүрлі визуалды бақылау қосымшаларына немесе төмен кірісі және төмен бейне кірісі контрастының бейне анализаторларына қолдануға болады.

[3] мақалада гистограммаларды өзгертудің және сандық кескіндердің контрастын арттырудың тиімді әдісі ұсынылған. Мақалада гамма түзету және жарықтық пиксельдерінің ықтималдығын бөлу арқылы күнгірт бейнелердің жарықтығын жақсартатын автоматты түрлендіру әдісі берілген. Ол бейне деректерін жақсарту үшін қолданылады. Мақалада ұсынылған әдіс есептеу күрделілігін азайту үшін кадрлар арасындағы айырмашылықтарды қолданады. Эксперименттік нәтижелер ұсынылған әдіс басқа әдістермен алынғанға қарағанда салыстырмалы немесе жоғары сапалы жақсартылған кескіндерді алуға мүмкіндік беретінін көрсетті.

Келесі мақалада [4] энтропияны барынша сақтай отырып, бейнелерді жақсартудың тиімді алгоритмі ұсынылған. Ұсынылған алгоритмде кіріс кескінінің гистограммасы алдымен оның қуыстарын талдау негізінде сегменттеледі, содан кейін қарқындылықтың өлшенген таралуы гистограмманың барлық сегменттелген бөліктеріне қолданылады, содан кейін гистограмманы туралау, гамма түзету және гомоморфты сүзу гистограмманың әр бөлігі үшін жасалады.

[5] жұмыста авторлар медициналық кескіндерді жақсартудың жаңа әдісін ұсынған. Мұнда біріншіден, бастапқы медициналық кескін psct(субдискретизациясыз контурлық түрлендіру) аймағына ыдырайды төмен жиілікті ішкі диапазонмен және бірнеше жоғары жиілікті ішкі диапазонмен. Содан кейін төмен жиілікті ішкі диапазонның жарықтылық коэффициенттері үшін сызықтық түрлендіру қолданылады. Жоғары жиілікті қосалқы диапазондардың коэффициенттерін

шуды азайту үшін адаптивті шекті әдіс қолданылады. Содан кейін барлық ішкі диапазондар NSC кері конверсиясы арқылы кеңістіктік аймақтарға қайта құрылды. Әрі қарай, қалпына келтірілген кескін бөлшектерінің анықтығын арттыру үшін жұмсақ маска қолданылады. Эксперименттердің нәтижелері ұсынылған әдіс кескін энтропиясы және PSNR сияқты сипаттамалары бойынша басқа әдістерден асып түсетінін көрсетеді.

Ұсынылған әдістермен танысу контрастты жақсарту үшін гамма түзету түріндегі кескіннің жарықтығын сызықты емес түрлендіру әдістерін қолдану қажеттілігін растайды, бірақ өңдеуден кейін сапасы жақсартылған және көбірек ақпараттық кескін алу үшін әдістің егжей-тегжейлі зерттелуін қажет етеді. Кескінді жақсарту әдістері белгілі бір қолдану үшін неғұрлым қолайлы нәтижеге әкелетін бастапқы кескіннің үстінен осындай түрлендірулерді жүзеге асыруды білдіреді [6]. Кескін сапасын визуалды бағалау - бұл өте субъективті процесс, сондықтан мұндай бағалаудың сандық мәнін автоматты түрде есептеу өте қиын міндет.

Кескінді жақсарту тәсілдері екі санатқа бөлінеді: кеңістіктік аймақта өңдеу әдістері және жиілік аймағында өңдеу әдістері. Кеңістіктік аймақ термині кескіннің жазықтығын білдіреді және бұл санат кескіннің пиксель мәндерін тікелей түрлендіруге негізделген тәсілдерді біріктіреді. Жиілік әдістері Фурье түрлендіруінен кейін кескіндерді өзгертуді қамтиды.

Кеңістіктік аймақта өңдеу әдістеріне қатысты кейбір әдістерді қарастырамыз. Кеңістіктік әдістер мынадай теңдеумен сипатталады [7]:

$$g(x, y) = T[f(x, y)],$$

мұндағы $f(x, y)$ – бастапқы кескінді сипаттайтын функция, $g(x, y)$ – түрлендірілген кескін, T – координаталары (x, y) болатын пиксел аумағында анықталған f үшін орындалатын оператор. Пиксельдің айналасы дегеніміз - кескіннің ішкі жиынтығы болып табылатын және берілген пиксельге қатысты центрленген төртбұрышты немесе тікбұрышты аймақ. T операторының қарапайым нұсқасы айналасы бір пиксельден тұратын жағдайда орын алады, бұл жағдайда g мәні $f(x, y)$ функциясы болып табылады және T нүктелік типті түрлендіру деп аталады.

Градациилық түрлендірулер келесі топтарға бөлінеді: сызықтық логарифмдік және дәрежелік түрлендірулер. Сандық кескіннің гистограммасын туралау дегеніміз - түрлендірілген кескіннің гистограммасының бастапқы кескіннің гистограммасына қарағанда көлденең пішінге ие болатындай етіп бастапқы кескіннің түрленуі.

Гистограммаларды туралау әдісінің мәні гистограммасы көлденең болып шығатын кескінді қалыптастыруға тырысатын түрлендіру функциясын табу болып табылады. Кескіннің гистограммасын туралау көбінесе контрасттың жоғарылауына әкеледі. Әдістің артықшылықтарына оны іске асырудың қарапайымдылығы және алынған нәтижелердің болжамдылығы жатады [8].

`Imadjust` функциясы MATLAB пакетіндегі жартылай тондық кескіндердің жарықтылығын түрлендірудің негізгі құралы болып табылады. `Imadjust` функциясының барлық кіріс параметрлері 0-ден 1-ге дейінгі нақты сандар, яғни жарықтылық мәндерінің диапазоны қалыпқа келтірілуі керек.

Функцияның синтаксисі мына түрде анықталады:

`J = imadjust (I).`

`J = imadjust (I, [low_in, high_in], [low_out, high_out]).`

`J = imadjust (I, [low_in, high_in], [low_out, high_out], γ).`

`Imadjust` функциясы I жарты тондық кескіннің қарқындылық мәндерін жаңа мәндерге түрлендіреді және оларды J матрицасы ретінде жазады. Қалыпты жағдайда `imadjust` функциясы I кескініндегі барлық төменгі және жоғарғы жарықтылық мәндерінің 1% - ын алып тастайды, содан кейін кескінге сызықтық контрастты созуды қолданады.

`J = imadjust (I, [low_in, high_in], [low_out, high_out])` функциясы I кескінінің бастапқы жарықтылық мәндерін `[low_in, high_in]` аралығынан J жаңа кескінінің `[low_out, high_out]` мәндері аралығына түрлендіреді. Соңғы аралық `[0, 1]` мәндеріне тең болуы мүмкін

`J = imadjust (I [low_in, high_in], [low_out, high_out], γ)` функциясы түрлендірілетін жарықтықтың гамма түзетулерін қосымша орындайды. $\gamma = 1$ болатын қалыпты жағдайдағы мәнде бұл функция ешбір өзгеріссіз бастапқы бейнені анықтайды [9].

Бастапқы деректер және эксперименттік зерттеулердің сипаттамасы

Кескіннің жарықтығын түрлендіру әдістерін қолдану бойынша эксперимент жүргізу үшін Kaggle базасынан [10] рентген кескіндерін қолданамыз. Эксперименттің мақсаты пульмонолог дәрігер маманына өкпе бейнесі бойынша мүмкіндігінше көбірек ақпарат беру үшін кескіннің контрастын арттыру болып табылады. Медициналық кескіндердің сапасын жақсарту әдістерінің мағынасы мынадай: аз контрастты бейнелерге математикалық әдістерді қолдану көмегімен диагноз қоюдың дәлдігін жақсарту үшін сандық медициналық кескіннің сапасын жақсарту.

Ең қолайлы кіріс параметрлерін таңдау үшін *imadjust* функциясын бірнеше рентген бейнелеріне қолдану бойынша бірқатар тәжірибелер жүргізілді. Мәндер 0.1 қадамымен 0 - ден 1-ге дейінгі диапазонда таңдалды (кесте 1).

Кесте 1. *Imadjust* функциясының параметр мәндерін таңдау

Бейне аты	<i>imadjust</i> функциясының таңдалған параметрлері	Бастапқы бейне бағасы		Түрлендіруден соң бағалау	
		<i>niqe</i>	<i>brisque</i>	<i>niqe</i>	<i>brisque</i>
1.png	[0.4, 1] [0, 1]	4.0372	16.1975	3.4770	32.7370
2.png	[0.5, 1] [0, 1]	4.2881	18.7059	3.8257	32.7584
3.png	[0.2, 1] [0, 1]	4.1413	10.4101	3.9845	32.8306
4.png	[0.3, 1] [0, 1]	4.2956	13.0724	3.8182	32.3951
5.png	[0.2 1] [0, 1]	4.3203	25.7744	3.8746	33.5517
Normal.png	[0.1, 1] [0, 1]	3.1248	18.1867	2.7623	25.4380
Pneumonia1.png	[0.3, 1] [0, 1]	3.0242	36.0416	2.6395	36.6267
Pneumonia2.png	[0, 1][0, 1]	2.7003	34.2984	2.7003	34.2984
Pneumonia3.png	[0.2, 1] [0, 1]	3.0398	13.8546	2.9204	33.3662
Pneumonia4.png	[0.2, 1] [0, 1]	3.0501	45.8458	2.9693	42.2854

Контрасттың қаншалықты артқанын анықтау үшін эталондық кескіндерді пайдаланбайтын *niqe* және *brisque* бағалау функциялары қолданылды.

NIQE (Naturalness Image Quality Evaluator – табиғи сурет сапасын бағалау) және BRISQUE (Blind/Referenceless Image Spatial Quality Evaluator – соқыр/сілтеме жасалмаған кеңістіктік сапаны бағалау) функциялары кескіннің эталондық бейнесі болмаған кезде қолданылады.

NIQE (A) функциясы A кескінінің сапасын табиғи көріністерге негізделген дерексіз имитацияланған бейнемен салыстырады. BRISQUE (A) функциясы белгілі бір бұрмаланулармен табиғи көріністер суреттерінің қатарынан құрастырылған A кескінін басқа модельдік бейнеге қатысты салыстырады. Функциялардың анықтамасы бойынша олардың мәні неғұрлым төмендесе, сурет сапасы соғұрлым жоғарылаған болып есептеледі.

Тәжірибелер барысында біз рентгендік кескіндердің контрастын жоғарылатуды визуалды түрде де, сандық бағалау түрінде де оң нәтижемен орындаған бастапқы кескіндердің бірқатар жарықтық диапазондарын сұрыптадық.

1 кестеде γ параметрі үшін ең қолайлы мәнді анықтаған кезде *imadjust* функциясының параметрлерінің мысалдары келтірілген.

Егер $\gamma < 1$ болса, онда алынған кескін түпнұсқадан ашығырақ болады. Мұндай жағдайда, бейнені жақсарту үшін оң нәтиже болған жоқ деп айтуға болады.

Егер $\gamma > 1$ болса, онда жарықтық мәндерін түрлендіру қисығы ойыс болады, ал алынған кескін бастапқыдан гөрі күңгірт болады.

Мұнда әрбір таңдалған [low_in, high_in], [low_out, high_out] мәні үшін γ параметрі [1, 44.5] ауқымынан 0,5 қадамымен таңдалды.

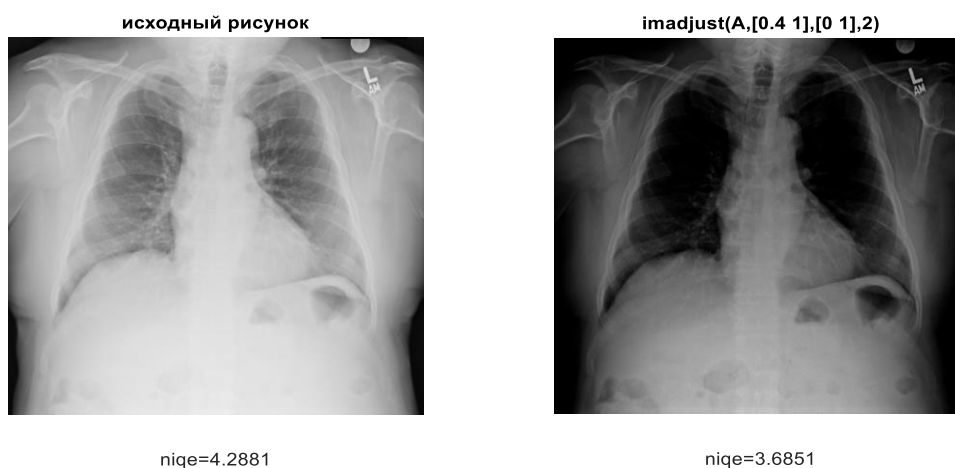
Барлық [low_in, high_in] [low_out, high_out] ішінен ең жақсы γ мәндері таңдалды, содан кейін олар кестеде салыстырылды.

Мысалы, 2.png бейнесі үшін нәтижелер 2-кестеде көрсетілген. 2-кесте бойынша *Imadjust* функциясының бастапқы параметрлерінің қолайлы мәндерін анықтауға болады.

Кесте 2. γ параметрін қолдану нәтижелері

Imadjust бастапқы параметрлері	$\gamma=1$ үшін бағалар		γ параметрінің қолайлы мәндері	бағалау	
	niqe	brisque		niqe	brisque
[0.2 1] [0 1]	4.0244	23.0696	$\gamma=3$	3.5914	20.1100
[0.3 1] [0 1]	3.8804	25.6923	$\gamma=2$	3.6078	29.0371
<u>[0.4 1] [0 1]</u>	<u>3.9106</u>	<u>32.5165</u>	<u>$\gamma=2$</u>	<u>3.6851</u>	<u>22.3536</u>
[0.5 1] [0 1]	3.8257	32.7584	$\gamma=1.5$	3.7722	31.9648

Осы параметрлерді таңдаған кездегі түрлендіру нәтижесін көрнекі түрде көрсетіп, оны бастапқы кескінмен салыстыруға болады (сурет 1).



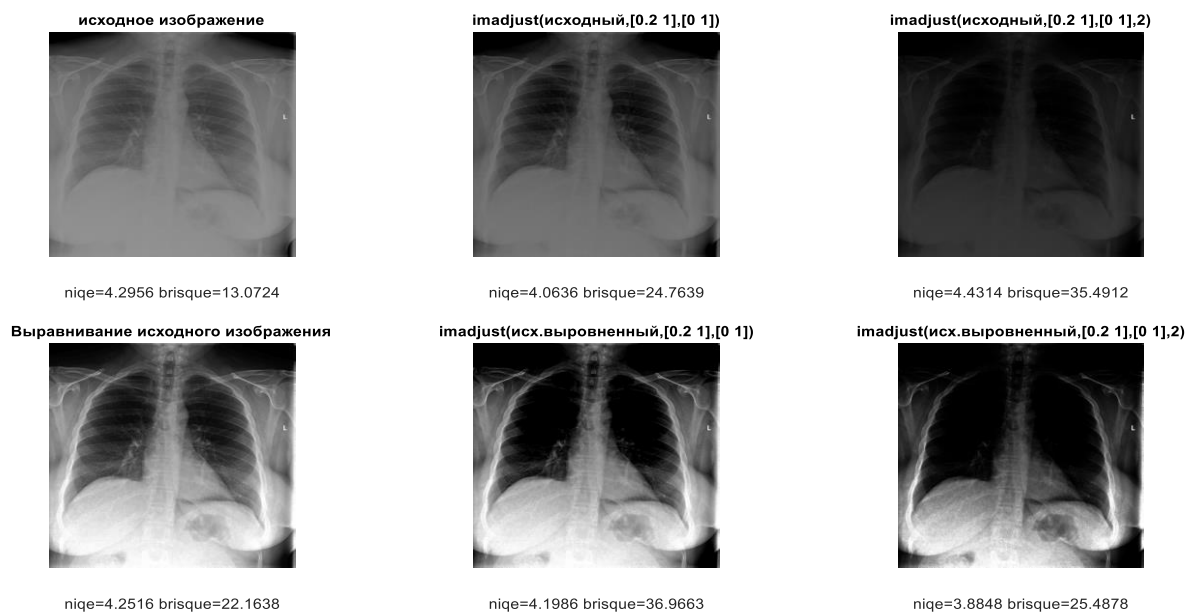
Сурет 1. $imadjust(A,[0.4, 1],[0, 1],2)$ нәтижесін бастапқы бейнемен салыстыру

1 суретте бастапқы рентген бейнесі мен параметрлері ([0.4, 1], [0, 1], 2) болатын $imadjust$ функциясының нәтижесі бейнеленген. Түрлендірілген бейненің контрастының жоғарылағанын және Niqe бағасы мәнінің төмендегенін байқауға болады. 3 кестеде 10 тестілік бейнелер үшін анықталған бағалардың қолайлы мәндері көрсетілген.

Кесте 3. γ параметрінің мәнін таңдау

Бейне аты	Жарықтылық параметрлері	$\gamma=1$ үшін бағалары		γ параметрінің таңдалған мәні	niqe бағасы	brisque бағасы
		niqe	brisque			
1.png	[0.4 1] [0 1]	3.4770	32.7370	$\gamma=2.5$	3.3790	25.9206
2.png	[0.4 1] [0 1]	3.9106	32.5165	$\gamma=2$	3.6851	22.3536
3.png	[0.2 1] [0 1]	3.9845	32.8306	$\gamma=2$	3.8189	25.2399
4.png	[0.2 1] [0 1]	4.1986	36.9663	$\gamma=2$	3.8848	25.4878
5.png	[0.2 1] [0 1]	4.0250	37.2250	$\gamma=2$	3.8306	31.3175
Normal.png	[0.2 1] [0 1]	3.2911	33.5240	$\gamma=2$	3.3236	21.5805
Pneumonia1.png	[0.3 1] [0 1]	2.6395	36.6267	$\gamma=1.5$	2.6767	37.6345
Pneumonia2.png	[0 1][0 1]	3.2048	41.9046	$\gamma=2.5$	3.2404	41.8697
Pneumonia3.png	[0.2 1] [0 1]	2.9204	33.3662	$\gamma=2$	2.5273	21.3953
Pneumonia4.png	[0.2 1] [0 1]	2.9693	42.2854	$\gamma=2$	3.0508	39.3603

γ параметрінің мәнін таңдағанда, функцияны орындаудың көп жағдайда түрлендіру нәтижесі визуалды қабылдауды және нәтиженің сандық бағасын жақсартпады. Мысалы, 2-суретте бастапқы 4.png кескінін түрлендіру нәтижелері көрсетілген.



Сурет 2. Түпнұсқалық бейне мен оның түрлендірілген нұсқалары бағалауымен берілген

γ параметрін таңдай отырып `imadjust` функциясын тексермес бұрын түпнұсқа бейненің гистограммасын теңестіруді қолданғанда суреттердің контрастылығы айтарлықтай жақсарды (4 кесте).

Кесте 4. Бейнелердің гистограммасын теңестіруден кейінгі бағалануы

Жарықтықты түрлендіру	Бағалар	
	Niqe	Brisque
Бастапқы бейне (4.png)	4.2956	13.0724
<code>imadjust(бастапқы,[0.2 1],[0 1])</code>	4.0636	24.7639
<code>imadjust(бастапқы,[0.2 1],[0 1],2)</code>	4.4314	35.4912
Бастапқы бейненің гистограммасын теңестіру	4.2516	22.1638
<code>imadjust(теңестірілген_бастапқы,[0.2 1],[0 1])</code>	4.1986	36.9663
<code>imadjust(теңестірілген_бастапқы,[0.2 1],[0 1],2)</code>	3.8848	25.4878

Қорытынды

Тәжірибе кезінде қолданылған рентгендік бейнелердің кейбіреулері қиындықсыз жарықтың өзгеруіне байланысты визуалды түрде жақсартылды, ал кейбіреулері түрлендіруден кейін қараңғыланып бейне сапасы төмендеді. Мұндай кескіндермен жұмыс кезінде гамма-түзету әдісін қолданып, контрасты жақсартуда қиындықтар туындады. Контрастың жақсы нәтижесіне жету үшін кескін гистограммасы гамма түзету қолданылмас бұрын теңестірілді. Мұндай іс-әрекет жақсы нәтижелер берді.

Қорытынды 3-кесте негізінде `[0.2 1] [0 1]` кіріс параметрлері үшін $\gamma = 2$ болған кезде ең жақсы нәтижеге қол жеткізілді деген қорытынды жасауға болады. Сынақ бейнелерін түрлендіру нұсқаларын зерттеу нәтижесінде, рентгендік кескіндердің контрастын жақсарту үшін алдымен гистограмманы теңестіру процедурасын, содан кейін `imadjust` функциясын (`[low_in 1] [0.1], 2)` параметрлермен орындау ұсынылады, мұндағы $0,2 \leq \text{low_in} \leq 0,4$.

Зерттеу нәтижесінде көп жағдайда кескін сапасын бағалағанда `niqe` сандық өлшемі `brisque` бағасына қарағанда кескінді жақсартуға сәйкес келетіні анықталды.

Пайдаланылган әдебиеттер тізімі:

- 1 Somasundaram K., Kalavathi P. Medical image contrast enhancement based on gamma correction//International Journal of Knowledge Management & e-Learning. –2011- vol. 3.- no. 1.- pp. 15-18.
- 2 Seonhee Park, Kiyeon Kim, Soohwan Yu, Joonki Paik. Contrast Enhancement for Low-light Image Enhancement: A Survey//IEIE Transactions on Smart Processing and Computing – 2018 - vol. 7- no. 1- pp. 36-48.
- 3 Shih-Chia Huang, Fan-Chieh Cheng, Yi-Sheng Chiu. Efficient Contrast Enhancement Using Adaptive Gamma Correction With Weighting Distribution //IEEE Transactions on image processing - 2013 - vol. 22 - no. 3- pp. 1032-1041.
- 4 M. Agarwal, R.Mahajan. Medical Images Contrast Enhancement using Quad Weighted Histogram Equalization with Adaptive Gama Correction and Homomorphic Filtering. Procedia Computer Science 115 (2017), P.509-517.
- 5 L.Liu, Z. Jia, J. Yang, N. Kasabov. A Medical Image Enhancement Method Using Adaptive Thresholding in NSCT Domain Combined Unsharp Masking. Wiley Periodicals, Inc. 2015, 25: P.199–205.
- 6 Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. - Издание 3-е, исправленное и дополненное. –М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.
- 7 Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. – М.: Техносфера, 2006.-616с.
- 8 Приоров А.Л., Апальков И.В., Хрящев В. В. Цифровая обработка изображений—Ярославль: ЯрГУ, 2007— 235 с.
- 9 Старовойтов В.В., Голуб Ю.И. Цифровые изображения: от получения до обработки – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2014. – 202 с.
- 10 Федотов А.А. Основы цифровой обработки биомедицинских изображений: учеб. пособие. – Самара: Изд-во СГАУ, 2013 – 108 с.
- 11 <https://www.kaggle.com/paultimothymooney/chest-xray-pneumonia>

References:

- 1 Somasundaram K., Kalavathi P. Medical image contrast enhancement based on gamma correction//International Journal of Knowledge Management & e-Learning. 2011 vol. 3. no. 1. pp. 15-18.
- 2 Seonhee Park, Kiyeon Kim, Soohwan Yu, Joonki Paik. Contrast Enhancement for Low-light Image Enhancement: A Survey//IEIE Transactions on Smart Processing and Computing 2018 vol. 7 no. 1 pp. 36-48.
- 3 Shih-Chia Huang, Fan-Chieh Cheng, Yi-Sheng Chiu. Efficient Contrast Enhancement Using Adaptive Gamma Correction With Weighting Distribution //IEEE Transactions on image processing 2013 vol. 22 no. 3 pp. 1032-1041.
- 4 M. Agarwal, R.Mahajan. Medical Images Contrast Enhancement using Quad Weighted Histogram Equalization with Adaptive Gama Correction and Homomorphic Filtering. Procedia Computer Science 115 (2017), P.509-517.
- 5 L.Liu, Z. Jia, J. Yang, N. Kasabov. A Medical Image Enhancement Method Using Adaptive Thresholding in NSCT Domain Combined Unsharp Masking. Wiley Periodicals, Inc. 2015, 25: P.199–205.
- 6 Gonzalez R., Woods R. (2012) Digital image processing. 3rd edition, revised and supplemented. Moscow: Technosphere,. 1104 p.
- 7 Gonzalez R., Woods R., Eddins S. (2006) Digital image processing in the MATLAB environment. Moscow: Technosphere, 2006. 616с.
- 8 Priorov A. L., Apalkov I. V., Khryashchev V. V. (2007) Digital image processing Yaroslavl: YarSU, 235 p.
- 9 Starovoitov V. V., Golub Yu. I. (2014) Digital images: from receiving to processing Minsk: IPI of the National Academy of Sciences of Belarus, 202 p.
- 10 Fedotov A. A. (2013) Fundamentals of digital processing of biomedical images: textbook. stipend. Samara: SSAU Publishing House, 108 p.
- 11 <https://www.kaggle.com/paultimothymooney/chest-xray-pneumonia>

УДК 004.9
МРНТИ 81.96.00

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.19>

Р.М. Оспанов¹, Е.Н. Сейтқұлов^{1}*

¹ *Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан*

**e-mail: yerzhan.seitkulov@gmail.com*

МЕТОДЫ КРИПТОАНАЛИЗА И СВОЙСТВА S-БЛОКОВ

Аннотация

В работе рассматриваются методы криптоанализа и роль криптографических свойств S-блоков при проведении соответствующих атак. Симметричные криптографические преобразования обладают рядом преимуществ при практическом использовании с точки зрения их эффективности, скорости и надежности. При этом S-блоки играют важную роль в обеспечении стойкости симметричных преобразований. Для защиты алгоритмов от различных методов криптоанализа S-блоки должны обладать рядом криптографических свойств, удовлетворять ряду критериев. В настоящее время основными атаками, для которых имеют значения свойства S-блоков, используемых в криптографических алгоритмах, являются атаки, основанные на линейном, дифференциальном, алгебраическом методах криптоанализа. Другие методы анализа достаточно специфичны для отдельно взятого алгоритма, и, как правило, используют общую структуру алгоритма, а не отдельные его составляющие компоненты, как, например, S-блоки. В работе выполнен обзор существующих методов криптоанализа, использующих возможные слабости в S-блоках.

Ключевые слова: S-блоки, таблица замен, криптография, симметричное шифрование, защита информации.

Аңдатпа

Р.М. Оспанов¹, Е.Н. Сейтқұлов¹

¹ *Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан*

S-БЛОКТАРЫНЫҢ КРИПТО-ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІ ЖӘНЕ ҚАСИЕТТЕРІ

Жұмыста криптоталдау әдістері және сәйкес шабуылдарды орындаудағы S-жәшіктерінің криптографиялық қасиеттерінің рөлі талқыланады. Симметриялық криптографиялық түрлендірулер тиімділігі, жылдамдығы және сенімділігі бойынша бірқатар практикалық артықшылықтарға ие. Бұл жағдайда S-блоктары симметриялық түрлендірулердің беріктігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Алгоритмдерді әртүрлі криптоталдау әдістерінен қорғау үшін S-блоктары бірқатар криптографиялық қасиеттерге ие болуы және бірқатар критерийлерді қанағаттандыруы керек. Қазіргі уақытта криптографиялық алгоритмдерде қолданылатын S-блоктарының қасиеттері маңызды болып табылатын негізгі шабуылдар сызықтық, дифференциалды, алгебралық криптоталдау әдістеріне негізделген шабуылдар болып табылады. Басқа талдау әдістері бір алгоритм үшін әбден спецификалық болып табылады және, әдетте, алгоритмнің S-блоктары сияқты жеке құрамдас бөліктерін емес, жалпы құрылымын пайдаланады. Қағаз S-блоктарындағы ықтимал әлсіздіктерді пайдаланатын қолданыстағы криптоталдау әдістерін қарастырады.

Түйін сөздер: S-блоктары, алмастыру кестесі, криптография, симметриялық шифрлау, ақпаратты қорғау.

Abstract

CRYPTO-ANALYSIS METHODS AND PROPERTIES OF S-BLOCKS

Ospanov R.M.¹, Seitkulov Ye.N.¹

¹*Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan*

The paper discusses cryptanalysis methods and the role of the cryptographic properties of S-boxes in carrying out the corresponding attacks. Symmetric cryptographic transformations have a number of practical advantages in terms of their efficiency, speed and reliability. In this case, S-boxes play an important role in ensuring the robustness of symmetric transformations. To protect algorithms from various cryptanalysis methods, S-boxes must have a number of cryptographic properties and satisfy a number of criteria. Currently, the main attacks for which the properties of S-boxes used in cryptographic algorithms are important are attacks based on linear, differential, algebraic cryptanalysis methods. Other analysis methods are quite specific for a single algorithm, and, as a rule, use the general structure of the algorithm, and not its individual components, such as S-boxes. The paper reviews existing cryptanalysis methods that exploit possible weaknesses in S-boxes.

Keywords: S-boxes, substitution table, cryptography, symmetric encryption, information protection.

1 Введение

Обеспечение свойств информационной безопасности таких, как конфиденциальность, целостность, целостность и т. д. обычно предполагает использование симметричного шифрования. Поскольку симметричные криптографические преобразования обладают рядом преимуществ при практическом использовании с точки зрения их эффективности, скорости и надежности. S-блоки играют важную роль в обеспечении стойкости симметричных преобразований. Для защиты алгоритмов от различных методов криптоанализа S-блоки должны обладать рядом криптографических свойств, удовлетворяя ряду критериев.

В настоящее время основными атаками, для которых имеют значения свойства S-блоков, используемых в криптографических алгоритмах, являются атаки, основанные на линейном, дифференциальном, алгебраическом методах криптоанализа. Другие методы анализа достаточно специфичны для отдельно взятого алгоритма, и, как правило, используют общую структуру алгоритма, а не отдельные его составляющие компоненты, как, например, S-блоки. Далее рассмотрим ряд методов криптоанализа, и отметим роль свойств S-блоков при проведении соответствующих атак.

2 Основная часть

Дифференциальный криптоанализ. Одним из основных методов криптоанализа является дифференциальный криптоанализ. Свойство дифференциальной равномерности S-блока является показателем стойкости против дифференциальной атаки. Также для оценки стойкости против дифференциальной атаки используется таблица распределения разностей или XOR-таблица.

Дифференциальная атака использует неравномерное распределение выходных разностей, когда входные данные выбираются с фиксированной разницей. Хотя линейные компоненты в криптографических алгоритмах могут эффективно рассеивать различия, они не могут помочь уменьшить неравномерность в отношении разностей. Таким образом, равномерное дифференциальное распределение в основном исходит из нелинейных компонентов, таких как S-блоки.

Пусть $X' = [X1', X2', \dots, Xn']$ и $X'' = [X1'', X2'', \dots, Xn'']$ - n-битные входные данные шифра, где Xi' - i-й бит вектора X' , Xi'' - i-й бит вектора X'' . $\Delta X = X' \oplus X'' = [\Delta X1, \Delta X2, \dots, \Delta Xn]$ - разность входных данных, где $\Delta Xi = Xi' \oplus Xi''$, « \oplus » - сложение по модулю 2 (побитовое исключающее ИЛИ (XOR)) для n-битных векторов.

Пусть $Y' = [Y1', Y2', \dots, Yn']$ и $Y'' = [Y1'', Y2'', \dots, Yn'']$ - соответствующие n-битные выходные данные шифра, где Yi' - i-й бит вектора Y' , Yi'' - i-й бит вектора Y'' . $\Delta Y = Y' \oplus Y'' = [\Delta Y1, \Delta Y2, \dots, \Delta Yn]$ - это разность выходных данных, где $\Delta Yi = Yi' \oplus Yi''$.

Вероятность того, что определенная разность выходных данных ΔY возникает при определенной разности входных данных ΔX , в идеальном случае равна $1/2^n$.

При дифференциальном криптоанализе используется случаи, в которых определены конкретные разности выходных данных ΔY возникают при конкретных разности входных данных ΔX с очень большой вероятностью намного больше, чем $1/2^n$.

Пары, состоящие из входных и соответствующих выходных разностей (ΔX , ΔY), называются дифференциалами. Дифференциальный криптоанализ относится к атакам по выбранному открытому тексту. Это означает, что при проведении такого вида атаки злоумышленник может выбирать входные данные и затем исследует выходные данные, пытаясь определить секретный ключ. При проведении дифференциальной атаки злоумышленник выясняет, что для определенного конкретного значения входной разности ΔX с высокой вероятностью встречается конкретное значение выходной разности ΔY , и выбирает пары входных данных X' и X'' , удовлетворяющие это определенной разности ΔX . Оценка иммунитета против дифференциального криптоанализа является существенной при разработке безопасных блочных шифров.

Используя "wide trail design strategy" [1] можно легко посчитать сложность дифференциальной атаки на основе показателя дифференциальной равномерности S-блока.

Линейный криптоанализ. Следующий важный метод криптоанализа – линейный криптоанализ. Свойство нелинейности S-блока является показателем стойкости против линейной атаки. Также для оценки стойкости используется таблица линейного распределения или таблица линейной аппроксимации.

Линейный криптоанализ использует преимущества линейных выражений, связывающих между собой биты входных данных, биты выходных данных шифра и биты ключей, которые справедливы с высокой вероятностью.

Пусть $X = [X_1, X_2, \dots, X_n]$ и $Y = [Y_1, Y_2, \dots, Y_n]$ - n -битные входные и соответствующие выходные данные шифра, где X_i представляет i -й бит входного вектора X , а Y_j представляет j -й бит выходного вектора Y . При линейном криптоанализе шифр аппроксимируется с помощью линейного выражения вида $X_{i_1} \oplus X_{i_2} \oplus \dots \oplus X_{i_k} \oplus Y_{j_1} \oplus Y_{j_2} \oplus \dots \oplus Y_{j_m} = 0$.

Это уравнение представляет собой сумму по модулю 2 k входных битов и m выходных битов. При проведении линейной атаки злоумышленник определяет подобные линейные выражения, которые имеют высокую или низкую вероятность появления. Нахождение вышеуказанных линейных выражений, выполняемых с большой вероятностью, или невыполняемых с большой вероятностью, показывает слабость шифра. Вероятность выполнения линейного выражения для случайных значений $k + m$ k входных битов и m выходных битов равно $1/2$. При линейном криптоанализе используется отклонение или смещение от вероятности выполнения линейного выражения, равной $1/2$. Наличие очевидного линейного выражения для всех входных и выходных значений указывает на тривиальную слабость шифра. Линейная атака относится к атакам с использованием открытого текста, при которых предполагается, что злоумышленник имеет информацию о наборе входных данных и соответствующих выходных данных шифра, но не может выбрать, какие входные данные (и соответствующие выходные) доступны.

Оценка иммунитета против линейного криптоанализа является существенной при разработке безопасных блочных шифров. Используя "wide trail design strategy" можно легко посчитать сложность линейной на основе показателя нелинейности S -блока.

Алгебраический криптоанализ. Еще один важный метод криптоанализа – алгебраический криптоанализ. Алгебраическая степень и алгебраическая иммунность являются показателями стойкости против алгебраических атак.

Алгебраический криптоанализ использует внутренние математические структуры, которые имеются в криптографических алгоритмах и пытается определить уязвимости в них. При алгебраическом криптоанализе для описания всего криптографического алгоритма строится алгебраическая система уравнений над конечным [2]. При применении S -блоков, обладающих предельно достижимыми показателями свойств, характеризующих степень защиты от статистического криптоанализа, алгебраические системы уравнений, описывающие такие S -блоки имеют низкую степень. Нелинейность многих криптоалгоритмов определяется лишь только S -блоками, поэтому многие алгоритмы могут быть описаны разреженной алгебраической переопределенной системой всего лишь второй степени [2, 3]. Не существует универсальных методов для решения систем алгебраических нелинейных уравнений над конечными полями. Это в свою очередь обеспечивает практическую криптографическую стойкость алгоритмов.

При алгебраической атаке строится алгебраическая система уравнений над конечным полем низкой степени, которая описывает криптографический алгоритм, и находится её решение.

Основные этапы алгебраического криптоанализа можно описать следующим образом:

- 1) строится максимальное количество алгебраических уравнений, которые описывают криптографический алгоритм с минимальной степенью составляющих их термов;
- 2) решается полученная система.

В результате решения находятся биты раундовых ключей.

Чтобы представить криптографический алгоритм шифрования в виде системы уравнений необходимо выполнить следующие действия:

- 1) Разделить криптографический алгоритм на отдельные составляющие его части, при этом группировать отдельно линейные и нелинейные операции.
- 2) Построить для каждой структурной части алгоритма систему, которая будет связывать входные и выходные данные этой части алгоритма.
- 3) Найти связь входных и выходных данных каждой из структурной части алгоритма с другими частями, а также битами ключа, входных и выходных данных всего алгоритма.

После представления отдельных структурных частей алгоритма необходимо записать общую систему, описывающую весь алгоритм.

Алгебраическая степень и алгебраический иммунитет являются показателями стойкости против алгебраических атак. Оптимальными значениями алгебраической степени являются значения не меньше 7. Максимальным значением алгебраического иммунитета считается 3 при 441 уравнениях [4].

Существуют также методы, являющимися модификациями и усилениями дифференциального криптоанализа. Они также используют возможные слабости S-блоков, входящих в структуры анализируемых алгоритмов. Это такие методы, как метод бумеранга, метод усеченных дифференциалов, метод невозможных дифференциалов.

Метод бумеранга. В 1999 году профессором университета Беркли (Калифорния, США) Дэвидом Вагнером (David Wagner) было предложено усиление дифференциального криптоанализа, известное под название метода бумеранга (boomerang attack) (см. [5]). Метод бумеранга вместо двух открытых текстов и соответствующих им шифртекстов, связанных определенными соотношениями, как при дифференциальном криптоанализе, использует четверку (квартет) открытых текстов и соответствующих им шифртекстов, связанных определенными соотношениями. Такие соотношения квартетов позволяют успешно производить криптоаналитические атаки на некоторые из криптоалгоритмов, которые в то же время остаются стойкими к обычному дифференциальному криптоанализу. Если же при этом учитывать требуемые объемы данных для атаки, то в некоторых случаях метод бумеранга оказывается более экономичным и эффективным по сравнению с дифференциальным криптоанализом. Атака методом бумеранга также применима к криптографическим алгоритмам с гетерогенной структурой раундов. Метод бумеранга представляет относится к атакам с адаптивным выбором открытых текстов и шифртекстов. Известно, что такие атаки являются наиболее сложно применимыми на практике. Это можно считать своего рода серьезным недостатком метода в сравнении с дифференциальным криптоанализом.

Метод усеченных дифференциалов. Метод усеченных дифференциалов, как и классический метод дифференциального анализа, нацелен на нелинейный узел алгоритма – S-блок.

Метод усеченных дифференциалов является своего рода развитием идеи дифференциального анализа. Метод позволяет рассматривать возможность находить такие характеристики, при которых используются некие так называемые усеченные дифференциалы (truncated differentials). Усеченные дифференциалы представляют собой разности между определенными битами обрабатываемых данных. Вероятности их существенно выше, чем в случае классических «полных» характеристик. Данная атака была разработана Ларсом Кнудсенем в 1994 году [6].

В работе [7] проиллюстрировано свойство блочного симметричного шифра против атаки усеченных дифференциалов в случае наличия хороших перемешивающих блоков шифра. Данное свойство объясняется тем, что при проведении текстов с выбранными характеристиками через раундовые преобразования алгоритма, функция перемешивания алгоритма нарушает все связи между битами указанных характеристик. Другими словами, вероятность прохождения таких характеристик становятся ничтожно малой в силу независимости отдельных раундовых блоков преобразования алгоритма. В работе [8] продемонстрировано, что сложение в конечном поле хорошо перемешивает смежные классы по мультипликативной группе любого подполя и наоборот. Также показано, что операция сложения в конечном поле равномерно перемешивает смежные классы по мультипликативной группе, порядок которой близок к значению квадратного корня из числа элементов в поле. В свою очередь операция умножения в конечном поле сохраняет смежные классы мультипликативной группы по любой мультипликативной подгруппе.

Кроме того, в работах [9, 10] доказана теория об отсутствии эффективных байтовых характеристик для определенного числа раундов для Rijndael-подобных алгоритмов, что свидетельствует о стойкости к атаке усеченных дифференциалов указанного рода алгоритмов.

Метод невозможных дифференциалов. Метод невозможных дифференциалов является еще одним вариантом дифференциального криптоанализа. Этот метод использует так называемые невозможные дифференциалы (impossible differentials), т.е. дифференциалы с нулевой вероятностью. Атака была предложена в 1998 г. в работах [11, 12]. Краткое описание атаки состоит в следующем:

1. Выбираются необходимые пары открытых текстов с требуемой разностью, в результате применения криптоалгоритма получаются соответствующие им шифртексты.

2. Полученные данные анализируются, в результате чего исключаются все варианты ключа шифрования, приводящие к дифференциалам с нулевой вероятностью.

3. После исключения таких ключей остается некое подмножество ключей, которые не приводят к дифференциалам с нулевой вероятностью, и для нахождения верного ключа осуществляется полный перебор этого подмножества.

Существует вариант дифференциального криптоанализа, при котором используются дифференциалы с минимальной вероятностью. При этом действия криптоаналитика аналогичны описанным выше. В работе [13] проиллюстрирован метод доказательства стойкости блочных шифров к атаке невозможных дифференциалов. Также данный метод позволяет обосновать стойкость группы Rijndael-подобных шифров с 4-мя и более циклами к атаке невозможных дифференциалов. В основе вышеуказанного метода для успешного проведения атаки лежит следующая теорема [13].

Теорема. Если для блочного симметричного шифра существует некоторая разность Δ , которая может быть получена из любой ненулевой входной разности за r_1 циклов преобразований и которая может быть получена из любой ненулевой выходной разности за r_2 циклов, выполняемых в направлении дешифрования, то для такого блочного симметричного шифра не существует невозможный дифференциал с r_1+r_2 и более циклами.

Таким образом, для доказательства отсутствия невозможного дифференциала необходимо определить количество циклов r_1 и r_2 , за которые любая входная разность и любая выходная могут прийти к некоторому значению разности Δ . С помощью указанной теоремы можно, например, объяснить отсутствие невозможных дифференциалов для многих Rijndael-подобных шифров.

Интегральный криптоанализ. Интегральный криптоанализ рассматривает влияние алгоритма на множество открытых текстов, а не на пару как при дифференциальном криптоанализе. Интегральный криптоанализ объединяет в себе целый ряд криптоаналитических атак криптографические алгоритмы. Интегральный криптоанализ относится к классу атак на раундовую функцию, и для ее реализации необходимо иметь достаточное множество криптограмм, полученных при зашифровании подобранных открытых текстов на одном и том же секретном ключе.

Интегральной атака названа, потому что в атаке рассматривается прохождение через преобразования шифра суммы состояний. Здесь различными состояниями понимаются некоторые промежуточные значения блоков преобразуемых данных в процессе их зашифрования. Подобно тому, как в дифференциальном криптоанализе производится “транспортирование” разности через преобразования шифра, в данной атаке через циклы шифра проводится значение суммы состояний из некоторого множества [14].

Если имеется возможность с высокой вероятностью предсказать значение некоторых битов суммы состояний после r циклов шифрования, то это означает, что может быть организована интегральная атака на $(r+1)$ -раундовый шифр. В ходе атаки перебираются возможные подключи последнего раунда и для каждого варианта производится дешифрование одного раунда для всего множества имеющихся криптограмм. Если в результате суммирования информационных блоков, полученных при однораундовом дешифровании, на известных позициях будет получено нужное значение, то с высокой вероятностью проверяемая часть подключа последнего цикла является верной. Более подробно особенности организации этого вида атак изложены в [15].

3 Заключение

S-блоки являются одним из основных компонентов, определяющих нелинейность и уровень стойкости современных симметричных криптографических алгоритмов. Для защиты алгоритмов от различных видов атак S-блоки должны удовлетворять целому ряду критериев. В настоящее время основными атаками, для которых имеют значения свойства S-блоков, используемых в криптографических алгоритмах, являются атаки, основанные на линейном, дифференциальном, алгебраическом методах криптоанализа.

В работе выполнен обзор существующих методов криптоанализа, использующих возможные слабости в S-блоках.

4 Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке КН МОН РК, № AP09258274.

Список использованных источников:

- 1 Daemen J. Cipher and hash function design strategies based on linear and differential cryptanalysis // Doctoral Dissertation, March 1995, K.U.Leuven. https://cs.ru.nl/~joan/papers/JDA_Thesis_1995.pdf
- 2 Courtois N.T., Pieprzyk J. Cryptanalysis of block ciphers with over defined systems of equations // Proceedings of Asiacrypt '02, LNCS. Springer-Verlag, Berlin, 2002, pp 267-287. https://doi.org/10.1007/3-540-36178-2_17
- 3 Олейников Р.В., Казимиров А.В. Построение переопределённой системы уравнений для описания алгоритма шифрования «Лабиринт». // Прикладная радиоэлектроника. Харьков: ХНУРЭ. 2009. Том. 8, № 3. <https://openarchive.nure.ua/handle/document/726>
- 4 Казимиров А.В. Методы и средства генерации нелинейных узлов замены для симметричных криптоалгоритмов. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, специальность 05.13.21 – системы защиты информации. Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, 2013.
- 5 David Wagner (March 1999). "The Boomerang Attack"6th International Workshop on Fast Software Encryption (FSE '99). Rome: Springer-Verlag. pp.156–170, FIPS-197: Advanced Encryption Standard, November 2001. pp 156-170. https://doi.org/10.1007/3-540-48519-8_12
- 6 Knudsen L. Truncated and higher order differentials. Proceedings of the Second international workshop Fast Software Encryption, LNCS 1008, Springer-Verlag, 1995, P. 196-211. DOI: 10.1007/3-540-60590-8_16
- 7 Standaert F.-X., Piret G., Quisquater J.-J. Cryptanalysis of Block Ciphers: A Survey. <http://citeseer.ist.psu.edu – Universite catolique de Louvain, Belgium, 2003. https://luca-giuzzi.unibs.it/corsi/Support/papers-cryptography/UI.pdf>
- 8 Шемякина О.В. О перемешивающих свойствах операций в конечном поле, Дискретная математика, т. 23:2, 2011, С. 32-40. DOI: <https://doi.org/10.4213/dm1138>
- 9 Руженцев В.И. Доказуемая стойкость Rijndael-подобных шифров к атаке усеченных дифференциалов, Радиоелектронні і комп'ютерні системи, 2012, № 5, С. 51–55. http://nbuv.gov.ua/UJRN/recs_2012_5_11
- 10 Руженцев В.И. О стойкости к атаке усеченных дифференциалов Rijndael-подобных шифров с большими размерами блоков, ВІСНИК НУК, 2013.
- 11 Biham E., Biryukov A., Shamir A. Cryptanalysis of Skipjack Reduced to 31 Rounds Using Impossible Differentials, Proceeding of EUROCRYPT '99, LNCS 1592, Springer-Verlag, 1999, P.12–23. https://doi.org/10.1007/3-540-48910-X_2
- 12 Biham E., Biryukov A., Shamir A. Miss in the Middle Attacks on IDEA and Khufu, Proceedings of the Sixth international workshop Fast Software Encryption, LNCS 1636, Springer-Verlag, 1999, P. 124-138. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F3-540-48519-8_10.pdf
- 13 Руженцев В.И. О методе доказательства стойкости блочных шифров к атаке невыполнимых дифференциалов, Прикладная радиоэлектроника, том 12, № 2, 2013, С. 215-219. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Prre_2013_12_2_8
- 14 В.И. Руженцев, О стойкости блочных шифров с Rijndael-подобными преобразованиями к интегральным атакам, Прикладная радиоэлектроника, 2012, Том 11, № 2, стр. 160-164.
- 15 Knudsen L. R. Integral Cryptanalysis, NESSIE internal report NES/DOC/UIB/WP5/015/1, 2001. https://doi.org/10.1007/3-540-45661-9_9

References:

- 1 Daemen J. Cipher and hash function design strategies based on linear and differential cryptanalysis // Doctoral Dissertation, March 1995, K.U.Leuven. https://cs.ru.nl/~joan/papers/JDA_Thesis_1995.pdf
- 2 Courtois N.T., Pieprzyk J. Cryptanalysis of block ciphers with over defined systems of equations // Proceedings of Asiacrypt '02, LNCS. Springer-Verlag, Berlin, 2002, pp 267-287. https://doi.org/10.1007/3-540-36178-2_17
- 3 Olejnikov R.V., Kazimirov A.V. (2009) Postroenie pereopredel'noy sistemy uravnenij dlja opisaniya algoritma shifrovaniya «Labirint»[Oleinikov R.V., Kazimirov A.V. Construction of an overdetermined system of equations to describe the encryption algorithm "Labyrinth"]. Applied Radio Electronics. Kharkiv: KhNURE. Vol. 8, No. 3. (In Russian) <https://openarchive.nure.ua/handle/document/726>
- 4 Kazimirov A.V. (2013) Metody i sredstva generacii nelinejnyh uzlov zameny dlja simmetrichnyh kriptooritmov [Methods and tools for generating nonlinear substitution nodes for symmetric cryptoalgorithms]. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.13.21 - information security systems. Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, (In Russian)
- 5 David Wagner (March 1999). "The Boomerang Attack"6th International Workshop on Fast Software Encryption (FSE '99). Rome: Springer-Verlag. pp.156–170, FIPS-197: Advanced Encryption Standard, November 2001. pp 156-170. https://doi.org/10.1007/3-540-48519-8_12
- 6 Knudsen L. Truncated and higher order differentials. Proceedings of the Second international workshop Fast Software Encryption, LNCS 1008, Springer-Verlag, 1995, P. 196-211. DOI: 10.1007/3-540-60590-8_16
- 7 Standaert F.-X., Piret G., Quisquater J.-J. Cryptanalysis of Block Ciphers: A Survey. <http://citeseer.ist.psu.edu – Universite catolique de Louvain, Belgium, 2003. https://luca-giuzzi.unibs.it/corsi/Support/papers-cryptography/UI.pdf>
- 8 Shemjakina O.V. (2011) O peremeshivajushhijh svojstvah operacij v konechnom pole [On the mixing properties of operations in a finite field]. Discrete Mathematics, vol. 23: 2, 32-40. DOI: <https://doi.org/10.4213/dm1138> (In Russian)

9 Ruzhencev V.I. (2012) *Dokazuemaja stojkost' Rijndael-podobnyh shifrov k atake usechennyh differencialov* [Proven resistance of Rijndael-like ciphers to attack of truncated differentials]. *Radioelectronic and computer systems*, No 5, 51–55. http://nbuv.gov.ua/UJRN/recs_2012_5_11 (In Russian)

10 Ruzhencev V.I. (2013) *O stojkosti k atake usechennyh differencialov Rijndael-podobnyh shifrov s bol'shimi razmerami blokov* [On the resistance to attack of truncated differentials of Rijndael-like ciphers with large block sizes], *VISNIK NUK*, (In Russian)

11 Biham E., Biryukov A., Shamir A. *Cryptanalysis of Skipjack Reduced to 31 Rounds Using Impossible Differentials*, *Proceeding of EUROCRYPT '99*, LNCS 1592, Springer-Verlag, 1999, P.12–23. https://doi.org/10.1007/3-540-48910-X_2

12 Biham E., Biryukov A., Shamir A. *Miss in the Middle Attacks on IDEA and Khufu*, *Proceedings of the Sixth international workshop Fast Software Encryption*, LNCS 1636, Springer-Verlag, 1999, P. 124-138. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F3-540-48519-8_10.pdf

13 Ruzhencev V.I. (2013) *O metode dokazatel'stva stojkosti blochnyh shifrov k atake nevyopolnimyh differencialov* [On the method of proving the resistance of block ciphers to the attack of impracticable differentials]. *Applied Radio Electronics*, vol. 12, no. 2, 215-219. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Prre_2013_12_2_8 (In Russian)

14 V.I. Ruzhencev (2012) *O stojkosti blochnyh shifrov s Rijndael-podobnymi preobrazovanijami k integral'nyim atakam* [On the resistance of block ciphers with Rijndael-like transformations to integral attacks]. *Applied Radioelectronics*, Volume 11, No. 2, 160-164. (In Russian)

15 Knudsen L. R. *Integral Cryptanalysis*, *NESSIE internal report NES/DOC/UIB/WP5/015/1*, 2001. https://doi.org/10.1007/3-540-45661-9_9.

А.А. Скабылов^{1*}, М.К. Ибраимов¹, Д.М. Жексебай¹, Е.Т. Кожажулов¹

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

*e-mail: skabylov212@gmail.com

ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ QPSK НА БАЗЕ ZYNQ И MATLAB

Аннотация

Требования для мобильной сети растут с увеличением беспроводных устройств. В связи с существующим большим потоком информации в окружающей нас среде, актуальным является создание быстродействующих, помехоустойчивых, простых по реализации и экономичных устройств приема-передачи информационных данных. Для разработки высокоскоростных, широкополосных радио модулей наиболее подходящими аппаратными средствами являются программируемые логические интегральные схемы. Возможность параллельных вычислений и большое количество логических ячеек в этих цифровых устройствах дают относительно большую производительность всего оборудования. Тем более, встроенный микропроцессор в интегральную микросхему позволяет создавать самые высокопроизводительные телекоммуникационные оборудования. В данной работе разработан приемо-передатчик сигналов QPSK (Quadrature phase-shift keying) на основе SoC (System on a chip). Были использованы модели QPSK передатчика и приемника для взаимодействия с платой ZedBoard RF платформой AD-FMCOMMS3-EBZ. Продемонстрировано построенная цифровая радиосистема с помощью системы на кристалле, модель которой соответствует радио модулю современной телекоммуникационной техники.

Ключевые слова: Quadrature phase-shift keying, Программируемые логические интегральные схемы, System on a chip, MATLAB.

Аңдатпа

Ә.Ә. Сқабылов¹, М.К. Ибраимов¹, Д.М. Жексебай¹, Е.Т. Кожажулов¹

¹ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ZYNQ ЖӘНЕ MATLAB НЕГІЗІНДЕ QPSK БАҒДАРЛАМАЛЫҚ-АҚПАРАТТЫҚ ІСКЕ ҚОСУ

Сымсыз құрылғылардың өсуімен ұялы желіге қойылатын талаптар артып келеді. Бізді қоршаған ортадағы ақпараттың үлкен ағымына байланысты тез әрекет ететін, шуылға төзімді, іске асыруға оңай және үнемді ақпараттық деректерді қабылдау мен беру құрылғыларын құру өзекті болып табылады. Жоғары жылдамдықты, кең жолақты радио модульдерін жасау үшін бағдарламаланатын логикалық интегралды схемалар ең қолайлы жабдық болып табылады. Параллельді есептеу мүмкіндігі және осы сандық құрылғылардағы көптеген логикалық ұяшықтар бүкіл жабдықтың салыстырмалы түрде үлкен өнімділігін береді. Сонымен қатар, интегралды микропроцессор ең жоғары өнімді телекоммуникациялық жабдықты жасауға мүмкіндік береді. Осылайша, нақты уақыт режимінде түсетін ақпараттық деректердің үлкен көлемін өңдеу кезінде уақыттың кідірісін болдырмауға болады. Бұл жұмыста SoC (System on a chip) негізінде QPSK (Quadrature phase-shift keying) сигналдарын қабылдағыш қондырғысы әзірленді. Zedboard тақтасы мен RF ad-FMCOMMS3-EBZ платформасымен өзара әрекеттесу үшін таратқыш пен қабылдағыштың QPSK модельдері қолданылды. Құрылған цифрлық радиожүйе моделі қазіргі телекоммуникациялық технологияның радио модуліне сәйкес келетін микросхемадағы жүйенің көмегімен көрсетіледі.

Түйін сөздер: Quadrature phase-shift keying, Программалық логикалық интегралды схемалар, System on a chip, MATLAB.

Abstract

HARDWARE QPSK IMPLEMENTATION BASED ON ZYNQ AND MATLAB

Skabylov A.A.¹, Ibraimov M.K.¹, Zhexsebay D.M.¹, Kozhagulov E.T.¹

¹al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

The requirements for a mobile network are growing with the increase of wireless devices. In connection with the existing large flow of information in the environment around us, it is urgent to create high-speed, noise-resistant, simple to implement and economical devices for receiving and transmitting information data. For the development of high-speed, wideband radio modules, the most suitable hardware is programmable logic integrated circuits. The possibility of parallel computing and the large number of logical cells in these digital devices give a relatively high performance for all equipment. Moreover, the built-in microprocessor in an integrated microcircuit makes it possible to create the most high-performance telecommunication equipment. In this paper, a QPSK (quadrature phase manipulation) signal

transceiver based on SoC (system on a chip) has been developed. The QPSK models of the transmitter and receiver were used to interact with the ZedBoard board and the AD-FMCOMMS3-EBZ RF platform. the constructed digital radiosystem had been demonstrated using system on a chip, which model correspond to the radio module of modern telecommunication techniques.

Keywords: Quadrature phase-shift keying, field-programmable gate array, System on a chip, MATLAB.

Введение

Увеличения глобального мобильного трафика в ближайшие несколько лет требует высокой скорости передачи данных в мобильных сетях следующего поколения [1]. Для достижения этих требований сети пятого (5G) и шестого (6G) поколений беспроводной связи расширяют полосу пропускания сигнала, чтобы увеличить общую пропускную способность сетей. Поэтому производители оборудования должны разрабатывать сложные технологии для удовлетворения таких растущих требований [2]. Для сигналов с высокой пропускной способностью алгоритмы приемопередатчика должны быть реализованы в виде специально разработанных цифровых схем на микросхеме FPGA [3].

В статьях [4-9] программно-определяемая радиосвязь (SDR) исследовалась с использованием FPGA для обработки данных. SDR стала очень популярной при формировании системы цифровой связи из-за ее гибкости и преимуществ. Некоторые аппаратные компоненты (модуляторы, смесители, фильтры) SDR были заменены программной реализацией на персональных компьютерах. FPGA используется в качестве аппаратного ускорителя для сложных алгоритмов [5]. Авторы работы [6] применили плату ZedBoard вместе с радиомодулем AnalogDevices FMCOMMS1 для реализации модулятора и демодулятора с квадратурной фазовой манипуляцией. Передача и прием сигналов с помощью IEEE 802.11a, который является простейшим стандартом Wi-Fi, реализованным на отдельной платформе SDR были представлены в работе [7]. Были сравнены различные схемы модуляции для OFDM, включая BPSK, QPSK и 8-PSK. В работе [8] дается обзор исследований на текущем этапе оборудования для SDR. В данной работе предлагается реализация QPSK одной из используемых модуляций для беспроводных технологий. Мы используем RF платформу AnalogDevices AD-FMCOMMS3-EBZ и плату ZedBoard от компании Xilinx. Реализация модели QPSK и результаты исследования приведены следующих разделах.

Методы

В этом разделе описываются экспериментальные методы исследования, принцип работы QPSK приемопередатчика. Приводятся собранные схемы для передачи сообщений по каналу связи. С помощью программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) реализован блок обработки сигналов.

Модель QPSK передатчика и приемника

QPSK передатчик состоит из несколько блоков: генератора битов, QPSK модулятора, фильтра передачи с приподнятым косинусом и передатчика AD936x (Рисунок 1). Блок генерации битов генерирует полезные данные кадра, как показано на рисунке 2. Каждый кадр содержит 200 бит. Первые 26 бит являются заголовком кадра, а остальные 174 бит представляют полезную нагрузку данных.

- 26 бит заголовка 2 раза генерирует 13-символьный код Баркера для использования в качестве преамбулы.
- Первые 105 бит полезной нагрузки соответствуют ASCII-представлению «Helloworld ####», где «####» – повторяющаяся последовательность «001», «002», «003»,..., «099».
- Остальные биты полезной нагрузки являются случайными.

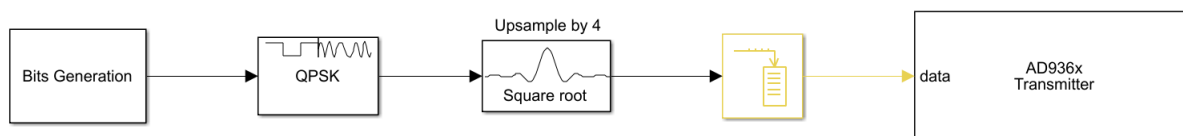


Рисунок 1. Модуль передатчика

Полезная нагрузка скремблируется, чтобы гарантировать сбалансированное распределение нулей и единиц для операции восстановления времени в приемнике.

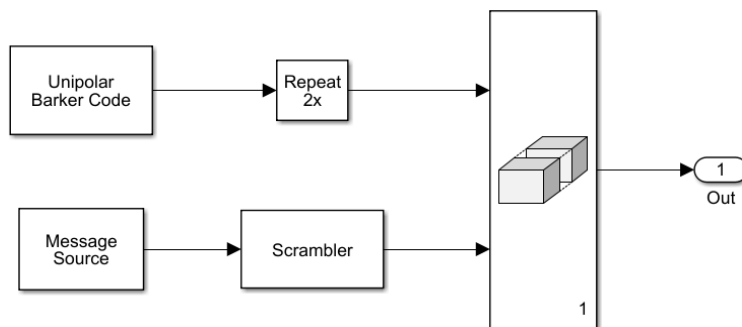


Рисунок 2. Блок генерации битов

Блок QPSK-модулятора модулирует пары битов от выхода блока генерации битов к точкам созвездия QPSK с помощью сопоставления Грея. Блок фильтра с характеристикой типа «приподнятый косинус» выполняет формирование косинусного импульса с поднятым корнем. Он также повышает частоту сигнала основной полосы частот в 4 раза. Блок передатчика Zynq SDR отправляет данные основной полосы частот на оборудование SDR через Ethernet. FPGA отправляет данные основной полосы частот в соответствии с частотой дискретизации AD9361/AD9364, после чего AD9361/AD9364 дополнительно повышает частоту пропускания сигнала на ВЧ и передает его по воздуху.

Структура модели приемника показана на рисунке 3.



Рисунок 3. Модуль приёмника

Подробные структуры блока QPSK Receiver проиллюстрированы на рисунке 4. Блок состоит из следующих элементов: автоматическая регулировка усиления, фильтра передачи с приподнятым косинусом (понижает частоту сигнала основной полосы частоты в 2 раза), грубая частотная компенсация (оценивает приблизительное частотное смещение принятого сигнала и корректирует его), компенсация тонкой частоты (компенсирует остаточное смещение частоты и смещение фазы), Timing Recovery, декодирование данных (выравнивает границы кадра, демодулирует сигнал и декодирует текстовое сообщение).

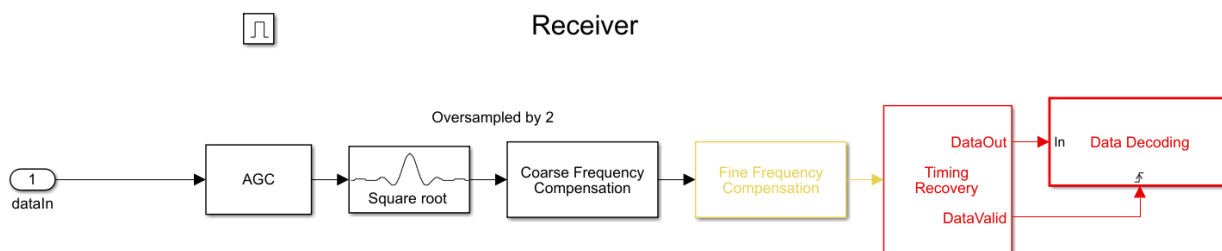


Рисунок 4. Блок приемника QPSK

Результаты и обсуждения

Аппаратная часть состоит из ZedBoard Zynq-7000 ARM/FPGA SoCDevelopmentBoard и AD-FMCOMMS3-EBZ EvaluationBoard (Рисунок 5). Использовались две платы: один в роли передатчика, а другой для приема данных. Для соединения приемо-передатчика использовался Ethernet. Каждому устройству присваивался IP адрес, и находились в одной сети с компьютером. Для стабильной работы передачи и приема данных использовались два компьютера, соединенные первый и второй компьютер к передатчику и к приемнику соответственно.

Передача и прием данных проводились на частоте 5 ГГц.



Рисунок 5. Аппаратная часть приемопередатчика

Было построено сигнальное созвездие для принятого сигнала QPSK (Рисунок 6). Результаты показывают точное распределение по созвездиям. Принятый сигнал QPSK был демодулирован и декодирован в текстовое сообщение. Текстовое сообщение показано на рисунке 7 и идентично к переданному сообщению.

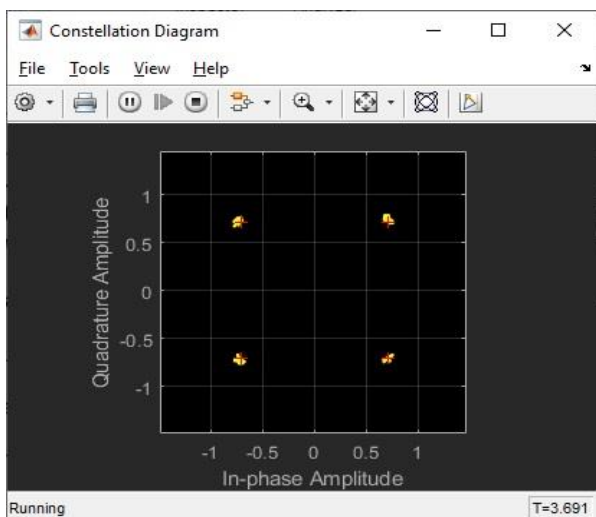


Рисунок 6. Сигнальное созвездие

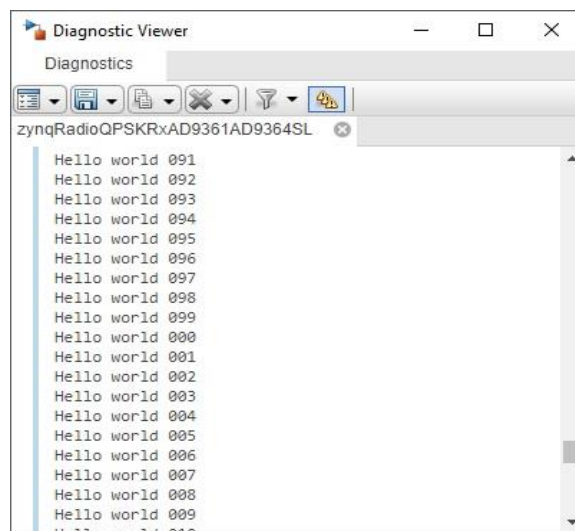


Рисунок 7. Результат принятого сообщения

Результаты показывают о разработанной полноценной радиомодули телекоммуникационных систем последнего поколения на базе SoC. Полученные результаты могут применяться для дальнейшей разработки OFDM модуляции в сетях пятого (5G) и шестого (6G) поколений.

Выводы

Таким образом, разработанный модуль обеспечивает правильную передачу и прием данных. Модуль представляет собой прототип устройства, который может быть модифицирован для разных диапазонов частот в зависимости от встроенной RF платформы.

Данная установка была способна передавать текстовое сообщение с наименьшим количеством ошибок, используя QPSK. Результаты данной работы могут применяться для разработки беспроводных сетей следующего поколения.

Финансирование. Исследование финансировалось Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан, грант AP09058525.

References:

- 1 Liu Y. et al. *Multiband user equipment prototype hardware design for 5G communications in sub-6-GHz band* //IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 2019. – Vol. 67. – №. 7. – P. 2916-2927
- 2 Handagala S., Leaser M. *Real time receiver baseband processing platform for sub 6 GHz PHY layer experiments* //IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 105571-105586
- 3 Scholl S. *The Xilinx Zynq: A Modern System on Chip for Software Defined Radios*. 2016
- 4 Huang H., Xia J., Boumaiza S. *Parallel-Processing-Based Digital Predistortion Architecture and FPGA Implementation for Wide-band 5G Transmitters* //2019 IEEE MTT-S International Microwave Conference on Hardware and Systems for 5G and Beyond (IMC-5G). IEEE, 2019. – P. 1-3
- 5 Rashinkar P. G., Guinde N. *Signal Analysis of Software Defined Radio on Field Programmable Gate Array* // 2018 Second International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT). IEEE, 2018. P. 268-271
- 6 Junior S. B., de Oliveira V. C., Junior G. B. *Software defined radio implementation of a QPSK modulator/demodulator in an extensive hardware platform based on FPGAs Xilinx Zynq* //Journal of Computer Science. 2015. Vol. 11. №. 4. P. 598
- 7 Govekar L. et al. *Physical Layer Implementation of IEEE 802.11 a Using SDR* //2018 2nd International Conference on Micro-Electronics and Telecommunication Engineering (ICMETE). IEEE, 2018. P. 156-161
- 8 Govekar M. L. V., Patil P. C., Rao Y. S. *Evaluation of SDR using open source technology*
- 9 Maheshwarappa M. R., Bowyer M., Bridges C. P. *Software defined radio (SDR) architecture to support multi-satellite communications* //2015 IEEE Aerospace Conference. IEEE, 2015. P. 1-10

МРНТИ 20.01.45, 28.21.19
УДК 371.39, 519.72

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.21>

А.Б. Турдина¹, А.Л. Семенов², А.М. Мубаракوف¹, А.О. Керимбаев^{3*}

¹Л. Гумилев атындағы Евразиялық ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

²М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Мәскеу қ., Ресей Федерациясы

³С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

*e-mail: aibek.kerimbayev@kazatu.kz

АҚПАРАТТАРДЫ ТАСЫМАЛДАУДЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУДАҒЫ КОДТАУ ТЕОРИЯСЫНЫҢ РӨЛІ ЖӘНЕ ОРНЫ

Аңдатпа

Ақпарат теориясының негізгі әдістеріне кодтау және декодтау жатады. Мақалада ақпараттарды кодтау әдісі зерттелген. Мәліметтерді кодтау мынандай үш мәселені шешеді: хабарламаларды құпияландыру; ақпаратты тығыздау (сжатие информации); хабарламалардағы кездейсоқ қателерді табу және түзету. Жұмыста кодтау теориясының бір мәселесі ақпараттарды тығыздау процедурасы жан-жақты қарастырылған. Ақпараттарды тығыздауда қолданылған ең алғашқы кодтық таңбалар – Морзе әліппесі қарастырылған; Бодо және Фано кодтарының ерекшеліктері ашылған; екілік санақ жүйесін ақпараттарды кодтауда және өлшеуде қолдану процедурасы қарастырылған. Сонымен қатар, қазақ тіліндегі сөздер мен сөйлемдерді кодтау мүмкіндіктері зерттелген. Қазақ тіліндегі мәтіндер зерттеліп, сөздерді құрайтын әріптер, тыныс белгілері және цифрлардың мәтінде кездесу жиілігі табылған. Қазақ тілінде берілген хабарламалардағы «артық» ақпараттар мөлшері есептеліп, шамасы нақты анықталды.

Түйін сөздер: кодтау теориясы, ақпаратты тығыздау, Морзе әліппесі, Бодо және Фано коды, артық ақпарат.

Аннотация

А.Б. Турдина¹, А.Л. Семенов², А.М. Мубаракوف¹, А.О. Керимбаев³

¹Евразийский национальный университет им. Л.Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан

²Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, г.Москва, Российская Федерация

³Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г. Нур-Султан, Казахстан

РОЛЬ И МЕСТО ТЕОРИИ КОДИРОВАНИЯ В УЛУЧШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Основные методы теории информации включают кодирование и декодирование. В статье изучен метод кодирования информации. Кодирование сообщений решает три задачи: засекречивание сообщений; уплотнение информации (сжатие информации); обнаружение и исправление случайных ошибок в сообщениях. В работе подробно рассмотрена одна из задач теории кодирования - процедура уплотнения информации. Рассмотрены самые ранние кодовые символы, используемые при уплотнении информации - азбука Морзе; раскрыты особенности кодов Бодо и Фано; рассмотрена процедура использования двойной системы исчисления при кодировании и измерении информации. Кроме того, изучены возможности кодирования слов и предложений в казахском языке. Изучены тексты на казахском языке, найдена частота появления в тексте букв, знаков препинания и цифр. Подсчитано и определено количество «избыточной» информации в сообщениях, переданных на казахском языке.

Ключевые слова: теория кодирования, сжатие информации, азбука Морзе, код Бодо и Фано, избыточная информация.

Abstract

THE ROLE AND PLACE OF CODING THEORY IN IMPROVING THE EFFICIENCY OF INFORMATION TRANSMISSION

Turdina A.B.¹, Semenov A.L.², Mubarakov A.M.¹, Kerimbayev A. O.³

¹L. Gumilev Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

³Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Nur-Sultan, Kazakhstan

The main methods of information theory include encoding and decoding. The article examines the method of encoding information. Message encoding solves three tasks: classifying messages; compacting information (compressing information); detecting and correcting random errors in messages. The paper

considers in detail one of the tasks of the coding theory - the procedure for compacting information. The earliest code symbols used in compacting information - Morse code-are considered; the features of the Bodo and Fano codes are revealed; the procedure of using a binary system of calculus in encoding and measuring information is considered. In addition, the possibilities of encoding words and sentences in the Kazakh language were studied. The texts in the Kazakh language were studied, the frequency of occurrence of letters, punctuation marks and numbers in the text was found. The amount of "redundant" information in the messages transmitted in the Kazakh language has been calculated and clearly defined.

Keywords: coding theory, information compression, Morse code, Bodo and Fano code, redundant information.

Кіріспе

Кодтау теориясы ақпараттық теориямен тығыз байланысқан және математика мен компьютерлік ғылымдардың құрамына кіреді. Мәліметтерді кодтаудың негізгі үш бағыты бар: 1) хабарламаларды құпияландыру; 2) ақпаратты тығыздау (сжатие информации); 3) хабарламалардағы кездейсоқ қателерді табу және түзету. Біз бұл мақалада ақпараттарды *тығыздаудағы* кодтау әдістерінің қолданылу аспектілерін қарастырамыз. Ақпаратты тығыздау арқылы хабарламаларды байланыс каналдары арқылы үнемді және тиімді тасымалдауға болады.

Ақпараттық энтропияның формуласы ашылған соң оның қолданбалы жағын дамыту басталды [1]. Аталған формула ақпаратты тасымалдауға қажетті кодтарды зерттеу кезінде жан-жақты қолданыс тапты. Кодтау процедурасы мәліметті немесе хабарды байланыс каналдары (телеграф, телефон, радио, теледидар және т.б.) арқылы тасымалдау мәселесін шешу кезінде пайда болды. Мұндағы кодтаудың негізгі мақсаты ақпаратты құпияландыру емес, хабарды тасымалдауды тез, ыңғайлы және сенімді ету еді. Осы мақсатқа арналған код жасайтын құрылғы хабарламадағы әрбір символды, немесе тұтас бір сөз немесе фразаны белгілі бір сигналдар комбинациясына айналдыра алады. Осы сигналдар комбинациясын *код* немесе *кодтық сөз* деп атайды. Ал хабарды сигналдардың тізбегіне айналдыру операциясы *кодтау* (кодирование) деп, ал кері операцияны, яғни қабылданған сигналдарды бастапқы хабар қалпына келтіру операциясын – *декодтау* (декодирование) деп атайды [2-3].

Бұдан байқайтынымыз, мәліметтерді немесе хабарларды әр түрлі кодтық сөздермен таңбалауға болады. Егер олай болмаса кодтық сөздер көмегімен жеткен хабарды қалпына келтіре алмас едік.

Зерттеу әдіснамасы және нәтижелері

Хабарды тасымалдауға арналған ең бірінші код – Морзе әліппесі болып табылады. «Морзе әліппесі» үштік кодқа жатады. Бұл код бойынша әрбір әріпке немесе цифрға паузамен бөлінген электр тогының қысқа (нүкте) және ұзақтау (сызықша) импульстерінің, сигналдар арасындағы ұзын пауза (әріптер арасын бөледі) және екі есе ұзын пауза (сөздер арасын бөледі) өзіндік тізбектері сәйкес келеді.

Кейінірек телеграфта тек импульс пен паузадан тұратын екі элементар сигналдар (Бодо коды) кең түрде қолданыла бастады. Бұл екі сигналдың ұзақтығы бірдей. Бодо коды бойынша әрбір әріпке немесе тыныс белгісіне бес осындай сигналдан тұратын өзіндік кодтық сөз сәйкес келеді. Екі әр түрлі екі элементар сигналдан ғана тұратын код – екілік деп аталады. Мұнда кодтық сөзді тек 0 және 1 символдарымен белгілеуге болады. Екілік кодының мағынасын толық түсіну үшін мынандай мысалды қарастырайық.

Мысал 1. Бір адам 0 және 7 арасындағы бір санды ойласын (Бұл аралықта 8 сан бар). Осы санды табушы екінші адамға «иә» немесе «жоқ» деген сөздерден тұратын ғана жауап алатын сұрақтар қою керек. Ойланған санды тезірек табу үшін сұрақтарды қалайша қою керек.

Ең қарапайым жол – сәттілікке үміт артып, сандардың бәрін кез-келген тәртіппен айтып шығуға болады. Бұл жағдайда егер сәттілік болса – бір сұрақтан кейін ойланған сан табылады, ал егер сәтсіздік тосып тұрса онда 7 сұрақ қойып ғана санды табуға болады. Сәттілікті күтпей сұрақты тиімді түрде беруге тырысайық. Тиімді сұрақтар жүйесі көмегімен «иә» немесе «жоқ» деген жауаптар көмегімен ойланған сан жөнінде көбірек ақпарат алуға тырысайық. Мысалы, бірінші сұрақты былай қойсақ: Ол сан 0 мен 3 тің арасында ма? «Иә» немесе «жоқ» жауаптарының екеуі де бізді мақсатқа бірдей жақындатады. Ол санды табудың 4 мүмкіндігі қалады.

Егер бірінші сұраққа қанағаттанарлық жауап алсақ, мынандай сұрақ қоюға болады: ол сан 0 немесе 1 саны ма? Егер бірінші сұраққа теріс жауап алсақ онда мынандай сұрақ қойылуы мүмкін: ол

сан 4 не 5 пе? Екінші сұрақ қойылғаннан кейін қандай жағдай болсын санды табудың 2 мүмкіндігі қалады. Енді осы санды табу үшін бір сұрақ қойсақ жеткілікті. Сонымен ойланған санды табу үшін ең аз дегенде 3 сұрақ қойсақ жеткілікті. Ал бұдан аз сұрақ жеткіліксіз екенін дәлелдеуге болады.

Егер «иә» немесе «жоқ» деген мүмкін жауаптарды 0 және 1 символдарымен белгілесек, онда сұраққа алынған жауаптар нөл және бірдің тізбегі түрінде жазылады. Мысалы, ойланған сан 0 болса, онда алынатын үш жауап «иә» болады. Үш «иә» 000 тізбегіне сәйкес келеді.

Егер ойланған сан 3 болса, онда жауаптар «иә», «жоқ», «жоқ» болады. Демек 3 санына 011 тізбегі сәйкес келеді. Жауаптардың нәтижелері бойынша төмендегі кестені толтырамыз.

Кесте 1. Белгілі бір мәліметті табу кезіндегі жауаптарды 0 және 1 символдарымен таңбалау

Ойланған сан	0	1	2	3	4	5	6	7
Жауаптар	000	001	010	011	100	101	110	111

Екінші жағынан, бұл кестеден ондық позициялы санау жүйесі және екілік позициядағы санау жүйесі арасындағы сәйкестік кестесін көріп отырмыз. Сонымен қатар мынаны байқау қиын емес: 0 және 7 арасындағы сандардың жиынының орнына 8 хабардан тұратын жиынды ұзындығы 3 ке тең және 0 мен 1 ден тұратын тізбекпен кодтауға болатыны көрініп тұр. Егер мұнан да ұзын екілік тізбекті пайдалансақ, онда кез-келген хабарлар жиынын кодтауға болады.

Шындығында, ұзындығы 3 ке тең екілік тізбектің саны $2^3=8$ (олардың барлығы таблицада келтірілді), ұзындығы 4 ке тең екілік тізбектің саны екі есе көп $2^4=16$. Сонымен, ұзындығы n ге тең екілік тізбектің саны 2^n . Сол себепті, 125 хабарды 0 және 1 арқылы кодтау керек болса, ол үшін ұзындығы 7 ге тең екілік тізбектері артығымен жетеді (біздің қарамағымызда $2^7 = 128$ бар). Соңғы мысалдан мынаны түсіндік: M хабарды $2^n \geq M$ немесе $n \geq \log_2 M$ болғанда ғана ұзындығы n болатын екілік тізбекпен кодтауға болады.

Хабарды, мәліметті кодтауды терең түсіну үшін мына мысалды қарастырайық.

2 мысал. Белгілі бір мемлекетте автомобильдердің номері 7 символдан тұрады. Бұл символдар бас әріптерден (26 әріп) және кез-келген тәртіппен жазылатын ондық позициядағы цифрдан тұрады. Әрбір символ бірдей және неғұрлым аз битпен кодталған. Ал әрбір нөмір бірдей және неғұрлым аз байтпен кодталған. Осы автомобильдердің номері компьютерге енгізілген. Мемлекетте шамамен 2 миллиондай жеңіл автомобиль бар. Осы автомобильдердің номерін сақтауға бір компьютердің жадысының көлемі жеткілікті ме?

1) 26 әріп + 10 цифр = 36 символ қолданылады.

2) 36 вариантты кодтау үшін 6 бит ақпарат керек, өйткені $2^5=32 < 36 \leq 2^6=64$, яғни 5 бит жетпейді (онымен 32 вариантты кодтауға болады).

3) Сонымен әрбір символға 6 бит ақпарат керек (ең аз ақпарат мөлшері)

4) Толық нөмір 7 символдан тұрады, олардың әрқайсысына 6 бит ақпарат қажет, демек бір нөмірге $6 \times 7=42$ бит ақпарат керек.

5) Тапсырма шарты бойынша әрбір нөмір байттың бүтін сандарымен кодталады (бір байтта 8 бит бар), сондықтан бір нөмірге 6 байт ақпарат мөлшері қажет ($5 \times 8=40 < 42 \leq 6 \times 8=48$), ал бес байт жетпейді, ал алты – ең аз ақпарат мөлшері

6) 2 миллион номерге $20 \times 6=120$ байт $2 \times 10^6 \times 6=1,2 \times 10^7$ байт = 12 Мбайт ақпарат мөлшерін компьютер жадысынан бөлу керек.

7) Компьютер жадысының көлемі жеткілікті.

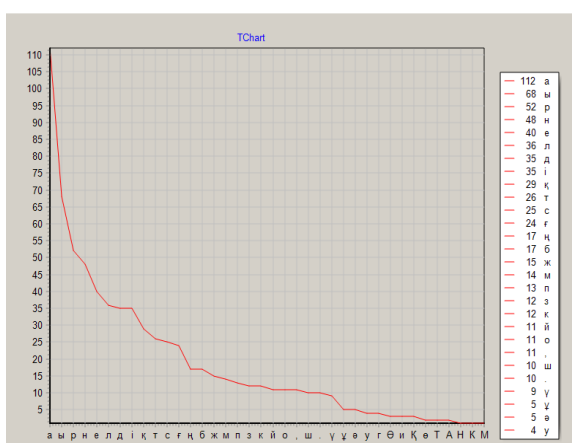
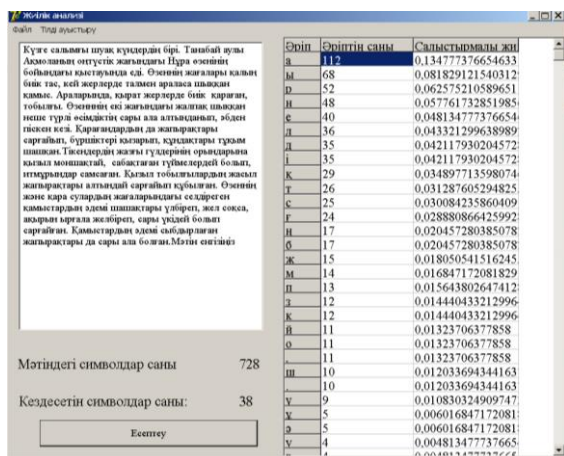
Қазақ тіліндегі хабарламаны кодтау мәселесі. Қазақ тілінде 42 алфавит бар. Сонымен қатар 9 тыныс белгілері және 10 цифр хабар болады. Сонда 61 түрлі элементтер мәтінде кездеседі. Осы элементтердің барлығы тең ықтималдықты деп алсақ, және оларды 0 және 1 символдарымен белгілесек ($2^6 = 64$) ұзындығы 6 ға тең 64 екілік тізбек жеткілікті. Яғни 6 бит ақпарат жеткілікті. Ал мәтін n әріптен тұрса, онда $6n$ бит информация кодталған мәтінді тасымалдауға жеткілікті.

Қазақ тіліндегі 61 түрлі элементтің ақпараттық энтропиясы $\log_2 61 = 5,9312$ битке тең. Бұл шама 6 биттан аз. Сонымен қатар, қазақ тіліндегі алфавиттердің, тыныс белгілерінің және цифрлардың қолданылу жиілігі де әр түрлі, яғни тең емес ықтималдық жағдайында болады. Мысалы «а» әрпінің мәтінде пайда болу ықтималдығы 0,091 болса, «h» әрпінің пайда болу ықтималдылығы 0,007 ге тең.

Демек, Бодо кодын қолдансақ информацияның байланыс каналымен тасымалдануы үнемді болмауы мүмкін. Бұл жағдайда шеннондық информация ең үлкен шамада болады. Сондықтан, жиілігі үлкен элементтерді (мысалы, «а» әрпі) сипаттайтын кодтың ұзындығы аз, ал сирек пайда болатын элементтердің («һ» әрпі) коды ұзын болуға тиіс. Нәтижесінде кодтық мәтін орташа алғанда қысқа болады, ал оны байланыс каналдарымен тасымалдауға аз уақыт кетеді.

Осы бір қарапайым идеяны бірінші рет американдық инженер Морзе қолданған еді. Ол өзінің әліппесін жасау үстінде типографияға барып, дайын әріптердің және тыныс белгілерінің литерлерін санаған. Қай әріптің литерлері ұяшықта көп болса (бұл әріптер мәтінде жиі кездеседі), осы әріп үшін кодты қысқа жасаған, ал сирек кездесетін әріп үшін код ұзын болған. Мысалы, орыс тіліндегі Морзе әліппесінде пайда болу ықтималдығы үлкен «е» әрпі үшін – нүкте, ал «ц» әрпіне төрт символдың тізбегін берген.

Қазақ тілінің әріптерінің мәтіндердегі кездесу ықтималдықтарын табу мақсатында кешенді тәжірибе жасалды. 500-1000 сөзден тұратын бірнеше мәтін жасалды. Әр мәтін қазақ әдебиетінің нақты бір жанрына тиесілі болды. Мынандай жанрлар қамтылды: ертеке, әңгіме, повесть немесе роман, өлең және поэма, ғылыми-техникалық мәтін және т.б. Әрбір мәтіндегі әріптердің жиілігін табу процесін автоматтандыру мақсатында Delphi ортасында арнаулы бағдарлама жасалды. 1а суретте осы бағдарламаның интерфейсі көрсетілген [4]. Ал сурет 1б да әр әріптің мәтінде кездесу ықтималдылығы арасындағы байланысты сипаттайтын график берілген.



а)

б)

Сурет 1. Delphi ортасында жасалған бағдарлама және әрбір әріптің және тыныс белгілерінің мәтінде кездесу ықтималдылығының графигі

2 кестеде жасалған кешенді тәжірибенің нәтижесі көрсетілген. Кестеде тек әріптердің мәтінде пайда болу ықтималдылығын ғана есептедік.

Кесте 2. Қазақ тілінің алфавиттерінің мәтіндердегі кездесу ықтималдықтары

№	Әріп	Әріп жиілігі	№	Әріп	Әріп жиілігі	№	Әріп	Әріп жиілігі	№	Әріп	Әріп жиілігі
1	а	0,1371	11	і	0,0436	21	з	0,0166	31	ю	0,0018
2	ы	0,0783	12	б	0,0312	22	п	0,0127	32	х	0,0056
3	е	0,0631	13	д	0,0307	23	ұ	0,0124	33	һ	0,0002
4	т	0,0616	14	к	0,0278	24	ң	0,0109	34	ғ	0,0002
5	л	0,0543	15	м	0,0251	25	г	0,0108	35	ф	0,0001
6	и	0,0500	16	ш	0,0250	26	ү	0,0107	36	щ	0,0001
7	қ	0,0488	17	ғ	0,0201	27	ө	0,0098	37	э	0,0001
8	р	0,0487	18	й	0,0192	28	и	0,0090	38	ь	0,0000
9	у	0,0486	19	ж	0,0178	29	ә	0,0059	39	ц	0,0000
10	с	0,0478	20	о	0,0166	30	я	0,0030	40	ъ	0,0000

Тиімді кодтау әдістерін талдау. Сонымен, қазақ мәтініндегі әрбір элементтің (әріп, тыныс белгісі, цифр) пайда болу ықтималдықтарын ескере отырып олардың кодын жасасақ, онда n әріптен тұратын мәтінді тасымалдау үшін bn бит ақпарат емес, мысалы $5n$ бит ақпарат қажет болуы мүмкін. Бұл үшін Бодо кодына қарағанда үнемді болатын код жасау керек. Міне осы шарттарды Р.Фано коды орындай алады. Фано коды бойынша байланыс каналдарымен тасымалданатын хабарламаларда оның әрбір элементін оның мәтінде пайда болу ықтималдықтарын ескере отырып жасалған. Нәтижесінде хабардың тасымалдануы тез, ыңғайлы және сенімді болды. Хабардың ақпараттық энтропиясы ең аз шамаға дейін төмендеген [5,6].

Мысал 3. A_1, A_2, A_3, A_4 қазақ тіліндегі хабарламалардың ықтималдықтары $P(A_1) = 1/2, P(A_2) = 1/4, P(A_3) = P(A_4) = 1/8$ болсын. Бұл мәліметтерді былай түсіну керек: 1000 хабарламалар жасалған соң 500 рет A_1 хабарлама пайда болады, 250 рет A_2 - хабарлама, ал A_3 және A_4 хабарламалардың әрқайсысы 125 рет пайда болады. Бұл хабарламаларды Бодо әдісімен кодтаймыз:

Кесте 3. Бодо әдісімен ықтималдықтары әр түрлі хабарламаларды 0 және 1 символдарымен таңбалау

A_1	A_2	A_3	A_4
00	01	10	11

Бодо әдісімен кодтау кезінде барлық хабарламаларға бірдей ұзындықтағы код берілген (бірқалыпты код). Бірақ мұндай кодтау кезінде хабарламаның пайда болу ықтималдығы есепке алынбайды. Кодтауды басқаша жасаймыз. Хабарламаларды екі ықтималдықтары бірдей топтарға бөлеміз: бірінші топқа A_1 хабарлама, ал екінші топқа A_2, A_3, A_4 хабарламалар жатады. Бірінші топты 0, ал екіншісін 1 символымен белгілейміз (Кесте 4). Кестенің екінші графасына әр хабарламаның ықтималдықтары енгізілген.

Кесте 4. Хабарламаларды ықтималдықтары бірдей екі топқа бөлу процедурасы

A_1	1/2	0		
A_2	1/4	1	0	
A_3	1/8		1	0
A_4	1/8			1

Сонымен қатар, A_2, A_3, A_4 хабарламалар да ықтималдықтары бірдей екі топқа бөлінген. Сол сияқты, A_3, A_4 хабарламалар да ықтималдықтары бірдей екі топқа бөлінген. «Хабарлама бірінші топқа жатады ма?» сұрағына 0 символы, немесе «иә» жауабы сәйкес келеді, 1 символы немесе «жоқ» жауабына сәйкес болады.

A_1 хабарламасы талдаудың бірінші адымында ақ «жеке топ» жасап алды. Және оған 0 символы берілді және осы таңба хабарламаның коды болады. Талдаудың екінші адымында A_2 хабарламасы жеке топқа көшті: бірінші адымда хабарлама 1 символына ие болса, екінші адымнан кейін 0 символын алды. Сондықтан бұл хабарламаны 10 таңбасымен кодтаймыз. A_3 және A_4 хабарламалар үшін сәйкесінше 110 және 111 кодтарын береміз. Нәтижесінде төмендегідей кесте жасаймыз.

Кесте 5. Фано әдісімен ықтималдықтары әр түрлі хабарламаларды 0 және 1 символдарымен таңбалау

A_1	A_2	A_3	A_4
0	10	110	111

5 кестеде берілген кодтау әдісін американдық математик Фано ұсынған еді. Фано әдісімен кодтау кезінде барлық хабарламалардың ұзындықтары олардың ықтималдықтарына сәйкес әр түрлі болады (бірқалыпсыз код). Ықтималдылығы үлкен хабарламаның ұзындығы аз, ал ықтималдылығы үлкен болса ұзын болады. Бодо кодымен салыстырғанда Фано кодының артықшылығы бар. Осы артықшылықты түсіну үшін мынандай мысалды қарастырайық. 1000 хабарды байланыс каналы

арқылы тасымалдау керек. Осы 1000 хабар ішінде A_1 хабар 500 рет, A_2 хабар 250 рет, A_3 және A_4 хабарлар 125 реттен пайда болады. Алдымен ұзындығы екіге тең біркелкі Бодо кодын қолдансақ, онда 2000 екілік символды тасымалдауға тура келеді. Енді Фано кодын қолданамыз. A_1 хабарды бір символмен, A_2 хабарды екі символмен, ал A_3 және A_4 хабарларды 3 символмен кодтаймыз. Сонда жалпы кодтауға жұмсалған символдың саны $500+2\cdot 250+(3\cdot 125+3\cdot 125)=1750$ символ. Әркілі Фано кодын пайдалана отырып хабарды байланыс каналы арқылы тасымалданғанда уақыттың сегізден бір бөлігін үнемдедік.

Осы мысалдардан біз мынандай қорытынды жасаймыз: біркәлыпсыз кодтың үнемділігі немесе тиімділігін жеке кодтық таңбалардың ұзындығы емес, олардың «орташа» ұзындығы \underline{l} сипаттайды. Біркәлыпсыз кодтың орташа ұзындығы мынандай теңдеумен сипатталады:

$$\underline{l} = \sum_{i=1}^N l_i P(A_i)$$

Мұндағы l_i – A_i хабарламаның кодтық таңбасының ұзындығы, $P(A_i)$ – A_i хабарламаның ықтималдығы, N – хабарламаның жалпы саны. Ең үнемді кодтың орташа ұзындығы минимал шама болу керек. Енді 4 кестеде берілген біркәлыпсыз кодтың орташа ұзындығын табайық.

$$\underline{l} = 1 \times 0,5 + 2 \times 0,25 + 3 \times 2 \times 0,125 = 1,75$$

3 кестедегі қарастырылған біркәлыпты кодтың орташа ұзындығы $\underline{l} = 2$

«Артық» ақпарат ұғымы және оның кодтау амалындағы орны. Біз жоғарыда хабарға енетін белгілер тең емес ықтималдықта болса, онда оның ақпараттық энтропиясы азаятынын айтып кеткенбіз. Шеннон салыстырмалы ақпаратты енгізді. Ол H_1/H_m шамаға тең. Мұндағы H_1 хабар арқылы жеткен информация мөлшері, ал H_m хабарды құрайтын барлық белгілер тең ықтималды болған жағдайда хабармен жететін ақпарат мөлшері. Егер белгілер саны n болса $H_m = \log_2 n$ болады. Ал салыстырмалы информацияны бір санына толықтыратын R шаманы «артық» ақпарат деп атады.

$$R = 1 - \frac{H_1}{H_m}$$

Кейбір тілдердегі артық ақпарат қазіргі уақытта анықталып отыр: француз тілінде 55% артық ақпарат бар, ал орыс тілінде артық ақпарат 50%-ті құрайды. Тілдегі артық ақпарат канал арқылы тасымалданатын хабардың кодының ұзын болуына әкеліп соғады, дегенмен тілдің бұл қасиетінің арқасында хабар беру кезіндегі қателіктер де аз болады. Жюль Верннің «Капитан Гранттың балалары» атты романының кейіпкерлерінің бастан кешкен қилы оқиғаларының сәтті аяқталуы да тілдегі артық ақпараттың бар болуына да байланысты [7]. Қазақ тіліндегі артық ақпаратты анықтау барысында жүргізген кешенді зерттеуіміздің нәтижесінде тіліміздегі артық ақпарат 60%-ті құрайтынын анықтадық. Төмендегі 10% грамматикалық белгілері алынып тасталған мәтін берілген. Сонда да осы хабарды оқып шығуға және түсінуге болады.

Мұғалім: Асқар, айтышы, егер бір қосу бір екі, ал екі қосу екі төрт, ал төрт қос төрт қанша болады ?

Асқар: Бұл әділетсіздік, мұғалім. Басқа оқушыларға оңай сұрық қоясыз, ал маған тек қиын сұрақтар ғана қалады.

Әр түрлі жанрларды қамтитын 50 мәтін жасалды. 40%, 50%, 55% және 60% белгілері алып тасталған және 300-500 белгілерден тұратын тапсырмаларды мектептің 11 сынып оқушылары мен жоғары оқу орны студенттеріне бердік. Алғыр оқушылар мен талантты студенттердің аз тобы 60 пайыз мөлшердегі әріптері жетпейтін тапсырмаларды орындап шықты.

Шындығында, әр түрлі қателікке толы мәтінді қиналмай-ақ оқып және мағынасын түсініп алатынымыз да тілдегі артық ақпараттың болуына тікілей байланысты.

Қазіргі кезде ғалымдар үнемділік мақсатында тілдегі артық ақпаратты түгел алып тастамай белгілі бір шекке дейін азайтып, хабар тасымалдаудың тиімді жағдайын жуық болса да тауып отыр [8]. Қазіргі уақытта хабарда кетіп қалған қателерді тауып алатын және оны түзететін арнайы кодтар негізінде жұмыс істейтін автоматтандырылған жүйелер пайда болды. Олардың жұмыс істеу принципі тілдердегі артық ақпарат факторына негізделген.

Қорытынды

Әлемдік қоғамдастық ақпараттық кезеңге аяқ басып отырған жағдайда ақпараттың қоғамдық қарым-қатынастағы, экономикадағы және ғылымдағы рөлі және орны ерекше болып отыр. «Кім ақпараттың иесі болса, ол барлық дүниенің иесі» түрінде айтылған қанатты сөздің мағынасымен қазір ешкім дауласа алмайды.

Математика және компьютерлік ғылымдардың үлкен салаларының бірі ақпарат теориясының негізін құрайтын орташа ақпаратты өлшеуге арналған теңдеудің (Шеннон теңдеуі) хабарламаларды тығыздау мақсатында кодтау процедурасын зерттей отырып төмендегідей нәтижелер алдық:

- Кодтау технологиясының ақпараттарды тасымалдаудағы рөлі мен орны анықталды;
- Қазақ тіліндегі әріптердің мәтінде пайда болу жиілігі (ықтималдығын) есептелді;
- Мәтінді құрайтын элементтерді үнемді түрде кодтауда және байланыс каналдарымен тиімді тасымалдау мәселесін шешуде орташа ақпаратты өлшеуге арналған теңдеу қолданылды;
- Қазақ тіліндегі артық ақпаратты анықтауға арналған зерттеу жасалды.

Алынған теориялық және практикалық нәтижелерді математикада, информатикада, қазақша жазылған мәтіндерді кодтау үдерісінде пайдалануға болады. Алдағы уақытта кодтау теориясының басқа салаларын, атап айтқанда қазақша хабарламаларды құпияландыру және хабарламалардағы кездейсоқ қателерді табу және түзету мәселелерін зерттеуді мақсат қойып отырмыз.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. 830 с.
- 2 Вернер М. Основы кодирования. М.: Техносфера, 2004. 288 с.
- 3 Хэмминг Р.В. Теория кодирования и теория информации. М.: Радио и связь, 1983. 176 с.
- 4 Мукушев Б.А., Турдина А.Б., Мукушев С.Б. Компьютерный метод определения относительных частот букв казахского, русского и английского языков (программа для ЭВМ). Авторское свидетельство. Астана: Министерство юстиции Республики Казахстан. №874. 21 июня 2012 г.
- 5 Жанабаев З.Ж., Мукушев Б.А., Турдина А.Б., Мукушев С.Б. Использование информационной энтропии при контроле учебной деятельности обучающегося // Информатика и образование. - 2008. - №10. - С.120-123.
- 6 Mukushev B.A., Zheldybaeva B.S., Musatayeva I.S., Mukushev B.A., Kariev K.U., Turdina A.B. Formation of the scientific worldview in schoolchildren based on the inclusion of synergetic ideas in the content of education // Integratsiyaobrazovaniya Integration of education. 2018. T.22, No. 4. Pp. 632-646.) DOI: 10.15507/1991-9468.093.022.201804.632-647.
- 7 Урок-исследование «Поиск информации по различным информационным источникам» https://urok.pf/library/urokissledovanie_poisk_informatcii_po_razlichnim_inf_201450.html
- 8 Шавенько Н.К. Основы теории кодирования и сжатия сообщений: учебно-методическое пособие. М.: МИИГАиК, 2020. 87 с.

References:

- 1 Shannon K. (1963) Raboty po teorii informacii i kibernetike [Works on information theory and cybernetics. M.: Publishing House of Foreign Literature]. 830. (In Russian)
- 2 Werner M. (2004) Osnovy kodirovaniya [Fundamentals of coding]. M.: Technosphere. 288. (In Russian)
- 3 Hamming R.V. (1983) Teoriya kodirovaniya i teoriya informacii [Coding theory and information theory]. M.: Radio and Communications. 176. (In Russian)
- 4 Mukushev B.A., Turdina A.B., Mukushev S.B. (2012) Komp'yuternyj metod opredeleniya otositel'nyh chastot buk v kazahskogo, russkogo i anglijskogo yazykov (programma dlya EVM) [Computer method for determining the relative frequencies of letters of Kazakh, Russian and English languages (computer program)]. Copyright certificate. Astana: Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan. No.874. 2012 (In Russian)
- 5 Zhanabaev Z.Zh., Mukushev B.A., Mukushev S.B., Turdina A.B. (2008) Ispol'zovanie informacionnoj jentropii pri kontrole uchebnoj dejatel'nosti obuchajushhegosja [The use of information entropy in the control of educational activity of a student]. Informatika i obrazovanie. №10, 120-124. (In Russian)
- 6 Mukushev B.A., Zheldybaeva B.S., Musatayeva I.S., Mukushev B.A., Kariev K.U., Turdina A.B. (2018) Formation of the scientific worldview in schoolchildren based on the inclusion of synergetic ideas in the content of education. Integratsiyaobrazovaniya, Integration of education. T.22, No. 4. 632-646. DOI: 10.15507/1991-9468.093.022.201804.632-647.
- 7 Urok-issledovanie «Poisk informacii po razlichnym informacionnym istochnikam» [Lesson-research "Search for information on various information sources"]. https://urok.pf/library/urokissledovanie_poisk_informatcii_po_razlichnim_inf_201450.html (In Russian)
- 8 Shavenko N.K. (2020) Osnovy teorii kodirovaniya i szhatiya soobshchenij [Fundamentals of the theory of encoding and compression of messages: uchebno-metodicheskoe posobie] an educational and methodological manual. M.: MIIGAİK. 87. (In Russian)

МРНТИ 20.01.45
УДК 004.89

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.22>

Н.Т. Шындалиев¹, А.С. Тастанова^{1}, Л.А. Жанбаева²*

¹*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан*

²*Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

**e-mail: ainur_tas@mail.ru*

ДЕРЕКТЕРДІ ӨНДЕУДЕ СТАТИСТИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРДІ ҚОЛДАНУ

Аңдатпа

Мақалада машиналық оқытудың көмегімен медициналық университеттерде деректерді өңдеудің статистикалық әдістерін жетілдірудің Халықаралық және отандық тәжірибесіне теориялық шолу ұсынылған. Медициналық-биологиялық эксперименттердің нәтижелерін және күнделікті медициналық практика деректерін статистикалық өңдеулер күрделі болғандықтан, науқастың немесе аурудың жағдайын зерттеу кезінде жаңа ғылыми гипотезалардың орнатылуы және заңдылығы диагностикалық мақсат ретінде статистикалық талдаудың әдістері мен кезеңдеріне негізделген статистикалық бағдарламалар көрсетілген. Кәсіптік практикадағы болашақ маман ретінде медициналық білім беру студенттері үшін биостатистиканы зерттеу эксперименттік мәліметтер мен бақылауларды талдауға арналған, статистиканың негізгі әдісі абстракция болса, онда медицинада белгілі бір ауруды емдеу қарастырылады. Статистикалық технологияларды қолдана отырып мәліметтерді жинақтау және бақылау нақты аурудың негізі болып табылады, оны қалай қолдану керектігі көрсетілген.

Түйін сөздер: Машиналық оқыту, статистика, көрнекі медициналық статистика, деректерді өңдеу, SPSS Statistics, Jamovi, MS Excel.

Аннотация

Н.Т. Шындалиев¹, А.С. Тастанова¹, Л.А. Жанбаева²

¹*Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г.Нур-Султан, Казахстан*

²*Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан*

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ

В статье представлен теоретический обзор международного и отечественного опыта совершенствования статистических методов обработки данных в медицинских вузах с помощью машинного обучения. Поскольку статистические обработки результатов медико-биологических экспериментов и данных ежедневной медицинской практики сложны, установление и правомерность новых научных гипотез при изучении состояния больного или заболевания в качестве диагностической цели выступают статистические программы, основанные на методах и этапах статистического анализа. Для студентов медицинского образования, как будущих специалистов в профессиональной практике, изучение биостатистики предназначено для анализа экспериментальных данных и наблюдений, если основным методом статистики является абстракция, то в медицине рассматривается лечение того или иного заболевания. Сбор и контроль данных с использованием статистических технологий является основой конкретного заболевания.

Ключевые слова: Машинное обучение, статистика, наглядная медицинская статистика, обработка данных, MS Excel, SPSS Statistics, Jamovi.

Abstract

APPLICATION OF STATISTICAL METHODS IN DATA PROCESSING

Shendaliev N.T.¹, Tastanova A.S.¹, Zhanbayeva L.A.²

¹*Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Almaty, Kazakhstan*

²*Abai Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

The article presents a theoretical overview of International and domestic experience in improving statistical methods of data processing in medical universities with the help of machine learning. Since statistical processing of the results of biomedical experiments and data from daily medical practice is complex, the establishment and validity of new scientific hypotheses in the study of a patient's condition or disease as a diagnostic goal are statistical programs based on methods and stages of statistical analysis. For students of medical education, as future specialists in professional practice, the study of biostatistics is intended for the analysis of experimental data and observations, if the main method of statistics is abstraction, then the treatment of a particular disease is considered in medicine. Data collection and control using statistical technologies is the basis of a specific disease.

Keywords: machine learning, statistics, visual medical statistics, data processing, MS Excel, SPSS Statistics, Jamovi.

Кіріспе

Қазіргі таңда заманауи ақпараттық технологиялар әртүрлі салалар бойынша белсенді қолданылуда. Машиналық оқыту - информатика мен статистиканы біріктірудің үздіксіз процесі болып табылады және ол қазіргі заманғы денсаулық сақтау дамуындағы медицинаның көптеген салаларында нақты шешім қабылдауда ақпараттық технологияларды кеңінен қолданады. Медицинада машиналық оқыту ауруларды диагностикалау мен дәрі-дәрмек дизайны мәселелерін шешу үшін, сонымен қатар жеке медицинада пациенттердің деректерін анонимизациялау үшін қолданыла бастады. Статистика дегеніміз - бұл қоғам өмірінің сандық заңдылықтарын сипаттайтын статистикалық ақпаратты жинауға, өңдеуге және талдауға бағытталған практикалық қызметтің белгілі бір түрі деп айтуға болады; жаппай сандық деректерді жинау, өлшеу және талдаудың жалпы мәселелерін қарастыратын білім саласы. Статистика-бұл эксперименттік мәліметтер мен популяцияны зерттеу нәтижелерін талдау құралы; бұл зерттеуші алынған нәтижелерді жеткізетін және медициналық-статистикалық ақпаратты түсінетін тіл; бұл дәлелді медицинаның элементі; бұл басқарушылық шешімдерді негіздеуге арналған ақпараттық қор болып табылады [1].

Медициналық зерттеулер деректерінің математикалық-статистикалық сипаттамасы және жүргізілетін профилактикалық, диагностикалық және емдік іс-шаралардың тиімділігін сипаттайтын шамалар айырмашылығының маңыздылығын бағалау дәлелді медицина үшін негіз болып табылады. Дәлелді медицинаның негізгі қағидаларына белгілі бір науқас үшін клиникалық зерттеулердің таңдамалық нәтижелерін қолдану жатады. Осыған байланысты, көптеген зерттеулердің мақсаты кейіннен зерттеудің кез-келген саласы туралы ақпарат алуға көмектесетін мәліметтер жинау болып табылады. Деректер әрқашан бір немесе бірнеше айнымалыларды (науқастың жынысы, жасы, бойы және т.б.) бақылауға негізделген. Айнымалыларға өзгеруге қабілетті сандық көрсеткіш жатады. Мысал ретінде ерекше ауруы бар науқастар туралы клиникалық және демографиялық ақпарат жайындағы мәліметтер болуы мүмкін. Бұл оларды қолданудың негізділігінің қатаң дәлелдерін талап етеді, сонымен қатар олар науқастардың қанша пайызына және қаншалықты дәрежеде көмектесетінін көрсету керек. Сондықтан бұл деректерді статистикалық талдау әдістерін қолдана отырып алуға болады [2].

Осыған байланысты статистикалық бағдарламаларды пайдалану статистикалық талдаудың негізгі әдістері мен кезеңдерін білуді қамтиды: олардың реттілігі, қажеттілігі мен жеткіліктілігі. Статистика статистикалық әдістерді құрайтын формулалардың егжей-тегжейлі көрсетілуіне ғана емес, олардың мәні мен STATISTICA, StatSoft, Inc Spss және Jamovi бағдарламаларын қолдану ережелеріне назар аударады. Медициналық зерттеулерді статистикалық өңдеу кездейсоқ іріктеу үшін дұрыс болса, онда осы таңдама алынған бас жиынтық (популяция) үшін де дұрыс деген қағидаға негізделген. Алайда, бас жиынтықтан нақты кездейсоқ таңдаманы таңдау немесе теру өте қиын. Сондықтан таңдаманың зерттелетін популяцияға қатысты өкілі болуына тырысу керек, яғни, популяциядағы зерттелетін жағдайдың немесе аурудың барлық мүмкін аспектілерін жеткілікті түрде көрсетеді, бұл мақсатты нақты тұжырымдауға және зерттеуге де, статистикалық талдауға да қосу және алып тастау критерийлерін қатаң сақтауға ықпал етеді [2].

Жоғарыда айтылғандардың негізінде медициналық құрылымдарда биостатистика пәнін оқу "Астана медицина университеті" КеАҚ оқу бағдарламасының құрамдас бөліктерінің бірі болып табылады деп айтуға болады.

Зерттеу мақсаты. Студенттерде статистикалық әдістер арқылы аналитикалық және клиникалық есептерді шешудің теориялық білімі мен практикалық дағдыларын қалыптастыру.

Оқыту міндеттері: 1) Ықтималдық теориясы мен статистиканың негізгі ұғымдарын анықтау және олардың мағынасын түсіндіру. 2) Кестелік процессорын пайдалана отырып, студент зерттеу мақсатын анықтай алатындай және қажетті нәтижені өз бетінше ала алатындай нақты мысалдарда талдау жүргізу алгоритмін қарастыру; 3) Графикалық әдістерді (графиктер, диаграммалар, кестелер және т.б.) пайдалана отырып, зерттеу нәтижелерін ұсына білу.

Материалдар мен әдістер

Материал ретінде мультимедиялық презентациялар, сабақтың логикалық құрылымы, биостатистика бойынша ситуациялық есептер, техникалық оқыту құралдары: ДК, мультимедиялық проектор, Spss және Jamovi заманауи және жоғары тиімді статистикалық программасы қолданылады [3].

Негізгі бөлім

Мысал ретінде біз тақырыпты ұсынамыз: Биостатистиканың негізгі ұғымдары мен анықтамалары. Медициналық-биологиялық зерттеулерде қолданылатын өлшеу шкалаларының негізгі түрлері.

Биостатистика, биоинформатика және ақпараттық технологиялар кафедрасында студенттерге арналған биостатистика тақырыбын зерттеуде ақпараттық блок ұсынылған.

1. Биостатистика пәні мен міндеттері. Статистикалық зерттеулерді ұйымдастыру.

Статистика (сандық немесе сапалық) деректерді жинаудың, өлшеудің және талдаудың жалпы мәселелері баяндалған білім саласы. Жаратылыстану ғылымдарында "статистика" ұғымы ықтималдық теориясының әдістерін қолдануға негізделген жаппай құбылыстарды талдауды білдіреді [3]. Статистика материалдарды зерттеу мен өңдеудің арнайы әдіснамасын әзірлейді: жаппай статистикалық бақылаулар, топтау әдістері, орташа мәндер, индекстер, баланстық әдіс, графикалық бейнелеу әдісі. Статистиканың әдіснамалық ерекшеліктері зерттеу болып табылады: құбылыстың жаппайлығы, динамикадағы белгілі бір немесе басқа құбылыстың сапалы біртекті белгілері. Медициналық статистика-бұл емдеу-профилактикалық және сауықтыру қызметінің сандық және сапалық аспектілерін қарастыратын статистика бөлімі. Медициналық статистика халық денсаулығы мен денсаулық сақтау статистикасын қарастырады. Халықтың денсаулық статистикасы адамдардың денсаулығын бағалау және талдау үшін, ал денсаулық сақтау статистикасы медициналық мекемелер мен олардың бөлімшелерінің қызметін бағалау және талдау үшін қолданылады.

2. Статистикалық зерттеу объектісі. Статистикалық жиынтық түрлері. Статистикалық байқау бірлігі, есепке алу белгілері.

Статистикалық зерттеудің объектісі болып статистикалық жиынтық саналады - уақыт пен кеңістіктің нақты шекараларында бірге алынған және ұқсастық пен айырмашылық белгілері (есепке алу белгілері) бар салыстырмалы түрде біртекті элементтер тобы немесе жиынтығы болып табылады. Статистикалық жиынтық бас (барлық бақылау бірліктерінен тұрады) және іріктемелі (бас жиынтықтың бір бөлігімен ұсынылған) болады [4].

Статистикалық бақылау бірлігі зерттелетін құбылыстың негізгі белгісінің тасымалдаушысы болып табылады және статистикалық жиынтықтың бастапқы элементі болып табылады.

Бақылау бірлігінің есепке алу белгілері *сапалық (атрибутивті)* (сөз арқылы - жынысы, кәсібі және т.б. көрсетілген), *сандық* (санмен көрсетілген - бойы, дене салмағы және т. б.), *факторлық* (олардың ықпалымен оларға тәуелді басқа да белгілер өзгереді) және *нәтижелі* (факторлық белгінің ықпалымен өзгертін) болып табылады. Мысалы: жасы-факторлық белгі, ал жасына байланысты бойы - нәтижелі [4].

3. Статистикалық шамалар (абсолютті, салыстырмалы, орташа). Салыстырмалы шамалардың түрлері, мәні, медицинада қолданылуы, есептеу әдістемесі.

Статистикалық зерттеулерде абсолютті, салыстырмалы және орташа мәндер қолданылады. Кестелерде топтастырылған абсолютті шамалар құбылысты немесе процесті толық сипаттамаса да, өздері маңызды сандық ақпаратты көрсетеді: қала халқының мөлшері, ауруханадағы төсек саны және т.б. Абсолютті шамалардың ақпараттылығын арттыру үшін соңғылары бір абсолютті шаманы екіншісіне бөлу және 100-ге (немесе 1000, 10000 және т.б.) көбейту арқылы салыстырмалы шамаларға айналады.

Салыстырмалы шамалар сапалық белгілер бойынша зерттелетін жиынтықты сипаттау, бір жиынтықты басқасымен салыстыру және сәйкестендіру үшін қолданылады. Орташа мәндер біртекті бірліктердің бүкіл тобын бір (орташа) санмен сипаттай алады: орташа өсу, орташа өмір сүру ұзақтығы және т.б. Орташа мәндердің мәні олардың барлық жеке ауытқуларын теңдестіру қасиетінде, нәтижесінде бір топтық объектіні екіншісінен ажыратуға мүмкіндік беретін ең тұрақты және типтік белгі көрінеді (мысалы, бірнеше балалар топтарының физикалық дамуын салыстырмалы бағалау).

Салыстырмалы шамалардың келесі түрлері бөлінеді [5]:

- Қарқынды көрсеткіштер-құбылыстың деңгейін, жиілігін немесе таралуын көрсетеді және көрсетілген белгілерге сәйкес әртүрлі жиынтықтарды салыстыруға мүмкіндік береді (ауру, туу, өлім, өлім-жітім);

- Көрнекілік көрсеткіштері-салыстырылатын шамалардың қанша пайызға немесе қанша есе өскенін немесе төмендегенін көрсетеді. Салыстырылатын біртекті шамалардың бірін 100 деп қабылдайды, ал қалғандарының барлығы 100 шамаға қабылданған осы шамаға қатынас түрінде білдіреді (мысалы, халықты төсектермен қамтамасыз ету динамикасы);

- Қатынас көрсеткіштері - екі жеке тәуелсіз жиынтықтардың қатынасын көрсетеді, яғни зерттелетін құбылыстың өлшеу құралы ретінде қабылданған белгілі бір мәнге қатынасы (халықтың дәрігерлермен қамтамасыз етілуі). Әдетте 1000 адамға есептеледі; [6].

4. Динамикалық қатар, деңгейлер, түрлері. Динамикалық қатардың көрсеткіштері.

Динамикалық қатар дегеніміз-белгілі бір құбылыстың дәйекті уақыт кезеңдеріндегі өзгеруін көрсететін статистикалық біртекті шамалар қатары. Оны хронологиялық деп те атайды. Динамикалық қатарды құрайтын сандар *динамикалық қатардың деңгейлері* болып табылады. Қатарлар *қарапайым және күрделі* болуы мүмкін. Қарапайым қатарларда қатардың деңгейлері абсолютті шамалармен ұсынылған. Қарапайым қатарлардың екі түрі бар: аралық және сәттер.

Аралық қатар белгілі бір уақыт аралығында құбылыстың өзгеруін сипаттайтын деңгейлердің қатарынан тұрады. *Сәттер қатары* белгілі бір күнге (сәтке) құбылыстың мөлшерін анықтайтын деңгейлермен ұсынылған. *Күрделі динамикалық қатар* салыстырмалы немесе орташа мәндерден (деңгейлерден) қалыптасады. Динамикалық қатар келесі көрсеткіштерді сипаттайды:

- *Қатардың абсолютті деңгейі*-динамикалық қатарды құрайтын шамалар (деңгейлер) (белгілі бір сәтте құбылыстың мөлшерін немесе уақыт аралығын көрсетеді);

- *Қатардың абсолютті өсуі (кемуі)* (динамикалық қатардың кейінгі және алдыңғы деңгейлері арасындағы айырмашылықты көрсетеді);

- *Өсу немесе төмендеу қарқыны* (абсолюттік өсімнің динамикалық қатардың алдыңғы деңгейіне % қатынасын білдіреді және алдыңғы деңгеймен салыстырғанда келесі деңгейдің қанша пайызға өскенін (төмендегенін) көрсетеді);

- *1% өсімнің немесе кемудің абсолютті мәні* (абсолюттік өсімнің өсу қарқынына қатынасын білдіреді);

- *Өсу қарқыны* (келесі деңгейдің алдыңғы деңгейге пайыздық қатынасын білдіреді);

- *Көрнекілік көрсеткіші* (қатардың әр деңгейінің олардың біреуіне қатынасын көрсетеді, көбінесе бастапқы, 100% қабылданады);

Бақыланатын кезеңдегі құбылысқа тән негізгі заңдылықтарды анықтау үшін динамикалық қатарларды туралаудың келесі әдістері қолданылады:

- *Қатарды ірілендіру* (көршілес кезеңдердің деректерін жиынтықтау);

- *Топтық орташаны есептеу*-әрбір ірілендірілген кезеңнің (аралықтың) орташа шамасын анықтау;

- *Жылжымалы орташаны есептеу* (қатардың әр деңгейі берілген деңгейдің орташа деңгейіне және оған іргелес екі деңгейге ауыстырылады); [7].

Іріктеу әдісін қолдана отырып, таңдаманы үлестіруге статистикалық талдау жасау мысалын қарастырайық: Екі жасар 30 ұл баланың бойларының ұзындықтары өлшенді (см)

Дискретті вариациялық қатар құрамыз: 87, 89, 89, 90, 90, 91, 91, 91, 92, 92, 92, 92, 93, 93, 93, 93, 94, 94, 94, 94, 95, 95, 95, 96, 96, 96, 97, 97, 98.

Кесте 1. Дискретті статистикалық қатар құрамыз:

<i>Бойының биіктігі (см), X_i</i>	87	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
<i>Жиілігі, m_i</i>	1	2	2	3	4	4	5	3	3	2	1
<i>Ықтималдылық, P</i>	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03	0,03	0,02	0,01
<i>Жиіліктің жинағы S_i</i>	1	3	5	8	12	16	21	24	27	29	30

Таңдаманың жиілігін анықтау: m

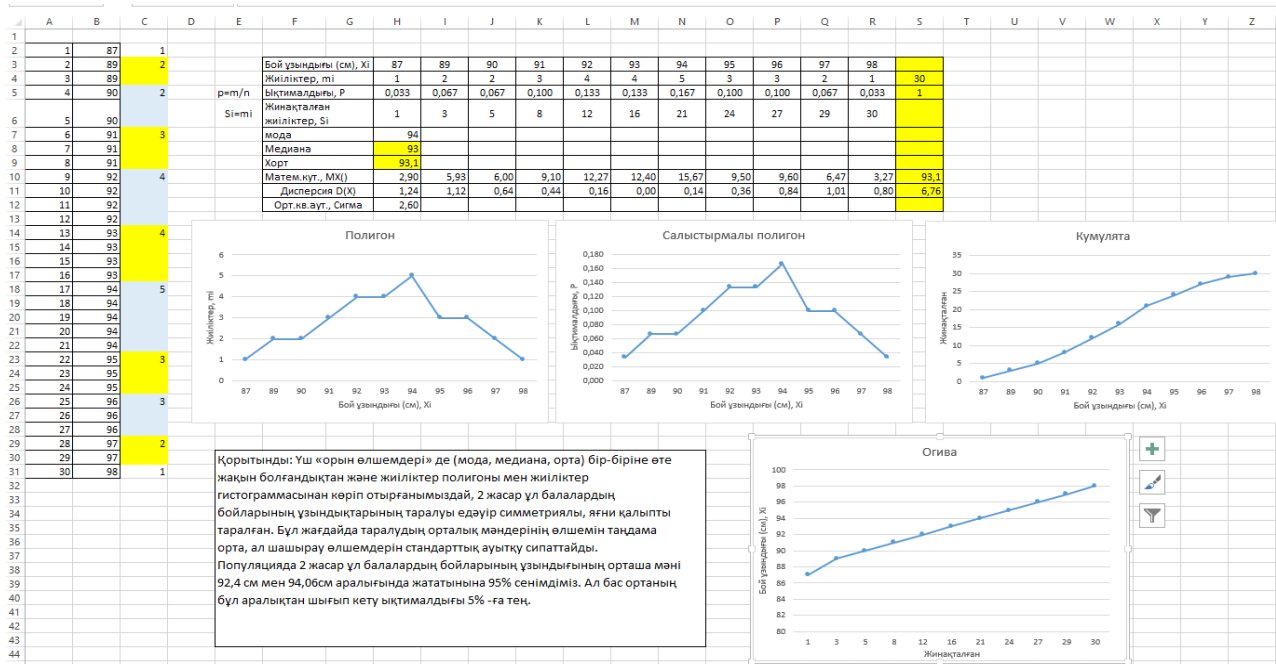
Салыстырмалы жиілікті немесе кездейсоқ сандардың түсу ықтималдығын анықтау:

$$P(X) = \frac{m}{n}$$

Жинақталған жиілікті анықтау:

$$S_i = m_i, S_i = m_i + S_i$$

Статистикалық дискретті қатардың таралуын графикалық бейнелейміз: полигон, кумулята, огива тұрғызу.



Сурет 1. Статистикалық дискретті қатардың таралу графигі

Көріп отырғандарыңыздай статистикалық дискретті қатардың таралу графиктерін тұрғыздық.

5. Статистикалық деректерді бейнелеудің графикалық әдістері. Диаграммалар мен графиктердің түрлері, таңдау және құру талаптары.

Статистикалық деректерді көрнекі түрде көрсету үшін олардың графиктер, диаграммалар, картограммалар және картодиаграммалар түріндегі графикалық бейнесі пайдаланылады. Графикалық әдісті қолданған кезде әр көрсеткіштің мазмұны графикалық бейнелеу түріне сәйкес келуі керек екенін ескеру қажет [8]. Қарқынды көрсеткіштер, қатынас көрсеткіштері және көрнекілік көрсеткіштері графикалық түрде диаграммалардың төрт түрі түрінде ұсынылуы мүмкін: баған, сызықтық, картограмма және картодиаграмма. Экстенсивті көрсеткіштерді бейнелеу үшін секторлық және бағана ішіндегі диаграммалар қолданылады.

Графикалық әдістерді қолдану кезінде диаграмма түрін дұрыс таңдаумен қатар бірнеше қосымша талаптарды сақтау қажет:

- графикалық кескіннің мағынасын, мазмұнын, орны мен уақытын көрсететін толық атаудың болуы;
- белгілі бір масштабты сақтау;
- шартты белгілердің болуы.

Диаграммалар-бұл нүктелер, сызықтар және геометриялық фигуралар арқылы статистикалық мәліметтерді ұсыну мен талдаудың көрнекі құралы. Жазықтық (екі өлшемді) және көлемді (үш өлшемді) диаграммалар деп бөлінеді, ал формасы бойынша - сызықтар (таспалар), секторлар, бағандар және геометриялық фигуралар түрінде.

Сызықтық (таспалық) диаграммалар динамикадағы құбылысты немесе процесті сипаттау үшін қолданылады. Секторлық диаграммалар процестер мен құбылыстардың құрылымы мен құрылымдық өзгерістерін сәтті көрсетеді.

Бағандық диаграммалар біртекті құбылысының, бірақ өзара байланысты емес процестер мен құбылыстар жиілігін көрсету үшін қолданылады.

Көлемді диаграммалар, әдетте, үш өлшемді кеңістіктегі (кеңістіктік және фигуралық диаграммалар, стереограммалар) сызықты күйде болады.

Картограммалар-бұл белгілі бір аумақтар мен аймақтардың түрлі-түсті белгілеулері немесе реңктері бар ерекше географиялық (контурлық) карталар. Картограммалардың бір түрі картодиаграммалар болуы мүмкін, олар картограммаға диаграммалар (көбінесе бағандармен) бейнеленген тіркесінің үйлесімінде ұсынылады.

Нәтижелер мен талқылаулар

Сабақтың бірінші кезеңінде статистикалық гипотезалар теориясының негіздерін игеру үшін студенттер бас жиынтық, іріктеу, кездейсоқ шаманың статистикалық сипаттамалары: орта, дисперсия, мода, медиана ұғымдарымен танысады. Бұл ұғымдар биостатистикада басты орын алады. Мұнда әртүрлі әдістердің математикалық негіздері де, олардың дұрыс қолданылуын түсіну де, зерттеліп жатқан мәселенің мәні бойынша нәтижелерден дұрыс қорытынды жасау мүмкіндігі де маңызды [9]. Ол үшін "Астана медицина университеті" КеАҚ биостатистика, биоинформатика және ақпараттық технологиялар кафедрасының оқытушылары нақты медициналық зерттеу деректерін, гипотезаларды, объектілер санын, статистикалық әдістерді таңдауды және нәтижелерді бағалау критерийлерін қамтитын ситуациялық есептерді әзірленді.

Демек, әр тақырыпты зерттеу нақты медициналық мәселелерді шешудің мысалдарымен бірге жүреді, мысалы, анықтамалық мәндерді анықтау, норма мен патологиядағы физиологиялық процестер арасындағы байланысты орнату, әртүрлі популяциялардағы ауруды салыстырмалы бағалау, әртүрлі емдеу әдістерімен өмір сүруді болжау және т.б. [10].

Студенттерді пәнді оқуға ынталандыру маңызды мәселе болып табылады, сондықтан дәрігердің болашақ қызметінде биостатистика туралы білім қаншалықты қажет болады деген сұрақ туындайды. Сауалнамалардың бірінің деректері бойынша (В.П. Леонов, 2006) статистикалық құралдар, ең алдымен, ғылыми зерттеулермен айналысатын, сондай-ақ жаңа препараттарды, диагностика мен емдеу әдістерін сынауға қатысатын адамдарға қажет. Алайда медициналық ЖОО түлектерінің көпшілігі практикалық денсаулық сақтау саласында, ауруханаларда, емханадағы қабылдауда жұмыс істейтін болады және жаппай құбылыстармен емес, нақты жеке проблемалары бар жекелеген науқастармен айналысатын болады. Осыған байланысты пән бағдарламасы мен оқыту әдістемесі студенттің қызығушылығын тудыратындай етіп жасалуы керек, ол оны зерттеудің болашағын көреді.

Қорытынды

Қорытындылай келе биостатистика, биоинформатика және ақпараттық технологиялар кафедрасындағы оқу процесіне қойылатын басты талап-дәрігер-мамандарды даярлау, үнемі өзін-өзі жетілдіру үшін әдеби деректерді талдау қабілеті болып табылады, бұл дәрігерден ақпараттың үздіксіз ағымында барлық жаңа нәрселерді білуді талап етеді. Қоғамдық денсаулық пен денсаулық сақтау үшін статистикалық әдіс негізгі болып табылады, өйткені ол емдеу-алдын алу шараларын қолданудың тактикасы мен басымдықтарын негіздеуге, халықтың денсаулық жағдайының динамикасын және оның ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік береді. Осыған байланысты болашақ дәрігерлерді машиналық оқытудың көмегімен медициналық статистиканың классикалық және заманауи әдістерін қолданудың теориялық негіздері мен практикалық дағдыларына үйретудің маңыздылығы өзекті болып табылады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Раманқұлова А.А. Биологиялық статистика. //Оқу құралы. Алматы 2015, ЖК «АҚНҰР баспасы», 100017, 212 б.
- 2 Койчубеков Б.К., Абдыкешова Д.Т., Алибиева Д.Т. Биостатистикаға кіріспе курсы. //Оқу құралы, изд.Эверо Алматы, 2014, 134 б.
- 3 Чудиновских В.Р., Каипова А.Ш., Абдикадыр Ж.Н., Баймаханбетова А.К. Медициналық - биологиялық зерттеулердегі статистикалық жорамалдарды тексеруге арналған компьютерлік бағдарламаларды қолдану // Оқу құралы. Алматы 2014. 80 б.
- 4 Трухачева Н.В. Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica. // Издательство «ГЭОТАР-Медиа» – Москва, 2013, 384 с.
- 5 Жижин К.С. Медицинская статистика. – Высшая школа. Феникс. Ростов- на-Дону, 2007. 160 с.
- 6 Медик В.А., Токмачев М.С., Фишман Б.Б. Статистика в медицине и биологии. //М.: Медицина, 2006, 210 с.
- 7 Трухачева Н.В. Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica. // Издательство «ГЭОТАР-Медиа» – Москва, 2013, 384 с.
- 8 Банержи А. Медицинская статистика понятным языком. М., Практическая медицина, 2007. 10-15 с.
- 9 Сергиенко В.И., Бондарева И.Б. «Математическая статистика в клинических исследованиях». М., «ГЭОТАР - Медиа», 2006. 304 с.
- 10 Машинное обучение и медицине. https://se.math.spbu.ru/thesis/texts/Zaharov_Roman_Vadimovich_Bachelor_Report_2016_text.pdf

References:

- 1 Ramanқыlova A.A. (2015) *Biologijalyq statistika [Biological statistics]. Oқи қуралы. Almaty 2015, ZhK «АҚНҰР баспасы», 100017, 212. (In Kazakh)*
- 2 Kojchubekov B.K., Abdykeshova D.T., Alibieva D.T. (2014) *Biostatistikaga kirispe kursy [Introductory course in biostatistics]. Oku kuraly, izd.Jevero, Almaty, 134. (In Kazakh)*
- 3 Chudinovskih V.R., Kaipova A.Sh., Abdikadyr Zh.N., Bajmahanbetova A.K. (2014) *Medicinalyq - biologijalyq zerteulerdegi statistikalyk zhoramaldardy tekseruge arналған komp'juterlik bagdarlamalardy қoldanu [Use of computer programs to test statistical hypotheses in medical and biological research]. Oku қuraly. Almaty, 80. (In Kazakh)*
- 4 Truhacheva N.V. (2013) *Matematicheskaja statistika v mediko-biologicheskikh issledovaniyah s primeneniem paketa Statistica [Mathematical statistics in medical and biological research with the use of the package Statistica]. Izdatel'stvo «GJeOTAR-Media», Moskva, 384. (In Russian)*
- 5 Zhizhin K.S. (2007) *Medicinskaja statistika [Medical statistics]. Vysshaja shkola. Feniks. Rostov- na-Donu, 160. (In Russian)*
- 6 Medik V.A., Tokmachev M.S., Fishman B.B. (2006) *Statistika v medicine i biologii [Statistics in medicine and biology]. M.: Medicina, 210. (In Russian)*
- 7 Truhacheva N.V. (2013) *Matematicheskaja statistika v mediko-biologicheskikh issledovaniyah s primeneniem paketa Statistica [Mathematical statistics in biomedical research using the Statistica package]. Izdatel'stvo «GJeOTAR-Media». Moskva, 384. (In Russian)*
- 8 Banerzhi A. (2007) *Medicinskaja statistika ponjatnym jazykom [Medical statistics in plain language]. M., Prakticheskaja medicina, 10-15. (In Russian)*
- 9 Sergienko V.I., Bondareva I.B. (2006) *«Matematicheskaja statistika v klinicheskikh issledovaniyah» ["Mathematical Statistics in Clinical Research"]. M., «GJeOTAR - Media», 304. (In Russian)*
- 10 *Mashinnoe obuchenie i medicine. [Machine learning and medicine]. https://se.math.spbu.ru/thesis/texts/Zaharov_Roman_Vadimovich_Bachelor_Report_2016_text.pdf*

МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ
МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ
METHODS OF TEACHING MATHEMATICS

МРНТИ 14.01.85
УДК 371.32

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.23>

А.Е. Әбілқасымова¹, Ж.А. Қалыбекова^{1}, Л.У. Жадраева¹*

*¹Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
e-mail: zhanar_kalybekova@mail.ru

**ЖОҒАРЫ ОҚУ ОРЫНДАРЫНДА МАТЕМАТИКА КУРСЫН КӘСІБИ БАҒЫТТА ОҚЫТУДЫҢ
КЕЙБІР АСПЕКТІЛЕРІ**

Аңдатпа

Білім алушыларда белгілі бір құзыреттілік жиынтығын қалыптастыру контексінде математика курсының оқытудың кәсіби бағыттылығының теориялық негіздерін айқындау қажеттілігі мақала тақырыбының мақсаты мен өзектілігін көрсетеді. Жоғары математиканы оқытудың негізгі концепцияларын жүйелі талдау әдістерінің математиканы оқытудың кәсіби бағыттылығын жетілдіру бойынша болашағын зерттеумен үйлесуі осы зерттеу жұмысын жүргізудің басты ғылыми тәсілі болып табылады. Зерттеу жұмысын орындау барысында алынған нәтижелер, жоғары оқу орындарында математика курсының оқыту негіздерін неғұрлым тереңірек меңгеруге бағытталған іс-шаралар кешені мен әдістерді жасау және оларды болашақ мамандарға құзыреттіліктерді қалыптастыруда қолдану математиканы оқытудың маңызды рөлін көрсетеді.

Зерттеу жұмысының нәтижелерін жоғары оқу орындарында математика курсының оқытудың кәсіби бағыттылығының теориялық негіздерін әрі қарай зерттеу үшін әдіснамалық негіз ретінде қолдануға болады.

Түйін сөздер: математика, оқыту, кәсіби бағыттылығы, жоғары оқу орны, оқытудың теориялық негіздері.

Аннотация

А.Е. Абылқасымова¹, Ж.А. Қалыбекова¹, Л.У. Жадраева¹

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ
ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА МАТЕМАТИКИ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ**

Необходимость определения теоретических основ профессиональной направленности преподавания курса математики в контексте формирования у обучающихся определенного набора компетентностей обуславливает цель и актуальность тематики статьи. Сочетание методов системного анализа основных концепций преподавания высшей математики с исследованием перспектив по улучшению профессиональной направленности при ее преподавании является ведущим научным подходом при проведении данного исследования. В ходе выполнения работы получены результаты, свидетельствующие о существенной роли математики в формировании компетенций будущих специалистов при разработке и внедрении комплекса мероприятий, направленных на более глубокое изучение основ преподавания курса математики в высших учебных заведениях.

Результаты исследования могут быть использованы в качестве методологической основы для проведения дальнейших исследований теоретических основ профессиональной направленности преподавания курса математики в высших учебных заведениях.

Ключевые слова: математика, обучение, профессиональная направленность, высшее учебное заведение, теоретические основы преподавания.

Abstract

**SOME ASPECTS OF PROFESSIONAL ORIENTATION OF TEACHING
MATHEMATICS COURSE IN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS**

Abylkassymova A.E.¹, Kalybekova Zh.A.¹, Zhadrayeva L.U.¹

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakstan

The need to determine the theoretical foundations of the professional orientation of teaching mathematics in the context of the formation of a certain set of competencies among students determines the purpose and relevance of the topic of the article. The combination of methods of system analysis of the basic concepts of teaching higher mathematics with the study of prospects for improving professional orientation in its teaching is the leading scientific approach in conducting this research. In the course of the work, the results were obtained, indicating the essential role of mathematics in the formation of the competencies of future specialists in the development and implementation of a set of measures aimed at a deeper study of the basics of teaching mathematics in higher educational institutions.

The results of the study can be used as a methodological basis for further research of the theoretical foundations of the professional orientation of teaching mathematics courses in higher educational institutions.

Keywords: mathematics, teaching, professional orientation, higher educational institution, theoretical foundations of teaching.

Кіріспе

Жоғары оқу орындарында жоғары математиканы сапалы оқытуға және оқу процесін ұйымдастырудағы әдіснамалық және мазмұндық амал-тәсілдерін пайдалану арқасында қол жеткізуге болады. Білім беру процесінің белгілі бір құрылымын жасап, негізгі түрлерін, әдістемесі мен оқыту құралдарын анықтай отырып, пән мазмұнын мұқият таңдау педагогиканың нақты дидактикалық принциптермен анықталады. Негізінде бұл принциптер бүгінгі педагогиканың өзекті жетістіктері болып табылады және олар жүйелі түрде өзгеріп тұрады. Дидактикалық принциптердің қолданыстағы жүйесін біртіндеп өзгерту және ауқымын кеңейтуді осымен түсіндіруге болады.

Бұл сұрақтар кешенін құзыреттілік тәсілдерді қолдана отырып, сонымен қатар жоғары оқу орындарында мамандарды даярлау бағдарламасына арнайы, кәсіби бағыттанған математикалық пәндерді енгізу арқылы шешуге болады. Математика курсының оқытудың кәсіби бағдары болашақ мамандардың психологиялық және әлеуметтік бағдарын, олардың кейінгі кәсіби қызметін есепке ала отырып, ретімен қалыптастыруды, сонымен қатар жоғары оқу орындарында оқыту процесін ұйымдастыру барысында пәнаралық байланысты орнатуды көздейді. Бұл кезде оқытудың ғылыммен және тәжірибемен міндетті әрі тығыз байланысын меңзейтін оқытудың кәсіби бағдарына назар аудару керек [1,2]. Біз орындаған жұмыстың негізгі міндеті математика курсының жоғары оқу орындарында оқытудың кәсіби бағдарының теориялық негіздерін зерттеу болды. Бұл болашақ мамандар даярлығын жоғары оқу орнында оқып жүрген және студенттердің жоғары математика курсының әрі қарай кәсіби қызметке бағдарлай отырып, меңгеру сапасын арттыру үшін қажетті жағдай жасау кезінде жетілдіру жағынан маңызды мәнге ие.

Зерттеу материалдары және зерттеу әдістері

Бұл жұмыстың әдіснамалық негізіне жоғары оқу орындарында жоғары математиканы оқытудың негізгі тұжырымдамасына жүйелі талдау жасаудың әдістерін оны оқыту кезінде кәсіби бағдарын іске қосып, күшейтудің болашақтағы мүмкіндіктерімен үйлестіру кіреді. Зерттеуді жүргізу барысында біз жоғарғы оқу жүйесінде жоғары математиканы оқытудың негізгі ерекшеліктеріне талдау жасадық.

Қазақстандық және шетелдік бірқатар ғалымдардың жоғары математиканы оқу орындарында оқытудың негізгі тұжырымдарын зерттеуге, сонымен қатар бұл пәннің ғылыми білімнің жалпы жүйесіндегі орны мен мәнін анықтауға арналған ғылыми жасақтамалар зерттеудің теориялық базасы болып табылады. Көрсетілген тақырып аясында ғылыми зерттеулердің жалпы кешені үш кезеңмен орындалды. Бірінші кезеңде жоғары математиканы жоғары оқу орындарында оқытудың негізгі тұжырымдамаларына теориялық зерттеу жасалып, сонымен қатар бұл пәннің ғылыми білім жүйесіндегі орны мен мәні анықталды. Сондай-ақ алдағы ғылыми жасақтамалар үшін қазіргі проблемалармен бірге алдын ала теориялық зерттеу жүргізе отырып, бұл тұжырымдамаларға жүйелі талдау жасалды. Екінші кезеңде жоғары математиканы жоғары оқу орындарында оқытудың кәсіби бағдарын іске қосып, жетілдіру үшін, алдағы мүмкіндіктерін анықтауға сараптамалық зерттеу жасалды.

Сонымен қатар, алдын ала алынған тәжірибе нәтижелері өзге зерттеушілердің нәтижелерімен және тұжырымдарымен салыстырылды. Бұл біздің зерттеу жұмысымызды аяқтауға нақты объективті қорытынды жасауымызға ықпал етті.

Жұмыстың соңғы қорытынды кезеңінде алынған нәтижелер негізінде математика курсының жоғары оқу орындарында оқытудың кәсіби бағдарының теориялық негізін қалыптастыру ерекшеліктерін зерттеудің аясымен шектеліп қалған тұжырымдар жасалды. Жалпы зерттеу барысында алынған нәтижелер мен соның негізінде жасалған тұжырымдар әрі қарай ізденіс жұмыстарын жүргізуге әдіснамалық және теориялық негіз бола алатындықтан, жоғары оқу орындарының болашақ түлектерін даярлау сапасын арттырып, таңдаған мамандықтары бойынша кәсіби құзыретін дамыту үшін маңызы ерекше.

Талқылау нәтижелері

Біз жүргізген математика курсының жоғары оқу орнында оқытуға кәсіби бағытталған теориялық негіздер зерттеуі алдағы уақытта мынадай басты аспектілерді ескеру қажет екенін көрсетті:

1. Математика курсының мазмұнын болашақ мамандардың кәсіби құзыретін қалыптастыратын ережелермен және жоғары оқу орнының қолданыстағы оқу бағдарламаларымен анықтау.

2. Оқыту барысында математиканың жоғарғы оқу орындарында оқу бағдарламасының аясында берілетін жоғары мамандырылған пәндермен байланысын көрсету.

3. Білім алушылардың алынған білімді әрі қарай түлектер өмірінде тәжірибелік тұрғыда қолдануға қажетті белгілі бір дағдыны үйренуіне басты назар аудару.

4. Студенттерде жаңа білім алған кезде оны игеру сапасын жақсарту мақсатында, оқып жүрген математикалық пәндердің мазмұнына өз бетінше талдау жасай алу қабілетін дамыту.

5. Студенттердің қолданыстағы оқу ақпаратын қабылдау сапасын арттыру мақсатында, оқу кезінде түлектің болашақ кәсіби қызметіне байланысты аналогия әдісін қолдану.

Оқу процесін бүгінгі күн талабына сәйкес сапалы құрастыра білудің маңызы зор. Себебі, осының арқасында болашақ мамандарды кәсіби даярлау деңгейі мен олардың жоғары оқу орындарындағы бағдарлама аясындағы математикалық білімнің деңгейі анықталады.

Дәл осы тұста студенттердің тереңдетілген математикалық дайындығына ерекше мән беру керек.

Бұл дайындық кезінде мынадай аспектілерге назар аудару керек екені анықталды:

1. Алгебра, сызу геометриясы, математикалық талдау, интегралдық және дифференциалдық тендеулер теория негіздері сияқты базалық математикалық пәндерді оқыту кезінде студенттерге тікелей берілетін математика саласында арнайы білімді меңгеруге негізделген базалық, фундаменталды дайындық.

2. Негізі әдістемелік және психологиялық білімі болатын педагогикалық және кәсіби даярлық. Мұны меңгеру түлектің болашақ жұмысында кәсіби қызметін тиімді ұйымдастыруға кепілдік береді.

3. Бүгінгі күннің шынайы бет-бейнесі мен болашақ кәсібінің талаптарына бейімделген, зияткерлік тұрғыдан дамыған тұлғаларды тәрбиелеуге, әлеуметтік және экономикалық сипаттағы білім алуға, қажетті гуманитарлық пәндерге сүйенетін жалпы мәдени тұрғыда даярлық.

Математика курсының оқытудың кәсіби бағытының теориялық негіздеріне талдау жасау барысында болашақ маманның жалпы мәдениетінің құрамдас бөлігі болып табылатын тарихи-математикалық білімді алу тұрғысынан алғанда, студенттерге математикалық білім беруді тарихиландыру мәселесіне де ерекше мән берген дұрыс.

Оқытудың мұндай түрінің өзгешелігі көбінесе түлектің болашақтағы кәсіби қызметінің ерекшелігін айқындайды [3].

Математика курсының жоғарғы білім беру бағдарлама аясында оқыту кезіндегі кәсіби бағдарының теориялық негіздерін сапалы қалыптастыру студенттердің аралық білімін тексерудің тиімді жүйесін енгізуді қарастырады. Бұл аралық бақылау студенттің білім деңгейінің оқу бағдарламасының талаптары мен олардың математиканың басқа аралас пәндермен байланысын түсіну деңгейін бағалауға мүмкіндік береді. Математикалық емес мамандықтардың студенттерді кәсіби даярлауға қатысты математика курсының оқыту кезінде олардың кәсіби бағдарын қалыптастыру мәселелеріне дифференциалды амал-тәсілдер әзірлеп, оларды енгізу дұрыс екенін атап өткен жөн.

Қазіргі таңда математиканы жоғары оқу орындарында оқытудың теориялық негіздерін қалыптастырудың негізгі проблемалары:

1. Математика курсының оқытуды сапалы ұйымдастыруға қажетті оқу және әдістемелік материалдардың болмауымен көрініс табатын әдіснамалық базаның әлсіздігі.

2. Орта оқу орындары түлектерінің математикалық дайындық деңгейінің жеткіліксіздігі әсіресе математикалық емес мамандықтар бойынша оқытатын оқу орындарында байқалады. Бұл олардың негізгі бағдарламалық материалды оқу кезінде белгілі бір қиындықтар туғызады.

3. Математикалық емес жоғары оқу орындарындағы математиканы оқуға бөлінген академикалық сағаттың жалпы санының біртіндеп қысқаруы.

4. Жоғары математика пәнінің аралас мамандырылған пәндермен өзара байланысының жеткіліксіздігі. Бұл математика курсының математикалық емес жоғары оқу орындарында оқытудың жалпы кәсіби бағдарын қалыптастыруға теріс әсер етеді.

Соңғы жағдай математикалық емес мамандықтағы студенттер даярлығының сапасына көп әсер етеді. Математика курсының мазмұны мен оқу процесінің арасындағы айырмашылық проблемасын шешу шынайы сұранысы туындаған проблема аспектілерін қоса алғанда, белгілі бір оқу орнының ерекшеліктеріне негізделген білім берудегі негізгі шектеулерді ескере отырып, жүйелі амал-тәсілдерді талап етеді. Бұл және басқа да проблемалардың шешіміне нақты бір жоғары оқу орнына тән дидактикалық жүйенің аясында оқу жоспарының өзгеруі тиіс. Бұл жерде біз оқытушының сабақ беру кезінде қолданатын әдістемелері мен құралдарын қолдануды көздейтін оқыту әдістемесі, сонымен қатар студенттердің кәсіби даярлықтың нақты деңгейіндегі жетістіктерін болжау қағидалары туралы айтып отырмыз. Мұндай әрекеттер мен бағдарламалар шешімдерінің жиынтығы математиканы және аралас жоғары мамандырылған оқу пәндерін оқыту ерекшеліктерін ескере отырып, жоғары оқу орнындағы барлық педагогикалық ұжымның бірлескен күшін талап етеді.

Осылайша, математика курсының жоғары оқу орындарында оқытудың кәсіби бағдарының теориялық негіздерін қалыптастыру мәселелері кешенді болып табылады және әр оқу орнының жеке ерекшелігімен қоса оқытушылар мен студенттердің математиканы меңгеру процесінде жоғарғы деңгейге жетуге деген жеке қызығушылығы сияқты бір-бірімен өзара байланысты факторларды ескеру қажет екенін көрсетіп отыр. Осы бағытта шешілетін негізгі міндет – студенттерде алдағы уақытта таңдаған мамандықты толықтай жүзеге асыру үшін қажетті математикалық білімді міндетті түрде меңгеруді және оларды тәжірибеде қолдана білуді қарастыратын, қажетті кәсіби құзырет деңгейін қалыптастыру. Бұл міндетті шешу көбінесе жоғары оқу орны түлектерінің кәсіби деңгейі мен олар шешетін кәсіби міндеттердің сапасына байланысты. Студенттердің жоғарғы математиканы оқудағы белсенділігін арттыруға заманауи ақпараттық жүйелерді білу ықпал етеді. Ақпараттандыру, компьютерлендіру мен жаңа ақпараттық технологияларды тәжірибеде қолдану қағидалары оқытудың түрлі сатыларында компьютерлік жүйелерді қолдану аясының алдағы кеңею мүмкіндіктерін анықтайды. Математиканы оқытудағы компьютерлендіру үдерісі заманауи есептеуіш техникаларын қолдана отырып, оқудың жаңа тәсілдерін жасау және кейіннен біртіндеп енгізуді көздейді.

Жоғары оқу орнында бағдарламаны меңгеру процесінде математикалық мамандық түлектері, болашақтағы математика оқытушылары болсын, математик ғалымдар болсын, жан-жақты дайын кәсіби маман болуы тиіс. Маманның сапалы кәсіби даярлығы дегенде бірқатар факторлар, солардың ішінде арнайы математикалық білімге негізделген тексерілген ғылыми даярлық, алдағы уақытта кәсіби қызметті жүргізуге қажетті әдістемелік және психологиялық білім мен құзыретті ескере отырып құрылған арнайы кәсіби-педагогикалық даярлық деп түсінуіміз керек. Сонымен қатар математик студенттерді даярлау кезінде математика оқытушысының кәсіби және жеке құзыретінің негізін құрайтын кәсіби-құнды және математикалық-тарихи білім беруі арқылы ғана ашуға болатын математикалық-тарихи даярлығына мән беруіміз керек [4].

Жоғары оқу орындарында математиканың бағдарламасы мен оны оқыту кәсіби бағдарына сәйкес болу керек. Бұл өз кезегінде ең алдымен техникалық жоғары оқу орындарына қатысты. Математиканы оқыту процесін толық іске асыру, болашақ кәсіби мамандардың негізгі қызметін жүзеге асыруда математикалық дайындығын қалыптастыруға бағытталады. Білім алушылардың арнайы пәндерді жақсы түсінуі, сонымен қатар, олардың кәсіби және әдіснамалық даярлығын жетілдіре түсуі үшін, қолданылатын математикалық аппаратты жоғарғы сапамен қамтамасыз ету үшін, бұл ұғымның мағынасына студенттерде ойлау жүйесін қосу, олардың ақыл-ес қызметін жетілдіруге арналған тиімді тәсілдерді құрастыруды енгізу керек [5].

Ақпарат ағынының жылдам өсуі мен оқытылатын пәндер санының артуына байланысты қоғам өміріндегі терең әлеуметтік-экономикалық және қоғамдық-саяси өзгерістерге негізделген жоғары білім жүйесін біртіндеп реформалау қоғам алдында жоғары оқу орындарында мамандарды даярлау процесінде жаңа міндеттер қойды. Бұл студенттер даярлығын білім беру сапасы мен түлектердің кәсіби құзырет деңгейіне қойылатын талаптың жоғарылуын ескере отырып, бұрынғыдан да жоғары, яғни, заманауи деңгейге өтуіне, сонымен қатар білім беру жүйесін заңды түрде белгіленген жаңа стандарттарға сәйкес алып келді [6].

Кез келген елдің жоғары білім беру жүйесі өзіне маңызды әсер ететін негізгі тенденциялардың, қоғам дамуының жағдайы мен болашағының көрінісі болып табылады. Себебі, жоғары білім беру жүйесі мен қоғамдық өмірдің түрлі салалары арасында тығыз байланыс бар. Сондықтан математика мемлекет пен қоғамда айтарлықтай прогреске жету үшін қажетті барлық нақты ғылымдардың негізі болып саналатындықтан, жоғары оқу орындарында математиканы оқытуға айрықша көңіл бөлу керек. Математиканы оқыту әдіснамасын жетілдіру оқытудың кәсіби бағдарының сапасын арттыруға, сонымен қатар міндетті кәсіби құзыретіне нақты ғылымдар бойынша білім меңгеру кіретін болашақ мамандарды даярлау деңгейін арттыруға ықпал етеді. Заманауи білім берудің кәсіби бағдары мен оның фундаменталдығы кейбір бірін-бірі жоққа шығаратын аспектілері арасында қисынды тепе-теңдікті сақтауды болжайды. Осылайша, бағдарламалық пәндерді меңгеру кезінде болашақ маманды даярлау алған мамандықтарының қажеттіліктерінен ауытқымауы тиіс [7].

Екінші жағынан, математика курсының мазмұны студенттің болашақ мамандық аясында алған білімінің деңгейімен анықталатын қажеттілік тұрғысынан ғана емес, фундаменталдығы жағынан да анықталуы керек.

Жоғары білімнің бағдаламасында математикадан басқа болашақ мамандардың кәсіби құзыретін қалыптастыруға әсер ететін басқа да пәндер бар екенін естен шығармау керек. Осы пәндердің барлығын жоғары математикамен ретімен интеграциялау жоғары математиканы жоғары оқу орындарында оқытудың теориялық негіздерін әрі қарай дамытуға, сонымен қатар түлектердің жалпы білімділік деңгейін арттыру тұрғысынан кәсіби құзыретін жоғарылатуға ықпал етеді [8].

Жоғары оқу орындарына енгізілетін студенттерге патриоттық және моральдық-этикалық құндылықтарға қатысты тәрбие беру жүйесі оларда қажетті деңгейдегі кәсіби құзыреттің қалыптасуына біршама оң әсер етеді, жастарда күнделікті кәсіби қызметі барысында кездесетін практикалық тапсырмаларды орындау қабілетін, логикалық ойлау жүйесін дамытуға көмектеседі. Бір жағынан бұған отандық ғылымның даму тарихын нақты бір тарихи тұлғалардың математиканың тарихи дамуына әсер ету дәрежесін көрсете отырып, оқыту да көмектеседі. Осы тұрғыда математик ғалымдар осы уақытқа дейін әлемде жоғары оқу орындарында математиканы оқыту кезінде кәсіби бағдарының теориялық негіздерін дамытуға және кеңейтуге ықпал етуі мүмкін математика тарихын оқытудың жүйелік әдістемесі әзірленбегені туралы пікір айтады [9].

Жоғары математика курсының кәсіби бағдарының сақталу талаптарын іске асыру сондай-ақ жоғары математика оқытушыларының басқа да арнайы пән оқытушыларымен тікелей байланыста болуын қарастырады. Толыққанды әрі жан-жақты математикалық білім осы пәндерді оқытудың курстарын нақты бір жоғары оқу орнындағы жоғары математика курсының оқытудың ерекшеліктеріне сәйкес рет-ретімен қоюды талап етеді. Бұл курстың ішінде міндетті түрде табиғи құбылыстарды зерттеу, фундаменталды математикалық заңдарды қолдана отырып, олардың негізгі заңдылықтарына талдау жасау, сонымен қатар, математикалық заңдар қолданылатын негізгі технологиялық процестерді зерттеу мен талдау кіреді. Оқытуда осындай реттілікті сақтау студенттерде зерттеліп отырған табиғи құбылыстар мен олардың математикамен байланысының мәнісіне қатысты кешенді түсініктің пайда болуына әсер етеді. Бұл өз кезегінде олардың кәсіби дүниетанымы мен болашақ кәсіби қызметіне қажетті құзыреттіліктің қалыптасуына көмектеседі [10].

Бірқатар жағдайларда жекелеген инженерлік пәндерді оқыту жоғары сапалы деңгейде өткізілуі мүмкін. Алайда қажетті математикалық дәлелдер келтірілмесе, олардың тұтастығы бұзылады. Жалпы алғанда, бұл студенттерде қажетті деңгейдегі кәсіби құзыреттілік деңгейін қалыптастыруға әсер етпейді. Себебі, оқытудың әдістерін алып тастай алмайтындықтан, оқыту процесінің кәсіби бағдарын қарастырмайды. Осы тұрғыдан алғанда, студенттердің танымдық белсенділігін оқу процесінің барлық кезеңдерінде сақтап қалу оның тиімділігіне тікелей әсер ететіндіктен, білім алушылардың математиканы оқуға деген қызығушылығының нақты маңызы бар.

Бұл кезде математиканың маңызы мен оны оқытудың сапасының жоғары оқу орындарында жоғары математика курсының оқыту кезінде кәсіби бағдардың қажетті теориялық негіздерін жасауда рөлі зор.

Қорытынды

Біз жасаған зерттеудің негізінде мынадай қорытынды жасауға болады. Жоғары оқу орындарында математика курсының оқытудың кәсіби бағдарының теориялық негіздеріне болашақ мамандардың білім алып жүрген кезеңінің өзінде кәсіби құзыретін қалыптастыратын және дамытатын бірнеше аспектілерге қатысты негіз болатын бірқатар ұғым кіреді. Атап айтқанда, жоғары оқу орындарында математика курсының беру кезінде дайын мамандардың өз кәсіби міндеттерін шынайы өмірде жасау барысында көрініс табатын студенттердің негізгі теориялық алғышарттарын игеру мәселесіне мән беру керек.

Математика саласында терең білімді талап ететін түрлі технологиялық операцияларды жасау кезінде, сондай-ақ алынған білімді тәжірибеде қолдану мақсатында математикалық терең танымды қажет ететін кез келген мекеме қызметін ұйымдастыру кезінде, соның ішінде, математикалық есеп жүргізу және статистика ұйымдары мен әдістері саласында мұндай білім мен дағды үлкен сұранысқа ие.

Жоғары білім беру бағдарламаларында жоғары оқу орны студенттерінде алынған білімнің кәсіби бағдарын, меңгерген дағдылары мен болашақ мамандарға кәсіби қызметін іске асыру кезінде практикалық міндеттерді шешуге қажетті арнайы кәсіби құзыретін қалыптастыру мақсатында, математиканы өзге жоғары мамандырылған пәндермен интеграциялауға ерекше мән беріледі.

Оқытылатын арнайы пәндерді жеке курс ретінде оқытылатын математикамен өзара байланысы бойынша кәсіби бағдарының аясын кеңейту керек. Математиканың өзге арнайы пәндермен байланысының ерекшелігін анықтайтын басты заңдылықтарды анықтау математика курсының жоғары оқу орындарында оқытудың кәсіби бағдарының теориялық негіздерін кеңейтуге мүмкіндік берумен қатар, болашақ мамандардың алдағы уақытта өз кәсіби міндеттерін орындауға қажетті болатын кәсіби құзыретінің аясын кеңейтуге ықпал етеді.

Жалпы алғанда, математика курсының жоғары оқу орындарында оқытудағы кәсіби бағдарының теориялық негіздерін зерттеу барысында алынған нәтижелер мен осы нәтижелер негізінде жасалған тұжырымдар алдағы уақытта осы бағытта жүргізілетін зерттеулерге әдіснамалық негіз ретінде қолданыла алады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Rainey, E.C., Maher, B.L., Moje, E.B. (2020). *Learning disciplinary literacy teaching: An examination of preservice teachers' literacy teaching in secondary subject area classrooms. Teaching and Teacher Education, 94, article number 103123.*
- 2 Brame, C. *Science teaching essentials. London: Academic Press, 2019.*
- 3 Абылкасымова А.Е., Косанов Б.М. *История становления и развитие методики преподавания математики в Казахстане. Учебное пособие. – Алматы: Мектеп, 2020. – 332 с.*
- 4 Billings, D., Halstead, J. (2019). *Teaching in nursing. Oxford: Elsevier.*
- 5 Giddens, J.F., Caputi, L., Rodgers, B. *Mastering concept-based teaching. Oxford: Elsevier, 2019.*
- 6 Lokse, M. (2017). *Teaching information literacy in higher education. Oxford: Woodhead Publishing.*
- 7 Gholami, K., Faraji, S., Meijer, P.C., Tirri, K. (2021). *Construction and deconstruction of student teachers' professional identity: A narrative study. Teaching and Teacher Education, 97, article number 103142.*
- 8 Lim, L., Tan, M., Saito, E. (2019). *Culturally relevant pedagogy: Developing principles of description and analysis. Teaching and Teacher Education, 77, 43-52.*
- 9 Lui, A.M., Bonner, S.M. (2016). *Preservice and inservice teachers' knowledge, beliefs, and instructional planning in primary school mathematics. Teaching and Teacher Education, 56, 1-13.*
- 10 Evans, N., Stevenson, R.B., Lasen, M., Ferreira, J-A., Davis, J. (2017). *Approaches to embedding sustainability in teacher education: A synthesis of the literature. Teaching and Teacher Education, 63, 405-417.*

References:

- 1 Rainey, E.C., Maher, B.L., Moje, E.B. (2020). *Learning disciplinary literacy teaching: An examination of preservice teachers' literacy teaching in secondary subject area classrooms. Teaching and Teacher Education, 94, article number 103123.*
- 2 Brame, C. *Science teaching essentials. London: Academic Press, 2019.*

- 3 Abylkassymova A.E., Kosanov B.M. (2020) *Istorija stanovlenija i razvitie metodiki prepodavanija matematiki v Kazahstane [The history of the formation and development of methods of teaching mathematics in Kazakhstan].* Almaty: Mektep, 332 p. (In Russian)
- 4 Billings, D., Halstead, J. (2019). *Teaching in nursing.* Oxford: Elsevier.
- 5 Giddens, J.F., Caputi, L., Rodgers, B. *Mastering concept-based teaching.* Oxford: Elsevier, 2019.
- 6 Lokse, M. (2017). *Teaching information literacy in higher education.* Oxford: Woodhead Publishing.
- 7 Gholami, K., Faraji, S., Meijer, P.C., Tirri, K. (2021). *Construction and deconstruction of student teachers' professional identity: A narrative study.* *Teaching and Teacher Education*, 97, article number 103142.
- 8 Lim, L., Tan, M., Saito, E. (2019). *Culturally relevant pedagogy: Developing principles of description and analysis.* *Teaching and Teacher Education*, 77, 43-52.
- 9 Lui, A.M., Bonner, S.M. (2016). *Preservice and inservice teachers' knowledge, beliefs, and instructional planning in primary school mathematics.* *Teaching and Teacher Education*, 56, 1-13.
- 10 Evans, N., Stevenson, R.B., Lasen, M., Ferreira, J-A., Davis, J. (2017). *Approaches to embedding sustainability in teacher education: A synthesis of the literature.* *Teaching and Teacher Education*, 63, 405-417.

МРНТИ 27.01.45
УДК 372.851

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.24>

А.Б. Кокажаева^{1*}, А.Б. Жексембинова¹, Д.Б. Ашубаева¹, С.И. Таштемирова¹

¹Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ. Қазақстан

*e-mail: kokazhaemangul@gmail.com

ЖАҢАРТЫЛҒАН БІЛІМ МАЗМҰНЫ АЯСЫНДА МАТЕМАТИКА САБАҒЫНДА ОҚУШЫЛАРДЫҢ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ САУАТТЫЛЫҒЫН АРТТЫРУ

Аңдатпа

Мақалада қазіргі білім беру жүйесінде оқушылардың функционалдық сауаттылығын қалыптастыру қажеттілігі туралы баяндалған. Жалпы білім беру процесінде білім алушылардың функционалдық сауаттылығын қалыптастыру жаңа тәсілдер мен инновациялық әдістерді оқыту процесінің тиімділігін арттыру негізінде құзыреттілікті дамыту және оқушылардың танымдық белсенділігін арттыру құралы ретінде пайдалануға болады. Тақырыптың өзектілігі мен мақсаты, сонымен қатар, математиканы оқыту нәтижелеріне қойылатын заманауи талаптар пәндік білімді игеру және оларды күнделікті өмірде, практикалық мәселелерді шешу барысында қолдану қажеттіліктері қарастырылған. Сабақтың қызықты өтуі, оқушылардың бір-бірімен жақын араласып, оқу үрдісіне жауапкершілікпен қарауы, ақыл-ой белсенділігін арттыру мақсатында мұғалімге бүкіл сыныптағы балалардың білімін, дағдыларын түсінуге және үнемі бақылауға көмектесетін оқытудың технологиялары қарастырылған. Мақалада осы жағдаятқа негізделген бірнеше мысал есептердің шығару жолдары мен нұсқаулары келтірілген.

Түйін сөздер: білім беру жүйесі, функционалдық сауаттылық, құзыреттілік, заманауи технология, математикалық сауаттылық.

Аннотация

А.Б. Кокажаева¹, А.Б. Жексембинова¹, Д.Б. Ашубаева¹, С.И. Таштемирова¹

¹ Казахский Национальный Женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан

ПОВЫШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ УЧАЩИХСЯ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ В РАМКАХ ОБНОВЛЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

В статье рассказывается о необходимости формирования функциональной грамотности учащихся в современной системе образования. Формирование функциональной грамотности обучающихся в общеобразовательном процессе новые подходы и инновационные методы могут быть использованы как средство развития компетенций и повышения познавательной активности учащихся на основе повышения эффективности процесса обучения. Актуальность темы, а также современные требования к результатам обучения математике рассмотрены потребности в усвоении предметных знаний и их применении в повседневной жизни, в процессе решения практических задач. В целях интересного прохождения урока, тесного взаимодействия учащихся друг с другом, ответственного отношения к учебному процессу, активизации умственной деятельности предусмотрены технологии обучения, которые помогают учителю понимать и постоянно контролировать знания, умения детей всего класса. В статье приведены несколько примеров отчетов, основанных на этой ситуации, с путями вывода и инструкциями.

Ключевые слова: система образования, функциональная грамотность, компетентность, современные технологии, математическая грамотность.

Abstract

IMPROVING THE FUNCTIONAL LITERACY OF STUDENTS IN MATHEMATICS LESSONS AS PART OF THE UPDATED CONTENT OF EDUCATION

A.B. Kokazhaeva¹, A.B. Zhexembinova¹, D.B. Ashubaeva¹, S.I. Tashtemirova¹

¹Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

The article describes the need for the formation of functional literacy of students in the modern education system. Formation of functional literacy of students in the general educational process new approaches and innovative methods can be used as a means of developing competencies and increasing cognitive activity of students based on improving the effectiveness of the learning process. The relevance and purpose of the topic, as well as modern requirements for the results of teaching mathematics, the needs for the assimilation of subject knowledge and their application in everyday life, in the process of solving practical problems are considered. For the purpose of an interesting lesson, close interaction of students with each other, responsible attitude to the educational process,

activation of mental activity, learning technologies are provided that help the teacher to understand and constantly monitor the knowledge and skills of children of the whole class. The article provides several examples of reports based on this situation, with output paths and instructions.

Keywords: education system, functional literacy, competence, modern technologies, mathematical literacy.

Кіріспе

Бүгінгі заманауи қоғам әлемде болып жатқан өзгерістерге тез бейімделе алатын адамдарды қажет етеді. Қазіргі кездегі объективті тарихи заңдылық – бұл адамның білім деңгейіне қойылатын талаптардың жоғарылауы. Білім беру саясатының басты міндеті – тұлғаның, қоғамның, мемлекеттің өзекті және перспективалы қажеттіліктеріне сәйкес білім берудің заманауи сапасын қамтамасыз ету.

Білім сапасы – оның нәтижелілігінде. Ол нәтиже білім алушылардың білімінен, іскерлігінен, дағдыларынан байқалады және соның негізінде түлектердің түйінді құзыреттіліктері қалыптасады. Заманауи мектепте білім беру процесі «өмір бойы білім алу» тұжырымдамасын жүзеге асыруға ықпал ететін құзыреттіліктерді дамытуға бағытталуы керек. Құзыреттілікті дамытудың алғышарты функционалдық сауаттылықтың белгілі деңгейінің болуында. Функционалдық сауаттылық – бұл халықтың және жалпы мемлекеттің әл-ауқатымен байланысты әлеуметтік-экономикалық құбылыс [1].

Мектеп оқушыларының функционалдық сауаттылығын дамыту жөніндегі PISA мен TIMSS зерттеулерінде қазақстандық оқушылар пәндік білім бойынша нәтижелері жоғары болғанымен, оны нақты өмірдегі жағдайларда пайдалана білмейтіндігін көрсетеді [2].

Жалпы орта мектепте білім берудің *мақсаты*: негізгі және пәндік құзыреттіліктерді дамыту арқылы оқушылардың таным қабілеттерін дамыту, кез-келген оқу және өмірлік жағдайда алған білімдерін шығармашылықпен пайдалану, өзін-өзі дамытуға және басқаруға дайындықты қамтамасыз ету. Заманауи мектеп оқушыларды қажетті біліммен қамтамасыз етеді, бірақ ол әрдайым үйреншікті жағдайлардың шеңберінен шығу қабілетін қалыптастырмайды. PISA мен TIMSS зерттеулері көрсеткендей мектеп мұғалімдері пәндік білімді жақсы береді, бірақ оны өмірлік жағдайларда қалай қолдануды үйретпейді. Бұл ғылым мен техниканың қарқынды дамуымен де, күнделікті өмір тәжірибесіндегі мәселелермен байланысы төмен оқу әдебиеттерінің тез ескіруімен де байланысты.

Зерттеу мақсаты: жаңартылған білім мазмұны аясында мектеп оқушыларының функционалдық сауаттылығын арттыру.

Білім беру жүйесінде білімді, дағдыларды, нормалар мен идеалдарды, белсенділік пен мінез-құлық заңдылықтарын, әлеуметтік құндылықтар мен бағыттарды сақтау және беру мұғалім арқылы жүзеге асырылады, сондықтан мұғалімнің педагогикалық мәдениетіне жоғары талаптар қойылады, оның бірі функционалдық сауаттылық. Сонымен, функционалдық сауаттылық деңгейін арттырудың басты мақсаты қоғамның объективті қажеттілігімен анықталады, яғни ақпаратты қолдану қабілетін арттыру және өмір ағымындағы қалыптасқан қатынастар жүйесіне тез бейімделу.

Функционалдық сауаттылықты теориялық және практикалық тұрғыдан зерттеу көптеген ғалымдардың еңбектерінде көрініс тапты. Мысалы, ресейлік ғалым-педагог А.В. Хуторской әлеуметтік тәжірибені игеру, қоғамдағы өмір мен практикалық дағдыларды келесідей білім беру құзыреттеріне ие болған жағдайда алуға болады деп санайды: жалпы мәдени, оқу-танымдық, ақпараттық, коммуникативті, әлеуметтік-еңбек және жеке тұлға ретінде өзін-өзі жетілдіру [3].

Көптеген шетелдік, ресейлік және қазақстандық ғалымдар функционалдық сауаттылықты стратегиялық тұрғыдан оқуға үйрету негізінде зерттеген [4]. Алайда, жаңартылған білім мазмұны аясында математика сабағында оқушылардың функционалдық сауаттылығын дамыту мәселесі педагогика ғылымы мен практикасында *шешімін толық тапқан жоқ*.

Әліде болса, оқушылар математиканың практикалық мазмұнды есептерді шешудегі және функционалдық сауаттылықты қалыптастырудағы рөлін түсінулері тиіс. Мектептің алдында ертеден қойылған мақсат - түлектерді күнделікті өмірде білімді еркін пайдалануға даярлау – білім беру мазмұнының практикалық құрамдас бөлігіне тиісті көңіл бөлінбегендіктен көп жағдайда ол орындалмай жатады. Бұл мектеп оқушылар арасында тәжірибеге бағытталған білім мен дағдылардың жетіспеушілігіне әкелетіні анық. Осындай мәселелер оқу сауаттылығын, жаратылыстану саласында мәселелерді шешуге қатысты тапсырмаларды орындау барысында туындайды.

Зерттеу материалдары және әдістері

Функционалды сауатты тұлға – бұл әлемде бағдарланған және қоғамдық құндылықтарға, мүдделерге сәйкес әрекет ететін адам. Функционалды сауатты тұлғаның негізгі белгілері: қандайда бір қасиеттерге, негізгі құзыреттерге ие, көпшілік орта да өмір сүруді білетін адам. Функционалдық сауаттылық – мета пәндік құбылыс, ол барлық мектеп пәндерін оқытуда қалыптасады, сондықтан көріністің әртүрлі формалары бар. Оқушылардың функционалдық сауаттылығын қалыптастырудағы маңызды аспект логикалық сауаттылықты қалыптастыру болып табылады.

Зерттеудің әдістері: бақылау, оқушылар және оқытушылармен пікір алмасу; сауалнама жүргізу; талдау, тест.

Жалпы тақырыптық сабақтарда біз логикалық және дерексіз ойлауды дамытатын тапсырмалармен жұмыс істеуге 5-10 минут уақыт бөлдік. Математика сабақтарында жіктеу әдісін қолдану оқу іс-әрекетінде жағымды мотивтердің қалыптасуына ықпал етеді, өйткені мұндай жұмыста оқушылардың белсенділігін арттыратын және жұмысты өз бетінше орындауды қамтамасыз ететін ойын элементтері мен іздеу әрекеттері бар.

Оқушылардың логикалық ойлауын дамыту бойынша мұндай жұмыс жүйесі оқушылардың ақыл-ой әрекетін қалыптастыруға бағытталған. Оқушылар математикалық заңдылықтар мен қатынастарды анықтауға, ықтимал жағдайларын байқауға, қорытынды жасауға үйренеді. Математика тұрмыстық мәселелерді, экономика, ауыл шаруашылығы, ғылыми зерттеулер, техникалық мәселелерді шешуде кездеседі [5].

Мәтін-мәндік тапсырмаларды сәтті орындау оқу процесін осындай мәселелерді шешуге бағытталған кезде ғана қамтамасыз етілуі мүмкін. Оқушылардың функционалдық және математикалық сауаттылығын арттыру үшін оқушыларға есептер мен теңдеулерді, ребустарды, кроссвордтарды, көп деңгейлі тапсырмаларды өздері құрастыруды ұсынуға болады. Осыған байланысты, функционалдық сауаттылықты дамыту мақсатында мектеп математика сабақтарында қарастырылған есептерді мысал ретінде келтіруді жөн көрдік.

1 - мысал. Газдалған сусындарды сататын бір компанияның менеджері жазда температура бір градусқа көтерілгенде, сусындарды сату күніне шамамен 200 литрге артып, температураның төмендеуінің әр деңгейіне бірдей түсетінін байқады. Бүгін ол 4 600 литр сусын сатты.

1. Егер а) температура 1 оське көтерілсе; б) 2^0 С-қа ыстық болса; в) температура 1^0 С-қа түссе; г) температура өзгермесе, ол ертең қанша сата алады?;

2. Температура қалай өзгергенде сусынның сатылымы 3000 литрден аспайтындығын қарастырыңыз;

3. Қоймада 6 400 литр өнім сақталады. Компания температураның ең жоғары қызу шегіне дайын бола алады ?

I кезең. Математикалық модель құру.

Есептің сұрақтарынан көріп отырғанымыздай, менеджердің ертең төрт түрлі жағдайда қанша газдалған сусын сата алатындығын анықтап қана қоймай (№1 сұрақ), сонымен қатар сатудың әртүрлі нұсқаларын (№2 және №3 сұрақтар) зерттеу керек.

Бұл есепті шешу үшін температураның ауытқуына байланысты сатылған сусынның мөлшерін ескеретін жалпы формуланы жасаймыз. Айталық, y — ертең сатылуы мүмкін бір литр сусынның мөлшері болсын.

Ертең температура x градусқа өзгереді деп болжаймыз. Егер температура көтерілсе, онда x -тың мәні оң, ал егер ол төмендесе, ол теріс болады. Сонда сату көлемі 200-ге өзгереді де $y = 4\ 600 + 200x$ болады. Осылайша, есептің әр сұрағы үшін математикалық модель жасауға болады:

1. а) $x = 1$; б) $x = 2$; в) $x = -1$; г) $x = 0$ тең болғанда $y = 4\ 600 + 200x$ формуласы бойынша y -тің шамасын табу.

2. $4\ 600 + 200x \leq 3000$ теңсіздігін шешу.

3. $4\ 600 + 200x = 6\ 400$ теңдеуін шешіңіз.

II кезең. Математикалық модельді зерттеу.

1. Біз $y = 4\ 600 + 200x$ формуласына x -тің әртүрлі мәндерін қойып, y -ті табымыз. Нәтижелерді кестеге енгізу ыңғайлы.

а) $y = 4\ 600 + 200 \times (+1) = 4\ 800$;

б) $y = 4\ 600 + 200 \times (+2) = 5\ 000$;

в) $y = 4\ 600 + 200 \times (-1) = 4\ 400$;

г) $y = 4\ 600 + 200 \times 0 = 4\ 600$.

x ($^{\circ}\text{C}$)	-1	0	$+1$	$+2$
y (л)	4 400	4 600	4 800	5 000

2. Біз $4\,600 + 200x \leq 3\,000$ теңсіздігін шешеміз. Біз $200x \leq -1\,600$ немесе $x \leq -8$.

3. $4\,600 + 200x = 6\,400$ теңдеуін шешеміз. Түрлендіру арқылы $200x = 1800$; $x = 9$ аламыз.

III кезең. Нәтижелерді талдау (түсіндіру).

1. Бұл кезең бұл тапсырма үшін қиындық тудырмайды. Егер температура 1°C көтерілсе, онда менеджер 4 800 литр сусын сата алады. Егер температура 2°C көтерілсе, келесі күні сату 5000 литрге жетуі мүмкін. Ауа температураның 1°C түссе сусын сату мөлшері 4 400 литрге дейін азаяды. Егер ертең температура өзгермесе, онда сусынның да сату мөлшері өзгермейді.

2. x температураның өзгеруі болғандықтан, біз алған нәтижемізге $x \leq -8$ сәйкес температура 8°C немесе одан жоғары болғанда (мұндағы минус белгісі температураның жоғары немесе төмен түсуі) сату көлемі 3000 литрден аспайды деп қорытынды жасауға болады.

3. Ертеңгі температура 9°C -қа көтерілсе де, компания өнім тапшылығын байқамайды. Алайда, бұл қойма қоры бойынша компания дайын болатын температураның ең жоғары шегі. Бұл есепте дұрыс құрылған математикалық модель температураның кез-келген өзгеруімен газдалған сусынның ертеңгі сатылымын есептеуге жарамды екендігіне назар аудару керек.

Егер температураның жоғарылауы немесе төмендеуі кезінде мүмкін болатын сату көлемін болжау қажет болса, мысалы, 10°C немесе тіпті 15°C (ауа-райының өзгеруіне сәйкес), онда бұл математикалық модель осындай есептеулер үшін өте қолайлы.

Математикалық модельдеу ауа температурасының өзгеруіне байланысты сатудың кейбір нұсқаларын зерттеуге мүмкіндік берді, оларды жоспарлау, қоймаларды толтыру және т. б.

2 - мысал. Анасы 42 жаста болғанда үлкен қызы 19 жаста, ортаншысы 11 жаста, кенже қызы 2 жаста болады. Неше жылдан соң шешесінің жасы қыздарының жасының қосындысына тең болады?

Берілгені:

Анасы – 42 жас

Үлкен қызы – 19 жас

Ортаншы қызы – 11 жас

Кенже қызы – 2 жас

Табу керек: неше жылдан соң анасының жасы балаларының жасының қосындысына тең?

Талдау: Егер адамның жасы x болса, t жылдан соң оның жасы $t+x$ болады. Осы қағидаға сүйене отырып оқушылар өз беттерінше топтасып жұмыс жасайды.

Шешуі: x жылдан кейі тең болатын болса, x жылдан соң анасының жасы – $42+x$ болады. Осыған сәйкес балаларының жасы – $32 + 3x$. Одан әрі, қарапайым теңдеу құру арқылы есепті шығарып, жауабын жазамыз.

$$42 + x = 19 + x + 11 + x + 2 + x$$

$$42 + x = 3x + 32$$

$$2x = 42 - 32$$

$$2x = 10$$

$$x = 5$$

Жауабы: 5 жылдан соң.

3 - мысал. Шаруашылық бірлестігіндегі әрбір 34 бас малдың 14-і сиыр. Жалпы мал басының саны 272. Әрбір 16 сиыр 25 га жердің шөбін жейді. Шаруашылық бірлестігіндегі барлық сиыр неше гектар жердің шөбін жейді?

Берілгені:

жалпы мал саны – 272

әр 34 бас мал – 14 сиыр

16 сиыр – 25 га

Табу керек: барлық сиыр неше га жердің шөбін жейді.

Шешуі: Есептің шешу жолдарын талдамас бұрын оқушылардың жалпы мал шаруашылығы туралы қысқаша түсініктерімен, ойларын сұрап, жинақтап алдық. Сосын есеп қандай жолмен шешілуі тиіс екенін сұрақ – жауап ретінде талдау жасадық. Талдау нәтижесінде оқушылар есепті пропорцияның көмегімен шешті.

$$\begin{array}{l} 34 \text{ мал} - 14 \text{ сиыр} \\ 272 \text{ мал} - x \text{ сиыр} \end{array} \quad x = \frac{272 \cdot 14}{34} = 112$$

$$\begin{array}{l} 16 \text{ сиыр} - 25 \text{ га} \\ 112 \text{ сиыр} - y \text{ га} \end{array} \quad y = \frac{112 \cdot 25}{16} = 175$$

Жауабы: 175 га.

4 - мысал. 11-сыныпта 60 оқушы бар. Олар физика, биология, тарих, география және ағылшын пәндері бойынша мамандық таңдады. Жалпы физика мен биология таңдаған оқушылар саны, тарих пен география таңдағаннан 4 есе аз. Тарих пен физика саны география мен биология санынан 7 есе көп. Мектепте қанша оқушы ағылшын мамандығын таңдады.

Берілгені:

Барлығы - 60 оқушы.

$$\Phi + B + T + \Gamma + A = 60$$

$$4(\Phi + B) = T + \Gamma$$

$$T + \Phi = 7(\Gamma + B)$$

Табу керек: ағылшын таңдаған оқушы санын ?

Шешуі: Сызықты теңдіктер жүйесін құраймыз. Бөлінгіштік белгілерін қолданамыз:

$$\begin{cases} \Phi + B + T + \Gamma + A = 60 \\ 4(\Phi + B) = T + \Gamma \\ T + \Phi = 7(\Gamma + B) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 5\Phi + 5B + A = 60 \\ 8B + 8\Gamma + A = 60 \end{cases}$$

$$A : 5; \quad A : 4 \quad \text{ЕКОЕ}(4,5) = 20$$

Жауабы: 20

Осындай тапсырмаларды шығара отырып, оқушылар функционалды сауаттылықты дамытады, өмірде математикалық білімдерін еркін қолдана білуге дағдыланады. Біз тәжірибе барысында оқытудың коммуникативтік технологияларын ұжымдық жұмыс түрінде қолдандық. Олар сабақтың қызықты өтуіне, оқушылардың бір-бірімен жақын араласып, оқу үрдісіне жауапкершілікпен қарауға тәрбиелейді, ақыл-ой белсенділігін арттырады, материалды бірнеше рет қайталауға мүмкіндік береді, мұғалімге бүкіл сыныптағы балалардың білімін, дағдыларын түсінуге және үнемі бақылауға көмектеседі.

Сыныптарды топқа бөліп ұйымдастырған кезде әр оқушы өзі ойлайды, сабақта жай отырмай дұрыс болсада, бұрыс болсада өз пікірін ұсынады, өзара пікір-талас туындайды, әртүрлі шешімдер талқыланады. Оқушылардың даму, оқыту және тәрбиелеу деңгейі артады.

Нәтижелері

Сауаттылық пен білімділік құрылымдық жағынан ұқсас категориялар, бірақ мүлдем бірдей емес. Білімділік - бұл, әлеуметтік және жеке қажеттілікті қанағаттандыратын сауаттылық. Білімділік - бұл жеке білім алуы сипаттайтын категория.

Жеке тұлғаның жалпыланған әлеуметтік маңызды білім алу нәтижесінің көрсеткіштері: сауаттылық, кәсіби құзыреттілік, мәдениеттілік болып табылады. Адамның кәсіби өлшемін анықтау кезінде бүгінгі таңда «құзыреттілік» ұғымы негізгі ұғымдардың бірі ретінде қолданылады. Құзыреттілік - бұл қазіргі уақытта қоғамда қабылданған стандарттарға сәйкес адамның кәсіби функцияларды орындауға дайындығы мен қабілетін көрсететін интегралды жеке сипаттама.

Функционалдық сауаттылықтың әрбір элементі - бұл күрделі, көп қырлы білім беру болып табылады. Функционалдық сауаттылықты қалыптастыру процесінде оқушының өзінің шешілетін мәселенің қажеттігін түсінгені аса маңызды [6].

Функционалдық сауаттылық дегеніміз - ақпаратты қабылдау, түрлендіру, өмірге әр түрлі салалардағы типтік есептерді басым практикалық-бағдарланған білім негізінде шешуге қабілеттілікпен байланысты білім, білік, дағды, дербес әрекет әдістерінің жиынтығы [7].

Математиканы оқу барысында мектеп оқушыларында функционалдық сауаттылықты қалыптастыруға ықпал ететін педагогикалық жағдайларды анықтау барысында біз келесі факторлардың әсерін ескердік:

- ✓ тыңдаушылардың функционалдық сауаттылық деңгейі;
- ✓ мектеп оқушыларының функционалдық сауаттылығын қалыптастыру тұрғысынан зерттелген қоғамның қазіргі білім беру жүйесіне қойылатын талаптары;
- ✓ білім алушылар жасының психологиялық-педагогикалық ерекшеліктері;
- ✓ оқушылардың функционалдық сауаттылығын қалыптастыру үдерісіндегі математика пәнінің ерекшеліктері мен мүмкіндіктері;
- ✓ оқушылардың функционалдық сауаттылығын қалыптастырудың іргелі компоненті ретінде құзыреттілікке негізделген әдістеме принциптері.

Сондай-ақ осы тақырыпқа негізделген функционалдық сауаттылық проблемасына арналған философиялық, психологиялық және педагогикалық әдебиеттерді талдау және жалпылау, педагогикалық теорияны оның практикалық қажеттіліктерімен салыстырмалы талдау жасай отырып, мектепте математика курсына оқу процесінде кездесетін келесідей қайшылықтар анықталды:

- ✓ мектеп оқушыларының математикалық сауаттылық деңгейіне қойылатын талаптар мен білім беру парадигмасы шеңберінде қалыптасқан оқыту практикасы арасындағы;
- ✓ қоғамның құзыреттілігі жоғары маманға қажеттілігі мен мектеп түлектерінің функционалдық сауаттылық деңгейінің жеткіліксіздігі арасындағы;
- ✓ мектеп оқушыларының функционалдық сауаттылықтарын дамыту қажеттігі мен жағдай жасау мақсатында математиканың мүмкіндіктерін пайдалану түрлерінің, әдістерінің, құралдарының жеткіліксіздігі арасындағы.

Аталған қарама-қайшылықтар зерттеу мәселесін анықтады: математиканы оқу процесінде мектеп оқушыларының функционалдық сауаттылықтарын қалай дамытуға болады?.

Функционалдық сауаттылық білім алушының алған білімін, іскерлігін және дағдыларын нақты өмірлік жағдайларда қаншалықты пайдалана алатынын көрсетеді. Ол адамның белгілі бір мәдени ортада өмірін жүзеге асыруға дайындығының ең төменгі қажетті деңгейін белгілейді. Функционалдық сауаттылықтың қалыптасуы компетенттік тәсіл әдіснамасында құрылған білім беру үдерісінде жүретінін атап өту маңызды.

Талқылау

Жоғарыда аталған факторлардың әрқайсысын толығырақ қарастырайық. Қазіргі заманғы білім беру жүйесінің алдында өзін-өзі жетілдіруге және өз білімін жүзеге асыруға деген ұмтылысы бар, дүниетанымы кең, үздіксіз танымдық іс-әрекетке бағдарланған жаңа типтегі маман даярлау міндеті тұр. Бұл жағдайда білім алушы оқу процесінің белсенді қатысушысына айналады. Оқушы өзінің оқуын тек формасы бойынша ғана емес, мазмұны бойынша анықтайтын және «бағыттайтын» субъектіге айналуы тиіс [8].

Жоғарыда қарастырылған әдебиеттерге талдау нәтижелері бойынша қазақстандық оқушылар проблемаларды анықтау және тұжырымдау, модельдеу және оларды шешу жолдарын ұсыну мақсатында өмірлік жағдайларды талдау қабілеттерінің төмен екендігін көрсетіп отыр. Оқушылардың білім жетістіктерін халықаралық бағалау бағдарламасы қандай дағдыларды және қандай деңгейде бағалағанын егжей-тегжейлі қарастырайық.

Тапсырмаларды «оқу» үшін күрделіліктің бірінші деңгейі мәтінде тақырыпты тану, екіншісі - оқылғаннан қорытынды шығара білу, үшіншісі - ақпараттың күнделікті біліммен байланысы, төртіншісі – мәтінді сыни талдау, бесінші жоғары деңгейде – қажет емес немесе шындыққа жатпайтын ақпараттарды бөліп көрсету, болжамдар мен қорытындыларды еркін тұжырымдау. Сонымен, «оқудағы» сауаттылық дегеніміз, ең алдымен, оқылған материалды түсіну және түсіндіру, қорытынды жасай білу, пайымдау, оқылған материалға деген көзқарасты тұжырымдау.

Математикада ең төменгі бірінші деңгейі үшін *сызбада немесе кестеде берілгендерді «оқу», валюта айырбастау кезінде айырбастау курсы қолдану, ортаңғы – 3 және 4 деңгейлерде қашықтықты табу үшін картаның масштабын қолдану, қозғалыс жылдамдығын есептеу*, ең жоғарғы деңгейге - *таныс емес сызбаны диаграмманы сұрыптап бөлу яғни түсіну*. Жаратылыстануда қарапайым тапсырмалар – *формуларды қайта құруға*, күрделіліктің орташа тапсырмалары – *жекелеген құбылыстарды түсіндіруге арналды*, ең күрделі тапсырмада – *құбылыстарды олардың моделдері негізінде түсіндіру қажет* [9].

Тапсырмаларды шешу қабілетін бағалау кезінде төменгі деңгей үшін сұрақтың мәнін түсіну және оны шешуге қажетті ақпараттарды табу жеткілікті болды, орташа – есептің мазмұнын талдай білу, шешім қабылдай білу, жоғары деңгей - көптеген шарттарды ескере отырып, өз пікірін негіздей білу болып табылады.

Жалпы, математикалық есептерді шешу дағдыларын мақсатты түрде қалыптастыру, әрине, білім беруді жетілдірудің маңызды жолдарының бірі болып табылады. Бұл өз кезегінде мәселенің жағдайын талдау, оны шешу жолдарын іздеу, шешім нәтижелерін түсіну дағдыларын қалыптастырумен байланысты.

Математикалық білімнің белгілі бір жүйесін қалыптастыру әрқашан математикалық білім беруде басты назарда болды. Бұл жүйенің көлемі жалпы білім беру тұрғысынан тым үлкен, ал оларды иелену сапасы онша жоғары емес. Ең бастысы, білім мен дағдылардың осы жүйесін қалыптастыру математика мен есептерді шешу стратегиясын қолдану дағдыларын қалыптастырумен байланысты емес. Бүгінгі мұғалім оқушы үшін білім алудың бұрынғыдай жалғыз ақпараттық көзі болудан қалды. Керісінше, әр оқушыны оқу процесіне тарту, оны тыңдай білу, оны көмекші ету, баланың өзін мазалаған жағдайына қарау – қазіргі мұғалім үшін өзекті мәселелердің бірі.

Жаңа уақыт мұғалімнен заманауи өзекті технологияларды игеруді және оларды сабақта тиімді пайдалануды талап етеді. Мектеп оқушылары ақпараттық технологияларды жақсы біледі, оңай түсінеді. Сондықтан бәрімізге оқушылардың практикалық дағдыларын қалыптастыру үшін ойлау, түсіну, талдау, яғни оқыту және дамыту үшін жаңа құралдар мен тәсілдер қажет. Біздің міндетіміз – олардың білімі мен дағдыларын дұрыс бағыттау, осы немесе басқа білімді қалай алу керектігін үйрету, пәнге деген қызығушылығын арттыру. Сондықтан оқушылар теориялық алған білімдерін кез-келген жағдайға қалай қолдануды үйренуі керек. Өз тәжірибемізде белсенді оқыту әдістерін мысалы, мультимедиа, ойын технологияларын қолдана отырып, оқушылардың математикалық мазмұнға қатысты төмендегідей дағдыларын дамытып аламыз:

✓ мәтінді талдай білу, әртүрлі формада берілген ақпаратты пайдалана білу (бір жағдайдан екінші жағдайға көшу, нұсқауларды ұстану, проблеманы көру, әрекеттерді негіздеу, кестені, диаграмманы рәсімдеу);

✓ тапсырма мазмұнына қатынасты мәселені анықтау мақсатында модельдеуді қолдана білу (графиктер, белгілер, формулалар);

✓ құрылымдық объектілердегі заңдылықтарды анықтай білу (қорытынды жасау);

✓ шешімді іздеу кезінде байқау әрекеттерін жүзеге асыру білігі; (сабақтағы проблемалық жағдайлар);

✓ мәселені шешу барысы мен нәтижесін бақылау білігі (қол жеткізу картасы-мәселені шешу үшін қажетті материалды таңдау).

Бұл дағдылар математикалық сауаттылықтың индикаторлары болып табылады және сабаққа осы дағдыларды қалыптастыруға бағытталған тапсырмаларды енгізу арқылы қалыптасады. Математикалық сауаттылық – адамның өзі өмір сүретін әлемдегі математиканың рөлін анықтау және түсіну, жақсы негізделген математикалық пайымдаулар мен математиканы қазіргі және болашақ мұқтаждықтарды қанағаттандыратын етіп пайдалану мүмкіндігі.

Математикалық функционалдық сауаттылық дегеніміз – адамның әртүрлі салалардағы есептерді шешу үшін алынған математикалық білімдерді пайдалану қабілетін білдіреді.

Тәжірибеге сүйене отырып, математика сабақтарындағы оқушылардың функционалдық сауаттылығы құзыреттілікке бағытталған тапсырмалар, интеграцияланған тапсырмалар және ақпараттық технологиялар көмегімен қалыптасатынын атап өткіміз келеді.

Құзыреттілік тапсырмалар оқушының математиканы оқуға деген қызығушылығын оятып, дәстүрлі сабақтың ұйымдастырылуын өзгертеді. Олар білім мен дағдыларға негізделген және жинақталған білімді практикалық іс-әрекетте қолдану қабілетін талап етеді.

Біріктірілген тапсырмалар – бұл математиканы басқа пәндермен біріктіретін тапсырмалар (математика – орыс тілі, математика – экономика, математика – әдебиет, математика – дүниетану). Бұдан басқа, функционалдық сауаттылықты дамытудың басты құралдарының бірі ақпараттық технологиялар (мұғалімнің жеке сайты, қашықтықтан олимпиадалар, веб-квест) болып табылады [10].

Жаңартылған білім беру мазмұны жағдайында коммуникативтік технологиялардың көмегімен оқушылардың функционалдық сауаттылығын қалыптастыру мәселесін зерттеу барысында біз осы технологиялардың әсерінен олардың функционалдық сауаттылығының қалыптасу деңгейлерін зерттедік. Алынған нәтижелерді 1-кесте түрінде ұсынамыз.

Кесте 1. Оқушылардың функционалдық сауаттылығының қалыптасу деңгейлері

Оқушылардың функционалдық сауаттылығының қалыптасу деңгейлері	Оқытудың коммуникативтік технологияларын қолданумен экспериментке дейінгі деңгей көрсеткіштері	Оқытудың коммуникативтік технологияларын қолдана отырып, эксперименттен кейінгі деңгей көрсеткіштері
Төмен	42,7 %	27,3 %
Орташа	37,5 %	59,3 %
Жоғары	21,5 %	41,7 %

Алынған мәліметтер бойынша оқытудың коммуникативтік технологияларының әсерінен оқушылардың функционалдық сауаттылығының қалыптасу деңгейі айтарлықтай жақсарғанын байқауға болады. Осылайша, оқытудың коммуникативтік технологиялары арқылы оқушылардың функционалдық сауаттылығын қалыптастыру бойынша жүргізілген эксперименттік жұмыстың талдауы нақты тиімділігін көрсетті. Зерттеу нәтижелері келесідей қорытынды жасауға мүмкіндік берді. Біріншіден, жаңартылған білім беру мазмұны аясында оқытудың коммуникативтік технологиялары көмегімен оқушылардың функционалдық сауаттылығын қалыптастыру проблемасын талдау көрсеткендей, оны сабақ өту барысында ғылыми-әдістемелік тұрғыда неғұрлым тиімді пайдалану мұғалімнің кәсіби шеберлігіне байланысты.

Осы зерттеу нәтижелері бойынша бұл білім беру технологиялары мектеп оқушыларының функционалдық сауаттылығын қалыптастыруға ықпал етіп қана қоймай, оларға оқу процесіне интеллектуалдық тұрғыдан қатысуға, көшбасшы ретінде әрекет етуге, өз білімдерін байыту және қабілеттерін дамыту үшін жауапкершілікті алуға, маңызды заманауи проблемаларды зерделеуге және талдауға, білімді синтездеуге, ұжымда үйлесімді жұмыс істеуге, дұрыс жаза білуге және презентация дағдыларын игеруге, сыни тыңдаушы болуға, жақсы шешімдер қабылдауға, өзіне деген сенімділікті дамытуға көмектеседі.

Екіншіден, коммуникативтік технологияларды енгізудің нәтижесі оқушылардың барлық коммуникативтік дағдыларын, ауызекі сөйлеу, есту арқылы қабылдау, оқу, жазу, ақпаратты аналитикалық өңдеуді үйлесімді дамыту; көпшілік алдында сөйлеу қорқынышын жеңу; сөздік қорын кеңейту; ғылым, білім беру және коммуникация саласында жаңа ақпаратты алу және қолдану болып табылады.

Қорытынды

Жалпы қорытындылай келе, жоғарыда айтылған құзыреттілік тәсілдің барлық ережелері білім деңгейі ретінде функционалдық сауаттылыққа тікелей қатысты.

Функционалдық сауаттылық - бұл дамып келе жатқан құзыреттіліктің білімдік негізін, демек, қазіргі білім берудің қажетті бөлігін анықтайтын оқу-танымдық құзыреттіліктің басты компоненті. Зерттеуші ғалымдардың идеяларын қорыта келе, білімді меңгерудің негізгі оқу іс-әрекетінің тізімін анықтадық, онсыз «оқуға үйрену» мүмкін емес:

1. Мәтіннің бастапқы мазмұнын оқу және түсіну. Мәтін ақпаратты ұсынуға, беруге арналған тілдік белгілер (графикалық, акустикалық) арқылы ретімен түсініледі. Іс-әрекет процесі келесі жұмыстарды қамтиды: мәтін элементтерінің маңызды ақпаратын қабылдау, тілдік кодтардың мәндерін жаңарту, мәлімдеменің мазмұнын қалпына келтіру. Ұсынылған мәтіндегі фактілерге, теорияларға, бағалауға және сынға қатысты мәтіннің негізгі ережелерін бөліп көрсету. Конспект;

мәтіннің негізгі ережелерін сипаттау тезисі. Мәтін мазмұнын өз бетінше таңдау: жалпы ережелерді бөлектеу, нақтылау, тұжырымдамаға келтіру, салдарын бөліп көрсету, дәлелдеу және т. б.

2. Есеп мазмұнындағы мәселені көре білу және соған қатысты ақпаратты таңдау. Қосымша әдебиеттерді қолдана білу және мәселені шешу үшін жаңа ақпарат таба білу;

3. Талдау және синтездеу қабілеті. Ұғымдарды, терминдерді, анықтамаларды жалпылау және білім жүйесін құру;

4. Жаттығуларда, сұрақтарға жауаптарда, есептерді шешу кезінде мазмұнды белгілермен, схемалармен, графиктермен, кестелермен және бейнелі түрде ұсыну арқылы материалды өңдей білу, игеру;

5. Бірнеше тақырыпты немесе барлық өткен материалдарды қамтитын тапсырмаларды шеше білу;

6. Өз көзқарасын орынды негіздей білу;

7. Өзіндік жұмыста өзін-өзі бақылауды жүзеге асыра білу, білім алу процесінде өзін-өзі бағалау және түзетуді жүзеге асыру. Оқушы мақсатын, оның ағымдағы және болашақтағы іс-әрекетінің міндеттерін жеке тұлға үшін маңыздылығы тұрғысынан жоспарлау (яғни мотивтер мен мақсаттардың сәйкес келуі).

Жұмысының перспективасын болжай отырып, мақсатқа жетудің құралдары туралы идеяларды қалыптастыру. Келтірілген дағдылар танымдық салаға жатады және оқу-танымдық құзыреттілікті дамытудың негізі ретінде функционалдық сауаттылықты қалыптастыруға ықпал етеді.

✓ математика пәні бойынша функционалдық сауаттылықты дамытуға есептерді қолдану білім алушыға өз бетінше (қосымша сұрақтар-кеңестерсіз) – ұсынылған есепті шешу қағидатын таба білуге көмектеседі және осы қағидатқа сәйкес әрекет етеді. Мұндай оқушыларда іздеу-зерттеу қызметі негізінен ақыл-ой тұрғысынан жүреді;

✓ білім алушының ұстанымы стандартты емес оқу жағдайына қосылуға, оны шешу үшін жаңа құралдарды іздеуге дайындығымен сипатталады және оны шешудегі өз мүмкіндіктерін дербес бағалай алады.

Сабақтарда пайдаланылатын жұмыс нысандары мен әдістері оқушылардың функционалдық сауаттылығын арттыруға бағытталған, жеке тұлға ретінде өзін-өзі тануды, білім алуда дербестікті қамтамасыз ететін, коммуникациялық дағдыларды, ақпарат пен технологияларды пайдалана білуді, мәселелерді шешуді, іскерлікті және креативтілікті қалыптастыратын ақпараттық-білім беру ортасын дамытуға ықпал етеді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 Развитие функциональной грамотности обучающихся основной школы: методическое пособие для педагогов /Под общей редакцией Л.Ю. Панариной, И.В. Сорокиной, О.А. Смагиной, Е.А. Зайцевой. – Самара: СИПКРО, 2019. – 190 с.

2 Agne Brandisauskiene, Jurate Cesnaviciene, Rita Miciuliene and Lina Kaminskiene, What Factors Matter for the Sustainable Professional Development of Teachers? Analysis from Four Countries, DOI: 10.2478/jtes-2020-0022 Journal of Teacher Education for Sustainability, vol. 22, №. 2, p. 153-170, 2020

3 Хуторской А.В. Дидактика. Учебник для вузов. Стандарт третьего поколения. СПб.: Питер, 2017. 720 с.

4 Шайхелисламов Р.Ф. Попасть в десятку: готовность регионов к реализации задач, связанных с формированием функциональной грамотности // Отечественная и зарубежная педагогика. 2019. Т. 1, № 4 (61). С. 218–235.

5 Волкова Т.Н. Использование практико-ориентированных задач в обучении математике учащихся основной школы // Математика и математическое образование: современные тенденции и перспективы развития. Сборник научных трудов по материалам II заочной Всероссийской научно-практической конференции. 2017. с. 173–176.

6 Калинкина Е.Н. Сборник заданий по развитию функциональной математической грамотности обучающихся 5-9 классов. - Новокуйбышевск, 2019. – 6 с.

7 Алибекова А.Д. «Математика сабақтарында функционалдық сауаттылықты қалыптастыру жолдары», Материалы областной научно-практической конференции работников образования 14 мая «Функциональная грамотность - важнейшее условие повышения качества образования» Часть I Караганда, 2021, - 95 б.

8 Сергеева Т.Ф. Математика на каждый день. 6-8 классы: пособие для общеобразовательных организ. / Т.Ф. Сергеева. - М.: Просвещение, 2020. -112 с.

9 Stukalenko N.M., Murzina S.A., Kramarenko B.V., Ermekova Z.K., Rakisheva G.M. Implementation of competence approach in the professional education of prospective teachers in the higher education conditions. - 2016, *International Review of Management and Marketing*, 6(3), 175-181.

10 Рыдзе О.А., Краснянская К.А. Преемственность в формировании математической функциональной грамотности учащихся начальной и основной школы // *Отечественная и зарубежная педагогика*. 2019. Т. 1, № 4 (61). С. 146–158.

References:

1 Razvitiye funkcional'noj gramotnosti obuchayushchihsya osnovnoj shkoly [Development of functional literacy of primary school students]: metodicheskoe posobie dlya pedagogov /Pod obshchej redakciej L.Y. Panarinoj, I.V. Sorokinoj, O.A. Smaginoj, E.A. Zajcevoj. Samara: SIPKRO, 2019. 190 p. (In Russian)

2 Agne Brandisauskiene, Jurate Cesnaviciene, Rita Miciulienė and Lina Kaminskiene, (2020) What Factors Matter for the Sustainable Professional Development of Teachers? Analysis from Four Countries, DOI: 10.2478/jtes-2020-0022 *Journal of Teacher Education for Sustainability*, vol. 22, №. 2, 153-170.

3 Hutorskoj A.V. (2017) *Didaktika. Uchebnik dlya vuzov. Standart tret'ego pokoleniya*. SPb.: Piter, 720. (In Russian)

4 Shajhelislamov R.F. (2019) Popast' v desyatku: gotovnost' regionov k realizacii zadach, svyazannyh s formirovaniem funkcional'noj gramotnosti [To get into the top ten: readiness of regions to implement tasks related to the formation of functional literacy]. *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika*. Т. 1, № 4 (61). 218–235. (In Russian)

5 Volkova T.N. (2017) Ispol'zovanie praktiko-orientirovannyh zadach v obuchenii matematike uchashchihsya osnovnoj shkoly [The use of practice-oriented tasks in teaching mathematics to primary school students]. *Matematika i matematicheskoe obrazovanie: sovremennye tendencii i perspektivy razvitiya. Sbornik nauchnyh trudov po materialam II zaochnoj Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. 173–176. (In Russian)

6 Kalinkina E.N. (2019) *Sbornik zadaniy po razvitiyu funkcional'noj matematicheskoy gramotnosti obuchayushchihsya 5-9 klassov* [Collection of tasks for the development of functional mathematical literacy of students in grades 5-9]. Novokujbyshevsk, 6. (In Russian)

7 Alibekova A.D. (2014) «Matematika sabaktarynda funkcionaldyқ sauattylyқты қалыптастыру zholdary» ["Ways to form functional literacy in mathematics"]. *Materialy oblastnoj nauchno-prakticheskoy konferencii rabotnikov obrazovaniya 14 maya «Funkcional'naya gramotnost' - vazhnejshee uslovie povysheniya kachestva obrazovaniya» Chast' I Karaganda*, 95. (In Kazakh)

8 Sergeeva T.F. (2020) *Matematika na kazhdyj den'. 6-8 klassy* [Math for every day. 6-8 grades]: posobie dlya obshcheobrazovatel'nyh organiz. T.F. Sergeeva. M.: Prosveshchenie, 112. (In Russian)

9 Stukalenko N.M., Murzina S.A., Kramarenko B.V., Ermekova Z.K., Rakisheva G.M. Implementation of competence approach in the professional education of prospective teachers in the higher education conditions. - 2016, *International Review of Management and Marketing*, 6(3), 175-181.

10 Rydze O.A., Krasnyanskaya K.A. (2019) *Preemstvennost' v formirovanii matematicheskoy funkcional'noj gramotnosti uchashchihsya nachal'noj i osnovnoj shkoly* [Continuity in the formation of mathematical functional literacy of primary and secondary school students]. *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika*. Т.1, № 4 (61). 146–158. (In Russian)

Б.М. Қосанов^{1}, Ж.Т. Қайыңбаев², А.К. Ардабаева¹*

*Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
Сулейман Демирель атындағы Университет, Алматы қ., Қазақстан
e-mail: kossanov89@mail.ru

СЫЗЫҚТЫҚ ФУНКЦИЯМЕН БАЙЛАНЫСТЫ ЭКСТРЕМУМ ЕСЕПТЕРІ

Аңдатпа

Мақалада сызықтық функциямен байланысты экстремум есептері қарастырылған. Мақаланың мақсаты: сызықтық функциямен байланысты экстремумға берілген есептер тобын шешудің жалпы әдісін көрсету және бұл әдістің оқушыларға ерте бастан-ақ экстремумға берілген есептер туралы білімдер берудегі маңыздылығын айқындау. Жалпы білім беретін мектеп оқушыларына экстремумға берілген есептерді шешуді оқытып-үйретуге кешенді тұрғыдан келу зерттеудің әдіснамалық негізі болып табылады. Зерттеу барысында мынадай нәтижелер алынған: «экстремумға берілген есептер» ұғымы анықталған, сызықтық функциямен байланысты экстремумға берілген есептердің құрылымы қарастырылған, сызықтық функцияның экстремумын табуға келтіретін есептерді шешудің жалпы әдісі жасалған, осындай есептермен жұмыс істеудің кезеңдері көрсетілген. Берілген әдістің функцияның экстремумын есептеуді талап етпейтіндігі және оның сызықтық функцияның қандай да бір кесіндідегі монотондылығына негізделгені атап көрсетілген. Сондықтан қазіргі заманғы оқушы экстремумға берілген есептерді туынды арқылы шешуді біліп қана қоймай, оларды шешудің элементар әдістерімен қарулануы тиіс.

Түйін сөздер: есеп, экстремум, экстремумға берілген есептер, сызықтық функция, сызықтық функциямен байланысты экстремум есептері.

Аннотация

Б.М. Косанов¹, Ж.Т. Кайыңбаев², А.К. Ардабаева¹

¹Казахский педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

²Университет имени Сулеймана Демиреля, г. Алматы, Казахстан

ЗАДАЧИ НА ЭКСТРЕМУМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ЛИНЕЙНОЙ ФУНКЦИЕЙ

В статье рассматриваются задачи, приводящие к нахождению экстремума линейной функции. Цель статьи: показать общий метод решения экстремальных задач, связанных с линейной функцией и раскрыть значение этого метода в более раннем приобретении знаний о задачах на экстремумы у учащихся. Методологической основой исследования является системный подход к обучению учащихся общеобразовательных школ решению задач на экстремумы. В исследовании получены такие результаты: определено понятие «задачи на экстремумы», рассмотрена структура задач на экстремумы, связанных с линейной функцией, разработан общий метод решения задач, сводящихся к нахождению экстремума линейной функции, показаны этапы работы над такими задачами. Отмечено, что данный метод не требует вычисления производной функции и он основан прежде всего на монотонность линейной функции на некотором отрезке. Поэтому современный ученик должен не только уметь решать задачи на экстремумы с помощью производной, но и владеть элементарными методами их решения.

Ключевые слова: задача, экстремум, задачи на экстремумы, линейная функция, задачи на экстремумы связанные с линейной функцией.

Abstract

EXTREMUM PROBLEMS RELATED TO A LINEAR FUNCTION

Kosanov B.M.¹, Kayynbayev Zh.T.², Ardabayeva A.K.¹

¹Abai Kazakh Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

²Suleiman Demirel University, Almaty, Kazakhstan

The article deals with the problems leading to finding the extremum of a linear function. The purpose of the article is to show a general method for solving extreme problems related to a linear function and to reveal the significance of this method in the earlier acquisition of knowledge about extreme problems from students. The methodological basis of the research is a systematic approach to teaching secondary school students to solve problems at extremes. The following results were obtained in the study: the concept of "extremum problems" was defined, the structure of extremum problems associated with a linear function was considered, a general method for solving problems that

reduce to finding the extremum of a linear function was developed, the stages of work on such problems were shown. It is noted that this method does not require calculating the derivative of the function and it is based primarily on the monotonicity of a linear function on a certain segment. Therefore, a modern student should not only be able to solve extreme problems using a derivative, but also possess elementary methods.

Keywords: problem, extremum, extremum problems, linear function, extremum problems related to a linear function.

Кіріспе

Математиканы оқытуда есептер маңызды орын алады. Есептерді шешумен байланысты білім, білік және дағдыларды қалыптастыру жалпы білім беретін мектепте математиканы оқытудың басты және аса маңызды қорытынды нәтижесі болып табылады. Жалпы алғанда, мектеп математика курсына есептердің сан алуан түрлері қарастырылады. Олардың ішінде экстремумға берілген есептердің алатын орны ерекше [1].

Экстремумға берілген есептер деп «ең үлкен мән», «ең кіші мән», «максимум» немесе «минимум» ұғымдарының бірімен байланысты есептерді түсінеді. Оқу бағдарламасы бойынша, мұндай есептер және оларды шешу мәселесі Х сыныптан бастап қана «Алгебра және анализ бастамалары» курсына жүйелі түрде қарастырыла бастайтындығы белгілі. Функцияның туындысын табуға негізделген бұл әдіс экстремумға берілген есептерді шешудің неғұрлым жалпы әдісі болып табылады [2]. Алайда, бұл әдістің кейбір кемшіліктері бар. Мәселен, кейбір есептерде шамалар арасындағы функциялық байланыс кесте түрінде берілуі немесе оны аналитикалық түрде жазып көрсету қиын болуы мүмкін. Сондай-ақ кейбір есептерді шешу барысында функцияның туындысын табу үлкен қиындықтар тудырады, кейде бізді қызықтыратын нүктелерде туындының бар болуының өзі белгісіз болуы мүмкін. Кей жағдайларда тіпті функцияның туындысын есептеп тапқан күннің өзінде $f'(x) = 0$ теңдеуін шешуде айтарлықтай қиындықтар орын алады. Осы тұрғыдан алып қарағанда оқушылардың экстремумға берілген есептерді шешудің әртүрлі элементар әдістерін оқып-үйренулері және меңгерулері математиканы оқыту әдістемесіндегі өзекті мәселенің бірі болып табылады.

Зерттеу әдіснамасы

Мақаланың мақсаты: сызықтық функцияның экстремум мәндерін табуға келтіретін есептерді элементар әдіспен шешудің жолдарын көрсету.

Мақаланы жазу барысында экстремумға берілген есептерді шешумен байланысты теориялық және әдістемелік әдебиеттерге, ғылыми-әдістемелік еңбектерге, математиканың жалпы білім беретін мектепке арналған жаңартылған мазмұндағы оқу бағдарламасы мен оқулықтарына зерттеу мәселесі тұрғысынан талдаулар жасау, бақылау, озат педагогикалық тәжірибені оқып-үйрену және тарату сияқты зерттеу әдістері пайдаланылды.

Зерттеу нәтижелері

Аталмыш есептерді шешудегі аса маңызды мәселе, оқушылардың сызықтық функцияның монотондылығымен байланысты мынадай қасиеттерді берік игеруі керек болады:

- 1) $y = kx + b$ функциясы $k > 0$ болғанда, өспелі функция болады.
- 2) $y = kx + b$ функциясы $k < 0$ болғанда, кемімелі функция болады.

Осының негізінде сызықтық функцияға қатысты мынадай маңызды тұжырымдар жасауға мүмкіндік туады: 1) $k > 0$ болғанда тәуелсіз айнымалының үлкен мәніне функцияның үлкен мәні, ал тәуелсіз айнымалының кіші мәніне функцияның кіші мәні сәйкес келеді; 2) $k < 0$ болғанда тәуелсіз айнымалының үлкен мәніне функцияның кіші мәні, ал тәуелсіз айнымалының кіші мәніне функцияның үлкен мәні сәйкес келеді[4].

Жалпы алғанда, $y = kx + b$ функциясының ең үлкен немесе ең кіші мәнін көрсетіп беру мүмкін емес, өйткені x – тің шектеусіз өсуіне байланысты функция шектеусіз өседі ($k > 0$ болғанда) немесе шектеусіз кемиді ($k < 0$ болғанда). Мұны сызықтық функцияның сәйкес жағдайлардағы графиктерінен көрнекі түрде байқауға болады. Алайда, егер де сызықтық функцияны қандай да бір сандар аралығында қарастыратын болсақ, оның ең үлкен және ең кіші мәндерін анықтауға болады. Мәселен, $y = 0,5x + 2$ функциясын $[-6; 2]$ аралығында, ал $y = -3x + 6$ функциясын $[-1; 3]$ аралығында қарастырайық. Функциялар графиктерін сызып, оларға зер салып қарайтын болсақ,

мыналарды аңғарамыз: $y = 0,5x + 2$ функциясының $[-6; 2]$ аралығындағы минимум нүктесі $x = -6$, максимум нүктесі $x = 2$ және оның осы сандар аралығындағы ең кіші мәні -1 ге, ең үлкен мәні 3 -ке тең болады. Ал $y = -3x + 6$ функциясының $[-1; 3]$ аралығындағы максимум нүктесі $x = -1$, минимум нүктесі $x = 3$ болады және оның осы сандар аралығындағы ең үлкен мәні -9 -ға, ең кіші мәні -3 -ке тең болады. Осы айтылғандардан мынадай ережелер тұжырымдауға болады.

1-ереже. $k > 0$ болса, онда $y = kx + b$ сызықтық функциясы $x = c$ нүктесінде ең кіші мәнге, ал $x = d$ нүктесінде ең үлкен мәнге ие болады, яғни:

$$\begin{array}{ll} \min y = kc + b & \max y = kd + b \\ [c; d] & [c; d] \end{array}$$

2-ереже. $k < 0$ болса, онда $y = kx + b$ сызықтық функциясы $x = c$ нүктесінде ең үлкен мәнге, ал $x = d$ нүктесінде ең кіші мәнге ие болады, яғни:

$$\begin{array}{ll} \max y = kc + b & \min y = kd + b \\ [c; d] & [c; d] \end{array}$$

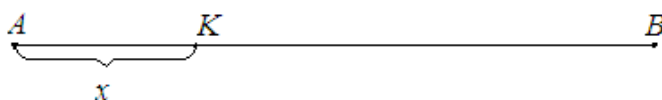
Жоғарыдағы пайымдаулар сызықтық функциямен байланысты экстремумға берілген есептерді шешудің жалпы түрдегі алгоритмін тұжырымдауға мүмкіндік береді.

- 1) Есеп шарты мен талабына сәйкес $y = kx + b$ түріндегі сызықтық функцияны құрады.
- 2) Функцияның қандай сандар аралығында қарастырылатынын анықтайды.
- 3) 1-інші немесе 2-інші ережеге сүйеніп, сызықтық функцияның осы аралықтағы ең үлкен немесе ең кіші мәнін табады.
- 4) Осыған сәйкес есептің жауабын жазады.

Төменде осы алгоритмді пайдалана отырып, екі есепті шешіп көрсетейік.

№1. Үлкен жолдың бойында орналасқан А және В ауылдарының арақашықтығы 4 км. А ауылында 200 оқушы, ал В ауылында 150 оқушы бар. Оқушылардың барлығы жүретін жалпы жол ең аз болатындай етіп мектепті қай жерден салу керек?

Шешуі. 1) Айталық, мектеп А ауылынан x км қашықтықтағы К нүктесінде салынады деп ұйғарайық.



$$AK = x, \text{ онда } KB = 4 - x, \text{ өйткені } AB = 4.$$

Бұлай деп алғанда, А ауылының оқушылары мектепке дейін барлығы $200x$ км, ал В ауылының оқушылары $150(4 - x)$ км жол жүреді.

Демек, барлық оқушылардың жүріп өтетін жалпы жолын

$$y = 200x + 150(4 - x)$$

функциясы арқылы өрнектеуге болады. Оны түрлендірсек:

$$y = 200x + 150(4 - x) = 200x + 600 - 150x = 50x + 600$$

Сонымен жалпы жол $y = 50x + 600$ сызықтық функциясымен өрнектеледі екен.

2) Енді осы функцияға енетін x тәуелсіз айнымалысының қандай сандар аралығында өзгеретіндігін анықтайық.

Мектептің А ауылында немесе В ауылында, сондай-ақ олардың арасындағы кез-келген жерден салынуы мүмкін екендігін ескерсек, x – тің 0 мен 4 сандары аралығында, яғни $[0;4]$ аралығында өзгеретіндігі айқындалады. Сонымен берілген есеп оқушылардың барлығы жүріп өтуге тиісті жалпы жолдың, яғни $y = 50x + 600$ функциясының ең кіші мәнін табуға келіп тіреледі.

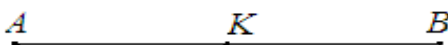
3) $k = 50 > 0$ болғандықтан сызықтық функцияның экстремум нүктелерін табу ережесі бойынша берілген функция $x = 0$ нүктесінде ең кіші мәнге ие болады, яғни

$$\min y = 50 \cdot 0 + 600 = 600 \\ [0;4]$$

4) Бұл дегеніміз мектепті А ауылында салу керек деген сөз, сонда барлық оқушылардың жүріп өтетін жалпы жолы ең аз, яғни 600км болады.

Жауабы: мектепті А ауылында салу керек.

Соңында оқушыларға есептің шешімі айқын түрде түсінікті болу үшін алынған жауапты басқа да мүмкін болатын шешімдермен салыстырып, бағалап көрсеткен дұрыс болады деп ойлаймыз. Мәселен, мектеп ауылдардың дәл ортасынан салынады деп ойласақ,



$AK = 2\text{км}$ және $KB = 2\text{км}$. Онда жолдың жалпы ұзындығы:

$$200 \cdot 2 + 150 \cdot 2 = 400 + 300 = 700$$

Демек, бұл жағдайда оқушылардың барлығы жүріп өтетін жалпы жолдың ұзындығы 700 км болады екен.

Енді мектеп А ауылынан 0,5км, 1км, 3км немесе 3,5км қашықтықта салынса не болар еді?

Осы жағдайлардың әрқайсысы үшін жалпы жолдың ұзындығын табар болсақ:

- 1) $200 \cdot 0,5 + 150 \cdot 3,5 = 625$
- 2) $200 \cdot 1 + 150 \cdot 3 = 650$
- 3) $200 \cdot 3 + 150 \cdot 1 = 750$
- 4) $200 \cdot 3,5 + 150 \cdot 0,5 = 775$

Бұл жасалған талдаулар мектепті А ауылында салғанда ғана барлық оқушылар жүріп өтуге тиіс жалпы жолдың ең аз мәнге ие болатындығын көрсетеді.

№2. Тас жол бойында орналасқан екі А мен В шахталарының ара қашықтығы 60км. А шахтасында тәулігіне 200т кен, ал В шахтасында тәулігіне 100т кен өндіріледі. Кенді тасып жеткізу үшін тонна-километр мөлшері ең аз болатындай етіп, кен байыту зауытын қай жерден салу керек?

Шешуі. 1) Зауыт А мен В шахталарының арасындағы С нүктесінде салынады деп ұйғарып, $AC = x$ белгілеуін енгізсек, $CB = 60 - x$. Есеп шарты бойынша А-дан В-ға және В-дан С-ға кенді тасымалдайтын көліктің әрбір күні жүріп өтетін тонна-километрлінің мөлшерлерін сәйкесінше, $200x$ және $100(60-x)$ деп өрнектеуге болады. Сонда тонна-километрлердің қосынды мөлшері мынадай функциямен өрнектеледі:

$$y = 200x + 100(60 - x) = 100x + 6000$$

2) Бұл - $[0;60]$ аралығында анықталатын сызықтық функция.

3) 1-ережеге сәйкес, $y = 100x + 6000$ сызықтық функциясының $[0;60]$ аралығындағы ең кіші мәнін табамыз. $k = 100 > 0$ болғандықтан, $y = 100x + 6000$ сызықтық функциясы $x = 0$ нүктесінде ең кіші мәнге ие болады, яғни:

$$\min y = 100 \cdot 0 + 6000 = 6000 \\ [0;60]$$

4) Демек, $x = 0$, яғни зауытты А шахтасының жанынан салу керек.

Жауабы: зауытты А шахтасында салу керек.

Бұл есепті шешкеннен кейін оқушыларға тонна-километрдің қосынды мөлшерінің зауыттың салыну орнына байланысты өзгертіндігін түсіндіру керек. Ол үшін зауытты А шахтасынан 30км, 20км және 10км қашықтықта салынады деген ұйғарымдардың әрқайсысы үшін тонна-километрдің қосынды мөлшерін есептеп көрсеткен орынды болады, сонда:

$$1) y = 100x + 6000 = 100 \times 30 + 6000 = 9000;$$

$$2) y = 100x + 6000 = 100 \times 20 + 6000 = 8000;$$

$$3) y = 100x + 6000 = 100 \times 10 + 6000 = 7000.$$

Берілген есепті жақсы түсіну үшін қосымша төмендегідей мәселені де шешіп көрсеткен жөн. Егер:

а) А шахтасында 100т, ал В шахтасында 200т кен өндірілсе;

ә) А шахтасында 200т, ал В шахтасында 190т кен өндірілсе;

б) А шахтасында да В шахтасында да 200тоннадан кен өндірілсе, онда зауытты қай жерден салу керек?

Бұл сұрақтарға жауап беру үшін $[0;60]$ аралығында мынадай сызықтық функциялардың ең кіші мәндерін табу керек болады:

$$1) y = 100x + 200(60 - x) = -100x + 12000;$$

$$2) y = 200x + 190(60 - x) = 10x + 11400;$$

$$3) y = 200x + 200(60 - x) = 12000.$$

Осы айтылғандардың барлығынан мынадай аса маңызды қорытынды шығаруға болады: егер А шахтасында В шахтасына қарағанда кен көп өндірілсе, онда зауытты А шахтасының қасынан салу керек; ал егер де шахталардағы өндірілетін кеннің мөлшері бірдей болса, онда зауытты шахталардың арасын қосатын түзу жолдың бойынан кез келген жерден салған тиімді болады.

Дискуссия

Экстремумға берілген есептердің кейбірінде шамалар арасындағы байланысты сызықтық функция арқылы өрнектеп көрсетуге болады. Алайда, оларды функцияның туындысын табуға негізделген жалпы әдіспен шешу мүмкін болмайды, себебі мұнда сызықтық функцияның туындысын табудың және $f'(x) = 0$ теңдеуін құрудың еш мағынасы болмайды. Сондықтан экстремумға берілген есептердің бұл тобын шешуде қажет болатын тірек білімдерді анықтап алу керек болады.

Біздіңше, олар мыналар:

- 1) Сызықтық функция және оның анықтамасы;
- 2) Сызықтық функцияның графигі;
- 3) Сызықтық функцияның қасиеттері;
- 4) Сызықтық функцияның монотондылығы.

Бұл тақырыптар 7-сыныптың алгебра курсына қарастырылатыны белгілі [3].

Демек, 7-сыныпта «Функция. Функцияның графигі» тарауының соңын ала оқушыларда экстремумға берілген есептер туралы айқын түрдегі түсінік қалыптастыруға әбден болады. Жоғарыда келтірілген тақырыптарды оқып-үйренумен байланысты жүргізілетін жұмыстар негізінде оқушылар экстремумға берілген есеп туралы бастама түсінік алып, оны шешудің кезеңдеріне сәйкес орындалатын іс-әрекеттерді жүргізуді үйрене бастайды. Бұл оқушылардың экстремумға берілген есептерді шеше білу іскерлігін қалыптастырудың алғашқы баспалдағы іспеттес болады, кейінірек бұл іскерліктер экстремумға берілген күрделірек есептерді қарастыру және оларды шешу барысында онан әрі жетіле және шыңдала түседі.

Қорытынды

Шамалар арасындағы байланысты сызықтық функция түрінде өрнектеуге болатындай экстремумға берілген есептердің бірнешеуінің мысалдарын келтірелік.

№3. Университеттің екі оқу корпусының ара қашықтығы 1,5 км. Олардың бірінде 300 студент, ал екіншісінде 200 студент оқиды. Барлық студенттердің жүріп өтетін жалпы жолы ең аз болатындай етіп жатақхананы қай жерден салу керек?

№4. Екі А және В зауыттарының ара қашықтығы 40км, А зауытының мұнайға деген сұранысы тәулігіне 80т, ал В зауытыныңкі -70т. 1т мұнайды 1 километрге тасымалдау А зауыты үшін 800 теңге, ал В зауыты үшін 1000 теңге. Мұнайды тасымалдауға жұмсалатын жалпы шығын ең аз болатындай етіп, зауыттарды мұнаймен қамтамасыз ететін базаны қай жерден салу керек?

№5. Бір көшенің бойында орналасқан ара қашықтығы 5км А және В базарларын тауармен қамтамасыз ететін қойма салу керек. А базарының көкениске деген тәуліктік сұранысы 50 тонна, ал В базарыныңкі - 40 тонна. 1 тонна тауарды 1 километрге тасымалдау А базары үшін 800 теңге, ал В базары үшін 900 теңге тұрады. Көкенисті тасымалдауға жұмсалатын жалпы шығын ең аз болатындай етіп, базарларды көкениспен қамтамасыз ететін қойманы қай жерден салған дұрыс?

Қорыта айтқанда, осы сияқты есептер экстремумға берілген есептердің ерекше бір тобын құрайды деуге толық негіз бар. Тағы бір байқалатыны, бұл есептер аса қиын емес және оларды негізгі мектептің алгебра курсына «Функция. Функцияның графигі» тарауын өткенде қарастыруға болады [5-6]. Бұл әдістемелік тұрғыдан алғандағы аса маңызды мәселені шешуге, яғни оқушыларда негізгі мектепте-ақ экстремумға берілген есептер туралы берік түсінік қалыптастыруға және оларды экстремумға берілген кейбір есептерді шешудің қарапайым әдістерімен қаруландыруға мол мүмкіндік туғызады.

Пайдаланылған әдебиет тізімі

1 Макаркин В.М., Апаичева Л.А. Метод Лагранжа решения экстремальной задачи // Международный студенческий научный вестник. – М., 2016. – № 3-3.

2 Әбілқасымова А.Е. және т.б. Алгебра және анализ бастамалары. Жалпы білім беретін мектептің 10 сыныбына арналған оқулық. – Алматы: Мектеп, 2020. – 165б.

3 Әбілқасымова А.Е. және т.б. Алгебра. Жалпы білім беретін мектептің 7 сыныбына арналған оқулық. – Алматы: Мектеп, 2020. – 270б.

4 Абылқасымова А.Е. и др. Методические основы обучения решению математических задач в школе. – Алматы, 2017. – 245с.

5 Абылқасымова А.Е. и др. Алгебра. Методическое руководство. Пособие для учителей 7 класса общеобразовательной школы. – Алматы: Мектеп, 2020. – 104с.

6 Абылқасымова А.Е. и др. “The Turkish vector” influence on teaching the exact disciplines in modern educational system of Kazakhstan: On the example of teaching algebra and mathematics. Global Journal of Pure and Applied Mathematics, 2016, 12(4), сmp. 3481–3492.

References:

1 Makarkin V.M., Apaicheva L.A. (2016) Metod Lagranzha reshenija jekstremal'noj zadachi [Lagrange method for solving an extreme problem]. International Student Scientific Bulletin. M., № 3-3. (In Russian)

2 Abilkasymova A.E. zhane T.B. (2020) Algebra zhane analysis of bastamalary [Initiatives of algebra and analysis]. Zhalpi bilim beretin mekteptin 10 synybina arnalgan okulyk. Almaty: Mektep, 165. (In Kazakh)

3 Abilkasymova A.E. zhane T.B. (2020) Algebra. Zhalpi bilim beretin mekteptin 7 sonybyna arnalgan okulyk [Algebra. Textbook for 7th grade of secondary school]. Almaty: Mektep, 270. (In Kazakh)

4 Abylkasymova A.E. et al. (2017) Metodicheskie osnovy obuchenija resheniju matematicheskikh zadach v shkole [Methodical bases of teaching solution of mathematical tasks in school]. Almaty, 245. (In Russian)

5 Abylkasymova A.E. et al. (2020) Algebra. Metodicheskoe rukovodstvo [Algebra. Methodical guidance]. A manual for teachers of the 7th grade of a secondary school. Almaty: Mektep, 104. (In Russian)

6 Abylkasymova A.E. et al. (2016) “The Turkish vector” influence on teaching the exact disciplines in modern educational system of Kazakhstan: On the example of teaching algebra and mathematics. Global Journal of Pure and Applied Mathematics, 12(4), 3481-3492.

МРНТИ 27.01.45
УДК 372.851

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.26>

А.Б. Кыдырбаева^{1*}, Ж.Г. Муканова¹, Т.Б. Акишев²

¹ Павлодарский педагогический университет, г. Павлодар, Казахстан

² Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К.И. Сатпаева,

г. Екибастуз, Казахстан

*e-mail: baurnai@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ В КУРСЕ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Аннотация

В настоящее время в сфере образования большое внимание уделяется компьютерным технологиям. Педагоги должны применять не только классические формы преподавания, но и осваивать новые способы изучения дисциплин с использованием компьютеров и компьютерных технологий. Среди компьютерных технологий, которые позволяют решать многие задачи прикладного характера, особый интерес представляют системы компьютерной математики. Мы решили изучить вопрос, применимы ли данные системы при изучении математики в курсе средней школы? Изучая различные источники информации в ходе нашего исследования, мы пришли к выводу, что данный вопрос является весьма дискуссионным. Свое исследование мы провели в виде эксперимента с учителями математики, которые прошли обучающий семинар-практикум по основам работы с пакетом MathCad. По окончании семинара учителя провели экспериментальные уроки в своих классах и дали объективное заключение по использованию пакета MathCad при обучении математике. Применение систем компьютерной математики хорошо отвечает основным дидактическим принципам. А, следовательно, их можно использовать в курсе средней школы.

Ключевые слова: системы компьютерной математики, современные технологии обучения, компьютерные технологии, обучение математике, компьютерное обучение.

Аңдатпа

А.Б. Кыдырбаева¹, Ж.Г. Муканова¹, Т.Б. Акишев²

¹ Павлодар педагогикалық университеті, Павлодар қ., Қазақстан

² Қ.И. Сәтбаев атындағы Екібастұз инженерлік-техникалық институты, Екібастұз қ., Қазақстан

ОРТА МЕКТЕП КУРСЫНДА КОМПЬЮТЕРЛІК МАТЕМАТИКА ЖҮЙЕЛЕРІН ҚОЛДАНУ

Қазіргі уақытта білім саласында компьютерлік технологияларға көп көңіл бөлінеді. Мұғалімдер оқытудың классикалық формаларын ғана емес, сонымен қатар компьютерлер мен компьютерлік технологияларды қолдана отырып пәндерді оқытудың жаңа тәсілдерін игеруі керек.

Қолданбалы сипаттағы көптеген мәселелерді шешуге мүмкіндік беретін компьютерлік технологиялар арасында компьютерлік математика жүйелері ерекше қызығушылық тудырады. Біз бұл жүйелер орта мектеп курсына математиканы оқу кезінде қолданыла ма деген сұрақты зерттеуді шештік. Зерттеу барысында әртүрлі ақпарат көздерімен таныса отырып, біз бұл мәселе өте даулы деген қорытындыға келдік. Mathcad пакетімен жұмыс істеу негіздері бойынша оқыту семинар-практикумынан өткен математика мұғалімдерімен эксперимент түрінде біз өз зерттеуімізді жүргіздік. Семинар соңында мұғалімдер өз сыныптарында тәжірибелік сабақтар өткізді және математиканы оқытуда MathCad пакетін пайдалану туралы объективті қорытынды берді. Компьютерлік математика жүйелерін қолдану негізгі дидактикалық принциптерге сәйкес келеді. Сондықтан оларды орта мектеп курсына қолдануға болады.

Түйін сөздер: компьютерлік математика жүйелері, оқытудың заманауи технологиялары, компьютерлік технологиялар, математиканы оқыту, компьютерлік оқыту.

Abstract

USING COMPUTER MATHEMATICS SYSTEMS IN A HIGH SCHOOL COURSE

Kydyrbayeva A.B.¹, Mukanova Zh.G.¹, Akishev T.B.²

¹Pavlodar Pedagogical University, Pavlodar, Kazakhstan

²Ekibastuz Engineering and Technical Institute named after Academician K. I. Satpayev, Ekibastuz, Kazakhstan

Currently, much attention is paid to computer technologies in the field of education. Teachers should apply not only classical forms of teaching, but also master new ways of studying disciplines using computers and computer technologies. Among computer technologies that allow solving many problems of an applied nature, computer

mathematics systems are of particular interest. We decided to study the question, are these systems applicable when studying mathematics in a high school course? Studying various sources of information in the course of our research, we came to the conclusion that this issue is very controversial. We conducted our research in the form of an experiment with math teachers who passed a training workshop on the basics of working with the MathCad package. At the end of the seminar, the teachers conducted experimental lessons in their classrooms and gave an objective conclusion on the use of the MathCad package in teaching mathematics. The use of computer mathematics systems meets the basic didactic principles well. And, therefore, they can be used in a high school course.

Keywords: computer mathematics systems, modern teaching technologies, computer technologies, teaching mathematics, computer training.

Введение

Быстро растущие технологии в наши дни и накопление знаний изо дня в день ставят необходимость изучения компьютерных технологий. Компьютерные технологии играют исключительно важную роль в образовании и выступают в качестве необходимого условия обучения. Эти аспекты касаются и преподавания математики [1].

О компьютерных технологиях, их применении в обучении и образовании говорят и пишут часто, поскольку они стали неотъемлемой частью нашей жизни. Но, мы бы хотели обратить внимание на такой вид компьютерных технологий, как системы компьютерной математики или математические пакеты. Системы компьютерной математики вызывают интерес тем, что будучи ориентированными на математические вычисления, являются удобным инструментом для решения многих прикладных задач.

О популярности систем компьютерной математики свидетельствуют следующие факты:

- рост различных математических пакетов на рынке и спрос на них;
- возрастающее число публикаций, посвященных тематике решения проблем из различных областей с использованием математических пакетов.

Использование компьютерных технологий, в частности, в смежных дисциплинах, междисциплинарность в обучении, а также возрастающая популярность математических пакетов определяют актуальность данной темы. Работ, посвященных использованию систем компьютерной математики в курсе средней школы, очень мало. Имеющиеся работы описывают лишь личный опыт педагогов. Мы же решили изучить данную тему, построив наше исследование в виде эксперимента с практикующими учителями, которые пройдут обучающий семинар, а после проведут уроки с использованием систем компьютерной математики в своих классах. В этом и состоит новизна нашей работы.

В ходе проводимой работы нами была поставлена следующая цель – ответить на вопрос: обосновано ли использование систем компьютерной математики в курсе средней школы.

Мы определили следующие задачи:

- изучить работы, посвященные использованию систем компьютерной математики в обучении и образовании;
- выяснить отношение учителей к использованию математических пакетов на уроках математики;
- провести обучение учителей математики основным навыкам работы в пакете MathCad;
- выяснить отношение учителей к использованию математических пакетов после прохождения обучения и проведения экспериментальных уроков в своих классах.

Объектом исследования является процесс обучения математике с использованием математических пакетов. Предмет исследования – отношение учителей математики к использованию систем компьютерной математики на уроках. Гипотеза: использование систем компьютерной математики в курсе средней школы способствует повышению эффективности учебного процесса, поскольку формирует у учащихся знания, умения и навыки, которые могут пригодиться для проведения различных исследований, моделирования, решения прикладных задач.

Методология исследования

На первом этапе нашего исследования мы изучили работы, посвященные использованию систем компьютерной математики (СКМ) в обучении и образовании. Видно, что в этой области накоплен некоторый практический опыт. Авторы освещают основные проблемы, делятся личным опытом использования математических пакетов в учебном процессе.

Среди наших соотечественников можно выделить работу Ибрагимов Р. (д.п.н., асс. профессор Южно-Казахстанского государственного педагогического университета) и Баймахан Н.М. (магистрант 2 курса). Авторы считают, что технология обучения с применением системы компьютерной алгебры является эффективной формой обучения, обеспечивающая развитие навыков самостоятельной работы у учащихся [2].

Российские ученые также рассматривают вопросы о применимости систем компьютерной математики в обучении. Дьяконов В. П. (д.т.н., профессор Смоленского государственного университета, ведущий специалист в области информационных технологий в России) отмечает, что применение в вузах и школах СКМ является не только полезным, но и необходимым, они становятся удобными помощниками и средствами предоставления математических знаний для начинающих [3]. Очков В. Ф. (д.т.н., профессор Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт») пришел к выводам, что современные математические компьютерные программы позволяют по-новому поставить преподавание математики в школе и вузе, учитывая тягу школьников и студентов к компьютерам [4]. Голанова А. В. (к.п.н, доцент Ленинградского государственного университета имени А.С. Пушкина) и Голикова Е. И. (к.п.н, доцент Ленинградского государственного университета имени А.С. Пушкина) рассматривают вопросы изучения и использования систем компьютерной математики как повышение ИКТ-компетентности педагога [5]. Ивановский Р. И. (д.т.н., профессор Государственного политехнического университета) делится опытом использования СКМ в школе. Внедрение СКМ в учебный процесс существенно повышает информативность школьных занятий и освобождает учеников от непроизводительных затрат времени на выполнение рутинных операций [6].

Среди зарубежных работ, посвященных данной тематике, можно отметить работы авторов Mehmet Alper Ardic, Neil Marshall, Alison Clark-Wilson [7, 8, 9].

На следующем этапе мы решили провести исследование с практикующими учителями математики, чтобы выяснить их отношение к использованию математических пакетов на уроках. В нашем исследовании приняли участие 11 учителей. Средний возраст участников – 35 лет, профессиональный стаж – в пределах 10 - 15 лет.

Исследование началось с интервью с учителями. В ходе интервью выяснилось, что учителя в своей практике активно используют компьютерные технологии, чаще всего в виде презентаций учебного материала. На вопрос используют ли они системы компьютерной математики, всеми был дан однозначный ответ – нет. Причина этого состояла в том, что учителя никогда не работали с данными пакетами. Кроме того, они считали, что использование математических пакетов нежелательно, опасаясь, что ученики перестанут думать. Таким образом, вопрос использования СКМ является дискуссионным, с одной стороны положительные отзывы ученых, а с другой – мнения практикующих учителей. Учителям было предложено пройти обучающий семинар по основным навыкам работы в программе MathCad, а по завершению семинара провести экспериментальные уроки в своих классах.

Известно, что в настоящее время существует несколько математических пакетов: MatLAB, MathCad, Maple, Maxima, Derive и др. Их выбор во многом зависит от специфики решаемых задач и практического опыта использования таких систем. При выборе пакета для обучающего семинара мы исходили из собственного опыта, ранее нами было проведено сравнение наиболее распространенных систем, результаты этой работы опубликованы в [10]. Мы выбрали пакет Mathcad, поскольку эта программа имеет простой интерфейс, математические выражения записываются в привычном стандартном виде, что делает программу привлекательной даже для пользователей, не являющихся программистами [10].

Семинар состоял из основ использования Mathcad и аудиторных практик компьютерного обучения математике, продолжительность семинара составляла 8 часов. После обучающего семинара учителя провели экспериментальные уроки в своих классах.

Результаты исследования

В конце эксперимента снова было проведено интервью. Учителя в целом положительно отзывались о системах компьютерной математики, отмечая, что эти системы в полной мере реализуют вычислительные процессы, позволяют визуализировать математические понятия, побуждают интерес у учащихся.

Однако использование в школе математических пакетов вызывает определенные проблемы. Во-первых, чаще всего в школах кабинеты математики это не компьютерные классы, а, следовательно, нужно подстраиваться под расписание, когда будет свободен компьютерный класс. Во-вторых, лицензионный ключ таких программ очень дорогой, а бесплатные версии программ обладают меньшей функциональностью. В-третьих, требуется более глубокое изучение самого программного продукта.

Но на вопрос будут ли они далее применять математические пакеты в своей практике, положительно ответили 9 (82%) учителей. Двое учителей (18%) ответили, что могли бы применять системы компьютерной математики, только после того, как они бы улучшили свои знания об этих программных продуктах. При этом учителя отметили, что использовали бы системы компьютерной математики для проверки результатов вычислений, для научных проектов, для проведения моделирования.

Учителей попросили отметить основные принципы обучения, которые реализуются при применении систем компьютерной математики. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Реализация основных принципов обучения

Основные принципы обучения	f(%)
Активное обучение (творческая активность и инициатива учащихся)	10 (90%)
Принцип наглядности (иллюстративность, информативность)	11 (100%)
Принцип связи обучения с жизнью (практическая значимость, профессиональная)	9 (82%)
Принцип научности (расчеты, эксперименты, моделирование)	11 (100%)
Принцип системности (межпредметные связи, содержательно-логические связи)	10 (90%)
Принцип опережающего обучения (адаптация в современном информационном)	11 (100%)
Принцип прочности (закрепление ЗУН)	8 (73%)

По результатам видно, что применение систем компьютерной математики хорошо отвечает основным дидактическим принципам. А, следовательно, эти системы можно использовать в курсе средней школы.

Согласно интервью с учителями использование СКМ сопряжено с некоторыми трудностями, но в целом их можно применять в качестве вспомогательного инструментария при проведении различных вычислений, для научных проектов или проведения моделирования.

Заключение (выводы)

Знание и применение современных компьютерных систем, которые реализуют в должной мере процесс различных вычислений, позволяет экономить время и больше внимания уделять физическому смыслу получаемого результата при решении задач. У учащихся формируются знания, умения и навыки, которые могут пригодиться для проведения различных исследований, моделирования, решения прикладных задач. Причём задачи могут быть из разных областей, что важно для междисциплинарного обучения.

Таким образом, наша гипотеза подтвердилась. Системы компьютерной математики применимы в курсе средней школы. Но основной проблемой является изучение самого программного продукта учителями, решение данной проблемы мы видим, в необходимости написания методических пособий, в которых бы описывалось использование математических пакетов на уроках математики.

Список использованных источников:

- 1 Palak, D., & Walls, R. T. Teachers' beliefs and technology practices: A mixed methods approach. // *Journal of Research on Technology in Education*. - 2009. - № 41(4). - P. 417-441. <http://dx.doi.org/10.1080/15391523.2009.10782537>
- 2 Баймахан Н.М., Ибрагимов Р. Особенности применения пакета Maple в школьном курсе математики. // *Вестник ЮКГПУ*. - 2021. - № 4(26). - С. 89-93. DOI: 10.47751/skspu-1937-0020
- 3 Дьяконов, В.П. Энциклопедия компьютерной алгебры. - М.: ДМК-Пресс, 2016. - 1268 с.

- 4 Очков В.Ф. Преподавание математики и математические пакеты. // Открытое образование. – 2013. – №2. – С.26-33.
- 5 Golanova A. V., Golikova E. I. Readiness of the teacher to use computer mathematics systems in the learning process. *Bulletin of the Cherepovets State University*. – 2019. - № 1 (88), P. 144–153. DOI: 10.23859/1994-0637-2019-1-88-14
- 6 Ивановский Р.И. Системы компьютерной математики в школе (первый опыт). // Компьютерные инструменты в образовании, № 3. – 2015. – С.32-37.
- 7 Mehmet Alper Ardiç, Teyfik İşleyen. High school mathematics teachers' views on computer-assisted mathematics instruction through computer algebra systems in turkey// *European Journal of Education Studies*. – 2017. – P. 74-101. <https://doi.org/10.5281/zenodo.345626>
- 8 Marshall, N., Buteau, C., Jarvis, D. H., & Lavicza, Z. Do mathematicians integrate computer algebra systems in university teaching? Comparing a literature review to an international survey study. *Computer & Education*, 58, 423–434. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.020>
- 9 Alison Clark-Wilson, Celia Hoyles. From curriculum design to enactment in technology enhanced mathematics instruction – Mind the gap! // *International Journal of Educational Research*. – № 94. – 2019. – P. 66–76. – <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2018.11.015>
- 10 Кыдырбаева, А. Б. Сравнение систем компьютерной математики при решении некоторых задач математического анализа. // VIII всероссийская студенческая научная конференция с международным участием «Студент: наука, профессия, жизнь». – Омск: ОмГУПС, 2021. – С. 89-93.
- 11 Isrokatun, I., Haryani, C.S., Rahmi, N.I. Analysis of mathematical problem-posing ability// *Journal of Physics: Conference Series*.-2021.-1869 (1.). DOI: 10.1088/1742-6596/1869/1/012122
- 12 Алеева И.В. Математические пакеты в школьном курсе математики. // IV Всероссийская научно-практическая конференция «Тенденции и перспективы развития системы общего и профессионального образования» – 2017. – С.82-87.

References

- 1 Palak, D., & Walls, R. T. Teachers' beliefs and technology practices: A mixed methods approach. // *Journal of Research on Technology in Education*. 2009. - № 41(4). - P. 417–441. <http://dx.doi.org/10.1080/15391523.2009.10782537>
- 2 Bajmahan N.M., Ibragimov R. (2021) Osobennosti primeneniya paketa Maple v shkol'nom kurse matematiki [Features of using the Maple package in a school math course]. *Vestnik YuKGPU*. № 4(26), 89-93. (In Russian) DOI: 10.47751/skspu-1937-0020
- 3 D'yakonov, V.P. (2016) *Enciklopediya komp'yuternoj algebrы* [Encyclopedia of Computer Algebra]. DMK-Press. 1268. (In Russian)
- 4 Ochkov V.F. (2013) *Prepodavanie matematiki i matematicheskie pakety* [Teaching mathematics and Math packages]. *Otkrytoe obrazovanie*. №2, 26-33. (In Russian)
- 5 Golanova A. V., Golikova E. I. Readiness of the teacher to use computer mathematics systems in the learning process. *Bulletin of the Cherepovets State University*. – 2019. - № 1 (88), P. 144–153. DOI: 10.23859/1994-0637-2019-1-88-14
- 6 Ivanovskij R.I. (2015) *Sistemy komp'yuternoj matematiki v shkole (pervyj opyt)* [Computer mathematics systems at school (first experience)]. *Komp'yuternye instrumenty v obrazovanii*. № 3, 32-37. (In Russian)
- 7 Mehmet Alper Ardiç, Teyfik İşleyen. High school mathematics teachers' views on computer-assisted mathematics instruction through computer algebra systems in turkey// *European Journal of Education Studies*. – 2017. – P. 74-101. <https://doi.org/10.5281/zenodo.345626>
- 8 Marshall, N., Buteau, C., Jarvis, D. H., & Lavicza, Z. Do mathematicians integrate computer algebra systems in university teaching? Comparing a literature review to an international survey study. *Computer & Education*, 58, 423–434. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.020>
- 9 Alison Clark-Wilson, Celia Hoyles. From curriculum design to enactment in technology enhanced mathematics instruction – Mind the gap! // *International Journal of Educational Research*. – № 94. – 2019. – P. 66–76. – <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2018.11.015>
- 10 Kydyrbaeva, A. B. (2021) *Sravnenie sistem komp'yuternoj matematiki pri reshenii nekotoryh zadach matematicheskogo analiza* [Comparison of computer mathematics systems in solving some problems of mathematical analysis]. *VIII vserossiyskaya studencheskaya nauchnaya konferenciya s mezhdunarodnym uchastiem «Student: nauka, professiya, zhizn'»*. OmGUPS. 89-93. (In Russian)
- 11 Isrokatun, I., Haryani, C.S., Rahmi, N.I. Analysis of mathematical problem-posing ability// *Journal of Physics: Conference Series*.-2021.-1869 (1.). DOI: 10.1088/1742-6596/1869/1/012122
- 12 Aleeva I.V. (2017) *Matematicheskie pakety v shkol'nom kurse matematiki* [Math packages in the school mathematics course]. *IV Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Tendencii i perspektivy razvitiya sistemy obshchego i professional'nogo obrazovaniya»*.82-87.

МРНТИ 14.35.09
УДК 372.851

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.27>

И.Б. Шмигирилова^{1}, А.С. Рванова¹, Я.С. Белошистова¹, М.А. Дуткин¹*

¹*Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, Казахстан*
**e-mail: irinankzu@mail.ru*

ПРИЕМ ОБРАЩЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ МЫШЛЕНИЯ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ МАТЕМАТИКИ

Аннотация

Перед школьным учителем математики стоит задача не только обеспечить математическую подготовку учащихся, достаточную для продолжения образования, но и развивать их интеллектуально, формировать у них математический стиль мышления. Чтобы учитель смог справиться с этой задачей, у него самого должен быть сформирован достаточный уровень математического мышления. Цель данной статьи – актуализировать значимость использования приема обращения геометрических задач как эффективного средства развития математического мышления студентов-математиков.

Представленные в статье результаты теоретического и эмпирического исследования подтвердили, что этот вид продуктивной учебно-познавательной деятельности будущих учителей математики позволяет им усваивать математическую теорию, развивает их математическое мышление, познавательную самостоятельность, коммуникативные навыки и, в конечном итоге, формирует качества, необходимые современному учителю математики.

Ключевые слова: геометрические задачи, математическое мышление, задачный подход, учитель математики, обучение математике.

Аңдатпа

И.Б. Шмигирилова¹, А.С. Рванова¹, Я.С. Белошистова¹, М.А. Дуткин¹

¹*М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл қ., Қазақстан*

ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ ЕСЕПТЕРДІҢ АЙНАЛЫСЫН ҚАБЫЛДАУ БОЛАШАҚ МАТЕМАТИКА МҰҒАЛІМДЕРІНІҢ ОЙЛАУЫН ДАМУ ТҰРАЛЫ РЕТІНДЕ

Мектеп математика мұғалімінің міндеті-оқушылардың математикалық дайындығын білім беруді жалғастыру үшін жеткілікті етіп қамтамасыз ету ғана емес, сонымен бірге оларды интеллектуалды дамыту, оларда математикалық ойлау стилін қалыптастыру. Мұғалім бұл талапты жүзеге асыру үшін оның өзі математикалық ойлаудың жеткілікті деңгейін қалыптастыруы керек. Мақалада болашақ математика мұғалімдерінің ойлау қабілетін дамыту олардың геометриялық есептерді шығару бойынша жұмысы тұрғысынан қарастырылады. Бұл мақаланың мақсаты математикалық студенттердің математикалық ойлауын дамытудың тиімді құралы ретінде геометриялық есептердің айналысын қолданудың маңыздылығын өзектендіру болып табылады.

Мақалада келтірілген теориялық және эмпирикалық зерттеулердің нәтижелері болашақ математика мұғалімдерінің өнімді оқу-танымдық іс-әрекетінің бұл түрі оларға математикалық теорияны игеруге, математикалық ойлауды, танымдық тәуелсіздікті, қарым-қатынас дағдыларын дамытуға және сайып келгенде қазіргі математика мұғаліміне қажетті қасиеттерді қалыптастыруға мүмкіндік беретіндігін растады.

Түйін сөздер: геометриялық есептер, математикалық ойлау, тапсырма тәсілі, математика мұғалімі, математиканы оқыту.

Abstract

REVERSAL OF GEOMETRIC PROBLEMS AS A MEANS OF DEVELOPING THE THINKING OF FUTURE MATHEMATICS TEACHERS

Shmigirilova I.B.¹, Rvanova A.S.¹, Beloshistova Y.S.¹, Dutkin M.A.¹

¹*M. Kozybaev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan*

The school mathematics teacher is faced with task of not only ensuring the mathematical preparation of students sufficient for continuing education, but also developing them intellectually, forming their mathematical style of thinking. In order for teacher to be able to cope with this task, he himself must have a sufficient level of mathematical thinking. The purpose of this article is to update the importance of using method of inversion of geometric problems as an effective means of developing mathematical thinking of mathematics students.

The results of theoretical and empirical research presented in article confirmed that this type of productive educational and cognitive activity of future mathematics teachers allows them to master mathematical theory, develops their mathematical thinking, cognitive independence, communication skills and, ultimately, forms qualities necessary for a modern mathematics teacher.

Keywords: geometric problems, mathematical thinking, task approach, mathematics teacher, mathematics teaching.

Введение

Современное общество нуждается в гражданах, способных быстро ориентироваться во все возрастающем потоке информации, критически ее осмыслять, продуцировать новые знания. Это накладывает особые требования к системе школьного образования, что, в свою очередь, актуализирует проблему качественной профессиональной подготовки педагогов. Сегодня универсальные методы математики применяются в разных областях человеческой деятельности. Математический стиль мышления незаменим в процессе анализа информации, при обнаружении проблем и их решении, при переносе идей и действий из одной сферы в другую. К. Stacey в своем отчете, посвященном инновациям в обучении математике, отмечает, что математическое мышление членов общества «поддерживает науку, технику и экономику и развивает их» [1, С. 39]. С таким мнением нельзя не согласиться. В этой связи перед школьным учителем математики стоит задача не только обеспечить математическую подготовку учащихся, достаточную для продолжения образования, но и развивать их интеллектуально, формировать у них математический стиль мышления. Чтобы учитель смог справиться с этой задачей, у него самого должен быть сформирован достаточный уровень математического мышления.

Таким образом, формирование математического мышления будущего учителя математики является одной из значимых задач вузовского образования. Цель данной статьи – раскрыть один из аспектов решения данной проблемы, а именно актуализировать значимость использования приема обращения геометрических задач как эффективного средства развития математического мышления студентов-математиков.

Гипотеза исследования состоит в том, что использование приема обращения геометрических задач в вузовской подготовке школьного учителя математики создает условия для развития их математического мышления.

Методология исследования

Исследование строилось на комплексном использовании теоретических и эмпирических методов. Теоретическое исследование проводилось с целью согласования исследовательской позиции авторов статьи с имеющимися научными данными по проблемам: развития математического мышления обучающихся; использования развивающего потенциала математических задач; особенностей приема обращения математических задач. В процессе понятийно-терминологического анализа был определен терминологический аппарат рассматриваемой проблемы; теоретико-методологический анализ предоставил научное обоснование авторской точки зрения на проблему развития математического мышления в процессе вузовской подготовки учителя; казуально-функциональный анализ позволил выявить причинно-следственные связи между особенностями процесса решения задач и развитием математического мышления.

Эмпирический этап исследования был непосредственно направлен на проверку гипотезы и охватывал два аспекта: во-первых, экспертную работу авторов статьи по выявлению особенностей геометрических задач с точки зрения их обращения; во-вторых, практическую апробацию приема обращения геометрических задач в процессе вузовской подготовки будущих учителей математики, в которой приняли участие студенты образовательных программ «Математика», «Математика-информатика», «Математика-физика», изучавшие в соответствии с учебными планами ряд дисциплин, непосредственно связанных с решением школьных математических задач, где и использовался прием обращения задач.

В конце седьмого семестра для сбора дополнительных качественных данных студентам было предложено написать короткое эссе-размышление о том, повлияла ли работа по обращению геометрических задач и их решению на уровень понимания ими математики, на их способность решать математические задачи, на процессы их математического мышления.

Результаты исследования

Результаты теоретического этапа исследования. Проблема развития математического мышления занимает важное место в работах психологов, педагогов и методистов, значительный вклад в исследование которой внесли Ж. Адамар, Г. Вейль, Б.В. Гнеденко, А.Н. Колмогоров, В.А. Крутецкий, Ж. Пиаже, А.Я. Хинчин и др. В работах этих авторов можно выделить три основных направления, переплетающихся между собой: анализ структуры математического мышления; выявление особенностей мышления в связи с процессом решения задач; способы развития математического мышления в образовательном процессе. Эти же направления прослеживаются и у современных исследователей [2-4 и др.]. Обобщая результаты анализа литературы по указанной проблеме, отметим наиболее значимые аспекты.

Большинство исследователей, отмечая, что математическое мышление связано с общими интеллектуальными способностями субъекта, в то же время указывают на его специфичность. В этой связи, определяя характеристики математического мышления, психологи, педагоги и математики ориентируются на особенности математической деятельности, в частности деятельности по решению математических задач. Несмотря на широкий спектр работ, посвященных изучению компонентов математического мышления, наиболее приемлемой с точки зрения когнитивной психологии считается структура, предложенная еще В.А. Крутецким в 60-х годах прошлого века. Исследователь, выполнив анализ работ первой половины XX века и обобщив различные взгляды на эту проблему, выделил целый спектр интеллектуальных качеств человека, которые характерны для математического мышления.

В.А. Тестов [5], рассматривая математическую деятельность обучающихся как способ достижения не только предметных, но и метапредметных образовательных результатов и исходя из понимания того, что содержание обучения представляет собой не только определенную систему знаний, но и наиболее соответствующую ей систему рациональных способов приобретать и применять эти знания, считает, что развивать математическое мышление – это, прежде всего, развивать специфические мыслительные схемы: логические, алгоритмические, комбинаторные, образно-геометрические. Такой подход, не противореча сложившимся традициям, согласно которым математическое мышление рассматривалось как единство его типов (логического, абстрактного, алгоритмического, аналитического, функционального, пространственного), позволяет рассматривать обучение математике, в том числе и как «обучение математическому мышлению».

Представление о любой деятельности (мыслительной или практической) как о последовательном решении совокупности задач, направленных на достижение цели, нашло свое отражение в положениях задачного подхода в образовании. Обучение математике через задачи – широко обсуждаемая проблема. По мнению математика Р. Халмоса [6], решение задач – это «сердце математики». Функциональная многогранность математических задач [7] свидетельствует об их роли в повышении эффективности обучения. Учебно-познавательная деятельность, связанная с решением математических задач, по признанию большинства авторов, является основой формирования и развития математического мышления. Особую роль авторы [8, 9 и др.] отводят нестандартным, исследовательским, эвристическим, логическим, некорректным, контекстным задачам. При этом наибольшим развивающим эффектом обладают не отдельные задачи, а педагогически целесообразные системы задач, работа с которыми позволит создать условия для разнообразной, активной и творческой учебно-познавательной деятельности, которая в свою очередь обеспечит освоение и развитие схем математического мышления [5].

Рассматривая задачи в контексте развития математического мышления, нельзя не признать справедливость мнения о том, что эффективность использования задач в обучении, их развивающий эффект определяется не только тем, какие задачи решают обучающиеся, но и характером их учебно-познавательной деятельности в процессе работы с задачей. В качестве приемов, направленных на математическое развитие учащихся авторы выделяют: решение задач различными способами; использование заданий на нахождение ошибок в решении задачи и объяснение их характера; самостоятельное составление задач обучающимися и др. Обращение задач также можно отнести к приемам усиливающим развивающий эффект математических задач [10-12]. Еще П.М. Эрдниев, активно применяя данный прием в контексте технологии укрупнения дидактических единиц, расценивал его в качестве одного из средств «выращивания» знаний школьников.

Как известно, данный прием заключается следующем: после решения задачи выделяются все данные из ее условия и к ним присовокупляются данные, полученные в результате решения;

составляются все возможные наборы данных, которые и определяют основу для составления обращенных задач; обращенные задачи формулируются на основе полученных наборов таким образом, что одна или, реже, несколько величин данных в условии исходной задачи становятся искомыми в обращенной задаче. В результате можно получить несколько новых задач. Для обозначения таких задач в методической литературе часто используется термин «обратная задача». Однако, по справедливому мнению О.А. Абрамовой [10], к таким задачам точнее подходит термин «обращенные». Таким образом, обращенная задача – это та, которая, «при сохранении сюжета исходной задачи, получается включением части или даже всех ее данных в требование, при этом из него несколько или все найденные величины переводятся в условие. Обращенная задача считается обратной к исходной, если все ее требования и условия меняются местами» [10, с. 124]. Педагоги и психологи (М.И. Зайкин, В.А. Крутецкий, Г.И. Саранцев, А.Я. Цукарь, М.П. Эрдниев и др.), высоко оценивая обучающий и развивающий эффект приема обращения задач, связывают его в основном с: повышением познавательного интереса учащихся, вследствие того, что школьники, по сути, решают «свои» задачи; легкостью осуществления самоконтроля в процессе решения; обогащением словарного запаса; возможностью систематизировать и обогатить предметные знания учащихся; развитием гибкости мышления при переходе от прямого хода рассуждения к обратному. Однако развивающий потенциал этого приема может быть расширен. Так, например, И.Е. Дразнин [11] рекомендует использовать метод обращения задачи для понимания школьниками связей между значениями числовых данных в ее условии и особенностями геометрической конструкции, описанной в задаче. Характеризуя этот прием, автор отмечает, что «он дает возможность видеть в задаче более того, что в ней непосредственно требуется, учиться не только решать, но и расшифровывать глубинный смысл каждой из них» [11, с. 55].

Недооценка развивающего потенциала приема обращения задач связано еще и с тем, что в научных статьях и методических пособиях данный прием применяется к сюжетным задачам, задачам на прогрессии, реже к геометрическим задачам на вычисление, то есть к тем задачам, в условии которых представлены числовые данные или их буквенные выражения, а требование состоит в нахождении каких-либо величин. При этом, применяя метод обращения к геометрическим задачам на вычисление, авторы зачастую не получают полного цикла задач обращенных к исходной, так как упускают из внимания данные, представляющие собой не числовые значения величин, а свойства геометрических фигур и их элементов. Таким образом, потенциал приема обращения геометрических задач как средств развития математического мышления обучающихся еще не до конца раскрыт в научно-методической литературе.

Результаты практического этапа исследования. Выявление дополнительных резервов приема обращения как средства интеллектуального развития обучающихся потребовало внимательного анализа различных геометрических задач. В рамках этой работы было обращено особое внимание на два типа геометрических задач. Первый тип задач – это задачи на вычисление, в условиях которых наряду с числовыми данными присутствуют данные, характеризующие особенности или свойства геометрической конструкции. Для такой исходной задачи полный цикл обращенных задач должен включать задачу, требование которой будет состоять в доказательстве того, что рассматриваемая геометрическая конструкция обладает этими свойствами. То есть задача на вычисление обращается в задачу на доказательство.

Приведем пример составления полного цикла обращенных задач к подобной геометрической задаче на вычисление.

Исходная задача 1. Периметр равнобедренной трапеции равен 71,8 см. Средняя линия трапеции 21,4 см, а биссектриса большего угла параллельна боковой стороне. Найдите длину меньшего основания (рисунок 1).

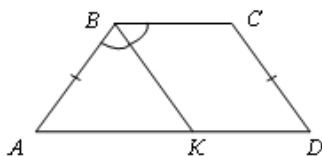


Рисунок 1. Чертеж к исходной задаче 1

Выполнив анализ условия, можно выделить следующие данные: трапеция равнобедренная; периметр трапеции равен 71,8 см; средняя линия трапеции равна 21,4 см; биссектриса большего угла трапеции параллельна боковой стороне.

Таким образом, для данной задачи можно составить четыре обращенные к ней задачи. Две из этих обращенных задач легко получаются поочередной перестановкой числовых данных из условия в требование. Искомыми величинами в этих задачах будут периметр и средняя линия трапеции.

Обращенная задача 1. Найдите периметр равнобедренной трапеции, средняя линия и меньшее основание которой соответственно равны 21,4 см и 14,15 см, а биссектриса большего угла параллельна боковой стороне.

Обращенная задача 2. Найдите среднюю линию равнобедренной трапеции, периметр и меньшее основание которой соответственно равны 71,8 см и 14,15 см, а биссектриса большего угла параллельна боковой стороне.

Составив эти две обращенные задачи, обучающиеся могут самостоятельно выполнить решение, поскольку оно опирается на решение исходной задачи. В существующей методической литературе, как правило, этим и заканчивается работа по обращению задач, поскольку упускаются из внимания еще два условия, заданные в словесной форме. Кроме того, срабатывает стереотип: если исходная задача – это задача на вычисление, то и обращенные задачи могут быть только задачами на вычисление. Значимая часть развивающего эффекта подобных задач как раз и соотносится с тем, что обучающемуся надо выйти за рамки стереотипа, составив задачи на доказательство.

Обращенная задача 3. В равнобедренной трапеции с периметром равным 71,8 см меньшее основание равно 14,15 см, а средняя линия трапеции равна 21,4 см. Доказать, что биссектриса большего угла параллельна боковой стороне.

Обращенная задача 4. Доказать, что трапеция, биссектриса большего угла которой параллельна боковой стороне, периметр равен 71,8 см, а средняя линия и меньшее основание соответственно равны 21,4 см и 14,15 см, является равнобедренной.

Полезным продолжением работы с обращенными задачами может быть обсуждение того, как числовые данные задачи влияют на свойства геометрической конструкции. В этой связи можно предложить обучающимся составить задачу аналогичную исходной, заменив числовые данные на буквенные.

Второй вид геометрических задач, привлечший внимание в контексте повышения развивающего потенциала приема обращения, – это задачи на доказательство, связанные с формулировкой обратных утверждений, в которых исходное утверждение является составным, что явно не проглядывается в условии, но может быть обнаружено через анализ решения исходной задачи. В таких случаях очень часто составное обратное утверждение не является истинным. Однако возможно сформулировать несколько обращенных задач, в каждой из которых требованием будет одна из неявных составляющих условия исходной задачи. Как показывает практика, работа с подобными задачами может реализовываться по этапам: решение исходной задачи; формулирование обратного утверждения; установление, что обратное утверждение неверно (как правило, это можно сделать с помощью контрпримера); углубленный анализ решения исходной задачи с целью выделения составных частей условия; формулирование обращенных задач. Приведем пример.

Исходная задача 2. Докажите, что диагонали ромба взаимно перпендикулярны.

Доказать перпендикулярность диагоналей можно, доказав равенство смежных углов: $\angle AOB$ и $\angle BOC$ (рисунок 2). Равенство данных углов будет следовать из равенства треугольников AOB и COB по трем сторонам: $AB = BC$ (как стороны ромба), BO – общая и $AO = OC$ как половины диагоналей ромба.

Обратная задача. Докажите, что если диагонали четырехугольника взаимно перпендикулярны, то этот четырехугольник – ромб.

Попытка обучающихся доказать это утверждение не увенчается успехом, тогда может быть выдвинута гипотеза о том, что данное утверждение не является истинным.

Подтвердить гипотезу можно контрпримером, в качестве которого рассмотреть трапецию со взаимно перпендикулярными диагоналями (рисунок 3).

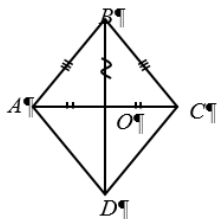


Рисунок 2. Чертеж к исходной задаче 2

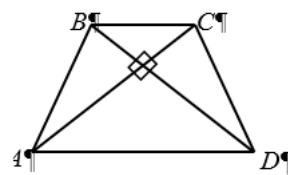


Рисунок 3. Контрпример

Организовав работу по переосмыслению решения исходной, можно заметить, что для доказательства равенства треугольников AOB и COB использовалось свойство ромба: диагонали ромба точкой пересечения делятся пополам. Тогда выделение составляющих условия « $ABCD$ – ромб» позволит сформулировать обращенную задачу на доказательство.

Обращенная задача 1. Докажите, что если диагонали четырехугольника взаимно перпендикулярны и в точке пересечения делятся пополам, то четырехугольник является ромбом.

Полезно продолжить работу над данной задачей, предложив обучающихся решить исходную задачу другим способом, например, доказав равенство треугольников AOB и COB по равенству двух сторон (BO – общая; $AB = BC$, как стороны ромба) и углу между ними ($\angle AOB = \angle COB$, так как диагональ ромба является биссектрисой его угла). Тогда можно составить еще одну обращенную задачу к исходной.

Обращенная задача 2. Докажите, что четырехугольник, диагонали которого взаимно перпендикулярны и являются биссектрисами его углов, является ромбом.

Примером еще одной подобной исходной задачи может быть следующая.

Исходная задача 3. Докажите, что в параллелограмме $ABCD$ вершины B и D равноудалены от диагонали AC .

Апробация приема обращения задач осуществлялась в обучении студентов образовательных программ «Математика», «Математика-информатика», «Математика-физика» в рамках изучения ряда дисциплин, непосредственно связанных с решением школьных математических задач: элементарная математика, элементарная геометрия, практикум по решению математических задач, методические основы решения математических задач, технология обучения решению математических задач.

В апробации приняли участие 39 будущих учителей математики. Прием обращения задач был реализован на различном задачном материале: на текстовых задачах, на задачах по теме «Прогрессии», на геометрических задачах. Кроме того, студенты рассматривали методические особенности использования данного приема в школьном обучении математике.

В конце седьмого семестра участникам апробации было предложено написать короткое эссе-размышление, высказав мнение относительно рассматриваемого приема. В качестве ориентира студентам были предложены вопросы: Как вы считаете, повлияла ли работа по обращению задач и их решению на уровень понимания вами математики, на вашу способность решать задачи, на ваши мыслительные способности? В чем это конкретно выразилось? Работа по обращению каких задач, по вашему мнению, вносит больший вклад в понимание математики и развитие математического мышления? Можете ли вы это подтвердить личным примером? Хотели ли бы вы применять данный прием в работе со школьниками? Студентам также было указано, что ответы на эти вопросы не являются строго обязательными и свое размышление можно представить в свободной форме.

Единицей анализа эссе были предложение или группа предложений, определяющих законченную мысль. Были отмечены сегменты данных, которые определяют мнение студентов о развивающих возможностях приема обращения задач, а также те замечания студентов, которые могут служить пояснением высказанного мнения. Выбранные высказывания, объединялись в смысловые группы и кодировались с использованием знаков «+» и «-» для обозначения положительных и проблемных аспектов, связанных с использованием приема. Во избежание неточностей в понимании смысла высказанных мнений, каждое из эссе было прочитано не менее чем двумя авторами статьи. Таким образом, было получено 112 пригодных для анализа высказывания, которые после обработки были объединены в 12 групп. Результаты анализа рефлексивного эссе представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты анализа рефлексивного эссе

Знак кодирования	Смысл высказывания	Процент эссе, содержащих высказывание
+	Мне понравилось (было интересно) самостоятельно составлять обращенные задачи	25,64
+	Научился анализировать условие задачи; выделять существенные свойства фигур, связи и отношения в условии	35,90
+	Приобрел умения использовать контрпример, чтобы доказать ложность утверждения	25,64
+	Стал быстрее находить путь решения задачи, понимать переход от одного утверждения к другому	30,77
-, +	Не всегда сразу удавалось привести контрпример	23,08
-, +	Не сразу понял, как составить правильную обращенную задачу на доказательство	30,77
+	Понял, что часто геометрическую задачу можно решить, если вместо термина, обозначающего фигуру, обратиться к ее определению или свойствам	12,82
+	Научился правильно формулировать условие задачи, стал лучше понимать, как устроена задача	15,38
+	Думаю, что буду применять прием обращения задач в обучении школьников	41,03
-, +	Хотел бы применять прием обращения задач в обучении школьников, но не уверен, что смогу	15,38
+	Обязательно буду применять прием обращения задач в обучении школьников	17,95
+	Стал активнее участвовать в обсуждении в процессе решения задач	12,82

Таким образом, можно заключить, что гипотеза исследования нашла свое подтверждение.

Дискуссия

Несмотря на то, что свободный стиль эссе не подразумевал использования терминологии, относящейся к психологии мышления, а содержание рассуждений в большей мере касалось не интеллектуальной, а деятельностной составляющей обучения, результаты анализа свидетельствуют о том, что использование приема обращения задач в вузовском обучении будущих учителей математики положительно отражается на их умении решать задачи и на интеллектуальном развитии в целом. Даже те высказывания, в которых были отмечены негативные аспекты, связанные с деятельностью обучающихся по обращению задач, имеют и положительную составляющую. Примечательно, что студенты, анализируя собственную деятельность, высказали несколько интересных суждений, выводы из которых могут быть внесены в копилку характеристик приема обращения геометрических задач. Выделим некоторые из них.

Первое соображение касается сравнения процессов взаимодействия учащихся с нестандартной задачей и с приемом обращения задач. Несмотря на значительный потенциал нестандартных и исследовательских задач, их решение требует наличия у решателя значительных интеллектуальных ресурсов, а при их недостатке обучающийся, не справившись с работой, теряет интерес. При этом, как заметили студенты, «когда сам составляешь и потом решаешь обращенные задачи, то даже, если сразу не находишь решения, то мысль о том, что исходную задачу уже решил, поддерживает желание довести работу до конца». Следовательно, прием обращения задачи психологически комфортен и доступен широкому кругу обучающихся.

Ряд соображений, высказанных студентами, непосредственно касаются составления задач. Анализируя этот процесс, будущие учителя, подтвердили мнения исследователей [10, 12 и др.] о его значительном влиянии не только на совершенствование математической подготовки обучающихся,

но и на развитие их коммуникативных (общих и математических) умений и навыков. А, как известно, процессы развития речи и мышления неразрывно связаны друг с другом.

Еще один вывод можно сделать, опираясь на мнение студентов о том, что деятельность по составлению полного цикла обращенных задач для исходной геометрической задачи с последующим их решением, гораздо менее алгоритмична и более разнообразна, чем, например, в случае задач по теме «Прогрессия». Обращение геометрических задач само по себе требует нетривиального применения знаний, особенно, если исходную задачу на вычисление можно обратить в задачу на доказательство, которая, к тому же, будет содержать ложное утверждение и потребует дополнительной работы. Кроме того, возможность получения противоречивых условий приучает обучающихся к рефлексивному мышлению. Да и решение обращенных геометрических задач зачастую требует использования приемов, методов и теоретических знаний, отличных от тех, которые применялись при решении исходной задачи.

Конечно, не стоит думать, что использование приема обращения задач даст обязательный и немедленный развивающий эффект. Использовать данный прием можно и нужно, начиная уже с начальной школы, применяя к задачам из различных тем школьного курса. К тому же, как отмечают исследователи [13, 14 и др.], процесс развития математического мышления обучающихся будет более эффективным, если он будет выстраиваться как интерактивное взаимодействие субъектов с учетом их индивидуальных характеристик. В этой связи методические подходы к реализации приема обращения задач в школьной и вузовской практике требуют дальнейших исследований.

Заключение

Проведенное исследование дает основание заключить, что проблема развития математического мышления будущего учителя математики в информационном обществе не потеряла свою актуальность. Деятельность, связанная с решением математических задач, с дополнительной работой над задачей, является основой для формирования у обучающихся, в том числе и у будущих школьных учителей, продуктивных схем математического мышления. В этой связи прием обращения задач, особенно, если речь идет о задачах геометрических, обладает существенным потенциалом. Этот вид учебно-познавательной деятельности позволяет студентам усваивать математическую теорию, развивать компоненты математического мышления и, в конечном счете, формирует качества, необходимые современному учителю математики.

Список использованной литературы:

- 1 Stacey K. *What is mathematical thinking and why is it important? Progress Report of the APEC Project: Collaborative Studies on Innovations for Teaching and Learning Mathematics in Different.* – Center for Research on International Cooperation in Educational Development (CRICED). University of Tsukuba. 2007. P. 39–48.
- 2 Jonsson B., Kulaksiz Y. C., Lithner J. *Creative and algorithmic mathematical reasoning: effects of transfer-appropriate processing and effortful struggle // International Journal of Mathematical Education in Science and Technology.* 2016. Vol. 47(8). P. 1206–1225. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2016.1192232>.
- 3 Нурбаева Д.М., Нурмухамедова Ж.М., Ералиев С., Косанов Б.М. *О развитии мышления учащихся при решении тригонометрических уравнений и неравенств в школьном курсе алгебры // Вестник КазНПУ им. Абая, «Физико-математические науки».* 2020. № 1(69). С.138–143. <https://doi.org/10.51889/2020-1.1728-7901.23>
- 4 Эркенова К.Б. *Анализ психолого - педагогической литературы по проблеме развития математического мышления учащихся // Цифровое общество в контексте развития личности: сборник статей Международной научно-практической конференции, 2017.* С. 237–239.
- 5 Тестов В.А. *О некоторых видах метапредметных результатов обучения математике Образование и наука.* 2016. № 1 (130). С. 4 – 20. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2016-1-4-20>
- 6 Halmos P. *The heart of mathematics// American Mathematical Monthly.* 1980. Vol. 87(7). P. 519–524.
- 7 Шмигирилова И.Б. *Задачный подход как основа эффективного обучения школьников математике // Актуальные проблемы методики обучения информатике и математике в современной школе. Материалы международной научно-практической интернет-конференции. М.: МПГУ. 2019.* С. 449–456.
- 8 Lithner J. *Principles for designing mathematical tasks that enhance imitative and creative reasoning // ZDM – Mathematics Education.* 2017. Vol. 49(6). P. 937–949. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0867-3>.
- 9 Чобан-Пилецкая А.М. *Роль математической задачи в развитии интеллектуальных способностей учащихся // Педагогический журнал.* 2019. Т. 9. № 4-1. С. 64–72. <https://doi.org/10.34670/AR.2019.45.4.007>

10 Абрамова О.М. Составление обращённых математических задач учащимися как элемент развития творческой деятельности // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2017. № 2 (46). С. 122–127.

11 Дразнин И.Е. Обращение условий планиметрических задач // Математика в школе. 2001. № 8. С.52–55.

12 Шмигирилова И.Б. Некоторые аспекты использования приема обращения задач в обучении геометрии // Актуальные проблемы методики обучения математике и информатике в школе и в вузе: материалы V международной научной конференции М.: МПГУ.2019. С. 210–216.

13 Birkeland A. Pre-service teachers' mathematical reasoning – how can it be developed? // The Mathematics Enthusiast. 2019. Vol. 16 (1–3). P. 579–596. <https://doi.org/10.54870/1551-3440.1474>

14 Рванова А.С. Реализация эффективных технологий в обучении геометрии // Вестник Казахского национального женского педагогического университета. 2019. № 2(78). С. 22–28.

References:

1 Stacey K. (2007) What is mathematical thinking and why is it important? Progress Report of the APEC Project: Collaborative Studies on Innovations for Teaching and Learning Mathematics in Different. – Center for Research on International Cooperation in Educational Development (CRICED). University of Tsukuba. 39–48.

2 Jonsson B., Kulaksiz Y. C., Lithner J. (2016) Creative and algorithmic mathematical reasoning: effects of transfer-appropriate processing and effortful struggle. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology. 47(8). 1206–1225. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2016.1192232>.

3 Nurbayeva I. M., Nurmukhamedova I. Zh.M., Yeraliyev I. S., Kossanov B.M. (2020) O razvitiy myshleniya uchashhihsya pri reshenii trigonometricheskikh uravneniy i neravenstv v shkol'nom kurse algebrы [Boutdevelopment of students ' thinking when solving trigonometric equations and inequalities in the school algebra coursed]. Abai Kazakh National Pedagogical University bulletin. Of Physics & Mathematical Sciences. № 1(69). 138–143. (In Russian) <https://doi.org/10.51889/2020-1.1728-7901.23>

4 Erkenova K.B. (2017) Analiz psihologo - pedagogicheskoy literatury po probleme razvitiya matematicheskogo myshleniya uchashhihsya [Analysis of Psychological and Pedagogical Literature on the Problem of the Development of Mathematical Thinking of Students]. Digital Society in the Context of Personality Development: Collection of Articles of the International Scientific and Practical Conference. 237–239. (In Russian)

5 Testov V.A. (2016) O nekotorykh vidakh metapredmetnykh rezul'tatov obuchenija matematike [Some types of metasubject results when teaching mathematics]. The Education and science journal. № 1(130). 4-20. (In Russian.) <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2016-1-4-20>

6 Halmos P. (1980) The heart of mathematics// American Mathematical Monthly. 87(7). 519–524.

7 Shmigirilova I.B. (2019) Zadachnyj podhod kak osnova jeffektivnogo obuchenija shkol'nikov matematike [Task approach as a basis for effective teaching of mathematics to schoolchildren]. Actual problems of methods of teaching informatics and mathematics in modern school. Materials of the international scientific-practical Internet conference. M.: MPGU. 449–456. (In Russian)

8 Lithner J. (2017) Principles for designing mathematical tasks that enhance imitative and creative reasoning // ZDM – Mathematics Education. 49(6). 937–949. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0867-3>.

9 Chioban-Piletskaya A. M. (2019) Rol' matematicheskoy zadachi v razvitiy intellektual'nyh sposobnostej uchashhihsya [The role of mathematical problems in the development of intellectual abilities in schoolchildren]. Pedagogical Journal. 9 (4A) 64–72. (In Russian) <https://doi.org/10.34670/AR.2019.45.4.007>

10 Abramova O.M. (2017) Sostavlenie obrashhjonnykh matematicheskikh zadach uchashhimisya kak jelement razvitiya tvorcheskoj dejatel'nosti [Drawing up inverted mathematical problems by school students as an element in the development of creative activity]. Bulletin of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod. Series: Social Sciences. № 2 (46). 122–127. (In Russian)

11 Draznin I.E. (2001) Obrashhenie uslovij planimetriceskikh zadach [Inversion of conditions for planimetric problems]. Mathematics at school. № 8. 52–55. (In Russian)

12 Shmigirilova I.B. (2019) Nekotorye aspekty ispol'zovaniya priema obrashhenija zadach v obuchenii geometrii [Some aspects of using the method of problem reversal in teaching geometry]. Actual problems of methods of teaching mathematics and informatics at school and university: Materials of the V International scientific conference. M.: MPGU. 210–216. (In Russian)

13 Birkeland A. (2019) Pre-service teachers' mathematical reasoning – how can it be developed? // The Mathematics Enthusiast. 16 (1–3). 579–596. <https://doi.org/10.54870/1551-3440.1474>

14 Rvanova A.S. (2019) Realizacija jeffektivnykh tehnologij v obuchenii geometrii [Implementation of effective technologies in geometry teaching]. Bulletin of Kazakh National Women's Teacher Training University № 2(78). 22–28. (In Russian)

ИНФОРМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ. БІЛІМ БЕРУДІ АҚПАРАТТАНДЫРУ
МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
METHODS OF TEACHING COMPUTER SCIENCE. INFORMATIZATION OF EDUCATION

МРНТИ 14.35.07
УДК 378.14

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.28>

Ж.Ш. Бактыбаев^{1}, Ж.М. Тусубаева¹, У.Б. Толешова²*

¹Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

**e-mail: zhanat09@mail.ru*

ДИСТАНЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

Аннотация

Целью данной статьи является научный анализ дистанционных образовательных технологий в обучении студентов в соответствии с высокими стандартами, чтобы помочь стать им квалифицированными, конкурентоспособными специалистами, способными на высоком уровне выполнять свою роль в государстве. В статье освещены вопросы, связанные с реализацией дистанционных образовательных технологий в высшем образовании Республики Казахстан: государственной политики Республики Казахстан в области цифровизации образования; сущность и основные принципы применения дистанционных образовательных технологий в вузах; современные платформы для создания курсов и применения ДОТ; приложения и программы для организации взаимодействия участников образовательного процесса и т.п.

Дистанционные образовательные технологии во всем мире признан одним из наиболее эффективных путей достижения цели, поставленной ЮНЕСКО для устойчивого развития – качественное образование для всех на протяжении всей жизни. В нашей стране проблемы развития ДОТ приобрели особую актуальность в связи с приостановлением заочного обучения.

Ключевые слова: цифровизация, дистанционные образовательные технологии, высшее образование.

Abstract

DISTANCE EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN HIGHER EDUCATION

Baktybayev Zh.Sh.¹, Tusubayeva Zh.M.¹, Toleshova U.B.²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

The purpose of this article is a scientific analysis of distance learning technologies in teaching students in accordance with high standards in order to help them become qualified, competitive specialists capable of fulfilling their role in the state at a high level. The article highlights issues related to the implementation of DET in higher education of the Republic of Kazakhstan: the state policy of the Republic of Kazakhstan in the field of digitalization of education; the essence and basic principles of the application of DOT in universities; modern platforms for creating courses and applying DOT; applications and programs for organizing the interaction of participants in the educational process, etc.

Distance learning technologies are recognized throughout the world as one of the most effective ways to achieve the goal set by UNESCO for sustainable development - quality education for all throughout life. In our country, the problems of the development of DOT have become particularly relevant in connection with the suspension of distance learning.

Keywords: digitalization, distance educational technologies, higher education.

Аңдатпа

Ж.Ш. Бактыбаев¹, Ж.М. Тусубаева¹, У.Б. Толешова²

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ЖОҒАРЫ ОҚУ ОРЫНДАРЫНДАҒЫ ҚАШЫҚТЫҚ ОҚЫТУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

Бұл мақаланың мақсаты – студенттердің мемлекет алдындағы міндетін жоғары деңгейде атқара алатын білікті, бәсекеге қабілетті маман болып қалыптасуына жоғары талаптарға сай қашықтықтан оқыту технологияларына ғылыми талдау жасау. Мақалада Қазақстан Республикасының жоғары оқу орындарында ҚОТ енгізуге қатысты мәселелер көрсетілген: Қазақстан Республикасының білім беруді цифрландыру саласындағы мемлекеттік саясаты; ЖОО-да ҚОТ қолданудың мәні мен негізгі принциптерін; курстарды құру және ҚОТ қолдану үшін заманауи платформалар; білім беру үдерісіне қатысушылардың өзара әрекетін ұйымдастыруға арналған қосымшалар мен бағдарламалар және т.б.

Қашықтықтан оқыту технологиялары бүкіл әлемде ЮНЕСКО-ның орнықты даму үшін алға қойған мақсатына жетудің ең тиімді жолдарының бірі ретінде танылған – ол баршаға өмір бойы сапалы білім беру. Біздің елімізде қашықтықтан оқытуды тоқтатуға байланысты ҚОТ дамыту мәселелері ерекше өзекті болды.

Түйін сөздер: цифрландыру, қашықтықтан оқыту технологиялары, жоғары білім.

Введение

Существенные изменения жизни в XXI веке, обусловленные развитием цифровых технологий и Интернета, диктует новые требования к национальным системам образования. Образование определяется как фактор повышения уровня социально-экономического развития страны, укрепления её международных конкурентных позиций, обеспечение и формирование инновационного потенциала, а также решения целого ряда глобальных проблем, связанных с развитием человечества. Поэтому во многих экономически развитых странах образование отнесено к приоритетным областям инвестиционной политики государства.

В Глобальном докладе ЮНЕСКО по обучению и образованию взрослых (Global Report on Adult Learning and Education, 4 GRALE Юнеско, 2019) подчеркивается необходимость объединения усилий разных стран для обеспечения того, чтобы никто – независимо от того, кто он, где он проживает или с какими проблемами сталкивается – не остался в стороне от всеобщего права на образование [1]. Приоритетной задачей высших учебных заведений является обучение студентов в соответствии с высокими стандартами, чтобы помочь стать им квалифицированными, конкурентоспособными специалистами, способными на высоком уровне выполнять свою роль в государстве. Традиционное обучение «лицом к лицу» больше не отвечает запросам и ожиданиям общества, критически важной становится адаптация образовательных учреждений к широкому применению цифровых технологий и обучающих цифровых средств.

Методология исследования

Применение дистанционных образовательных технологий (ДОТ) во всем мире признано одним из наиболее эффективных путей достижения цели, поставленной ЮНЕСКО для устойчивого развития – качественное образование для всех на протяжении всей жизни. ДОТ обеспечивают беспрецедентную гибкость и удобство для желающих получить высшее профессиональное образование, снимая ограничения пространства и времени. В заявлении Европейской комиссии говорится: «Цифровые технологии могут повысить эффективность ресурсов за счет масштабируемости, расширения доступа большего числа людей (например, через массовые открытые онлайн-курсы и другие открытые образовательные ресурсы) при меньших затратах за счет автоматизации или разгрузки преподавателей от более рутинных задач. Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) могут быть использованы для стимулирования более творческих и инновационных методов обучения (в том числе персонифицированного обучения и обучения в сотрудничестве), они имеют потенциал для облегчения взаимодействия, обмена и доступа к учебным ресурсам» [2]. В нашей стране проблемы развития ДОТ приобрели особую актуальность в связи с приостановлением заочного обучения, вызванного тем, что по данным МОН РК студенты-заочники осваивали всего 65% от того объема, который давался студентам очных отделений. В то же время, по состоянию на 1 августа 2018 года, заочное образование получали 84 тысяч человек – эта цифра отражает спрос на образовательные услуги со стороны лиц, которые не имеют возможности получать традиционное очное образование непосредственно в вузе. Как ожидается, применение ДОТ обеспечит изучение 100% объема кредитов по соответствующим

программам согласно ГОСО. Существует также довольно большая категория лиц, ограниченная в доступе к очному обучению в силу состояния здоровья. В 2019 году в Казахстане насчитывалось 690 тысяч человек с инвалидностью, из них 424 тысячи находятся в трудоспособном возрасте, а 89 тысяч составляют дети до 18 лет, которые в ближайшие годы также будут испытывать потребность в профессиональном образовании [3]. Без обучения эти люди останутся невостребованными в обществе, хотя и обладают высоким интеллектуальным потенциалом и способны принести ощутимую пользу государству. ДОТ могут решить проблемы инклюзивного образования и социализации людей с особыми образовательными потребностями. Важно, чтобы внедрение ДОТ проходило не стихийно, а строго на научной основе. Дистанционное обучение еще с 1990-х гг. находилось в поле зрения научной школы доктора педагогических наук, профессора Гуль Кумашевны Нургалиевой. Исследования ученых этой школы были ориентированы на осмысление новой инфокоммуникационной парадигмы обучения как основы подготовки будущих специалистов к жизни и деятельности в информационном обществе, в котором каждому важно научиться работать в условиях дистанционного взаимодействия и мобильной коммуникации [4, с.93]. Впервые о дистанционном обучении в Казахстане заявили в докторской диссертации Д. М. Джусубалиевой, которая представила педагогическую систему формирования информационной культуры личности как условия внедрения дистанционной формы обучения [5]. В ее исследовании было дано теоретическое обоснование дистанционного обучения как одной из форм современного вузовского образования; представлена характеристика методов дистанционного обучения; раскрыты взаимосвязь и взаимовлияние процесса формирования информационной культуры студентов и дистанционного обучения.

Особенности обучения с применением цифрового образовательного контента как интерактивного дистанционного взаимодействия субъектов образовательного процесса рассматривались в работах А. И. Тажигуловой [6], А.Т. Чакликовой [7], Е.В. Артыкбаевой [8], Ж.М. Тусубаевой [9] и др. Обучение с применением ДОТ может быть эффективно организовано, если имеются электронные учебники и другие цифровые ресурсы, разработанные с учетом закономерностей процесса обучения и способов активизации познавательной деятельности студентов. Не менее важны умения дистанционного взаимодействия будущих специалистов в условиях сетевых сообществ, чему были посвящены работы Г.Б. Ахметовой [10], М.К. Нургалиева [11] и др. Готовность будущего специалиста к профессиональной деятельности в условиях сетевых технологий включает осознанное отношение к сетевому миру как признаку новой модели цивилизации, в которой происходит процесс самоидентификации в качестве «сетевой личности». Применение ДОТ диктует совершенно иную ролевую структуру отношений участников педагогического процесса. Это связано с глубокой перестройкой методики обучения и содержания образования. В насыщенной информационно-образовательной среде преподаватель перестает быть единственным носителем и источником знаний, он должен стать модератором учебного процесса, должен позиционировать себя наблюдателем за деятельностью обучающихся, организатором их самостоятельной деятельности, индивидуальным консультантом, осуществляющим контроль и коррекцию учебных действий студентов на пути их приобщения к знаниям и т.д.

Первый Президент страны Н. А. Назарбаев поставил перед страной задачи для успешной адаптации республики в новом мире – мире Четвертой промышленной революции – за счет повсеместной цифровизации экономики. Первым приоритетом названа ускоренная технологическая модернизация экономики: «... Мы должны культивировать новые индустрии, которые создаются с применением цифровых технологий. Это важная комплексная задача. Необходимо развивать в стране такие перспективные отрасли, как 3D-принтинг, онлайн-торговля, мобильный банкинг, цифровые сервисы, в том числе в здравоохранении и образовании» [12].

Курс Казахстана на развитие цифровой экономики продолжил и Президент РК К.-Ж.Токаев, который говорит о необходимости «усилить лидерство в регионе по уровню развития инфокоммуникационной инфраструктуры. Правительству предстоит адаптировать законодательство под новые технологические явления: 5G, «Умные города», большие данные, блокчейн, цифровые активы, новые цифровые финансовые инструменты» [13].

Неотъемлемой составляющей современной системы образования является развитая цифровая инфраструктура. Сегодня в Казахстане многие образовательные организации испытывают трудности из-за низкой скорости Интернета, нехватки или несоответствия цифровой инфраструктуры. Продолжается работа по развитию цифровых образовательных ресурсов, сетей и

платформ массовых открытых онлайн-курсов (МООК). Также активизируется работа по подключению вузов к платформе «Қазақстанның ашық университеті» для обеспечения доступа каждого студента к онлайн курсам. Для взрослого населения предоставляются услуги образования по принципу «обучение на протяжении всей жизни», направленного на их профессиональное развитие, на базе вузов будут проработаны механизмы функционирования «серебряных университетов». Планируется поэтапное внедрение онлайн-обучения с элементами прокторинга и дистанционных технологий с выработкой механизмов по их обеспечению качества. Казахстанскими вузами будет сформирована цифровая экосистема образования. Для этой цели, вузы перейдут на цифровые и интеллектуальные сервисы управления. Планируется создание интерактивной онлайн-карты всех организаций образования с предоставлением информации населению о их ресурсообеспеченности и результативности, наличии свободных мест, онлайн-проверки дипломов и др. В целях выстраивания объективного образовательного мониторинга продолжится работа по развитию Национальной образовательной базы данных (НОБД), интегрированной с базами данных государственных органов и вузов. НОБД направлено для повышения прозрачности и эффективности системы управления образованием, для осуществления мониторинга движения образовательного процесса учащегося от дошкольного образования до момента трудоустройства. С 2020 года НОБД реализуется в онлайн-режиме. Предусматривается переход к цифровизации процедуры приема документов (online admission).

С учетом направлений цифровизации будет разработан комплекс мер по обновлению и модернизации научной инфраструктуры: проведению капитального ремонта, обновлению оборудования, разработке веб-ресурсов, информационных систем научных организаций, лицензионного программного обеспечения, проведению международной сертификации и стандартизации GLP, GSP и развитию цифровых навыков ученых (сертифицированные тренинги).

Для развития цифровизации науки будет создана единая информационная система науки Казахстана, которая позволит:

- создавать персональные профили ученых, формировать историю участия каждого ученого в исследовательских проектах, финансируемых из государственных источников;
- рекомендовать рациональные научные совместные партнерства;
- направлять заявки на финансирование и отчеты о научных исследованиях;
- осуществлять мониторинг прохождения научной экспертизы.

Будут автоматизированы государственные услуги по контролю научных, научно-технических проектов и программ, финансируемых из государственного бюджета, и отчетов по их выполнению, приему работ на соискание научно-исследовательских премий, государственных научных стипендий, проведению государственной научно-технической экспертизы, аккредитации субъектов научной или научно-технической деятельности и др. В результате внедрения повысится доступность и качество оказываемых услуг в сфере научной и научно-технической деятельности. В рамках сотрудничества с организацией экономического сотрудничества и развития планирует сформировать базу данных по правовому принципу между НИОКР, промышленностью и технологиями.

В Плане мероприятий по реализации Государственной программы развития образования и науки Республики Казахстан на 2020-2025 годы поставлены следующие задачи:

- Развитие цифровых образовательных ресурсов, сетей и платформ МООК в вузах.
- Организация и проведение региональных и республиканских конкурсов идей по разработке IT-решений с применением цифровых навыков – Хакатон.
- Оснащение организации образования цифровой инфраструктурой и современной материально-технической базой.
- Улучшение материально-технической оснащенности и цифровой инфраструктуры организаций образования и научных организаций.
- Переход к цифровизации процедуры приема документов (online admission) – декабрь 2020-2021 гг.
- Создание системы проверки подлинности документов об образовании на основе блокчейн-технологий.

Таким образом, государственная политика в области информатизации и цифровизации образования направлена на создание национальной информационной инфраструктуры, построение открытых инфокоммуникационных систем; обеспечение широкого доступа граждан к

информационно- образовательным ресурсам глобальных сетей и др., что подтверждает причастие Казахстана к важнейшим принципам ЮНЕСКО: «обучение в течение всей жизни и качественное образование для всех».

Результаты исследования

Обучение, как неоднократно подчеркивалось, – процесс взаимодействия обучающего и обучающегося. Субъектами (участниками) образовательного процесса являются преподаватели и студенты. В условиях ДОТ их взаимодействие приобретает новый характер: ДОТ обеспечивают более взаимодействующий способ по сравнению с заочным и даже традиционным обучением. С применением ДОТ открываются совершенно другие возможности для индивидуализации и дифференциации обучения студентов, которые оперативно получают обратную связь, а преподаватель быстро отвечает на запросы студента, контролируя и корректируя его работу [14]. Трансформация их совместного учебного взаимодействия в условиях использования ДОТ предполагает изменение роли и преподавателя, и студента.

Преподаватели вузов играют ключевую роль в успехе или неудаче применения ДОТ. Их опыт, компетенции и владение технологическими инструментами LMS влияют на качество обучения и удовлетворенность студентов курсом [15]. Если раньше преподаватель являлся практически единственным носителем и источником содержания обучения, то теперь он должен позиционировать себя в роли наблюдателя за деятельностью студентов, организатора их самостоятельной деятельности, индивидуального консультанта, осуществляющего контроль и координацию учебных действий обучающихся на пути их стремления к знаниям. Более того, в процессе обучения с применением ДОТ компетентность преподавателя в своей сфере, его профессионализм (или непрофессионализм) становятся более заметны, потому что студенты могут глубже и тщательнее анализировать предоставленный материал.

Изменилась и роль студентов, которые должны стать активными субъектами учебного процесса. На уровень обучения при использовании ДОТ существенно влияют личностные качества студентов: способность их саморегулирования, самостоятельность, организованность и мотивация. Многие студенты нуждаются в постоянной помощи и контроле со стороны преподавателей [16]. Обучение с ДОТ хорошо работает для тех, кто достаточно талантлив и кто наиболее мотивирован, потому что предполагает большую самостоятельность и самоотречение, такую внутреннюю дисциплину, чтобы самостоятельно выполнять материал дома, в свободное от работы время, без присмотра преподавателя [17].

В исследованиях научной школы д.п.н., проф. Г. К. Нурғалиевой, в структуре процесса обучения выделяются мотивационно-целевой, содержательный, операционно-деятельностный и оценочно-результативный компоненты, которые отражают весь процесс взаимодействия субъектов образовательного процесса от постановки цели обучения до анализа его результатов [18]. Эти компоненты как нельзя более точно отражают основной педагогический закон: процесс обучения может быть эффективным только при условии, если студент обладает положительной мотивацией к изучению учебного предмета, осознает цели обучения, самостоятельно и полноценно выполняет адекватную цели обучения учебную деятельность, эта деятельность управляется методами, гарантирующими достижение целей обучения, и адекватно оценивается - и все это происходит и обогащено за счет педагогических возможностей ДОТ.

В Казахстане все организации высшего профессионального образования работают над тем, чтобы предоставить своим студентам доступ к открытым образовательным ресурсам. По мере технической подготовленности вузов осуществляется их подключение к Республиканской межвузовской электронной библиотеке (РМЭБ), объединяющей информационные полнотекстовые ресурсы вузовских библиотек РК, где предлагаются полные тексты учебников, учебных пособий, научных, методических материалов и опубликованных статей профессорско-преподавательского состава, с соблюдением авторских прав. Студенты и преподаватели могут воспользоваться свободным доступом с любого компьютера общеуниверситетской сети ресурсами РМЭБ по адресу: <http://www.rmeb.kz/>. В настоящее время на сайте РМЭБ размещены видео-лекции 11 казахстанских вузов по самым различным дисциплинам. Структуру, формат и содержание цифровых образовательных ресурсов и MOOK вузы определяют самостоятельно. К сожалению, в силу ограниченных финансовых и технических возможностей многие вузы не располагают студиями и специалистами для создания видеолекций и автоматизированных тестирующих программ, В

основном информационные ресурсы на образовательных порталах вузов представлены только как оцифрованные текстовые документы, электронные учебные пособия и методические указания по выполнению заданий в форматах *.doc или *.pdf, они представляют собой не столько инструментарий для научно-исследовательской работы, сколько библиотеку ресурсов и не реализуют в полной мере возможности современных ИКТ и сказывается на качестве учебного процесса [19].

Для реализации полноценного учебного процесса необходим самый разнообразный цифровой образовательный контент: электронные учебники, мультимедийные обучающие программы, виртуальные тренажеры, виртуальные лаборатории, отдельные видео-лекции, презентации, текстовый, графический и иной материал. Особенно важно наличие видео-лекций или мультимедийных объяснений, которые студент может скачать или посмотреть на платформе в режиме офлайн. Это позволяет студенту обращаться к материалам неоднократно: то, что студент не понял, любое место видео-лекции можно пересмотреть сколько угодно раз, без боязни оторвать время лектора или тьютора.

Использование ДОТ облегчает организацию активных методов обучения, которые стимулируют общение и совместную работу студентов: дебаты, ролевые игры, анализ примеров, дискуссии, мозговые штурмы, проекты и т. д. Выявлено, что посредством сетевых технологий возможно добиться групповой сплоченности, возникающей в небольшой группе, работающей совместно в режиме онлайн над одной и той же учебной проблемой в разное время и в разных местах. Участвуя в совместных проектах, студенты самостоятельно принимают решение о степени и способах участия каждого в их конкретных аспектах [20]. Для начала лучше образовывать группы по 3-4 человека, которые работают более эффективно. Огромное преимущество ДОТ состоит в том, что оценивать выполненную работу студента может не только сам преподаватель, но и другие студенты – такое участие в взаимо-рецензировании работ приносит в обучение более глубокое понимание и осознание учебного материала [21]. Другим способом работы над учебным материалом является взаимодействие на форуме или в чате, где студент может отправить вопросы преподавателю, чтобы затем получить разъяснения на предстоящем занятии в аудитории или на вебинаре. При этом на эти вопросы могут ответить не только преподаватели, но и товарищи по группе. Таким образом, студенты обучаются, отвечая на вопросы друг друга, взаимодействуя друг с другом и отыскивая сообща правильные решения – здесь дополнительно включаются механизмы социальной теории познания, а у студентов формируются так называемые трансверсальные (надпредметные) компетенции – навыки социального общения, умения принимать совместные решения, искать компромисс, доверять, управлять конфликтами. Существенную помощь при организации совместной работы над проектом или другим заданием могут оказать онлайн-доски, получившие в последнее время широкое распространение. Это такие виртуальные инструменты, основным преимуществом которых является то, что их не надо скачивать на компьютер, они находятся в облаке. Это очень удобно, так как компьютер или ноутбук не перегружается информацией. На онлайн-досках можно визуализировать идеи и концепции для их обсуждения, можно планировать задачи, вести записи, создавать эскизы, строить схемы и т. п. Некоторые онлайн-доски предлагают пользователям выбор шаблонов, помогающих структурировать и организовать планирование или мозговой штурм. Среди наиболее распространенных онлайн-досок можно назвать Google Jamboard (<https://drive.google.com/>), MIRO – старое название Realtimeboard (<https://miro.com/online-whiteboard>), IDroo (<https://idroo.com>), Draw Chat (<https://draw.chat>), Padlet (<https://ru.padlet.com>) и др. Еще одной современной ДОТ является применение подкастов, которые могут быть использованы для стимулирования критического мышления студентов. Подкасты (Podcasts) – это звуковые файлы (аудио-лекции), которые рассылаются через Интернет и которые можно слушать в режиме онлайн и/или скачивать. Студенческим группам можно поручить создать свои подкасты по теоретическому материалу, изученному на занятиях. Такое задание является отличным способом усвоить стратегию непрерывного обучения и сделать теорию более доступной. К концу создания подкаста студенты смогут не только воспроизвести теоретический материал в соответствии с содержанием курса и проанализировать изучаемые концепции, но получить навыки совместной командной работы, а также определить и применить необходимые навыки для убедительной презентации [22]. Важной современной педагогической моделью обучения, использующей ДОТ, является «Перевернутый класс» (Flipped Classroom). Это метод, который меняет традиционную организацию занятий и требует переосмысления подходов к обучению с дидактической точки зрения. При использовании

этого метода преподаватель предоставляет материал для самостоятельного изучения дома, а на очном занятии происходит практическое закрепление материала. Для самостоятельной работы используются все электронные инструменты и сервисы, предоставляемые Интернет. Важным компонентом этой модели обучения является Web 2.0, позволяющая лучше поддерживать и реализовывать содержание образования и мотивировать студентов. Полученные данные свидетельствуют о том, что перевернутый класс может способствовать развитию творческого потенциала студентов, особенно с точки зрения его беглости, гибкости и новизны [23].

Эффективность ДОТ во многом зависит от применяемых систем дистанционного обучения (СДО), или, как их иначе называют - систем управления обучением (Learning Management Systems - LMS), на которых размещаются учебные материалы и которые обеспечивают взаимодействие участников образовательного процесса. Надежная LMS является необходимым условием для достижения целей обучения. Вузы могут сами выступать разработчиками данных систем или использовать платформы сторонних организаций. В зарубежных вузах используются в основном три вида LMS: с открытым исходным кодом, коммерческие и системы собственной разработки. Все они имеют свои преимущества и недостатки. Сейчас на мировом рынке насчитывается более 700 LMS [24], выбор типа LMS, который будет использоваться в вузе, зависит от соответствия ее функциональных возможностей потребностям вуза, выбранной модели обучения (чисто онлайн-обучение или смешанное обучение), от технических возможностей вуза и т. п. Как показало наше исследование, большинство казахстанских вузов используют LMS Moodle. Используются также такие отечественные платформы, как Platonus, Univer, TUS 2.0.

Дискуссия

Большую долю в цифровом образовательном контенте для реализации ДОТ в последнее десятилетие стали массовые открытые онлайн-курсы (МООК). Сам термин Massive Open Online Courses (МООС) появился в 2008 г. и означает «онлайн-курс с возможностью свободной и открытой регистрации, с открытым доступом к опубликованной программе курса и с бессрочными результатами» [25]. Если расшифровать каждую букву в аббревиатуре, мы получим: Massive (массовый) – на курсе может обучаться большое количество студентов; Open (открытый) – курс является бесплатным и любой человек в любой момент может присоединиться к нему; Online (дистанционный) – материалы курса и результаты работы находятся в сети Интернет в открытом для участников доступе; Course (курс) – подразумевается, что учебный материал, в отличие от других открытых образовательных ресурсов, организован в единый курс, то есть имеет соответствующую структуру, определенную последовательность работы над ним и общие цели.

Популярность и распространение за рубежом МООК завоевали с 2012 года, когда в процесс их создания, наполнения, функционирования и развития включились крупные университеты со всего мира. Осенью 2011 года в Стэнфордском университете профессорами информатики S. Thrun и P. Norvig был запущен в Интернет МООК «Введение в искусственный интеллект», который привлек внимание более 160 000 человек, а затем A. Ng и D. Koller из этого же университета разработали два других курса, также в области компьютерных наук. В результате S. Thrun основал платформу Udacity (www.udacity.com), а A. Ng и D. Koller – Coursera (www.coursera.org). Это коммерческие компании, использующие собственное специально разработанное программное обеспечение, предоставляющее платформы для обучения и обеспечивающее огромное количество регистраций на них. Udacity и Coursera установили партнерские отношения с ведущими университетами, где университеты платят за свои собственные МООК через эти платформы. Этот процесс стал систематическим и имеет четкую модель финансирования и организации. При этом также приобрели популярность МООК на базе edX (<http://www.edx.org>), Khan Academy (<https://www.khanacademy.org/>), Udemy (<https://www.udemy.com/>) и др. [26].

Ранние сайты МООК пропагандировали концепцию открытого доступа – бесплатного. Более поздние сайты сделали доступ к контенту платным, оставив возможность бесплатного доступа лишь частично. А. Ю. Уваров называет 4 основные особенности, отличающие МООК от других Интернет-ресурсов, в том числе и открытых образовательных ресурсов (ООР):

- отсутствие ограничений на количество слушателей;
- возможность свободного (бесплатного) доступа к курсу жителей любой страны независимо от их возраста, дохода, вероисповедания, знания языка и уровня образовательной подготовки;
- активное использование ДОТ и Интернет;

– целостность курса, включающего описание ожидаемых образовательных результатов, материалы и инструменты для учебной работы, инструменты и процедуры итогового оценивания слушателей, а также сертификацию (обычно за отдельную плату) для всех, кто его успешно закончил [27].

Лидером в развитии MOOK является проект Coursera, образованный учеными из Стэнфордского университета. Сейчас на платформе более 60 миллионов пользователей из 95 стран. На портале расположено более 4200 курсов от лучших учебных заведений мира – с Coursera сотрудничают более 200 ведущих университетов мира. Coursera поддерживается ведущими инвесторами, такими как Kleiner Perkins, New Enterprise Associates, Learn Capital и SEEK Group [28]. Основная часть курсов представлена на английском языке, есть курсы на китайском, испанском, французском, португальском, русском (<https://ru.coursera.org/>). Партнерами Coursera являются российские вузы: Высшая школа экономики, Московский физико-технический институт, Санкт-Петербургский государственный университет, Томский государственный университет и др., которые разместили на платформе более 450 курсов.

В Казахстане вузы реализуют MOOK на собственных или на сторонних онлайн-платформах, утвержденных организацией образования. Лидером среди казахстанских университетов по созданию MOOK является КазНУ им. аль-Фараби, разработавший собственную платформу на основе системы Open edX MOOCs – <http://open.kaznu.kz>. Работа по разработке MOOK была начата Центром дистанционного образования (ныне – Институт новых образовательных технологий) КазНУ им. аль-Фараби совместно с профессорско-преподавательским составом с 2014-2015 учебного года. В октябре 2015 года были запущены 2 первых открытых курса: «Теория вероятностей» (250 слушателей) и «Физические задачи с доцентом В. Кашкаровым» (500 слушателей) соответственно. На этих курсах обучались в основном первокурсники и второкурсники КазНУ им. АльФараби, старшеклассники Назарбаев интеллектуальных школ, специализированных физико-математических и средних школ из разных регионов Казахстана. В 2020 году в системе зарегистрировано уже более 16 тысяч слушателей. На платформе размещены более 40 курсов. Регистрация и обучение на курсах совершенно бесплатны. При выполнении заданий не ниже порогового уровня можно получить сертификат. Для организационного, методического, информационного и технического сопровождения процесса обучения по ДОТ создан Институт новых образовательных технологий (ИНОТ), включающий в себя Центр MOOK. Центр MOOK участвует в разработке онлайн-курсов и их публикации на платформе, организует их экспертизу, ведет их реестр и предоставляет статистическую отчетность по результатам их внедрения в учебный процесс.

С 2016 г. в Казахстане действует Консорциум по сетевой форме реализации образовательных программ с использованием онлайн курсов, согласно которому разработана Национальная платформа открытого образования Казахстана (НПОО) – <http://moocs.kz/>, предлагающая онлайн-курсы по базовым дисциплинам бакалавриата.

Техническим оператором платформы является КазНУ имени аль-Фараби. В настоящее время на платформе представлено 78 онлайн-курсов, находятся в разработке – 41, перезапущены – 37 от 20 вузов-разработчиков. С НПООК сотрудничают более 30 отечественных и 2 российских вуза, а слушателями курсов являются на данный момент более 1000 человек.

Каждый онлайн-курс проходит внутреннюю экспертизу в вузе разработчике, а также со стороны НПООК на соответствие разработанным «Требованиям по разработке онлайн-курсов, публикуемых на Национальной платформе открытого образования». Соответствие MOOK стандартам и требованиям к результатам обучения обеспечат для вузов-пользователей возможность зачесть обучающемуся пройденный им онлайн-курс при освоении той или иной образовательной программы. С этой целью на НПООК предусмотрена уникальная возможность получения сертификатов с приложением транскрипта. Сертификат по каждому онлайн-курсу является документом о дополнительном образовании и выдается Национальной академией наук Высшей школы Казахстана, КазНУ им. аль-Фараби и вузом-разработчиком курса. Данный сертификат получают обучающиеся, прошедшие полностью онлайн-курс и набравшие пороговый уровень баллов. Сертификат содержит следующую для перезачета информацию: название организации образования, выдавшей сертификат, ФИО студента, наименование и трудоемкость курса.

К сертификату прилагается транскрипт, где отражаются результаты обучения и компетенции, а также количество набранных баллов.

Существует две модели интеграции онлайн-курсов:

- Институциональная с полной заменой – когда вуз-пользователь включает в учебный план образовательной программы определенный учебный онлайн-курс (несколько онлайн-курсов) одного (или нескольких) вузов-разработчиков; обучающийся вуза-пользователя обязан изучить именно этот учебный онлайн-курс (несколько онлайн-курсов); вуз-пользователь перезачитывает результаты освоения онлайн-курса, подтвержденные сертификатом.

- Институциональная с частичным использованием – эта модель отличается от предыдущей тем, что допускается использование результатов (включая экзамен и сертификат) для части курса вуза-пользователя. Все курсы, размещенные на платформе, доступны бесплатно и без формальных требований к базовому уровню образования.

Помимо образовательных MOOK на платформе НПОО размещены Открытые мастер-классы (omc.moocs.kz). Цель этого проекта – просветительская. На данный момент запущены десять мастер-классов от известных в Казахстане представителей культуры и науки, бизнеса и мира финансов, политики и новых информационных технологий: доктора медицинских наук, президента Казахской академии питания Т. Шарманова, философа и кинокритика О. Борецкого, культуролога и востоковеда М. Ауэзова, ТВ-продюсера А. Саин, чемпионки мира по шахматам Ж. Абдумалик, математика-программиста Т. Рыспекова, бизнесмена Н. Смагулова, финансиста К. Турмагамбетова и др. Каждый из них представляет собой личность, которая добилась высоких результатов в своем деле и теперь делится со слушателями своими знаниями, опытом, мнением. Пока на портале около 90 лекций, средняя продолжительность лекции – 20 минут.

Дистанционные образовательные технологии реализуются с проведением учебных занятий в режиме «on-line» и «off-line». Учебные занятия в режиме «on-line» предусматривают процесс учебного взаимодействия участников образовательного процесса в режиме реального времени с применением цифровых технологий (вебинары, видеоконференция), что требует от преподавателей уверенного владения соответствующими приложениями: Skype, ZOOM, TrueConf, Microsoft NetMeeting и т.п. Наибольшей популярностью у преподавателей для общения со студентами на расстоянии пользуется программа Skype, которую знают и систематически применяют 35 человек (27,3%), а эпизодически – 10 опрошенных (7,8 %). Приложение ZOOM систематически применяет 7 преподавателей (5,5%), эпизодически – 8 респондентов (6,3 %). TrueConf и Microsoft NetMeeting эпизодически используют 8 (6,3 %) и 13 опрошенных (10,2 %) соответственно. Также для общения и проведения вебинаров преподаватели используют CommFort, на который указали 3 человека, по одному человеку назвали приложения Adobe Connect, Cisco WebEx, YouTube, Mirapolis Virtual Room, ClickMeeting. Можно сделать вывод, что уровень владения преподавателями инструментами организации взаимодействия со студентами и коллегами низок, так как в среднем 87 % опрошенных не знали о них и ими не пользовались.

Учебные занятия в режиме «offline» предусматривают процесс учебного взаимодействия, при котором общение преподавателя и обучаемого проходит асинхронно, когда студент самостоятельно изучает цифровой образовательный контент, предоставленный вузом, выполняет задания, с последующей сдачей рубежного и (или) итогового контроля). Контентное обеспечение является системообразующим компонентом учебного процесса с использованием ДОТ. Казахские преподаватели имеют определенный опыт в разработке различных видов цифрового образовательного контента, на что указал 51 человек, что составляет почти 40 %. В то же время 77 преподавателей (60,2%) не имеют собственных разработок.

Ровно половина опрошенных – 64 преподавателя – пользуются образовательными ресурсами сети Интернет 50%, из них систематически – 17 человек (13,3 %), эпизодически – 47 респондентов (36,7 %). Соответственно вторая половина Интернет-ресурсы не использует.

Заключение

Таким образом, из проведенного исследования можно сделать вывод, что готовность профессорско-преподавательского к применению ДОТ остается все еще низкой. Несомненно видно явное противоречие: с одной стороны, большинство преподавателей уверенно владеют компьютером и основными информационными офисными приложениями, с другой стороны – обладают крайне низкой осведомленностью о платформах MOOK, о системах дистанционного обучения и других инструментах, реализующих ДОТ.

Действительно, готовность преподавателей к применению ДОТ является одним из важнейших факторов инновационного развития современного профессионального образования. В современных образовательных учреждениях должны работать высококвалифицированные преподаватели, отлично владеющие педагогическими и техническими возможностями ДОТ, знающие системы дистанционного обучения и технологии дистанционного взаимодействия со студентами и преподавателями.

Успешность ДОТ зависит от ряда условий: технической и технологической оснащенности рабочих мест преподавателя и студентов, скорости и пропускной способности Интернет, выбора наиболее оптимальной LMS для реализации ДОТ, разработки высококачественных MOOK и другого цифрового образовательного контента, а главное — от вовлеченности и готовности к обучению с применением ДОТ преподавателей и студентов. Эффективность такого обучения во многом формируется человеческим фактором, то есть умением организации синхронного и асинхронного взаимодействия с обучающимися.

В связи с совершенствованием цифровых технологий, появляются различные технологические новшества, требующие от преподавателей их освоения, мониторинга профессионального уровня педагогов в сфере применения ДОТ и повышение их квалификации. Несомненно, требуется доработка нормативно-правовой базы, то есть необходимо коррекция функций и нормы времени педагога-тьютора и педагога-разработчика цифрового контента, продумать вопросы распределения учебной нагрузки преподавателей образовательных учреждений, их мотивация и др.

Исходя из перечисленного, можно сделать следующий вывод, что готовность преподавателей к применению ДОТ является необходимой предпосылкой для успешной реализации и эффективности дистанционных технологий.

Решение проблемы подготовки преподавателей образовательных учреждений к их применению будет способствовать более широкому применению их высокого потенциала в казахстанском образовании, что в свою очередь позволит обеспечить качество и доступность высшего профессионального образования для всех слоев населения.

Список использованной литературы:

- 1 Global Report on Adult Learning and Education, 4 GRALE Юнеско, 2019. URL: https://uil.unesco.org/system/files/grale_4_final.pdf.
- 2 Education And Training Monitor // European Commission, 2013. <https://op.europa.eu/>
- 3 Инвалиды смогут самостоятельно выбирать услуги и средства реабилитации // [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/enbek/press/news/details/invalidy-smogut-samostoyatelno-vybirat-uslugi-i-sredstva-reabilitacii?lang=ru>
- 4 Нурғалиева Г. К. Преемственность в развитии научной школы. Алматы: НЦИ. 2015.
- 5 Джусубалиева Д. М. Теоретические основы формирования информационной культуры студентов в условиях дистанционного обучения: дисс. ... д. п. н. Алматы. 1997.
- 6 Тажигулова А. И. Педагогические принципы конструирования электронных учебников профессионального образования в условиях информатизации образования: дисс. к. п. н. Алматы. 2000.
- 7 Чакликова А.Т. Научно-теоретические основы формирования межкультурно-коммуникативной компетенции в условиях информатизации иноязычного образования: автореф. дисс. ... д. п. н. Алматы. 2009.
- 8 Артыкбаева Е. В. Теория и технология электронного обучения в общеобразовательной школе: дисс. ... д. п. н. Алматы. 2010.
- 9 Тусубаева Ж. М. Методика организации дистанционной формы обучения на базе технической специальности 2001 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»: дисс. ... к. п. н. Алматы. 2004.
- 10 Ахметова Г. Б. Методология и технология формирования сетевой готовности будущих специалистов: дисс. ... д. п. н. Алматы. 2009.
- 11 Нурғалиев М. К. Методика дистанционного взаимодействия субъектов технического и профессионального образования: дисс. ... к. п. н. Алматы. 2010.
- 12 Послание Первого Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева народу Казахстана от 11 ноября 2014 года «Нұрлы Жол – путь в будущее». <https://online.zakon.kz/>
- 13 Послание Президента РК К.-Ж. Токаева народу Казахстана от 2 сентября 2019 года. «Конструктивный общественный диалог – основа стабильности и процветания Казахстана». <https://kodeksy-kz.com/>
- 14 Уддин Мд. Актхер. Сравнительный анализ личностных и мотивационных особенностей студентов очного и дистанционного обучения (на примере студентов-психологов): дисс. ... к. пс. н. М. 2014.
- 15 Gay G. H. E. (2016). An assessment of online instructor e-learning readiness before, during, and after course

- delivery. *Journal of Computing In Higher Education*, 28 (2), 199-220. DOI: 10.1007/s12528-016-9115-z.
- 16 Lin, H.-M. & Tsai, Ch.-Ch. (2011). College students' conceptions of learning management: The difference between traditional (face-to-face) instruction and Web-based learning environments. *Learning Media and Technology*. 36(4):1-16. DOI: 10.1080/17439884.2011.606223
- 17 Chomczynski, P. (2015). Problems faced by teachers engaged in distance learning – results of qualitative field study. *E-MENTOR*, 3, 42-47. DOI: 10.15219/em60.1185.
- 18 Нурғалиева Г. К., Артыкбаева Е. В. *Методология и технология электронного обучения*. Алматы. 2010.
- 19 Nurgalieva G., Artykbayeva Y. Content Provision for Information and Educational Environment in the Republic of Kazakhstan // *ICT in Teacher Education: Policy, Open Educational Resources and Partnership: Proceedings of International Conference IITE-2010*. – UNESCO, 2011 – С. 112-117.
- 20 Altebarmakian, M. & Alterman, R. (2019). Cohesion in online environments. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*. 14. DOI: 10.1007/s11412-019-09309-y.
- 21 Nagel, L., Kotz, T. G. (2009). Supersizing e-learning: What a CoI survey reveals about teaching presence in a large online class. *Internet And Higher Education*, 13 (1-2), 45-51. DOI: 10.1016.2009.
- 22 Taylor, J. L. & Blevins, M. (2019). COMMcast: Producing podcasts for communication theory, *Communication Teacher*, DOI: 10.1080/17404622.2019.1706756
- 23 Al-Zahrani, A. M. (2015). From passive to active: The impact of the flipped classroom through social learning platforms on higher education students' creative thinking. *British Journal of Educational Technology*. 46 (6), 1133-1148. DOI: 10.1111
- 24 Лучшие LMS 2020, и как выбрать систему дистанционного обучения для вашего бизнеса. [Электронный ресурс]. URL: <https://evergreens.com.ua/ru/articles/best-lms-2020.html>
- 25 McAuley, A., Stewart B., Siemens G., Cormier D. (2010). The MOOC Model for Digital Practice. URL: http://davecormier.com/edb/edblog/wpcontent/uploads/MOOC_Final.pdf
- 26 Tony Bates. What is a MOOC? URL: <http://www.tonybates.ca/2014/10/12/what-is-a-mooc/>
- 27 Уваров А. Ю. Зачем нам эти Муки // *Информатика и образование*. № 9 (268). 2015. С. 3-18.
- 28 2020 Coursera Virtual Conference: Reflections and Resources. [Электронный ресурс]. URL: <https://blog.coursera.org/2020-coursera-virtual-conference-reflections-and-resources/>

References:

- 1 Global Report on Adult Learning and Education, 4 GRALE Юнеско, 2019. URL: https://uil.unesco.org/system/files/grale_4_final.pdf.
- 2 Education And Training Monitor // European Commission, 2013. <https://op.europa.eu/>
- 3 Disabled people will be able to independently choose the services and means of rehabilitation // [Electronic resource]. URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/enbek/press/news/details/invalidy-smogut-samostoyatelno-vybirat-uslugi-i-sredstva-reabilitacii?lang=ru>
- 4 Nurgalieva G. K. *Continuity in the development of the scientific school*. Алматы: NCI. 2015.
- 5 Dzhusubaliev D. M. *Theoretical foundations of the formation of information culture of students in conditions of distance learning: diss. ... d.p.s. Almaty*. 1997.
- 6 Tazhigulova A. I. *Pedagogical principles of designing electronic textbooks for vocational education in terms of informatization of education: diss. k.p.s.. Almaty*. 2000.
- 7 Chaklikova A.T. *Scientific and theoretical foundations for the formation of intercultural and communicative competence in the context of informatization of foreign language education: author. diss. ... d.p.s. Almaty*. 2009.
- 8 Artykbayeva E. V. *Theory and technology of e-learning in secondary school: diss. ... d.p.s. Almaty*. 2010.
- 9 Tusubaeva Zh. M. *Methodology for organizing distance learning on the basis of a technical specialty 2001 - "Development and operation of oil and gas fields": diss. ... k.p.s. Almaty*. 2004.
- 10 Akhmetova G. B. *Methodology and technology for the formation of network readiness of future specialists: diss. ... d.p.s. Almaty*. 2009.
- 11 Nurgaliev M.K. *Methods of remote interaction of subjects of technical and vocational education: diss. ... k.p.s. Almaty*. 2010.
- 12 Address of the First President of the Republic of Kazakhstan N.A. Nazarbayev to the people of Kazakhstan dated November 11, 2014 "Nurly Zhol - the path to the future". <https://online.zakon.kz/>
- 13 Poslanie Prezidenta RK K.-Zh. Tokaeva narodu Kazahstana ot 2 sentjabrja 2019 goda. «Konstruktivnyj obshhestvennyj dialog – osnova stabil'nosti i procvetanija Kazahstana» [Address of the President of the Republic of Kazakhstan K.-Zh. Tokayev to the people of Kazakhstan on September 2, 2019. "Constructive public dialogue is the basis of stability and prosperity of Kazakhstan"]. <https://kodeksy-kz.com/>
- 14 Uddin Md. Akther. *Comparative analysis of personal and motivational characteristics of full-time and distance learning students (on the example of psychology students): diss. ... k. ps. n.M.* 2014.
- 15 Gay G. H. E. (2016). An assessment of online instructor e-learning readiness before, during, and after course delivery. *Journal of Computing In Higher Education*, 28 (2), 199-220. DOI: 10.1007/s12528-016-9115-z.
- 16 Lin, H.-M. & Tsai, Ch.-Ch. (2011). College students' conceptions of learning management: The difference between traditional (face-to-face) instruction and Web-based learning environments. *Learning Media and*

Technology. 36(4):1-16. DOI: 10.1080/17439884.2011.606223

17 Chomczynski, P. (2015). *Problems faced by teachers engaged in distance learning – results of qualitative field study*. *E-MENTOR*, 3, 42-47. DOI: 10.15219/em60.1185.

18 Nurgalieva G.K., Artykbaeva E.V. *Methodology and technology of e-learning*. Almaty. 2010.

19 Nurgalieva G., Artykbayeva Y. *Content Provision for Information and Educational Environment in the Republic of Kazakhstan // ICT in Teacher Education: Policy, Open Educational Resources and Partnership: Proceedings of International Conference IITE-2010. – UNESCO, 2011 – C. 112-117.*

20 Altebarmakian, M. & Alterman, R. (2019). *Cohesion in online environments*. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*. 14. DOI: 10.1007/s11412-019-09309-y.

21 Nagel, L., Kotzé, T. G. (2009). *Supersizing e-learning: What a CoI survey reveals about teaching presence in a large online class*. *Internet And Higher Education*, 13 (1-2), 45-51. DOI: 10.1016.2009.

22 Taylor, J. L. & Blevins, M. (2019). *COMMcast: Producing podcasts for communication theory*, *Communication Teacher*, DOI: 10.1080/17404622.2019.1706756

23 Al-Zahrani, A.M. (2015). *From passive to active: The impact of the flipped classroom through social learning platforms on higher education students' creative thinking*. *British Journal of Educational Technology*. 46 (6), 1133-1148. DOI: 10.1111

24 *Best LMS 2020, and how to choose a distance learning system for your business*. [Electronic resource]. URL: <https://evergreens.com.ua/ru/articles/best-lms-2020.html>

25 McAuley, A., Stewart B., Siemens G., Cormier D. (2010). *The MOOC Model for Digital Practice*. URL: http://davecormier.com/edb/wordpress/wp-content/uploads/MOOC_Final.pdf

26 Tony Bates. *What is a MOOC?* URL: <http://www.tonybates.ca/2014/10/12/what-is-a-mooc/>

27 Uvarov A. Yu. *Why do we need these Torments // Informatics and Education*. № 9 (268). 2015. C. 3-18.

28 *2020 Coursera Virtual Conference: Reflections and Resources*. [Электронный ресурс]. URL: <https://blog.coursera.org/2020-coursera-virtual-conference-reflections-and-resources/>

МРНТИ 20.01.45
УДК 37.016.02:004.738.4

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.29>

Г.Г. Газиз^{1*}, Е.Ы. Бидайбеков¹, С.Н. Конева¹

¹Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
*e-mail.ru: gulnurr76@gmail.com

БІЛІМ БЕРУДЕГІ ОПЕРАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа

Бұл мақалада жоғарғы оқу орындарында Windows-қа балама бола алатын операциялық жүйелер қарастырылады. Жұмыста Chrome OS, ROSA Education Desktop, Mandriva сияқты түрлі операциялық жүйелердің салыстырмалы талдауы келесі критерийлер бойынша ұсынылған: техникалық талаптар, арнайы бағдарламалардың болуы, пайдаланудың қарапайымдылығы, сенімділігі, тарату шарттары. Оқу үрдісі студенттердің өзіндік жұмысын, оқытушылармен қашықтықтан оқытуды арттыруды көздейді. Ол үшін қашықтықтан оқыту жүйесінің сапасы мен тиімділігін жақсарту үшін қолданыстағы компьютерлік жүйелерді жетілдіру қажет. Ұсынылған операциялық жүйелер техникалық талаптар мен сенімділікке ғана емес, сонымен қатар оқу орындарын компьютерлендіруге шығындарды азайту үшін қол жетімді бағаға ие болуы керек.

Операциялық жүйелердің қызметтеріне талдау жасау және дербес компьютер мен смартфондарға ең танымалысын анықтау мақсатында студенттер арасында сауалнама жүргізілді. Сауалнамаға 158 студент қатысып, өз ойларымен бөлісті. Сауалнама нәтижелері диаграмма, гистограмма ретінде бейнеленіп, талдау жасалды.

Түйін сөздер: Chrome OS, ROSA Education Desktop, Mandriva, Windows 10.

Аннотация

Г.Г. Газиз¹, Е.Ы. Бидайбеков¹, С.Н. Конева¹

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОБРАЗОВАНИИ

В статье рассматриваются операционные системы, которые могут стать альтернативой Windows для работы в учебных заведениях, участвующих в Болонском процессе. В работе представлен сравнительный анализ различных операционных систем, таких как Chrome OS, ROSA Education Desktop, Mandriva, по следующим критериям: технические требования, наличие специальных программ, простота использования, надежность, условия распространения. Болонский процесс предполагает повышение самостоятельной работы студентов, дистанционное обучение с преподавателями. Для этого необходимо усовершенствовать существующие компьютерные системы для улучшения качества и эффективности дистанционного обучения. Предлагаемые операционные системы должны обладать не только техническими требованиями и надежностью, но и доступной ценой для снижения затрат на компьютеризацию учебных заведений.

С целью анализа характеристик операционных систем и определения наиболее популярных для персональных компьютеров и смартфонов был проведен опрос среди студентов. В опросе приняли участие 158 студентов, которые поделились своими мыслями. Результаты опроса представлены в виде диаграммы, гистограммы и проанализированы.

Ключевые слова: Chrome OS, ROSA Education Desktop, Mandriva, Windows 10.

Abstract

ANALYSIS AND RESEARCH OF OPERATING SYSTEMS IN EDUCATION

Gaziz G.¹, Bidaybekov E.¹, Koneva S.¹

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

This article discusses operating systems that can be an alternative to Windows to work in educational institutions involved in the Bologna Process. The paper presents a comparative analysis of various operating systems, such as Chrome OS, ROSA Education Desktop, Mandriva, according to the following criteria: technical requirements, the presence of special programs, ease of use, reliability, distribution conditions. The Bologna process involves increasing the independent work of students, distance learning by teachers. To do this, it is necessary to improve existing computer systems to improve the quality and effectiveness of the distance learning system. The proposed operating systems should have not only technical requirements and reliability, but also an affordable price to reduce the cost of computerization of educational institutions.

In order to analyze the characteristics of operating systems and identify the most popular ones for personal computers and smartphones, a survey was conducted among students. 158 students took part in the survey and shared their thoughts. The results of the survey were displayed as charts, histograms, and analyzed.

Keywords: Chrome OS, ROSA Education Desktop, Mandriva, Windows 10.

Кіріспе

Білімге ақпараттық технологияларды енгізу (білім беруді ақпараттандыру) мәселелерін талқылау кезінде «ақпараттық технологиялар» термині жиі қолданылады. Жазу немесе химиялық фотография технологиясы Ақпараттық технологиялар болғанымен, соңғы жарты ғасырда "ақпараттық технологиялар" термині ең алдымен цифрлық технологияларға қатысты қолданылады. XX ғасырдың 90-шы жылдарынан бастап әдебиетте "ақпараттық және коммуникациялық технологиялар" (АКТ; Information and Communication Technology-ICT) термині кеңінен қолданылады. Ол телекоммуникация мен телекоммуникациялық Бизнесінің экономика мен адам өміріндегі маңыздылығын көрсетеді. "АКТ" термині ресми сөйлеуде кеңінен қолданылады. Қазақстанда ол ЖОО-ның міндетті пәндерінің бірінің атауына кіреді. Сонымен қатар, қоғамдық-саяси контексте "сандық технологиялар" термині ең танымал болып келеді [1]. Қазіргі уақытта ол білім беруді цифрлық трансформациялау бағдарламаларына байланысты ерекше орын алып, көңіл бөлінуде. Жарты ғасыр бұрын компьютерлер оқу процесінің тиімділігін арттыру құралы ретінде жоғары бағаланды. «Оқытуды компьютерлендіру» энтузиастары пайда болған цифрлық технологиялар мұғалімдердің жұмысын жеңілдетіп, жаппай білім беру сапасын арттырып, қажетті шығындарды азайта алатынына сенімді болды. Өткен ғасырдың 70-ші жылдары белгілі PLATO автоматтандырылған оқыту жүйесі оқушылар мен педагогтарға Математика, Физика, Химия және басқа пәндер бойынша сапалы оқыту бағдарламаларына қашықтан қол жеткізуді ұсынды [2]. Алайда, миллиондаған инвестицияларға қарамастан, бұл Даму, басқа зерттеулер сияқты, таралмады және білім беру жүйесінің жұмысына нақты әсер етпеді. Өткен жарты ғасырда цифрлық технологиялар сапалы түрде өзгерді. Енді смартфонның әр иесіне сол кездегі ғалымдар армандай алмайтын есептеу ресурстары қол жетімді. Сандық технологиялар зертханалардан шығып, бұқаралық мектепке қол жетімді күнделікті құралға айналды және олардың білім беру процесін жетілдіруге әлеуеті айтарлықтай өсті.

Алайда, жаңа техникалық мүмкіндіктер, олардың тартымдылығына қарамастан, оқушылардың білім алу жетістіктеріне аз әсер етеді. PISA халықаралық зерттеуінің мәліметтері бойынша мектептерді компьютерлермен жабдықтау деңгейі оқу жұмысының нәтижелілігімен нашар байланысты [3]. Компьютерлерді шектеулі пайдалану білім беру нәтижелерін жақсартады, бірақ мұғалімнің жұмысына сандық технологияларды қарқынды енгізуге тырысу оқушылардың білім деңгейінің төмендеуіне әкелуі мүмкін. "Сандық технологияларды қолдану оқушылардың үлгерімін тек белгілі бір контексте арттырады". Бұл тұжырым педагогикалық инноватиканың халықаралық зерттеуінің (ITL) қорытындыларына сәйкес келеді. Ол бірнеше елдерде өткізілді және цифрлық технологиялар оқу жұмысының жаңа жоғары тиімді әдістерін қолдау үшін дәл осы жақсы құрал болып табылатынын көрсетті [4]. XXI ғасырдың құзыреттілігін қалыптастыру үшін білім алушыларда табысты болу үшін олар өз оқу жұмыстарын орындау және оның нәтижелерін көрсету үшін – эссе жазу, шығармашылық қолөнер, презентациялар дайындау, веб-сайттарды, технологиялық құрылғыларды әзірлеу және т.б. үшін цифрлық технологияларды пайдалануы тиіс. Яғни, педагогтар SAMR (the Substitution Augmentation modification Redefinition) моделінің жоғарғы деңгейлерінде цифрлық технологияларды пайдалануы тиіс [5].

Іс жүзінде цифрлық технологиялар кеңінен қолданылатын оқу жұмысының жоғары тиімді модельдері өте шектеулі. Қазіргі білім беру процесін ұйымдастыруды қолдайтын қолданыстағы нормалардың қатаңдығына байланысты оларды оқу орнының күнделікті жұмысына енгізу қиын. "Оқушылар — ақпараттық білім беру ортасы – оқытушылар" жүйесінде цифрлық ресурстарды, құралдарды, Сервистерді және өзара іс-қимылдың тармақталған жүйесінің білім беру әлеуетін пайдаланатын оқу жұмысының инновациялық модельдері талап етілмеген күйінде қалып отыр. Жағдайды түзету үшін қашықтықтан білім беру технологияларын, оқу жұмысының цифрлық құралдарын және білім беру интернет-сервистерін дамыту арқылы мүмкін болатын оқытудың қолданыстағы моделін кеңейту талап етіледі. Қазіргі кезде оқу үрдісінің мақсаты бірыңғай білім беру жүйесін құру, студенттер мен оқытушылардың ұтқырлығын арттыру, кредиттік-модульдік жүйені енгізу болып табылады. Болон процесіне сәйкес болу үшін студенттердің өзіндік жұмысына бөлінген сағат санын көбейту қажеттілігі туындайды. Студенттердің өзіндік сапалы жұмысы үшін

Қашықтықтан оқытудың тиімділігін арттыру қажет. Қашықтан оқытудың тиімділігі Бағдарламалық жасақтамаға байланысты. Бұл мақалада келесідей білім алушылардың дәстүрлі білім беру кезеңімен салыстырғандағы онлайн білім беру кезіндегі білім алушылардың үлгерімі салыстырылатын тәжірибелер жүргізіліп қана қоймай, сонымен қатар жылдам арада онлайн білім беруге өту кезіндегі проблемалар сипатталады. Зерттеу жұмысында дәстүрлі білім беру кезіндегі операциялық жүйелерді оқыту және синхронды онлайн білім беру кезіндегі операциялық жүйелерді оқытудағы алдын-ала салыстырулар келтірілген. Курстық емтихандардағы студенттердің нәтижелері дәстүрлі күндізгі оқу формасымен салыстырғанда синхронды онлайн курсын қолдана отырып, Информатика техникалық курсын оқытуда айтарлықтай айырмашылық бар-жоғын анықтау үшін тексеріледі.

Қазіргі уақытта Windows операциялық жүйесі барлық оқу орындарында қолданылады, ол ресурстарды ұтымды пайдаланбайды және оқытудың осы түріне қажетті барлық мүмкіндіктерге ие емес. Аталған мәселені шешу мақсатында - оқу орындарында жұмыс істеу үшін ОЖ қолайлысын таңдау. Бұл мақалада студенттердің жоғары тиімділігін қамтамасыз ету үшін қолдануға болатын операциялық жүйелер қарастырылды. Windows операциялық жүйесіне балама болатын келесі жүйелерге таулау жасалды: Chrome OS, ROSA Education Desktop, Mandriva.

Негізгі бөлім

Бүгінгі таңда, кез келген оқу орны үшін операциялық жүйені таңдау барысында келесі параметрлерді ескеріледі: техникалық талаптар; арнайы бағдарламалардың болуы; пайдаланудың қарапайымдылығы; сенімділік; тарату шарттары.

1. Жоғарыда аталған операциялық жүйелердің техникалық талаптары бойынша салыстырмалы сипаттама 1-кестеде көрсетілген.

2. Арнайы бағдарламалардың болуы өте маңызды параметр болып табылады, өйткені олардың арқасында барлық тапсырмаларды орындалынады және оқу процесін ұйымдастыру едәуір жеңілдетіледі [6].

Кесте 1. Операциялық жүйелердің техникалық талаптары бойынша салыстырмалы сипаттамалары

	<i>Chrome OS</i>	<i>ROSA Education Desktop</i>	<i>Mandriva Linux</i>	<i>Windows 10</i>
<i>Жедел жад</i>	<i>256 Мб</i>	<i>512 Мб</i>	<i>256 Мб</i>	<i>1Гб</i>
<i>Қатты диск</i>	<i>1 Гб</i>	<i>4 Гб</i>	<i>700 Мб</i>	<i>16 Гб</i>

Chrome операциялық жүйесінің басқалардан басты айырмашылығы – ол браузерге негізделген, яғни компьютерге арнайы бағдарламаларды орнатудың қажеті жоқ. Бұл жүйенің артықшылығы – оны пайдалану оңай, қуаты аз компьютерлерде жұмыс істейді, сенімді, өйткені операциялық бөлік немесе техникалық бөлік істен шыққан кезде барлық жоғалған деректерді қалпына келтіруге мүмкіндік береді. Chrome операциялық жүйесінің кемшіліктері – ол операциялық жүйеде қолданылатын қолданбалы бағдарламалық жасақтама веб-технологиямен шектелген, алайда өндіруші Google екенін ескере отырып, қосымшалардың саны үнемі өсіп отырады және дистрибуцияның тұрақты жаңартуларына сенуге болады.

Rosa Education Desktop операциялық жүйесінде құжаттармен, электрондық кестелермен, интернет-сайттармен жұмыс істеуге арналған көптеген бағдарламалар бар. Оған сонымен қатар сыныпта оқу процесін ұйымдастыруға арналған арнайы iTaCl бағдарламасы кіреді. Осы бағдарламаның көмегімен тапсырмаларды тағайындау және оның орындалуын қадағалау жүргізіледі. Артықшылықтардың бірі – компьютерлердегі параметрлердің өзгеруін блоктау функциясы бар, бұл жүйенің қауіпсіз жұмысын және техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығын қамтамасыз етеді.

Mandriva операциялық жүйесі үшін білім беру мекемелеріне арналған арнайы бағдарлама – Mandriva class әзірленді. Бұл бағдарлама сыныпта виртуалды жұмыс ортасын құруға арналған және бірқатар артықшылықтарға ие: студенттік экрандарды құлыптау/құлыптан босату, файл алмасу, желі арқылы білім беру мазмұнын бөлісуді ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, Mandriva-ның артықшылықтарының бірі – сенімділік және жоғары өнімділік [7]. Екі операциялық жүйеде, яғни ROSA және Mandriva-да OpenOffice, Wine (Unix тәрізді жүйелерде Windows қосымшаларын

іске қосуға мүмкіндік беретін бағдарламалық жасақтама), Gimp (Adobe Photoshop аналогы), Octave (MATLAB аналогы)

3. Қарастырылған операциялық жүйелер жаңадан бастаушылар үшін де қолдануға және түсінуге оңай. Mandriva және ROSA жұмыс үстелінің графикалық ортасының бірдей базасында жұмыс істейді – KDE(кейбір дистрибуцияларда GNOME жұмыс ортасы қолданылады). Бұл графикалық орта базасын пайдалану қиын емес және күнделікті жұмыс үшін стандартты бағдарламалар жиынтығына ие. Chrome ОЖ – де жұмыс істеу басқа операциялық жүйелердегі жұмыстан ерекшеленеді, өйткені онда сілтемелер мен қалталары бар барлығына таныс жұмыс үстелі жоқ. Chrome ОЖ-дегі барлық жұмыс браузерде шоғырланған және оны пайдалану өте қарапайым және ыңғайлы: жиі қолданылатын барлық қойындылар мен веб-қосымшалар бастапқы бетте көрсетіледі.

4. Ұсынылған операциялық жүйелер сенімді, өйткені олар Linux негізінде жұмыс істейді. Linux негізінде жұмыс істейтін ОЖ Windows – тан ерекшеленеді, себебі олар зиянды бағдарламалық қамтамасыз ету тарапынан осалдыққа аз ұшырайды. Бұл сондай-ақ Linux негізіндегі ОЖ-де қарапайым пайдаланушылар мен әкімшілерде тарату бар екендігімен қамтамасыз етіледі. Бұл бөлу қарапайым пайдаланушының жүйелік файлдарға қол жеткізе алмайтындығына және ОЖ-ны қайта құра алмайтындығына әкелді [8]. Linux сонымен қатар көптеген файлдық жүйелерді қолдайды: ReiserFS, JFS, XFS, ext2 және ext3, NTFS (тек оқу үшін), ал Windows 10 тек NTFS және FAT файлдық жүйелерінде жұмыс істейді. 2-нші кестеде Linux операциялық жүйесі негізінде жұмыс істейтін файлдық жүйелердің салыстырмалы түрі көрсетілген.

Кесте 2. Файлдық жүйелердің салыстырмалы түрі

Файлдық жүйенің атауы	Файлдар атауының максималды ұзындығы	Файл атауында кездесетін символдар	Файл жолының максималды ұзындығы	Файлдың максималды өлшемі	Томның максималды өлшемі
Ext2	255 байт	NUL,/ символдарынан басқа кез-келген символ	Белгіленген шектеулер жоқ	16 Гиб - 2 Тиб	2 Тиб - 32 Тиб
Ext3	255 байт	NUL,/ символдарынан басқа кез-келген символ	Белгіленген шектеулер жоқ	16 Гиб - 2 Тиб	2 Тиб - 32 Тиб
Ext4	255 байт	NUL,/ символдарынан басқа кез-келген символ	Белгіленген шектеулер жоқ	16 Гиб - 16 Тиб	1 Эиб
Reiser FS	4032 байт/ 255 символ	NUL,/ символдарынан басқа кез-келген символ	Белгіленген шектеулер жоқ	8 Тиб	16 Тиб
JFS	255 байт	NUL,/ символдарынан басқа кез-келген символ	Белгіленген шектеулер жоқ	8 Эиб	512 Тиб - 4 Пиб
XFS	255 байт	NUL,/ символдарынан басқа кез-келген символ	Белгіленген шектеулер жоқ	9 Эиб	9 Эиб
FAT32	255 байт	NUL,/ символдарынан басқа кез-келген символ 999999	Белгіленген шектеулер жоқ	4 Гиб	512 Миб - 8 Тиб
NTFS	255 символ	NUL,"/\ * ? < > : символдарынан басқа Юникодтың кез-келген символы	Юникодтың 32 767 символы; 255 символға дейінгі каталог немесе файлы атауы	16 Эиб	16 Эиб

5. Windows 10 лицензиялық көшірмесін сатып алу арқылы ақылы түрде таратылады, FPP - Full Packaged Product немесе OEM Original Equipment Manufacturer лицензиясы бойынша. Тарату шарттарына сәйкес бір көшірме бір компьютер үшін қолданылады.

Chrome OS, ROSA Education Desktop, Mandriva GNU General Public License лицензиясы бойынша тегін таратылады. Операциялық жүйеге өзгерістер енгізуге және оны еркін таратуға болады. Бұл оқу аудиторияларында жұмыс істеу үшін үлкен артықшылық, өйткені әр компьютер үшін жеке операциялық жүйе сатып алу қажет емес [9]. Кез - келген заманауи компьютер тек операциялық жүйенің арқасында толық жұмыс істей алады. Бүгінгі таңда нарықта көптеген операциялық жүйе бар: Windows, Linux, Mac OS және Android OS.

Келесі кестеде осы кең таралған операциялық жүйелердің артықшылықтары мен кемшіліктері беріледі (3-кесте):

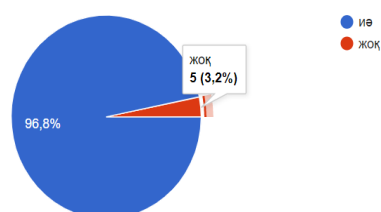
Кесте 3. Операциялық жүйелердің салыстырмалы сипаттамалары

Операциялық жүйелер	Артықшылығы	Кемшілігі
Windows	<p>Құрылғылардың ыңғайлылығы және қолдауы. Бірыңғай пайдаланушы интерфейсі. Масштабталатын қаріптерді қолдау. Мультимедялық қолдау Деректер алмасу құралдары. Көпесептілік DOS бағдарламаларымен үйлесімділік. Бағдарламалардың сыртқы құрылғылардан тәуелсіздігі. Пайдаланушы интерфейсін құруға арналған құралдар. Барлық жедел жадтың болуы. Бұл оның негізінде үлкен бағдарламалар құруды жеңілдетеді. Кітапханаларды динамикалық қосу. Деректер алмасу құралдары.</p>	<p>- жоғары мамандандырылған жұмыс үшін қорғалу деңгейінің жеткіліксіздігі жұмыстағы іркілістер функционалдылық пен мәзірді жаңарту мәселелеріндегі шешімдер әрдайым сәтті бола бермейді. Алдын ала орнатылған бағдарламалардың аз болуы Вирустар тым көп, соған қарамастан стандартты қорғаныс әлсіз. төмен сенімділік</p>
Linux	<p>Тегін, Оңай, әрі түсінікті орнатылуы Арнайы программистер үшін құрастырылған Жұмыс барысында қателіктер мен тоқтаулардың барынша аз болуы Әлдеқайда аз жүйелік ресурстарды қажет етеді Көптеген құрылғылар үшін драйверлердің болуы: модемдер, USB құрылғылары, перифериялық құрылғылар. Бағдарламаларды ыңғайлы орнату Ойластырылған файлдық жүйе Көптеген архитектураларды қолдайды</p>	<p>Игеру. Жаңадан бастаушыға оған мүлдем басқа және белгісіз жүйені игеру өте қиын болады. Консоль Принтерді пайдаланар кезінде күрделі баптау Қол жеткізу құқығы Бұл ОЖ-да ойындар ойнау қиындау болады</p>
Mac OS	<p>Реттелген қосымшалар менеджменті Қарапайым пайдаланушы интерфейсі Ең жақсы оңтайландыру және өнімділік Бұл операциялық жүйенің кең таралуына байланысты вирустардың аз болуына байланысты жоғары қауіпсіздік Пайдалы кіріктірілген бағдарламалар Негізгі форматтардың (DOC, RTF, PDF, JPEG, MP3, HTML және т.б.) басқа компьютерлермен үйлесімділігі. Тығыз интеграцияланған компоненттері бар экожүйе Графикалық қабық, бір жағынан, әдемі, екінші жағынан, арнайы эффектілермен "шамадан тыс жүктелмеген".</p>	<p>Жоғары құны. Apple компьютерлері ұқсас конфигурациядағы MS-мен шамамен 2 есе қымбат. Жабдықты жаңартудағы қиындықтар Шектеулі ойын-сауық әлеуеті Қол жетімді бағдарламалық жасақтаманың шектеулі саны Windows-пен салыстырғанда бағдарламаларды таңдау аз. Аз ойындар және салыстырмалы түрде әлсіз графикалық карталар</p>
Android OS	<p>Android-бұл толықтай ашық ОС, ол дамуды еркін басқаруға мүмкіндік береді. Google онлайн қызметтерімен интеграция Ұялы байланыс операторын шексіз таңдау Flash қолдау мүмкіндігі Дербес деректерді Интернет желісінде сақтау мүмкіндігі Әртүрлі баға санаттарындағы құрылғы модельдерінің кең таңдауы Қолданыс оңтайлылығы Негізгі мәселелерді шешуге арналған стандартты қосымшалардың жақсы жиынтығы бар Үшінші тарап қосымшаларын орнату мүмкіндігі</p>	<p>көптеген құрылғылардың арқасында басқаруындағы үйенің күшті фрагментациясы Жаңа нұсқаларға баяу жаңарту-белгілі бір құрылғыларға арналған микробағдарламаны өндірушілер дайындайды, кейде бұл процесс өте ұзаққа созылып кетуі мүмкін Интерфейс жұмысында тежеулер Зиянды қосымшалардың болуы</p>

Компьютерлерге арналған операциялық жүйелердің ерекшеліктері мен қызметтері жоғарыдағы кестемен шектелмейді. Әрбір операциялық жүйенің өзіндік түрленген интерфейсі бар. Пайдаланушылар құрылғының жұмысын олардың қажеттіліктеріне бейімдеуге мүмкіндік беретін қосымша бағдарламалық жасақтаманы орната алады [10]. Операциялық жүйелердің сипаттамаларына талдау жасау және дербес компьютер мен смартфондарға ең танымалысын анықтау мақсатында студенттер арасында сауалнама жүргізілді. Сауалнамаға 158 студент қатысып, өз ойларымен бөлісті (Сурет 1). Сауалнамаға қатысқан Ақпараттық технологиялар факультетінің студенттері болғандықтан 96,8% -ы компьютерді жиі қолданады. Қалған 3,2%-ы компьютерді сирек қолданатын, сабақ үлгерімі нашар студенттер қатары. (Сурет 1).

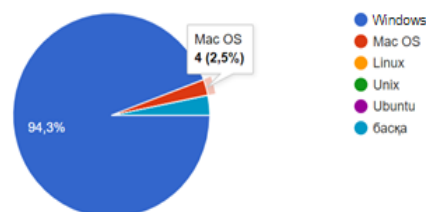
Барлық аппараттық және бағдарламалық процестер операциялық жүйе (ОЖ) деп аталатын бағдарламалық жасақтама бірліктерінің жиынтығы арқылы басқарылатындықтан, респонденттерден компьютердегі орнатылған операциялық жүйе анықталды. Сауалнамаға жауап берген студенттердің 94,3%-да Windows ОЖ, 2,5%-да MacOS және 3,2%-да басқа ОЖ орнатқан (Сурет 2). Осы жауаптарға қарап Windows ОЖ кең қолданыста екенін көруге болады.

Компьютерді жиі қолданасыз ба?
158 ответов



Сурет 1. Студенттердің компьютерді қолдану пайызы

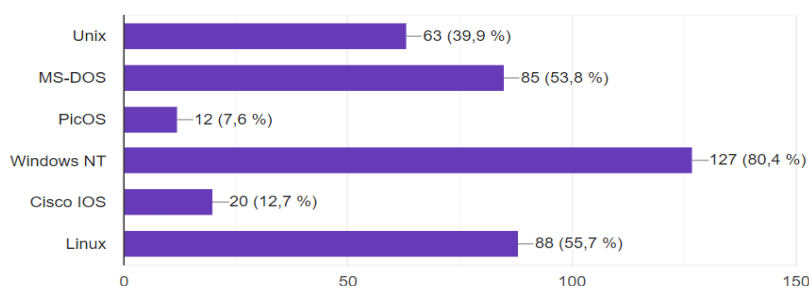
Сіз жұмыс істейтін компьютердегі ОЖ түрі?
158 ответов



Сурет 2. Компьютердегі ОЖ түрі

Желілік операциялық жүйе қолданбалы платформаның функцияларын орындайды, желілік қызметтердің әртүрлі түрлерін ұсынады және абоненттік жүйелерде орындалатын қолданбалы процестердің жұмысын қолдайды. Қазіргі таңда компьютерлік желі барлық салада пайдаланылатындықтан, желілік операциялық жүйелерді пайдалану өте өзекті болғандықтан, желілік операциялар туралы сұралды. Сауалнамаға қатысқан студенттер жауабы келесі гистограммада берілген (Сурет 3).

Қандай желілік операциялық жүйелерді білесіз?(бірнеше таңдауыңыз бар)
158 ответов

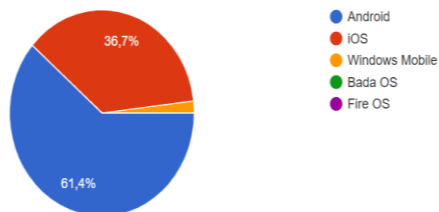


Сурет 3. Желілік операциялық жүйелер түрі

Көпфункционалды және жоғары технологиялық смартфондар азамат қолданатын ең қажет құрал болып отырғандықтан, сауалнамаға қатысушылардан ұялы телефондағы ОЖ түрі сұралды (Сурет 4). Сауалнамаға қатысқан студенттердің ұялы телефондарында 61,4% - Android, 36,7% - iOS, 1,9% - Windows Mobile орнатылған. Бүгінгі таңда Android сияқты телефондағы ОС өте кең таралған. Қазіргі заманғы "ақылды" мобильді құрылғылардың көпшілігі оның басқаруымен жұмыс істейді [11, 12].

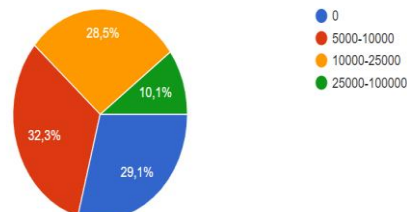
Операциялық жүйелер нарығының сипаттамасын, динамикасын және тарихын ескере отырып, Microsoft осы нарықтағы монополист деп айтуға болады. Компанияның монополиялық күші нарықта айтарлықтай нақты салмаққа ие болуымен, тауар айналымының жалпы жағдайларына әсер етуге мүмкіндік беретін нарықтық биліктің болуымен анықталады. Microsoft корпорациясының кең патенттік базасы бар, ол басқа өндірушілер үшін нарыққа кіруді қиындатады. Microsoft корпорациясының көмегімен компьютерлік индустрияның қалған бөлігі үшін стандарттар жасалды. Сауалнамада ОЖ лицензиялық түрін сатып алу туралы да сұраққа жауап алынды. Студенттердің жауабы келесі диаграммада көрсетілген (Сурет 5).

Ұялы телефоныңыздағы ОЖ түрі?
158 ответов



Сурет 4. Ұялы телефондағы ОЖ

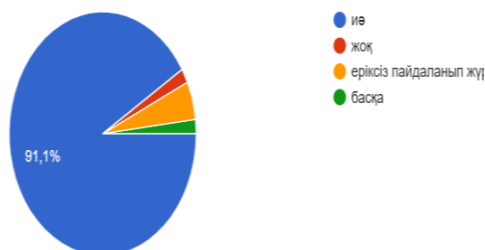
ОЖ-нің лицензиялық түрін сатып алуға неше тг жұмсауға дайынсыз?
158 ответов



Сурет 5. ОЖ лицензиялық түрін сатып алу туралы

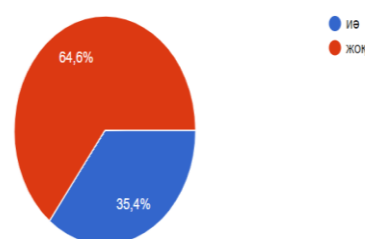
Операциялық жүйелер (ОЖ) компьютер қолданушысы айналысатын барлық жүйелік бағдарламалар қатарында ерекше орын алады. ОЖ бағдарламаларды іске қосады, компьютерді басқарады, бағдарламалар мен пайдаланушының сұранысы бойынша барлық қызмет функцияларын орындайды, деректерді қорғауды қамтамасыз ететіндіктен, сауалнама ішінде ОЖ жұмысына қанағаттанатыны туралы сұраққа жауап алынды, нәтижесінде студенттердің көпшілігі 91,1% оң жауап берді (Сурет 6). Операциялық жүйелен күннен-күнге дамып, жаға нұсқалары шығып жатқандықтан, үйреніп қалған ОЖ ауыстыруға тура келеді. Осыған байланысты ОЖ ауыстыру туралы сұраққа студенттердің 35,4% ОЖ ауыстырға дайын екен, ал 64,6% ОЖ ауыстырмайтынын көрсетті (Сурет 7).

Өзіңіз пайдаланып жүрген ОЖ жұмысына қанағаттанасыз ба?
158 ответов



Сурет 6. ОЖ жұмысына қанағаттану туралы

Қазір пайдаланып жүрген ОЖ-іңізді ауыстыруға дайынсыз ба? (басқа ОЖ түріне)
158 ответов



Сурет 7. ОЖ ауыстыру туралы

Қазіргі заманғы бағдарламалық жасақтама өте күрделі, сондықтан операциялық жүйеде және оның көптеген қосымшаларында анықтамалық жүйелер бар. Сауалнамада ОЖ мүмкіндіктерін толық пайдалану үшін қосымша қандай дереккөздерді пайдаланатыны туралы сұрақ болды, бұл сұраққа көпшілік, яғни студенттердің 72,8% кітаптардан немесе интернеттен қарайтынын көреміз (Сурет 8).

Жеке деректердің қауіпсіздігі мәселесі әрдайым өзекті, ал цифрлық дәуірдің басталуымен әр түрлі деңгейдегі әр түрлі осалдықтар және жалпы киберқылмыс қосымша проблема болып табылады. Қорғалған операциялық жүйе өз құрылымында жұмыс істейтін құралдар мен деректерді қорғау механизмдеріне ие, ал ОЖ қауіпсіздігі операциялық жүйенің жұмысына қасақана немесе кездейсоқ зақым келтіруге жол берілмейтін жағдай болып табылады.

ОЖ қорғау міндетінің бірін антивирустық бағдарламалар атқартындықтан, сауалнамада антивирустық бағдарламаларды пайдалану туралы сұрақ қарастырылды, жауап берген студенттердің 80,4% «иә» деп жауап берген (Сурет 9).

ОЖ-іңізді толық пайдалану үшін қандай да бір көмек түрлерін пайдаланасыз ба?

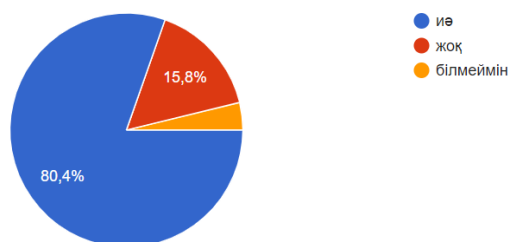
158 ответов



Сурет 8. ОЖ мүмкіндіктерін пайдалану

Компьютеріңізде антивирус бағдарламаларын пайдаланасыз ба?

158 ответов

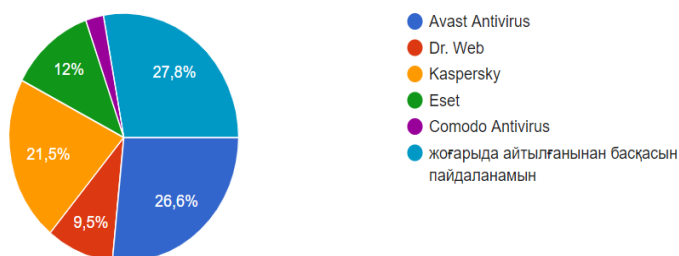


Сурет 9. Антивирустық бағдарламаларды пайдалану

Бүгінгі таңда сенімді антивирусты таңдау кез-келген қолданушы үшін бірінші кезектегі мәселе болып табылады, өйткені компьютерді деректердің қауіпсіздігі мен тұрақты жұмысына бағытталған толыққанды кешенді шешімнен гөрі жақсы қорғауға болады. Сауалнамада студенттердің қандай антивирус қолданылатыны туралы сұраққа жауапты келесі диаграммадан көруге болады (Сурет 10).

Антивирус бағдарламасының қай түрін пайдаланасыз?

158 ответов



Сурет 10. Антивирустық бағдарламасының түрі

Операциялық жүйе-бұл компьютердің, ноутбуктың немесе кез-келген басқа гаджеттің ресурстарын басқаратын бағдарламалар жиынтығы. Статистиканы ескере отырып, операциялық жүйені пайдалану бойынша мобильді сектордың көшбасшысы Android болып табылады, ал Windows жұмыс үстелінің басым платформасы ретінде танылады.

Қорытынды

Бұл мақалада операциялық жүйелердің бірқатар артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылды. Атап айтқанда, келесі операциялық жүйелерге салыстырмалы талдау жасалды: Chrome OS, ROSA Education Desktop, Mandriva және Windows 10.

Осыған орай, талдау жасай отырып, келесі тұжырымдарға тоқталдық:

- Windows 10 өте кең таралған ОЖ және қазіргі таңда да тұтынушылар арасында сұранысқа ие, өйткені оны пайдалану ыңғайлы, мүмкіндіктері қолданыста қарапайым. Айтарлықтай кемшіліктер қатарына берілген операциялық жүйенің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін арнайы қорғаныс бағдарламалық қамтамаларды сатып алу қажеттілігі.

- Chrome ОЖ ыңғайлы, қарапайым және сенімді ОЖ. Бірақ осы артықшылықтармен қатар, оның оқу орындарында жұмыс істеудің бір кемшілігі бар-Chrome OS тек Интернетте жұмыс істеуге арналған. Көптеген оқу орындарында Интернетке қол жеткізу мәселесі шешілген жоқ, сондай-ақ интернет Қосымшаларының мүмкіндіктері студенттердің толыққанды жұмыс істеуі үшін барлық қажеттіліктерді қамтымауы.

- ROSA Education Desktop және Mandriva бір-біріне ұқсас, себебі олар оқу орындарында жұмыс істеу үшін арнайы әзірленген. Оларда сыныпта жұмыс істеуге арналған арнайы бағдарламалар жиынтығы бар, оларды пайдалану оңай және аз қуатты компьютерлерде қолданылады, бұл үлкен артықшылық, өйткені бұл техникалық жабдықтардың құнын төмендетуге мүмкіндік береді. ROSA Education Desktop осы аймақта қолдану үшін анағұрлым қолайлы, өйткені оның әзірлеушісі ТМД білім беру мекемелерінің талаптарын ескеретін ресейлік "Роса" компаниясы болып табылады және қазіргі уақытта Rosa дистрибуциясы ақпаратты рұқсатсыз қол жеткізуден қорғаудың 5-сыныбының және декларацияланбаған мүмкіндіктерден бақылаудың 4-деңгейінің талаптарына сәйкестігі үшін ФСТЭК сертификатын алуы.

Операциялық жүйелер әр компьютердің негізі болып табылады. Оның түрлері күннен күнге көбеюде, сонымен қатар олардың функциялары, нұсқалары да жаңарып отыруда. Қорытындылай келе қазіргі таңда ОЖ қолданушының сұранысына бағытталып құрастырылып жатқандығы байқалады, сол себепті Mandriva секілді ОЖ-лар қысқа мерзімде пайдаланушылар арасында кең таралуда.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Negroponte N. *Being Digital*. N.Y.: Vintage Books, 1995.
- 2 Dear B. *The Friendly Orange Glow: The Untold Story of the PLATO System and the Dawn of Cyberculture*. Kindle Edition, 2017.
- 3 OECD (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection*. PISA. P.: OECD Publishing, 2015 [Электронный ресурс].
- 4 Krutov V., Loginova O., Uvarov A. *Improving classroom practices with international ITL research in Russia: Hawaii International Conference on Education. Conference proceedings. Honolulu, HI, 2012* [Электронный ресурс].
- 5 Puentedura R. *Resources to Support the Substitution Augmentation Modification Redefinition (SAMR) Model*. 2006 [Электронный ресурс].
- 6 Reuven Lerner *Web Security* // "Linux Journal", №6, 2013. - С. 5-10.
- 7 Евгений Крестников *Первый взгляд на ROSA Desktop 2011 EE*// Портал "Компьютерры". URL:<http://old.computerra.ru/terralab/softerra/652039/>
- 8 Колесник Н., Ткачева Г., Назарова А., *Основы работы в операционной системе Windows. Практикум пользователя персонального компьютера*; Феникс - Москва, 2007. - 176 с.
- 9 Коньков К. А. *Устройство и функционирование ОС Windows. Практикум к курсу "Операционные системы"*; Бином. Лаборатория знаний - 2008. - 208 с.
- 10 Делев Владимир Алексеевич. *Основы Персонального Компьютера. Операционные Системы*; ConJelCo 2007. - 100 с.
- 11 Рукин М.Д., Спиридонов Э.С., Клыков М.С., Григорьев Н.П., Балалаева Т.И., Смуров А.В., *Практикум по операционным системам*; Либроком - 2010. - 328 с.
- 12 Строчков А. А., *Цифровизация образования: проблемы и перспективы*, Вестник Мининского университета. 2020. Том 8, №2, <https://doi.org/10.26795/2307-1281-2020-8-2-15>

References:

- 1 Negroponte N. *Being Digital*. N.Y.: Vintage Books, 1995.
- 2 Dear B. *The Friendly Orange Glow: The Untold Story of the PLATO System and the Dawn of Cyberculture*. Kindle Edition, 2017.
- 3 OECD (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection*. PISA. P.: OECD Publishing, 2015 [Elektronnyi resurs].
- 4 Krutov V., Loginova O., Uvarov A. *Improving classroom practices with international ITL research in Russia: Hawaii International Conference on Education. Conference proceedings. Honolulu, HI, 2012* [Elektronnyi resurs].
- 5 Puente R. *Resources to Support the Substitution Augmentation Modification Redefinition (SAMR) Model*. 2006 [Elektronnyi resurs].
- 6 Reuven Lerner *Web Security* // "Linux Journal", No. 6, 2013. - S. 5-10. (In Russian)
- 7 Evgenij Krestnikov (2011) *Pervyj vzgljad na ROSA Desktop [First look at ROSA Desktop]*. EE Portal "Komp'juterru". (In Russian) URL:[http:// old.computerra.ru/terralab/softerra/652039/](http://old.computerra.ru/terralab/softerra/652039/)
- 8 Kolesnik N., Tkacheva G., Nazarova A. (2007) *Osnovy raboty v operacionnoi sisteme Windows [Basics of work in the Windows operating system. Workshop for a personal computer user]*. Phenix Moskva, 176 (In Russian)
- 9 Konkov K. A. (2008) *Ustroistvo i funkcionirovanie OS Windows [Device and functioning of the Windows operating system]*. Praktikum po kursu "Operacionnye sistemy". Binom. Labaratoriya znanii. 208. (In Russian)
- 10 Delev Vladimir Alekseevich (2007) *Osnovy personalnogo Komputera. Operacionnyye sistemy [Personal Computer Basics. OS]*. ConJelCo . 100. (In Russian)
- 11 Rukin M.D., Spiridonov E.S., Klykov M.S., Grigoriev N.P., Balalaeva T.I., Smurov A.V. (2010) *Praktikum po operacionnym sistemam*. Librokom. 328. (In Russian)
- 12 Stokov A. (2020) *Cifrovizaciya obrazovaniya: problem i perspektivy [Digitalization of education: Problems and prospects]*. Vestnik Mitinskogo Univeraiteta. Tom 8, № 2 (In Russian) <https://doi.org/10.26795/2307-1281-2020-8-2-15>

МРНТИ 14.35.07
УДК 378.14

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.30>

В.В. Гриншкун¹, Л.А. Шунина^{1*}

¹Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования города Москвы
«Московский городской педагогический университет», г. Москва, Россия

*e-mail: shuninala@mgru.ru

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ИЗДАНИЯ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ КАК СРЕДСТВО ИНДИВИДУАЛИЗИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ ПЕДАГОГОВ

Аннотация

В статье приводится обоснование необходимости популяризации научных областей, в том числе информатизации образования, через средства массовой информации, представленных в сети Интернет. В качестве примера приведен опыт института цифрового образования ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет» в части издания и распространения тематического дайджеста «Цифровые технологии в образовании», посвященного различным направлениям информатизации образования. Отмечается значимость такой формы работы для развития системы подготовки учителей в педагогическом университете, построения индивидуальной образовательной траектории в соответствии со спецификой предметной области, а также подготовке будущих учителей к индивидуализации обучения школьников на основе использования информации популярного характера. Предложены возможные формы и каналы для распространения дайджеста, издаваемого в образовательном учреждении.

Ключевые слова: информатизация образования, обучение педагогов, популяризация науки, дайджест, индивидуальная образовательная траектория.

Аңдатпа

В.В. Гриншкун¹, Л.А. Шунина¹

¹Мәскеу қаласының мемлекеттік автономиялық жоғары білім беру мекемесі
«Мәскеу қаласы педагогикалық университеті», Мәскеу қ., Ресей

БІЛІМ БЕРУДІ АҚПАРАТТАНДЫРУ САЛАСЫНДАҒЫ ҒЫЛЫМИ-КӨПШІЛІК БАСЫЛЫМДАР ПЕДАГОГТАРДЫ ЖЕКЕ ОҚЫТУ ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ

Мақалада ғылыми салаларды, оның ішінде білім беруді ақпараттандыруды интернетте ұсынылған БАҚ арқылы танымал етудің қажеттілігі негізделген. Мысал ретінде Мәскеу қалалық педагогикалық университеті Цифрлық білім беру институтының ақпараттандырудың әртүрлі бағыттарына арналған «Білім берудегі цифрлық технологиялар» тақырыптық дайджестін басып шығару және тарату бойынша тәжірибесі келтірілген. Жұмыстың бұл формасының педагогикалық жоғары оқу орнында мұғалімдерді дайындау жүйесін дамытуда, пәндік саланың ерекшеліктеріне сәйкес жеке білім беру траекториясын құруда, сонымен қатар болашақ мұғалімдерді мектеп оқушыларын даралап оқыту үшін танымал ақпаратты пайдаланып дайындаудағы зор маңызы атап өтіледі. Оқу орнында жарияланған дайджестті таратудың ықтимал нұсқалары мен арналары ұсынылған.

Түйін сөздер: білім беруді ақпараттандыру, мұғалімдердің біліктілігін арттыру, ғылымды танымал ету, дайджест, жеке білім беру траекториясы.

Abstract

POPULAR SCIENTIFIC PUBLICATIONS IN THE FIELD OF INFORMATIZATION OF EDUCATION AS A MEANS OF INDIVIDUALIZED TRAINING OF TEACHERS

Grinshkun V.¹, Shunina L.¹

¹Moscow City University, Moscow, Russia

The article provides a justification for the need to popularize scientific fields, including the informatization of education, through the media presented on the Internet. As an example, the experience of the Institute of Digital Education of Moscow City University in terms of publishing and distributing the thematic digest “Digital Technologies in Education”, dedicated to various areas of informatization of education, is given. The importance of this form of work for the development of a teacher training system at a pedagogical university, for the construction of an individual educational trajectory in accordance with the specifics of the subject area, as well as for the preparation of future teachers for the individualization of schoolchildren's education based on the use of popular information is noted. Possible forms and channels for the distribution of the digest published in an educational institution are proposed.

Keywords: informatization of education, teacher training, popularization of science, digest, individual educational trajectory.

Введение

В реалиях современного общества, позиционируемого как «информационное», особым значением и ценностью обладают информация и знания, в том числе накопленные поколениями. Наука, являясь одной из фундаментальных сфер деятельности с особой функцией получения нового знания, и как социальный институт, организующий эту деятельность, всегда вовлечена во взаимодействие с окружающей социальной средой [1]. Современный человек, так или иначе, соприкасается с наукой каждый день, а факт развития общества на основе достижений науки и технического прогресса является непреложным. Распространение научных знаний является одной из важных направлений государственной политики многих стран [2, 3], в том числе России и Казахстана.

В данном ключе важным аспектом является не только формирование нового знания, но и информирование членов общества о достижениях науки в самых разных ее областях. При этом значимыми и полезными для общества являются не только новые знания, получаемые здесь и сейчас, но и ключевые научные достижения, полученные десятилетиями и даже веками тому назад. Популяризация науки сегодня становится связующим звеном между сложными академическими дисциплинами и простыми людьми, она позволяет сформировать в сознании обывателя адекватную, реалистическую картину мира, сообщить о важности и значимости науки в жизни людей. Ведущая роль в этом отводится ученым-популяризаторам, деятельность которых находит не только признание в профессиональном сообществе, но и отклик широкой общественности. Стоит лишь вспомнить имена просветителей науки по всему миру: М.В. Ломоносов, П.И. Шувалов, К.А. Тимирязев, Я.И. Перельман, А.Е. Ферсман, А. Кобесов и многие другие.

Популяризация науки – социальный феномен, который в настоящее время существенно трансформируется и актуализируется в контексте «информационного общества» как «общества знания» и доступности информации, в котором огромный потенциал науки становится доступным широким аудиториям в интерактивном режиме, преимущественно посредством трансляции в сети Интернет.

Методология исследования

Ученые-популяризаторы науки имеют огромные возможности для связи с аудиторией благодаря развитию медиасферы. Создать свой личный блог или сайт сегодня может любой желающий [4]. Все чаще ученые-популяризаторы принимают участие в создании просветительского контента на различных социальных площадках, дают комментарии на радио и в подкастах, публикуют научно-популярные очерки на образовательных порталах. Активное вовлечение ученых и профессорско-преподавательского состава университетов в такую деятельность позволяет наладить связь между институтом науки и общественной жизнью. Выбор таких социальных площадок не случаен. По данным всероссийского опроса, проведенного в апреле 2021 года по заказу ФГБУ «Российская Академия наук» (число респондентов 1600, погрешность не превышает 3,6%) [5], более половины опрошенных получают информацию о науке и ее достижениях из открытых источников, размещенных в сети Интернет. Среди них названы каналы средств массовой информации, дублирующих и полностью размещающих свой контент в Сети, социальные сети, авторские блоги и видеоканалы, официальные сайты научных изданий. Детальное процентное соотношение приведено на рисунке 1. Сумма ответов не равна 100%, так как респондентам предлагался множественный выбор ответов. При этом со стороны массовой аудитории наблюдается потребность не просто в публикациях научной тематики, но структурированной информации, доступной для понимания и повышения уровня образованности. В этой связи все большую популярность набирает такой вид издания, как дайджест.

Главная задача дайджеста – сэкономить время читателя и дать общее представление, не вдаваясь в детали, при этом позволяя понять, стоит ли переходить к чтению полнотекстового источника-оригинала. В современном медиа пространстве все большее количество изданий публикует на своих интернет-ресурсах или рассылает подписчикам различного рода и содержания дайджесты.

В рамках поддержания процесса обучения представляется целесообразным формирование подборок дайджестов, охватывающих область практических и научных интересов студента в соответствии с его специализацией.

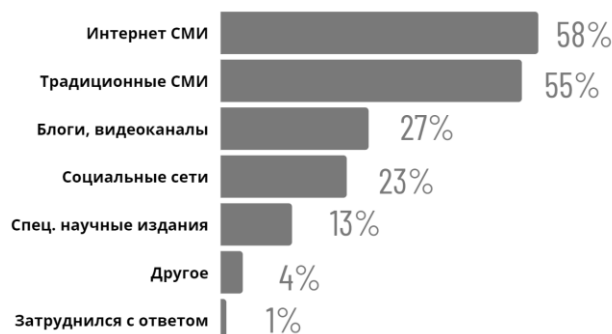


Рисунок 1. Источники информации о науке и ее достижениях (по данным результатов исследования ФГБУ «Российская академия наук», апрель 2021)

Однако существуют тематики, являющиеся актуальными для любого человека, стремящегося к получению новых знаний и реализующего для себя парадигму «обучения на протяжении всей жизни». Одной из них являются вопросы информатизации образования. К сожалению, вопросам популяризации научных направлений информатизации образования на территории России и стран СНГ уделяется недостаточное внимание, хотя работа в этом направлении безусловно ведется.

Одним из примеров такой работы является дайджест «Цифровые технологии в образовании», издаваемый институтом цифрового образования Московского городского педагогического университета – рисунок 2. Проект реализуется с марта 2020 года.



Рисунок 2. Пример части содержания выпуска (Дайджест «Цифровые технологии в образовании». – №39. – 2022 год)

По мнению редакторов и составителей дайджеста, являющихся преимущественно сотрудниками департамента (ранее – кафедры) информатизации образования Московского городского педагогического университета, будущий или практикующий педагог должен быть осведомлен о существующих и развивающихся информационных ресурсах, достижениях в области цифровой дидактики и разрабатываемых подходах по применению информационных и телекоммуникационных технологий в образовании [6, 7]. «Приоритетным направлением в подготовке будущих педагогов должен стать переход от обучения техническим и технологическим аспектам работы с компьютерными средствами к обучению корректному, содержательному формированию, отбору и уместному использованию образовательных электронных изданий и ресурсов. Современный педагог должен не только обладать знаниями в области информационных и телекоммуникационных технологий, но и быть специалистом по применению новых технологий в своей профессиональной деятельности» [8].

Информационная поддержка, предлагаемая профессорско-преподавательскому коллективу, студентам и научному сообществу, посредством публикации дайджеста «Цифровые технологии в образовании», будет способствовать выстраиванию индивидуальной образовательной траектории в соответствии со спецификой предметной области, а также подготовке будущих учителей к индивидуализации обучения школьников на основе использования информации популярного характера [9, 10]. Стоит отметить тот факт, что индивидуальная образовательная траектория является частным следствием из принципов личностно-ориентированного обучения. Современные ученые определяют личностно-ориентированное обучение – как систему, в которой обучающийся становится не менее активным участником процесса образования, чем учитель. Они занимают активную позицию и принимают участие в управлении своим обучением: формируют цели, планируют выполнение заданий, участвуют в формулировании принципов оценки и так далее. Основная идея подхода состоит в переходе от монолога учителя к диалогу с обучающимся, от контроля – к самостоятельному развитию при поддержке учителя и от управления – к самоуправлению. Не маловажную роль в организации и поддержке этих процессов занимают цифровые образовательные ресурсы.

На сегодняшний день в свободном доступе в сети Интернет размещено огромное количество цифровых образовательных ресурсов, применяемых для организации и поддержания различных видов образовательной деятельности. Ряд отечественных авторов отмечает, что существенные изменения в вопросах разработки и модерирования электронного образовательного контента, в том числе Интернет-ресурсов «нового поколения», включая культурно-познавательные, сервисы связан с комплексными проектами, поддерживаемыми на федеральном уровне. Однако сильным заблуждением было бы полагать, что весь образовательный, просветительский и обучающий контент, загруженный в сеть Интернет, является качественным и отвечает требованиям, предъявляемым к подобного рода ресурсам, в особенности в контексте применения для обеспечения индивидуализации обучения. Широко известны требования, предъявляемые к цифровым образовательным ресурсам, на которые педагогическое сообщество опирается при осуществлении оценки качества образовательного контента. Рассматривая дайджест как цифровой образовательный ресурс, используемый при реализации индивидуальной образовательной траектории, к нему целесообразно применить следующие требования:

- не противоречить содержанию учебников, содержать научную и достоверную информацию;
- обеспечивать достаточную степень интерактивности и содержать мультимедийные элементы;
- в рамках предметной области, к которой он относится, поддерживать виды учебной деятельности, способствующие приобретению учеником навыка решения широкого спектра жизненных задач;
- обеспечивать возможность организации занятия с использованием групповой или индивидуальной форм;
- иметь интуитивно понятный интерфейс, отвечающий дизайн-эргономическим требованиям, согласно возрасту пользователей.

Цифровой образовательный ресурс, отвечающий перечисленным выше требованиям, или хотя бы некоторым из них, может являться эффективным инструментом для организации учебного процесса, направленного на достижение учащимися современных образовательных результатов, которые в свою очередь не могут быть достигнуты без навыка критического отношения к получаемой информации. Навык быстрого ориентирования в информационном поле является важным для формирования профессиональной культуры будущего педагога, личности, способной адаптироваться к стремительно меняющимся технологиям цифрового мира, способной совершенствовать свои компетенции в профессиональной сфере, тем самым, в полной мере отвечая социальному заказу общества на подготовку высококвалифицированных кадров [11, 12].

Целевой аудиторией дайджеста являются, в первую очередь, студенты и сотрудники Московского городского педагогического университета, а также учителя школ, преподаватели вузов и другие специалисты, сферой интересов которых является информатизация и цифровизация современного образования. Таким образом, на данный момент, общее приблизительное число читательской аудитории составляет более 20 тыс. человек [13]. Однако одной из стратегических задач является расширение читательской аудитории за счет трансляции имеющегося опыта и обмена мнениями в рамках региональных и международных научно-практических конференций.

Результаты

Как отмечалось выше – основным каналом распространения информации, и в том числе популяризации науки, для современного социума является сеть Интернет. Исходя из этого было принято решение не издавать твердую копию дайджеста, но охватить несколько вариантов его распространения – таблица 1.

Таблица 1. Каналы распространения дайджеста

Канал распространения	Условия доступа	Целевая аудитория
Публикация на официальном сайте Московского городского педагогического университета (https://www.mgpi.ru/obrazovanie/institutes/ide/document)	Свободный	Студенты, сотрудники, абитуриенты МГПУ. Другие заинтересованные лица
Размещение файла в личном кабинете сотрудника/студента	Ограниченный	Студенты, сотрудники МГПУ
Размещение файла на официальных страницах института цифрового образования в социальных сетях (https://vk.com/idemcu)	Свободный	Студенты, сотрудники, абитуриенты МГПУ. Другие заинтересованные лица
Персональная рассылка по базе электронных адресов	Личный	Заинтересованные лица, в том числе учителя школ, преподаватели вузов, представители администрации

Являясь «универсальной» областью, информатизация затрагивает различные направления образования. На основании обработки полученной обратной связи от читателей был сформирован перечень наиболее актуальных тем для освещения в дайджесте «Цифровые технологии в образовании», а также их периодичность. Среди наиболее востребованных тем выделены:

- достижения науки и техники (в части применения цифровых технологий в образовании, или имеющие к этому потенциал) – в каждом выпуске;
- обзор цифровых образовательных ресурсов и сервисов – в каждом выпуске;
- научные и научно-популярные мероприятия отрасли (международного, регионального и локального значения) – в каждом выпуске;
- обзор тематических научных и научно-популярных публикаций, рекомендация тематической литературы – не реже одного раза в месяц;
- нормативное регулирование вопросов информатизации образования – по факту, но не реже одного раза в квартал;
- исторический экскурс – не реже двух раз в квартал.

Гибкость контент-плана и достаточное количество материала позволяет формировать и поддерживать актуальное содержание от выпуска к выпуску. В том числе показал себя успешным опыт формирования специальных выпусков, полностью посвященных какой-то одной теме или мероприятию. Такие тематические выпуски позволяют дать читателю максимально полное представление о вопросе, заслуживающем, по мнению редакции, пристального внимания аудитории. Как отмечалось выше, к формированию базы новостей, из которых, в последствии, формируется содержание выпусков дайджеста «Цифровые технологии в образовании», привлекаются многие сотрудники из числа преподавателей университета.

Для оптимизации процесса по сбору поступающих предложений используются инструменты облачных технологий. В общем случае такие технологии обеспечивают выполнение таких функций, как распределенное хранение и обработка данных, дистанционный доступ к ресурсам с любых пользовательских устройств, включая мобильные устройства [14].

Заключение

Наука, образование и культура, как для всего общества, так и для отдельного человека, – это то, что определяет наш менталитет и, несомненно, является основой для консолидации толерантного общества [15].

Для того, чтобы активно принимать участие в популяризации науки, очень важно быть включенным в сообщество единомышленников, разделяющих мнение, что полноценное развитие и самореализация личности в условиях экономики знаний невозможны без получения информации о новейших достижениях науки в разных областях.

Информатизация образования, очевидно, является не только процессом, происходящим вне зависимости от человека. Информатизация образования представляет собой целенаправленную деятельность членов общества – педагогов, ученых, разработчиков, обучающихся, родителей, всех заинтересованных, – направленную на обеспечение всех форм и уровней образования своевременной, востребованной, достоверной и наглядной информацией. С учетом этого информатизацию образования в полной мере можно рассматривать как научную область и область деятельности человека. Обществом востребована информация популярного характера о путях развития и новейших достижениях этой актуальной области. Из описанного исследования видно, что популяризация информатизации образования, как минимум, будет способствовать повышению эффективности подготовки современных педагогов.

Применение разрабатываемых инструментов и, в частности, дайджеста влечет за собой индивидуальный подход к соответствующей подготовке учителей, что комплексно влияет не только на повышение профессионализма педагогических работников, но и опосредованно способствует увеличению числа факторов успешного применения информационных технологий в образовании.

Хотелось бы высказать надежду, что применение подобных подходов, основанных на популяризации науки и персонализации обучения, через существенное повышение эффективности и качества образования будет способствовать большей информатизации общества, очень значимой на современном этапе его комплексного технологического развития.

Статья подготовлена в рамках исследования, выполняемого при поддержке РФФИ по научному проекту № 19-29-14146 «Фундаментальные основы применения иерархических структур в работе с большими данными для построения индивидуальных образовательных траекторий с учетом личностных особенностей школьников».

Список использованной литературы:

- 1 Орлова, Т. Э. Популяризация науки – актуальная функция научной коммуникации / Т. Э. Орлова, И. Н. Терентьева // *Международный студенческий научный вестник*. – 2018. – № 4-7. – С. 1077-1080.
- 2 Панюкова, С. А. Научно-популярная журналистика и ее визуализация в Интернете: обзор исследований по теме / С. А. Панюкова // *Медиасреда*. – 2018. – № 13. – С. 139-143.
- 3 Суворова, С. П. Журналистика научная и научно-популярная: особенности предметной области, функций, задач / С. П. Суворова // *Вестник МГУ*. – Серия 10: Журналистика. – М., 2009. – № 6. – С. 14-23
- 4 Поляков, А. М. Деятельность ученого как популяризатора науки в современной медиасфере / А. М. Поляков // *Студенческая наука и XXI век*. – 2020. – Т. 17. – № 1-2(19). – С. 166-168.
- 5 Отношение общества к ученым и Российской академии наук: результаты всероссийского опроса [Электронный ресурс] / Российская академия наук. – 2021. – URL : <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=5d258b54-7eb4-420f-b9a0-b36dafb0a941> (дата обращения: 21.02.2022)
- 6 Баженова, С. А. Формирование целей и содержания обучения дисциплине "Информационные и телекоммуникационные технологии в работе учителя" / С. А. Баженова, Л. А. Шунина // *Вестник Московского городского педагогического университета*. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2014. – № 4(30). – С. 14-18
- 7 Гриншкун, В. В. Выявление технологий информатизации образования с учетом требований национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»: Учебно-методическое пособие / В. В. Гриншкун, О. Ю. Заславская, А. И. Азевич [и др.]. – Москва : Московский городской педагогический университет, 2021. – 128 с.
- 8 Гриншкун, В. В. Информатизация образования: новое направление подготовки педагогов, новая деятельность, новая кафедра / В. В. Гриншкун, В. С. Корнилов, О. Ю. Заславская [и др.] // *Вестник Московского городского педагогического университета*. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2010. – № 20. – С. 19-23.
- 9 Азевич, А. И. Обеспечение персональных траекторий развития обучающихся в условиях информатизации образования : учебно-методическое пособие / А. И. Азевич, В. В. Гриншкун, О. Ю. Заславская [и др.]. – Москва : Московский городской педагогический университет, 2021. – 112 с.

10 Шаверская, О. Н. Развитие познавательных интересов учащихся / О. Н. Шаверская // Практический журнал для учителя и администрации школы. – 2002. – № 10. – С. 60-64.

11 Шунина, Л. А. Условия формирования у будущих педагогов профессиональных компетенций по работе с цифровыми технологиями в рамках цифровой экономики / Л. А. Шунина // Актуальные проблемы теории и практики обучения математике, информатике и физике в современном образовательном пространстве : Сборник статей III Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, Курск, 10–11 декабря 2019 года / Отв. редактор В.Н. Фрундин. – Курск: Курский государственный университет, 2019. – С. 70-72.

12 Баженова, С. А. Подходы к совершенствованию подготовки педагогов, работающих по программам Международного бакалавриата в области информатизации образования / С. А. Баженова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. – 2020. – Т. 17. – № 2. – С. 123-133. – DOI 10.22363/2312-8631-2020-17-2-123-133.

13 Шунина, Л.А. Популяризация научных направлений информатизации образования как элемент подготовки будущего учителя / Л. А. Шунина // XIV Междунар. науч.-практич. конф. «Шамовские педагогические чтения», г. Москва, 22-25 января 2022 г.: сб. статей. В 2 ч. Ч. 1. – М.: Изд-во НИУОС, МАНПО, «5 за знания», 2022. – С. 720-724

14 Шунина, Л. А. Облачные ресурсы и сервисы как эффективные инструменты цифровой дидактики (на примере организации работы в педагогическом вузе) / Л. А. Шунина // Шамовские педагогические чтения научной школы Управления образовательными системами : Сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Москва, 23 января – 01 2021 года. – Москва: Международная академия наук педагогического образования, 5 за знания, 2021. – С. 411-413.

15 Grigorev S. G., Grinshkun V. V., Lvova O. V., Shunina L. A. Fostering tolerance during life-long learning via means of informatization // RUDN Journal of Informatization in Education. 2016. No 2. P. 7-15.

References:

1 Orlova, T. Je. (2018) Populjarizacija nauki – aktual'naja funkcija nauchnoj komunikacii [Popularization of science is an actual function of scientific communication]. T. Je. Orlova, I. N. Terent'eva, Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik. № 4-7. 1077-1080. (In Russian)

2 Panjukova, S. A. (2018) Nauchno-populjarnaja zhurnalistika i ee vizualizacija v Internete [Popular science journalism and its visualization on the Internet]: obzor issledovanij po teme. S.A. Panjukova, Mediasreda. № 13. 139-143. (In Russian)

3 Suvorova, S. P. (2009) Zhurnalistika nauchnaja i nauchno-populjarnaja: osobennosti predmetnoj oblasti, funkcij, zadach [Journalism scientific and popular science: features of the subject area, functions, tasks]. S. P. Suvorova, Vestnik MGU. Serija 10: Zhurnalistika. M., № 6. 14-23. (In Russian)

4 Poljakov, A. M. (2020) Dejatel'nost' uchenogo kak populjarizatora nauki v sovremennoj mediasfere [The activities of a scientist as a popularizer of science in the modern media sphere]. A.M. Poljakov. Stencheskaja nauka i XXI vek. T. 17. № 1-2(19). 166-168. (In Russian)

5 Otnoshenie obshhestva k uchenym i Rossijskoj akademii nauk: (2021) rezul'taty vsrossijskogo oprosa [Attitude of society towards scientists and the Russian Academy of Sciences: results of an all-Russian survey], [Elektronnyj resurs]. Rossijskaja akademija nauk. (In Russian) URL: <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=5d258b54-7eb4-420f-b9a0-b36dafb0a941> (data obrashhenija: 21.02.2022)

6 Bazhenova, S. A. (2014) Formirovanie celej i sodержanija 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 Moskovskogo gorodskogo pedagogicheskogo universiteta. Serija: Informatika i informatizacija obrazovanija. № 4(30). 14-18. (In Russian)

7 Grinshkun, V.V. (2021) Vyjavlenie tehnologij informatizacii obrazovanija s uchetom trebovanij nacional'noj programmy «Cifrovaja jekonomika Rossijskoj Federacii» [Identification of technologies for informatization of education, taking into account the requirements of the national program "Digital Economy of the Russian Federation"]: Uchebno-metodicheskoe posobie, V.V. Grinshkun, O.Ju. Zaslavskaja, A.I. Azevich [i dr.]. – Moskva: Moskovskij gorodskoj pedagogicheskij universitet, 128. (In Russian)

8 Grinshkun, V.V. (2010) Informatizacija obrazovanija: novoe napravlenie podgotovki pedagogov, novaja dejatel'nost', novaja kafedra [Informatization of education: a new direction in the training of teachers, new activities, a new department]. V.V. Grinshkun, V.S. Kornilov, O.Ju. Zaslavskaja [i dr.]. Vestnik Moskovskogo gorodskogo pedagogicheskogo universiteta. Serija: Informatika i informatizacija obrazovanija. № 20. 19-23. (In Russian)

9 Azevich, A.I. (2021) Obespechenie personal'nyh traektorij razvitija obuchajushhihsja v uslovijah informatizacii obrazovanija [Ensuring personal development trajectories of students in the context of informatization of education: a teaching aid]: uchebno-metodicheskoe posobie, A.I. Azevich, V.V. Grinshkun, O.Ju. Zaslavskaja [i dr.]. Moskva: Moskovskij gorodskoj pedagogicheskij universitet, 112. (In Russian)

10 Shaverskaja, O.N. (2002) Razvitie poznavatel'nyh interesov uchashhihsja [Development of cognitive interests of students] O.N. Shaverskaja, Prakticheskij zhurnal dlja uchitelja i administracii shkoly. № 10. 60-64. (In Russian)

11 Shunina, L. A. (2019) *Uslovija formirovanija u budushhij pedagogov professional'nyh kompetencij po rabote s cifrovymi tehnologijami v ramkah cifrovoj jekonomiki* [Conditions for the formation of professional competencies for future teachers in working with digital technologies in the framework of the digital economy]. L.A. Shunina // *Aktual'nye problemy teorii i praktiki obuchenija matematike, informatike i fizike v sovremennom obrazovatel'nom prostranstve: Sbornik statej III Vserossijskoj (s mezhdunarodnym uchastiem) nauchno-prakticheskoy konferencii, Kursk, 70-72. (In Russian)*

12 Bazhenova, S.A. (2020) *Podhody k sovershenstvovaniju podgotovki pedagogov, rabotajushhij po programmam Mezhdunarodnogo bakalavriata v oblasti informatizacii obrazovanija* [Approaches to improving the training of teachers working on the International Baccalaureate programs in the field of informatization of education]. S.A. Bazhenova, *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Serija: Informatizacija obrazovanija. T. 17, № 2, 123-133. (In Russian)*

DOI 10.22363/2312-8631-2020-17-2-123-133.

13 Shunina, L.A. (2022) *Populjarizacija nauchnyh napravlenij informatizacii obrazovanija kak jelement podgotovki budushhego uchitelja* [Popularization of scientific directions of informatization of education as an element of training of the future teacher]. L.A. Shunina, XIV *Mezhdunarod. nauch.-praktich. konf. «Shamovskie pedagogicheskie chtenija»*, g. Moskva, 22-25 janvarja: sb. statej. V 2 ch. Ch. 1., M.: Izd-vo NShUOS, MANPO, «5 za znaniya», 720-724. (In Russian)

14 Shunina, L.A. (2021) *Oblachnye resursy i servisy kak jeffektivnye instrumenty cifrovoj didaktiki (na primere organizacii raboty v pedagogicheskom vuze)* [Cloud resources and services as effective tools for digital didactics (on the example of the organization of work in a pedagogical university)]. L.A. Shunina. *Shamovskie pedagogicheskie chtenija nauchnoj shkoly Upravlenija obrazovatel'nymi sistemami : Sbornik statej XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. V 2-h chastjah, Moskva, 23 janvarja, Moskva: Mezhdunarodnaja akademija nauk pedagogicheskogo obrazovanija, 5 za znaniya, 411-413. (In Russian)*

15 Grigorev S.G., Grinshkun V.V., Lvova O.V., Shunina L.A. *Fostering tolerance during life-long learning via means of Informatization. RUDN Journal of Informatization in Education. 2016. No 2. P. 7-15.*

С.М. Кенесбаев¹, А.Ф. Шайкен^{1*}

¹Қазақ Ұлттық Қыздар Педагогикалық Университеті, Алматы қ., Қазақстан

*e-mail: akerke.shayken@mail.ru

ОҚУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ҮШІН РОБОТ - КОНСТРУКТОР ЖИНАҚТАРЫНА САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

Аңдатпа

Мақалада оқушыларға арналған робототехника жинағына (элеуметтік емес роботтар), қолданыстағы робототехника құралдарына жүйелі және тақырыптық шолу жүргізілді. Яғни, робототехника жинағының негізгі қолданылу ортасы, ерекшеліктері және маңыздылығы талқыланады. Робот-конструктор жинақтарының түрлері мен жинақтың қандай бөлшектерден тұратыны туралы нақты айтылған. Сонымен қатар, робототехника бойынша оқу бағдарламаларын жобалау және енгізу оқушылардың робототехника біліміне қатысуын талдау үшін конструктивтік тәсілдерді қолданғанын зерттейді. Оқытуда кең таралған білім беру робототехникалық жинақтарына техникалық және оқу процесінде пайдалану дидактикасы тұрғысынан салыстырмалы сипаттама берілген. LEGO, FischerTechnik, Huna, Robotis және т.б. робот-конструкторлары қарастырылады. Негізгі назар конструкторлардың ерекшеліктеріне, бағдарламалау ортасына және сәйкес конструктор үшін әзірленген әдістемелік материалдарға аударылады. Сонымен қатар робот-конструктор жинақтарының сапасына, конструктор бөлшегінің көлеміне (саны, өлшемі) байланысты таңдау керек екенін ұсынады.

Жалпы мақала робот-конструкторларының түрлеріне байланысты оқушының жас ерекшеліктерін, қызығушылық бағытын ескеру керек деген қорытындыға келеді. Осы мақсатта бұл зерттеу оқушылардың робототехниканы түсіну үшін олардың түрлерін, пайдалану ортасын, өзіндік ерекшеліктерін ескере отырып, оқушылардың конструкторлық қабілетін, кәсіптік білімін, инженерлік - техникалық ғылымдарға деген қызығушылығын дамытуды ұсынады.

Түйін сөздер: білім беру робототехникасы, бағдарламалау, LEGO, FischerTechnik, Huna, Robotis, TRIK.

Аннотация

С.М. Кенесбаев, ¹ А.Ф. Шайкен ¹

¹Казахский Национальный Женский Педагогический Университет, г. Алматы, Казахстан

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОМПЛЕКТОВ РОБОКОНСТРУКТОРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ

В статье проводится систематический и тематический обзор коллекции робототехники для учащихся (несоциальные роботы), существующих средств робототехники. Обсуждаются основные области применения, особенности и важность комплекта робототехники. Уточняются виды комплектов робототехники и детали комплекта. Кроме того, при разработке и реализации учебных программ по робототехнике исследуется использование конструктивных подходов для анализа участия учащихся в обучении робототехнике. В тренинге дается сравнительная характеристика наиболее популярных комплектов учебной робототехники с точки зрения технического и дидактического использования в учебном процессе. LEGO, FischerTechnik, Huna, Robotis и другие. учитываются конструкторы роботов. Акцент сделан на особенности конструкторов, среды программирования и методических материалов, разработанных для соответствующего конструктора. Также предполагается, что выбор должен зависеть от качества комплектов конструкции робота, размера (количества, размера) детали конструкции.

В целом в статье делается вывод о том, что в зависимости от типа робота-конструктора необходимо учитывать возрастные особенности школьника, направление интересов. С этой целью данное исследование предполагает развитие у учащихся навыков проектирования, профессиональных знаний, интереса к инженерно-техническим наукам с учетом их видов, приложений, особенностей, с целью понимания робототехники.

Ключевые слова: образовательная робототехника, программирование, LEGO, FischerTechnik, Huna, Robotis, TRIK.

Abstract

**COMPARATIVE ANALYSIS OF ROBOCONSTRUCTION KITS
TO INCREASE THE EFFICIENCY OF TRAINING**

Kenesbaev S.M.¹, Shaiken A.G.¹

¹*Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan*

The article provides a systematic and thematic review of the collection of robotics for students (non-social robots), existing robotics tools. That is, the main areas of application, features and importance of the robotics kit are discussed. The types of robotics kits and kit details are specified. In addition, the use of constructive approaches to analyze student participation in robotics education is being explored in the design and implementation of robotics curricula. The training provides a comparative description of the most popular sets of educational robotics in terms of technical and didactic use in the educational process. LEGO, FischerTechnik, Huna, Robotis and others. robot designers are taken into account. Emphasis is placed on the features of the constructors, programming environment and methodological materials developed for the respective constructor. It is also assumed that the choice should depend on the quality of the robot construction kits, the size (quantity, size) of the construction detail. In general, the article concludes that, depending on the type of robot constructor, it is necessary to take into account the age characteristics of the student, the direction of interests. To this end, this study involves the development of students' design skills, professional knowledge, interest in engineering and technical sciences, taking into account their types, applications, features, in order to understand robotics.

Keywords: educational robotics, programming, LEGO, FischerTechnik, Huna, Robotis, TRIK.

Кіріспе

Қазіргі кезеңдегі білім беру саясаты білім берудің жаңа сапасына, оның сабақтастығына талаптар қояды. Мектеп жасынан робототехниканы меңгеру аспектісінде оқушылардың конструкторлық қабілеттерін дамыта отырып, біз оларды болашақ инженер мамандығына дайындаймыз. Оқушылар әртүрлі электронды құрылғылар, құрылымдар, бағдарламаланатын техникалық құралдар арқылы жасалған бай ортада болады, сондықтан заманауи ақпараттық, инженерлік, бағдарламаланатын ортада оқушыларды қалай тәрбиелеу керектігін анықтау ғана маңызды емес, сонымен қатар техникалық құралдар мен бағдарламалардың түрлері мен атқару қызметі өте маңызды болып табылады. Робототехниканы оқыту барысында робот жинақтарының түрлері балалар мен жасөспірімдердің өзін-өзі қалыптастыруда, олардың шығармашылық қабілеттерін дамытуда жұмыс жасайтын маңызды элемент пен құралға айналып, техникалық және инженерлік ойлауды қалыптастыруды қамтамасыз етеді.

Қоғамда білікті және білімді техникалық кадрлар өте көп сұранысқа ие. Жеке тұлғаның үздіксіз білім алуына қажетті бағдарламалар мен заманауи технологиялар түрлерін қарастыру өзекті тақырыптардың бірі. Мектепте робототехниканы арнайы жабдықталған ортада оқыту, білім берудің сапалы нәтижесіне қол жеткізуге мүмкіндік береді. Оқу үдерісінде робот-конструктор жинақтары мен робот техникасын қолдану арқылы оқушылардың танымдық-зерттеу және конструктивті әрекеттерін, техникалық шығармашылығын дамыту үшін инновациялық педагогикалық технологияларды қолданудың өзектілігі мемлекеттік білім беру стандартының талаптарына байланысты [1]. Дегенмен, сабақтарды өткізуге арналған жабдықты таңдау оның дизайн ерекшеліктерін де, дидактикалық қолдаудың болуын да білуді қажет етеді.

Зерттеу әдіснамасы

Негізгі жалпы білім беру стандарты білім беру ұйымына жоғары технологиялық инженерия мен бағдарламалауға байланысты пәндерді дамытуға, робототехниканы оқу мен сыныптан тыс жұмыстарға енгізуге серпін берді. Робототехниканы оқыту барысында белсенді қолданылатын жаңа технологиялардың бірі – робот-конструктор жинақтары. Робот-конструктор оқу процесінде бағдарламалау мүмкіндігі бар конструкторлар жинағы [2]. Осындай робот-конструкторлармен жұмыс жасау барысында біз оқушылардың конструкторлық қабілетін дамыта аламыз.

Конструкторлық қабілет - бұл білім синтезінің қуатты құралы, жүйелік ойлаудың берік негізін қалаушы, оның қалыптасуы, әсіресе, қазіргі инженер мамандығы үшін маңызды. Бұл мамандық көп қырлы, өйткені оған инженерия, зерттеу, шығармашылық, дизайн және көпдеген білім түрлері топтастырылады. Ақпараттық технологиялардың дамуымен робототехника, оның мазмұны инженерлік қызметтің информатика, геометрия, физика (негізінен механика) түрлерінің әрқайсысының элементтерін қамтиды. Жалпы робототехника саласы - бұл нағыз білім салаларының қиылысында орналасқан жаңа, өзекті педагогикалық технология: механика, электроника,

автоматика, инженерия, бағдарламалау және техникалық дизайн. Оқу іс - әрекетінде робот-конструкторларын қолдану оқушылардың оқуға деген ынтасын арттырады, себебі ол өнер, тарих, математика мен жаратылыстануға дейінгі барлық оқу пәндерінің білімін талап етеді [3].

Бұл саланы оқыту барысында мұғалімдер көптеген әдістемелік материалдарды зерттеп, білім берудің жаңа жолдарын меңгеруі қажет. Сонымен қатар робототехниканы оқытын оқушылардың жеке және жас ерекшеліктеріне сәйкес сабақ жоспарларын әзірлеп, оларды дайындау кезінде жалпы реттілікті сақтауы қажет. Яғни, мұғалім сабақ жоспарын жасау барысында негізгі талаптарды орындауға мүмкіндік жасау қажет:

- қарапайым механизмнің жалпы принциптерін тұжырымдау;
- оқушыларды белсенді сөздік қорымен таныстыру;
- негізгі модельдердің қызмет атқару мүмкіндігін зерттеу;
- негізгі үлгіні бойынша тапсырма құрып, оның орындалу технологиясын анықтау;
- шығармашылық тапсырманы орындауға тырысу.

Робототехниканы өз тәжірибесінде қолданатын мұғалімдер төмендегідей білім беру мақсаттарына қол жеткізе алады:

- идеялардың ұжымдық дамуы;
- модель жұмысын түсіндіргенде сөздік қоры мен қарым-қатынас дағдыларын дамыту;
- жүйелі бақылаулар мен өзгерістерді жүргізу;
- логикалық ойлау және модельдің берілген мінез-құлқын бағдарламалау;
- себеп-салдарлық қатынастарды орнату;
- айқындық пен драмалық эффект үшін модельді қолдана отырып, сценарий жазу және жаңғырту;
- эксперименттік зерттеулер, жеке факторлардың әсерін бағалау (өлшеу);
- нәтижелерді талдау және жаңа шешімдерді іздеу.

Бүгінгі таңда балаларға арналған робот-конструктор жинақтары жас инженерлер мен олардың ата-аналары арасында танымал бола бастады. Өйткені робот-конструктор жинақтары бірнеше ғылыми пәндерді біріктіреді, яғни физикадан бастап оқушыларды бағдарламалауға дейін білімін қалыптастыруға мүмкіндік береді. Қазір нарықта әр түрлі жастағы қызығушылықтары мен дайындық деңгейлері әр түрлі балаларға арналған жиынтықтардың кең таңдауы бар. Яғни, мектеп оқушыларына роботтық платформаларды бағдарламалау дағдыларын үйрету үшін әртүрлі конструкторлардың көптеген түрлері бар, кейде оқушылар мен мұғалімдерге робот-конструктор жинақтарына таңдау жасау өте қиын. Сол себептен ең танымал робот-конструктор жинақтарына талдау жасадық.

Робототехника жинақтары пішіні мен қызметі бойынша әртүрлі. Кейбіреулері ашық бағдарламалау платформасына қосылған дайын роботты қамтиды, ал басқалары гуманоидты құрылымды (немесе көлікті, өрмекші немесе кез келген басқа пішінді) жасау арқылы мұқият басшылық жасайды (Кесте-1). Кейбіреулер ашық бастапқы Arduino компьютерлік платформасы үшін бағдарламалауды үйретуге көңіл бөледі, ал басқалары роботты жылжыту үшін өте қарапайым командаларды пайдаланады [4].

Lego Boost робототехника жинағы бағдарламалау тәжірибесі жоқ және робот жасауды бастағысы келетіндер үшін ең жақсы жалпы тәжірибені ұсынады. 847 Lego бөліктерінен тұрады, бұл Lego-ның танымалдылығы мен әмбебаптығының арқасында оны осы өлшемдегі жинақтан құрастыруды ең оңай етеді. Роботты құру және бағдарламалау нұсқаулары тіпті оқымайтын адамдар да орындай алатын қарапайым планшет қолданбасында қамтылған. Lego бағдарламалау тілі толығымен графикалық болып табылады, яғни әрбір команда таңбамен көрсетіледі. Lego Boost 7-12 жас аралығындағы балалар үшін өте қолайлы робот жинағы [5].

Lego Mindstorms Robot Inventor робот-конструкторы оқушыға қызық болатын жетілдірілген құрылыс және бағдарламалау мүмкіндіктерін береді. Пайдалануға оңай жинақ қолданбасы бес түрлі робот жасау нұсқаулары бойынша басшылық етеді, содан кейін оларды Scratch немесе Python арқылы бағдарламалауға болады. Mindstorms Robot Inventor жинағы 949 бөліктен тұрады, бұл Boost жинағынан шамамен 100 бөлікке артық [6]. Робот конструкторының бөлшектерінен еденде дөңгелете алатын, зарттар атқылай алатын, заттарды ала алатын және қозғалысты сезіне алатын «Blast» роботын жасай аламыз.

Кесте 1. Робот-конструктор жинақтарын салыстыру

№	Атауы	Микро-компьютер	Электрондық компоненттер	Бағдарламалау ортасы	Оқушылардың жасы	Әдістемелік қамтамасыз ету
1	LEGO	EV3: Контроллер: ARM9 300 МГц Флэш жады: 16 МБ Жедел жады: 64 МБ Дисплей: 178×128, ЧБ MicroSD, Bluetooth, Wi Fi қолдауы (бөлек сатып алынады) 4 шығыс порты 4 кіріс порты	We Do, We Do 2.0: 1 қозғалтқыш, 1 көлбеу сенсоры, 1 қозғалыс сенсоры EV3: Жылдамдық сенсоры бар 2 Үлкен сервомотор, 1 айналым сенсоры бар орташа сервомотор, 2 сенсорлық сенсор, 1 түс сенсоры, 1 ультрадыбыстық қашықтық сенсоры, 1 гироскопиялық сенсор	We Do, We Do 2.0: балаларға арналған шектеулі визуалды бағдарламалау ортасы. EV3: стандартты түрде EV3 жоғары сапалы визуалды орта қолданылады. Java, #, RobotC, C++, Python және басқа да көптеген тілдерде бағдарламалау мүмкіндігі бар	WeDo, WeDo 2.0: 7 жастан бастап. EV3: 10 жастан бастап	We Do, We Do 2.0: Сабақтың қадамдық сипаттамасы бар оқыту әдістері. Үшінші тарап авторлары әртүрлі жобаларға арналған нұсқаулар дайындады. EV3: күрделі тапсырмалары бар әдістемелік құрал, оқыту үшін де қолданылатын өзі оқулық, пайдалы анықтамалық материалдар. Авторлық оқыту әдістемесі бар.
2	Fischer Technik	Контроллер: ARM Cortex - A8 600 МГц Флэш жады: 64 МБ Жедел жады: 128 МБ Дисплей: 320×240, түсті, сенсорлық MicroSD, Bluetooth, Wi Fi қолдауы 4 encoder порттары 8 кіріс порты 8 шығыс порттары	ROBOTICS TXT Discovery set: Айналу сенсоры бар 2 мотор, 1 XS қозғалтқышы, 3 шамдар / жарық диоды, 2 түймелер, фотодатчик, температура сенсоры (терморезистор), USB интерфейсі бар бейнекамера. Сондай-ақ, желі сенсорлары, дыбыстық сенсорлар, қашықтық сенсорлары бар	ROBO Pro бағдарламалаудың визуалды ортасы. Бағдарламалау алгоритм схемалары түрінде жүзеге асырылады	ROBOTICS TXT Discovery set: 10 жастан бастап. Робототехникалық бағдарламалар апаратын конструкторлар: 8 жастан бастап	Оқушыларды дайындауға арналған жұмыс дәптерлері бар.
3	Нина	Контроллер: AVR 16 МГц Флэш жады: 32 КБ Жедел жады: 2 ГБ Дисплей: жоқ 4 мотор порттары 8 шығыс порттары 8 кіріс порты	Class 3 Full Kit: 3 IR сенсоры, 1 радиоқабылдағыш, 1 фоторезистор, 2 сенсорлық сенсор, 2 жарық диоды, 1 дыбыстық сигнал, 1 микрофон, 1 Басқару пульті, 2 тұрақты ток қозғалтқышы, 2 серво жетегі	MRT бағдарламалау ортасы визуалды режимде де, мәтіндік сипаттағында да бағдарламалауға мүмкіндік береді.	Class 3 Full Kit жиынтығы: 7 жастан бастап	Балаларды сабаққа қосу тәсілдері және құрастыру жөніндегі нұсқаулықтар бар. Әр жиынтыққа арналған әдістемелік құралдар. MRT бойынша анықтамалық нұсқаулық бар.

4	<i>Robotis Bioloid</i>	Контроллер: ARM Cortex-M3 72 МГц Флэш жады: 512 КБ Жедел жады: 64 КБ 6 кіріс/шығыс порттары, құрылғылар бір портқа бірнеше сенсор арқылы қосылады.	<i>Bioloid Premium Kit:</i> 18 серво, 1 гироскоп (биаксиалды), 1 IR қашықтық сенсоры, 2 IR кедергі сенсоры, 1 Басқару пульті	<i>RoboPlus</i> ортасы: Сүтілінде мәтіндік бағдарламалау жүйесімен бағдарламаланады.	<i>Bioloid Premium Kit:</i> 14 жастан бастап	Әр түрлі роботтарды жинауға арналған нұсқаулар бар Оқу құралдары. Роботтарға арналған көптеген бағдарламалар қамтылған.
5	<i>TRIK</i>	Контроллер: ARM9 375 МГц Флэш жады: 16 МБ Жедел жады: 256 МБ Дисплей: 320×240, түрлі-түсті MicroSD, Bluetooth, Wi-Fi Қолдауы 4 қозғалтқыш порттары 19 сигнал порттары	4 тұрақты ток қозғалтқышы, 2 серво жетегі, 2 сызық сенсоры, 1 сенсорлық сенсор, 1 УЗ-қашықтық датчигі, 1 IR қашықтық сенсоры, 1 микрофон, 1 бейнемодуль, 20 сантиметрлік Жарықдиодты жолақ	<i>Trik Studio</i> ортасы роботты визуалды режимде, сонымен қатар JavaScript тілінде мәтіндік режимде бағдарламалауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар C, C++, C#, F#, Java, Python тілдерінде бағдарламалау мүмкіндігі бар.	Білім беру жиынтығы: 12 жастан бастап	TRIK негізінде робототехника бойынша Оқу материалдары. Сондай-ақ педагогтарға арналған курстар өткізіледі.
6	<i>Arduino</i>	Контроллер ATmega328 Жұмыс кернеуі 5 В Аналогтық кірістер 6 Кіріс/шығыс арқылы тұрақты ток 40 мА 3,3 В 50 мА шығысқа арналған тұрақты ток Флэш жады 32 КБ ЖЖҚ 2 КБ (ATmega328) EEPROM 1 Кб (ATmega328) Сағат жиілігі 16 МГц	джойстиктер, жарықдиодтар мен фотодиодтар, микрофондар мен динамиктер, электр қозғалтқыштары мен дисплейлер, радио тегтерді оқу құралдары bluetooth, WiFi және Ethernet модульдері, SD картасын оқу құралдары, радиоқабылдағыштар мен радиотаратқыштар, GPS және GSM модульдері	Контроллер Arduino Integrated Software Environment (IDE) арқылы бағдарламаланған. Бағдарламалау STK500 хаттамасы арқылы резидент жүктеушінің бақылауымен жүзеге асады. Arduino бағдарламалау тілі Си және C++ тілі.	Arduino: 15 жастан бастап	Арнайы жасақталған программалау ортасы бар.

Lego Mindstorms EV3, ең көп сұраныстағы және оқушы үшін өте түсінікті робот конструкторы. Бұл робот жинағы жетілдірілген қолданбасымен құрастыруды және бағдарламалауды жеңілдетеді, әлі де барлық жастағы оқушылар үшін пайдалы робот жинағы. Lego Mindstorms EV3 қолданбасы роботтарды құрастыруды және кодтауды бірінші рет бастаған қарапайым адамға өте ыңғайлы жинақ.

Makeblock's MBot – жас бағдарламашылар үшін тамаша жинақ, өйткені шағын роботты қарапайым оқулық пен 3D қадамдық нұсқауларды қолдану арқылы шамамен 15 минутта жасауға болады. Балалар қамтылған тегін бағдарламалық құралмен графикалық бағдарламалау тілінде және Scratch тілінде кодтауды бастай алады.

Tinkering Labs Electric Motors Catalyst, бұл жинақ балаларға роботтарды, көліктерді және жаратылыстарды өз қалауынша жасауға және қайта құруға мүмкіндік береді. Бұл тұрмыстық заттармен айналысқанды ұнататын және ағаш бөлшектерді, электр қозғалтқыштары мен батареяларды, сондай-ақ қауіпсіздік көзілдірігін және бұрағышты қоса, аппараттық құралдар мен құралдарды қамтитын өнертапқыш үшін өте қолайлы [7]. Сондай-ақ ойын элементі бар, балаларды әртүрлі туындылар жасауға шақыратын 10 ойын картасы бар робот жинағы.

Huna mrt exciting қашықтан басқарылатын ойыншықтарды жинауға мүмкіндік беретін бірегей конструктор. Жинақта 4 роботқа арналған нұсқаулық бар. Huna 6 жастан бастап балаларға қолдануға арналған робот-конструктор жинағы. Жинаққа енгізілген қағаз нұсқауларына сәйкес танк, тікұшақ, ұшақ, футбол роботы, F1 көлігі, Дон Кихот рыцарь, алты аяқты қоңыз роботтарын жинай аласыз.

Arduino – танымал және білім беру робототехника платформасы. Бұл енгізу/шығару тақталарының сериясы. Тақтада әртүрлі құрылғыларды қосуға болатын аналогтық және сандық порттар бар: жарық диодтары, сенсорлар, түймелер, қозғалтқыштар, серволар және т.б (Кесте-1). Бұл жинақ оқушылардың шыдамдылығы мен ұқыптылық қасиеттерін дамытуға мүмкіндік береді [8].

Fischertechnik әртүрлі күрделі робот құрастыруға арналған робот-конструктор жинағы. Конструктордың қосылым жүйесі ретінде ойықтары мен шұңқырлары бар элементті пайдаланады. Мұндай бірегей жүйе дизайнерлік бөлшектерді кез келген комбинацияда жинауға мүмкіндік береді. Дәстүрлі конструктордан негізгі артықшылығы мен айырмашылығы - әрбір элементтің ішінде болат негізінің болуы. Бұл дизайн болашақ ғимараттың беріктігі мен қаттылығын қамтамасыз етеді. Негізгі, пластикалық элементтерден басқа, дизайнерлер контроллерлерді, қозғалтқыштарды, сенсорларды, қуат көздерін, сондай-ақ әртүрлі берілістерді, червяктарды, дөңгелектерді, шиналарды, сымдарды қамтиды. Осы элементтердің арқасында жасалған механикалық құрылымдарды қозғалысқа келтіруге болады, функционалды, компьютерлік бағдарламаланған, роботтар мен машиналарды жасауға мүмкіндік береді. Fischertechnik робот-конструкторлық жинақтарының бірнеше сериясы бар.

Fischertechnik Junior сериясы 5 жастан асқан балаларға арналған, дизайнерлердің осы сериясының қаптамасында қызыл түсті арнайы сәйкестендіру жолағы бар. Бұл серияның бөліктері үлкен өлшемді, үлкен құрылыс конструкцияларын (экскаватор, жүк көлігі, тікұшақ, фургон) жинауға мүмкіндік береді.

Негізгі және жетілдірілген сериялар көгілдір жолақпен белгіленген түсі конструктордың 7 жастан асқан балаларға арналғанын көрсетеді. Қозғалтқыштар бөлшектердің стандартты жинағына қосылды, бұл жиналған құрылымды іске қосуға мүмкіндік береді. Айналма дөңгелекті, карусельдерді, жарыс автомобильдерінің үлгілерін және құрылыс техникасын құрастыра алады.

Қара жолағы бар Profi конструкторлары 9 жастан асқан балаларға арналған. Бұл серия балаларды электроника, механика, статика, пневматикамен таныстырады. Мұндай дизайнерлер қазірдің өзінде озық пайдаланушыларға бағытталған. Бұл серияның жинақтары балаға руль дөңгелегі немесе автомобиль суспензиясы қалай орналастырылғанын егжей-тегжейлі түсіндіреді. 10 жастан асқан Gray Computing сериясы бағдарламаланатын контроллері бар элементтерді қамтиды. Бұл білім болашақта өнеркәсіптік машиналар мен механизмдерді бағдарламалау кезінде жас инженерлерге пайдалы болары сөзсіз [9].

Зерттеу нәтижесі

Неғұрлым әмбебап жинақтар әдетте 8 бен 15 жас аралығындағы балаларға арналған, олар көбінесе баланың қабілеттерін дамытады және оны шыңдау үшін құрастыру функциясын, бағдарламасын қиындататып беріледі. Баланың робототехникаға қызығушылығын ашуға, ынтасымен жұмыс жасауға үнемі робот жинақтарының жақсы түрлерін пайдаланған дұрыс [10]. Себебі, робот бөлшектерін жинағанда одан жалықпайтындай әртүрлі робот құрастыра алатындай жинақпен жұмыс жасағаны, оқушының ойлау қабілетін дамытады.

Мұғалім әрқашанда балаға тиісті уақытта көмектесуге дайын болуы керек, өйткені робот жасау және бағдарламалаудағы кейбір қадамдар өзіне сенімсіз оқушыны қорқытуы мүмкін. Барлық робототехника жинақтары роботты бағдарламалау үшін компьютерді немесе мобильді құрылғыны қажет етеді, сондықтан ілеспе бағдарламалық құралдар құрылғыңызбен үйлесімді болуы қажет. Әрбір робот-конструктор жинақтарының әдістемелік нұсқаулықтарымен жұмыс жасау, оқушының роботтарды жасауға, бағдарламалық жүйені меңгеруіне септігін тигізеді.

Дискуссия

Бидайбеков Е.Б., Григорьев С.Г авторларының «Оқытудағы робототехника» мақаласында, білім беру робототехникасының маңыздылығы мен оқыту әдістемесіне нақты ақпараттар көрсетілген. Білім беру робототехникасын оқытуда қолдану, оқушылардың білім алуына, жаңа бағытқа қызығушылықтарын ашуға және ойлау қабілетінің дамуына көмектеседі [11].

Сонымен қоса, Бидайбеков Е.Б., Григорьев С.Г., Нурлыбаев К.К «Білім беру робототехникасының информатикамен пән аралық байланыстағы ролі мен алатын орны» мақалаларында робототехниканы мектепте оқытудың тиімділігі мен оқытудың пән аралық байланыстағы ролі қарастырылған. Пән аралық байланыста робототехниканы оқыта отырып, біз сол саланың дамуына септігін тигізетін робот түрлерінің маңыздылығын көрсете аламыз [12]. Осындай зерттеулердің нәтижелеріне талдау жүргізе отырып, білім бере робототехникасы және робот-конструкторлар:

- оқушылардың әмбебап (мета-пәндік) тәрбиелік әрекеттерін тиімді қалыптастырады;
- оқушылардың ғылыми-техникалық шығармашылығы мен инженерлік-конструкторлық ойлауын тиімді дамытады;
- әкімшілік, педагогикалық ұжым, оқушылар, ата-аналар қоғамдастығы, мектептің әлеуметтік серіктестері білімнің әр түрлі пәндік бағыттары бойынша оқушылардың зерттеу және жобалық дағдыларын дамытуға ықпал етеді;
- инженерлік - техникалық ғылымдарға қызығушылықтың дамуына және оқушылардың кәсіптік бағдарлануына ықпал етеді;
- оқушылардың соңғы нәтижеге ұжымдық әсер ету қабілетін дамытады.

Қорытынды

Робототехниканы оқыту барысында, оқу тиімділігін арттыру үшін оқушыларға робот - конструктор жинақтарының түрлерін білу, әртүрлі робот жинақтармен жұмыс жасай алу және өзінің конструкторлық қабілетін дамыту әдістерін жүйелі меңгеру талап етіледі. Оқушылардың инженерлік және конструкторлық қабілеттерінің дамуы, жалпы робот-жинақтарынан әртүрлі салаға қажет робот құрастыра алуына және бағдарламақ жүйе жасай алуына байланысты. Қарастырылған әрбір робот-конструктор жинақтары білім беру робототехникасымен айналысуға өте қолайлы және конструкторлық құзіреттілікті игерудің алғашқы қадамы бола алады.

Конструкторлар мақсаттар мен қол жетімді мүмкіндіктер негізінде таңдалуы керек. Әрбір конструктордың өзіндік ерекшеліктері бар. Атап айтқанда, LEGO компаниясының конструкторлары барынша толық қамтамасыз етілген, себебі LEGO конструкторның әрбір білім жинағы оқыту әдістемесі мен жұмыс дәптерлерімен (қағаз немесе электрондық нұсқада) қамтылған. Сондай-ақ, осы жиынтықтармен жұмыс істеудің кең таралуына байланысты авторлық оқыту әдістері бар. Жалпы зерттеу жұмысы: робототехниканы оқыту барысында оқушылардың білім деңгейін арттыру үшін робот-конструктор жинақтарын жүйелі түрде, яғни кезең-кезеңмен оқытып, үйрету қажет деген қорытындыға келеді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Надирова Ф.К.. Робототехника – заман талабы // Білім айнасы газеті. 2021. С 2-3
- 2 Захарова, Татьяна Борисовна. Формирование универсальных учебных действий у школьников в процессе освоения образовательной робототехники в основном общем образовании // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: "Информатика и информатизация образования". - 2020. - № 4 (46) 2018. - С. 64-70.
- 3 Рудской А.И., Боровков А.И., Романов П.И., Колосова А.В. Пути снижения рисков при построений в России // Высшее образование в России. 2019. V. 28. № 2. С. 9-22. <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-2-9-22>

4 Гриншкун, Вадим Валерьевич. Новое образование для информационных и технологических революций // Вестник Российского Университета Дружбы Народов. Серия "Информатизация образования". - 2019. - № 2. - С. 131-139.

5 Евдокимова, В.Е. Организация занятий по робототехнике для дошкольников с использованием конструкторов LEGO WeDo // Информатика в школе. - 2019. - № 2. - С. 60-64.

6 ПервоРобот LEGO® WeDo™ // Книга для учителя http://robot.edu54.ru/sites/default/files/rukovodstvo_dlya_uchitelya_lego_education_wedo.pdf

7 Богданова, Д.А. Социальные роботы и дети // Информатика и образование. ИНФО. 2018. № 4. С. 56-60.

8 Бақусов П.А., Семенов А.А. Анализ устойчивости вычислительного алгоритма к изменению геометрических параметров цилиндрических оболочечных конструкций // Вестник ПНИПУ «Механика», 2021 (1), 12-21.

9 Гагарина Д.А., Кляченко Д.Н. Обзор робототехнического конструктора FISCHERTECHNIK ROBOTICS TXT Discovery set // Занимательная робототехника. 2017.

10 Шоланов К.С. Основы мехатроники и робототехники // Учебное пособие. 2019. С 50-53.

11 Бидайбеков Е.Ы., Григорьев С.Г., Бостанов Б.Ф. Оқытудағы робототехника // Оқу құралы.–Алматы: Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университет, «Ұлағат» баспасы, 2019. – 150 б.

12 Бидайбеков Е.Ы., Григорьев С.Г., Нурлыбаев К.К Білім беру робототехникасының информатикамен пән аралық байланыстағы рөлі мен алатын орны // Оқу құралы.–Алматы: Абай атындағы ҚазҰПУ, «Ұлағат» баспасы, 2020. -476-481 .

References:

1 Nadirova F.K. (2020) Robototexnika zaman talaby [Robotics - the need for bait]. Bilim Ainasy newspaper. 2-3 (In Kazakh)

2 Zakharova, Tatyana Borisovna. (2020) Formirovaniya niversiyal'nykh uchebnykh deystviy u shkolnikov v prosese osnovoeniya obrozobatel'noy robototexniki v osnovnom obshem obrozobani [Formation of universal educational actions among schoolchildren in the process of mastering educational robotics in basic general education] Bulletin of the Moscow City Pedagogical University. Series: "Computer science and informatization of education". No. 4 (46). 64-70. (In Russian)

3 Rudskoi A.I., Borovkov A.I., Romanov P.I., Kolosova A.V. (2019) Puti snezheniya riskov pri postroenii v Rossii [Ways to reduce risks when building a digital economy in Russia.] Higher education in Russia. V. 28. No. 2. 9-22. <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-2-9-22> (In Russian)

4 Grinshkun, Vadim Valerievich. (2019) Novye obrozovanie dlya informatsionnykh i tekhnologicheskikh revalusi [New education for information and technological revolutions] Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series "Informatization of Education". No. 2. 131-139. (In Russian)

5 Evdokimova, V.E. (2019) Organizatsiya zaniyati po robototexnike dlya doshkolnikov s icpolzovaniem konstruktorov Lego Wedo [Organization of robotics classes for preschoolers using LEGO WeDo constructors] Informatics at school. No. 2. 60-64. (In Russian)

6 Pervo Robot Lego Wedo [First Robot LEGO® WeDo] Teacher's book http://robot.edu54.ru/sites/default/files/rukovodstvo_dlya_uchitelya_lego_education_wedo.pdf (In Russian)

7 Bogdanova, D.A. (2018) Socialnye poboty i deti [Social robots and children] Informatics and education. INFO. No. 4. 56-60. (In Kazakh)

8 Bakusov P. A., Semenov A. A. (2021) Analiz ustoichivosti vschislitel'nogo algoritma k izmeneniyu geometricheskikh parametrvocinindricheskikh oblochechnykh konstrukci [Analysis of the stability of a computational algorithm to a change in the geometric parameters of cylindrical shell structures] Bulletin of PNRPU "Mechanics", (1), 12-21. (In Russian)

9 Gagarina D. A., Klyachenko D. N.(2017)Obzor robototexnicheskogo konstruktora FISCHERTECHNIK ROBOTICS TXT Discovery set [Overview of the robotic designer FISCHERTECHNIK ROBOTICS TXT Discovery set]. Entertaining robotics. (In Russian)

10 Sholanov K.S. (2019) Osnovy mehatroniki i robototexniki [Fundamentals of mechatronics and robotics] Textbook. 50-53. (In Russian)

11 Bidajbekov E.Y., Grigor'ev S.G., Bostanov B.F. (2019) Okytudagy robototehnika [Robotics in education]: Oku kuraly. Almaty: Abay atyndagy Kazak ul'tyk pedagogikal'nyk universitet, «Ulagat» baspasy, 150. (In Kazakh)

12 Bidaibekov E.Y., Grigoriev S.G., Nurlybaev K.K. (2020) Bilim beru robototexnikasynyn informatikamen pan aralyk baylanystagy roli men alatyn orny [The role and place of educational robotics in interdisciplinary communication with informatics]: Oku kuraly. Almaty: Abay atyndagy KazPU, "Ulagat" baspasy, 2020. 476-481. (In Kazakh)

МРНТИ 20.01.45
УДК 004.02

<https://doi.org/10.51889/2022-1.1728-7901.32>

Г.А. Мадьярова¹, Қ.А. Адамова^{1*}

¹ *ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

**e-mail: adamovaqarlygash@gmail.com*

ИНФОРМАТИКА ПӘНІН СИНХРОНДЫ ЖӘНЕ АСИНХРОНДЫ ОҚЫТУДЫҢ ТИІМДІ ӘДІСТЕРІ

Аңдатпа

Қазіргі кезде білім беру жүйесінде онлайн және қашықтықтан, дәстүрлі оқытудың қатар жүргізілуіне байланысты ауқымды өзгерістер болып отыр. Бұл өзгерістер білім алушыларға көптеген әлемдік және отандық деңгейдегі онлайн және қашықтықтан оқытуға арналған платформаларды, ресурстарды, оқу материалдарын кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Әйтсе де, ана тілімізде жасалған құралдар мен әдістемелер, оларды оңтайлы пайдалану, өз бетінше тапсырмаларды орындау және білім сапасын арттыру мақсатында жүйелілікті қамтамасыз ету жеткіліксіз. Осыған байланысты, жүйелі және тиімді, қажетті, қолайлы платформаны таңдаумен қатар, оқу мазмұнына сәйкес кешенді құру ең өзекті мәселелердің бірі деп санаймыз. Электрондық білім беру ресурстарының ғалымдардың ғылыми жұмыстарындағы алатын орны зерделенді. Синхронды және асинхронды оқытудың оқу сапасын арттырудағы мүмкіндіктері талданып, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды. Мақалада синхронды және асинхронды білім беруді ұйымдастырудағы негізгі мәселелері зерттелді. Осының негізінде информатиканы асинхронды оқытудың технологиялық құрылымының моделі жасалды. I-Learning қосымшасында 9-сыныпқа арналған информатика пәнін синхронды және асинхронды оқытудың кешендік курсы әзірленіп, сынақтан өткізілді. Осы мақалада жүргізілген эксперименттің оң нәтижелері көрсетілді.

Түйін сөздер: қашықтықтан білім беру, синхронды оқыту, асинхронды оқыту, білім беру ресурстары, оқыту платформалары.

Аннотация

Г.А. Мадьярова¹, Қ.А. Адамова¹

¹ *Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан*

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ СИНХРОННОГО И АСИНХРОННОГО ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКИ

В настоящее время в системе образования происходят масштабные изменения, связанные с параллельным проведением онлайн и дистанционного, традиционного обучения. Эти изменения позволят обучающимся широко использовать платформы, ресурсы, учебные материалы для онлайн и дистанционного обучения на многих мировых и отечественных уровнях. Тем не менее, инструментов и методик, разработанных на родном языке, их оптимального использования, самостоятельного выполнения заданий и обеспечения системности в целях повышения качества знаний недостаточно. В связи с этим, наряду с выбором системной и эффективной, необходимой, подходящей платформы, мы считаем одним из наиболее актуальных вопросов создание комплекса в соответствии с содержанием обучения. Изучено место электронных образовательных ресурсов в научной работе ученых. Проанализированы возможности синхронного и асинхронного обучения в повышении качества обучения, выявлены их преимущества и недостатки. В статье исследованы основные проблемы организации синхронного и асинхронного образования. На основе этого была разработана модель технологической структуры асинхронного обучения информатики. В приложении I-Learning разработан и апробирован комплексный курс синхронного и асинхронного обучения информатики для 9 класса. В данной статье также продемонстрированы положительные результаты проведенного эксперимента.

Ключевые слова: дистанционное образование, синхронное обучение, асинхронное обучение, образовательные ресурсы, обучающие платформы.

Abstract

EFFECTIVE METHODS OF SYNCHRONOUS AND ASYNCHRONOUS COMPUTER SCIENCE TRAINING

Madyarova G.A.¹, Adamova K.A.¹

¹ *al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

Currently, large-scale changes are taking place in the education system, associated with the parallel conduct of online and distance, traditional education. These changes will allow students to widely use platforms, resources, educational materials for online and distance learning at many global and domestic levels. Nevertheless, the tools and

techniques developed in the native language, their optimal use, independent performance of tasks and ensuring consistency in order to improve the quality of knowledge are not enough. In this regard, along with the choice of a systematic and effective, necessary, suitable platform, we consider one of the most pressing issues to create a complex in accordance with the content of training.

The place of electronic educational resources in the scientific work of scientists has been studied. The possibilities of synchronous and asynchronous learning in improving the quality of learning are analyzed, their advantages and disadvantages are revealed.

The article examines the main problems of the organization of synchronous and asynchronous education. Based on this, a model of the technological structure of asynchronous computer science training was developed. The I-Learning application has developed and tested a comprehensive course of synchronous and asynchronous computer science training for Grade 9. This article also demonstrates the positive results of the experiment.

Keywords: distance education, synchronous learning, asynchronous learning, educational resources, learning platforms.

Кіріспе

Коронавирус індетінің салдарынан дүниежүзіндегі мектеп оқушылары мен студенттердің басым көпшілігі қашықтан және онлайн оқуға көшті. Жаппай онлайн және қашықтықтан оқытуға көшу оқу үрдісін ұйымдастыру жұмыстарының тәсілдері мен ұйымдастыру формаларының түбегейлі өзгеруіне әсер етті (Qasym-Jomart Toqayev, 2021) [1]. Көптеген әлемдік және отандық деңгейдегі онлайн және қашықтықтан оқытуға арналған платформаларды ұсынатын құрастырушылар өздерінің білім беруге арналған түрлі ресурстарын жаңартып, өңдеп және кейбірі жаңа орталарды құрып, көпшілікке ұсынуда. Білім беру үрдісін ұйымдастыруға арналған қол жетімді, ашық платформалар мен қызметтердің ішінен өзімізге тиімді, қолайлысын таңдап, оған сәйкес мазмұндық контентті жүйелі, оңтайлы түрде қалыптастыру бүгінгі күннің өзекті мәселелерінің бірі деп санаймыз.

Қазіргі заманғы онлайн білім беру мен дәстүрлі білім беру жүйелерінің басты айырмашылығы – әр оқушының қажеттіліктеріне сәйкес оқытуды оңтайландыру мүмкіндігі. Синхронды тәсілді қолданатын дәрістердің ерекшеліктері оқытушы мен білім алушылардың өзара әрекеттесуі интернет-чат платформаларын немесе видеоконференцияны қолдана отырып, бір уақытта жүзеге асырылатындығында болды. Асинхронды тәсілдің өзіне тән ерекшелігі – мұндай өзара әрекеттесулер икемді түрде жүзеге асырылды және пікірталас форумдарын немесе тәуелсіз оқытуды барынша пайдалану арқылы бір уақытта жүзеге асырылмауы (UI, 2020) [2].

Асинхронды оқыту – ақпарат алмасу уақыт бойынша әртүрлі уақытта жүзеге асырылады (Panzabek, 2021) [3]. Пандемия кезінде әртүрлі техникалық, басқа да кедергілердің туындауынан сабаққа оқушылар толық қатысу мүмкіндігі болмады. Тіпті, оффлайн болып жатқан қазірдің өзінде кейбір оқушылар денсаулығына байланысты сабаққа қатыса алмау жағдайлары туындап отыр. Асинхронды оқытудың артықшылығы оқушы сабақты қарау уақытын өзі тандайды. Сабақты қайталап көріп шығуына мүмкіндік алады. Кез-келген уақытта қатарластарынан қалмай, білім алуына, тіпті қосымша ақпараттарды игеруіне мүмкіндік туғызады.

Әдебиеттерге шолу

COVID-19 пандемиясы кезінде оқудағы өзгерістер бұл мұғалімдерге оқуды жетілдіруді және жаңашылдықты жалғастыруға мүмкіндік берді (Daniel, 2020) [4]. Оқыту толыққанды студенттік орталықта өткізіледі, ол үшін оқытушылар белсенді, интерактивті және көңілді оқыту атмосферасын құра алуы керек (Rindaningsih, Findawati, Nastuti, Fahyuni, 2021) [5]. Бүкіл әлемде мұғалімдер қашықтықтан білім алуға бейімделуі керек еді. Бұл жылдам ауысу оқытушыларға қолданыстағы сабақ жоспарларын бейімдеуге, қашықтықтан білім беру саласындағы озық тәжірибелерді үйренуге немесе заманауи білім беру технологияларын қолдану дағдыларын дамытуға мүмкіндік берді (Severino, Petrovich, Mercanti-Anthony, Fischer, 2021) [6]. Оқытудың қалыпты тәртібін қалпына келтіру үшін оқытуға арналған көптеген платформалар өздерінің білім беруге арналған ресурстарын ұсына бастады. Олардың ішінде бірқатары қайта өңдеуден өткізілсе, бірқатары жаңартылған білім беру бағдарламасына сәйкестендіріп қайтадан жасалған.

Асинхронды орта оқушыларға аудио/видео, парақшалар, мақалалар және PowerPoint презентациялары түрінде материалдар ұсынады. Бұл материалға кез-келген уақытта, электронды пошта арқылы, кез-келген жерде, оқытуды басқару жүйесі (LMS) арқылы қол жеткізуге болады (Perveen, 2016) [7]. Асинхронды білім беруде интерактивті аудио /видео оқытуды қолдану тиімді. Аудио мен видео әзірлеуде оның тақырыпты қарапайым тілде түсіндірілуіне, материалдың мәтіні,

суреті, сызбалары тартымды, қысқа және түсінікті болуына зер салу керек. Ол оқушының маңызды деген ақпараттарға зейінін аудартып, тақырыпты толыққанды түсінуіне көмектеседі.

Оқу процесіне қатысушылар арасындағы өзара іс-қимыл интерактивті оқытуды қолдану арқылы ұйымдастырылуы мүмкін. Асинхронды оқыту оқушыға уақыт пен жұмыс орнын өзі таңдауға мүмкіндік береді және оның жоғары белсенділігін болжайды.

Бұл ұйымдастырушылық тәсілдің артықшылықтары:

- білім алушы үшін уақыттың шектелмеуі;
- әрбір білім алушының өз бетінше жұмыс істей алуы;
- қолжетімділік және ашықтық;
- оқытушы үшін аудиториялық жүктеме көлемінің азаюы.

Бұл тәсілдің кемшіліктері:

- білім алушы мен оқытушы арасындағы күндізгі қарым-қатынас сирек болады;
- интернетке тұрақты қолжетімділіктің және техникалық жабдықтардың болуы қажеттілігі;
- практикалық сабақтар мен ұжымдық, топтық жұмыстың жеткіліксіздігі (Chuvashov, Baranova, 2018) [8].

Әдістер мен құралдар

Мұғалім өзінің шеберлігіне байланысты сабақтың құрылымына көңіл аудара отырып, сабақты таныстыруда, түсіндіруде, оқушыларды бағалауда, тапсырмалар мен тесттер құрастыруда, оларды ұсынуда әртүрлі платформалар мен ресурстарды пайдалану арқылы оқушыларға барынша ықпал ете алады. Оқушылардың сабаққа деген қызығушылықтарын арттырып, зейінін маңызды деген нәрселерге аудара алады. Сонымен қатар, мұғалімге сабақтың мақсатына жетуде уақытты үнемдеуге мүмкіндік туғызады.

Мұғалімге синхронды немесе асинхронды оқыту кезінде сабақты ұйымдастыру түрлері мен мүмкіндіктері, оқу материалдарын құруға арналған ресурстар 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1. Сабақты синхронды және асинхронды ұйымдастыру түрлері

№	Түрлері	Платформалар мен ресурстар	Мүмкіндіктері
1	Интерактивті лекциялар	Webinar; Zoom; Microsoft teams; Google meet	Видео-конференциялық қызметтерді пайдалану арқылы оқушылармен онлайн жүздесу. Сабақты, оқу тапсырмаларын талқылау, талдауда жүздесуге мүмкіндік береді.
2	Видеожазбалар	Bandicam; Movavi.ru; Компьютер, ноутбук, телефонның бейнекамералары	Видеоға түсірілген сабақ форматы Youtube арнасына немесе жадыға сақтау орындарына жүктеледі.
3	Тексеру тапсырмалары мен тесттер	Тестілеу жүйелері; Quizizz; Google Classroom; Google Form; Kahoot және т.б.	Тапсырмаларды дайын ресурстарды пайдалану арқылы жасау оқушылардың жұмыстарын тексеруде уақытты үнемдейді, оқушылардың қызығушылығын арттырады. Көпшілік ресурстарда дайын тапсырмаларды немесе тапсырманың әртүрлі дайын шаблондарын ұсынады.
4	Кеңес беру, тақырыптар мен бақылау жұмыстары бойынша дедлайндар	Google Docs, әлеуметтік желідегі жабық топтар, ішкі хабарламалар және т.б.	Кері байланыс орнату үшін әлеуметтік желінің кез-келген байланыс түрін қолдануға болады.

Алайда, әртүрлі платформаларды, ресурстарды пайдаланудың тиімсіз жағы да бар. Оны оқушылар игеруіне көп уақыт жұмсауы мүмкін, әрқайсысын жүктеуге құрылғысында жады көлемі жетпеуі мүмкін. Тағы басқа кедергілер туындамасы үшін барлық ресурс бір жерде орналасса, ең алдымен мұғалімге тиімді екені сөзсіз. Оқушыларға ақпарат берудің ең тиімді жолы – кез-келген

жерде және кез-келген уақытта көруге болатын веб-беттерін құру. Курс жоспарынан бастап, әр модульді нақты оқу материалдарына сілтеме жасау және оқу тапсырмалары ретінде тізімдеу арқылы құруға болады. Курс жоспарын ұйымдастыру әр пәннің ерекшелігіне, білім беру стандартына негізделіп жасалынуы тиіс. Информатика пәнінен курс жасау жоспары ең алдымен, мұғалім мен оқушы арасында тығыз байланыс болуын қамтамасыз етуі керек (1-сурет).



Сурет 1. Информатиканы асинхронды оқытудың технологиялық құрылымының моделі

Модель құрылымы үш аспектіні, соның ішінде мазмұнды, технологиялық мүмкіндіктерді, психологиялық-физиологиялық ерекшеліктерді ескере отырып, мұғалім мен оқушы қатынасын білім беру жүйесінде біріктіреді және білімді түсінуді диагностикалау мен бағалауға, оқыту бойынша ұсыныстарға, талдауға және кері байланыс жүргізуге бағытталған. Модельді тек информатика пәні үшін ғана емес, кез-келген жалпы білім беретін орта мектептерде оқытылатын оқыту пәндері үшін қолдануға болады. Информатиканы оқыту процесінің моделі негізінде тиімді қарым-қатынас ортасын құру үшін I-Learning қосымшасы құрылды.

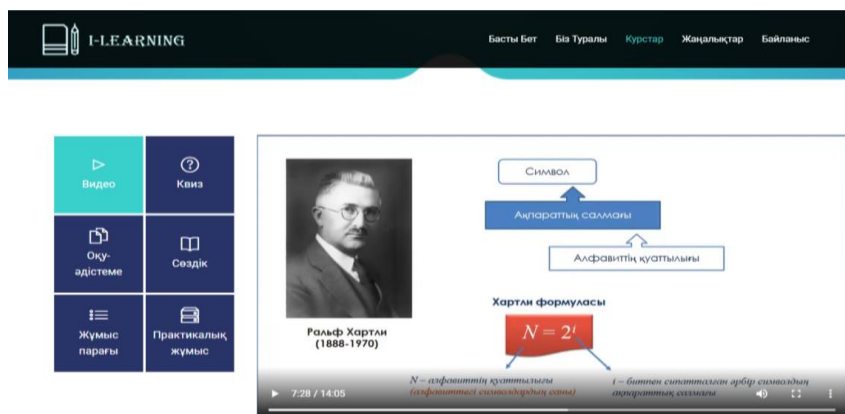
I-Learning қосымшасында жұмысты жоспарлау төмендегідей ұйымдастырылды:

- ҚМЖ (қысқа мерзімді жоспар), презентация: оқу мақсатына сай даярлануы;
- Видео-сабақ: білім беру стандартына сүйене отырып жасалуы (7-15 минут аралығында);
- Тақырыптарға/дәрістерге сәйкес деңгейлік тапсырмалар құру;
- Кері байланыс: мұғалім мен оқушылар арасында пән бойынша қарым-қатынасты ұйымдастыру;
- Бақылау жұмыстары: уақыт пен тапсырма деңгейінің саралануы (білу, түсіну, қолдану тапсырма деңгейлерінің қамтылуы);
- Серверді пайдаланушыға қолдану оңай, әрі түсінікті етіп даярлау;
- Мұғалімге, оқушыға, сервер пайдаланушысына арналған нұсқаулықтар даярлау.

Жоғарыдағы жоспарлау жұмысына сәйкес, I-Learning қосымшасында 9-сыныпқа арналған кешенді курсты құрастырдық. Бұл курста жаңартылған бағдарлама бойынша барлық талаптарды (жас ерекшелігі, эргономикалық және физиологиялық, психологиялық) ескеріп құрылған контенттер саны келесідей болды:

- бейне сабақ – 28;
- критериалды бағалауға арналған тапсырмалар – 59 (жеке жұмыс, топтық жұмыс, бірлескен жұмыс тапсырмалары);
- ТЖБ (тоқсандық жиындық бағалау) арналған тапсырмалар – 8;
- БЖБ (бөлім бойынша жиынтық бағалау) арналған тапсырмалар – 10.

Оның бір тақырыбы құрылымының сұлбасын төмендегі (2-сурет) суреттен көруге болады. Кешендік курсты синхронды және асинхронды білім алуға қолайлы, түсінікті, әрі жылдам басқаруға мүмкіндік беретіндей етіп жасадық.



Сурет 2. I-Learning платформасында құрылған «Информатика» курсының құрылымы

Кешендік курстың мазмұны оқу бағдарламасына толық сәйкестендірілді. Сонымен бірге, I-Learning платформасының көмегімен, кез келген курс бойынша дәрістер, практикалық жұмыстар орналастырып, виртуалды орта құруға арналған қосымшалар жасау мүмкіндігі бар. Зерттеу барысында құрастырылған 9-сыныпқа арналған кешендік курстың білім сапасын арттырудағы объективтілігі мен ғылыми негізін тексеру мақсатында тәжірибелік сынақтан өткіздік.

Эксперимент жұмыстарын Алматы қаласындағы жалпы білім беретін №115 орта мектебінде жүргіздік. 9-сынып оқушыларын информатика пәні бойынша бақылау және эксперименттік топтар деп бөліп алдық. Біз құрастырған кешендік курстың білім беру ресурстарын пайдаланбас бұрын, экспериментке қатысатын 54 оқушының информатика пәнінен білім деңгейлерін тексеріп, сандық және сапалық талдау жасадық. Осы оқушылардың 16-ы өте жақсы, 23-і жақсы нәтиже көрсетті, 13-і қанағаттанарлық, 2-еуі қанағаттанарлықсыз деңгейде болды (2-кесте). Оқушылардың білім деңгейін (1) формула бойынша объективті бағалаудың педагогикалық әдісі арқылы есептедік (Петрова, 2013) [9].

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \quad (1)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} =$$

$$= \frac{(20 \times 3 + 19 \times 4 + 18 \times 5 + 17 \times 4) + (16 \times 3 + 15 \times 7 + 14 \times 12 + 13 \times 1) + (12 \times 5 + 11 \times 5 + 10 \times 3 + 9 \times 0) + 8 \times 1}{54}$$

Орта есеппен тест нәтижесі $\bar{y} = 14,462963$ көрсеткішті көрсетті ($\Sigma = 20$).

Кесте 2. 9 - сыныптардан алынған экспериментке дейінгі тест нәтижесі

Топтар	$R \leq 50\%$	$50\% < R \leq 74\%$	$75\% < R \leq 89\%$	$90\% > R$	Сапасы (жұық мәні %-бен)
Эксперименттік топ – 27 оқушы	1	7	11	8	70%
Бақылау тобы – 27 оқушы	1	6	12	8	74%

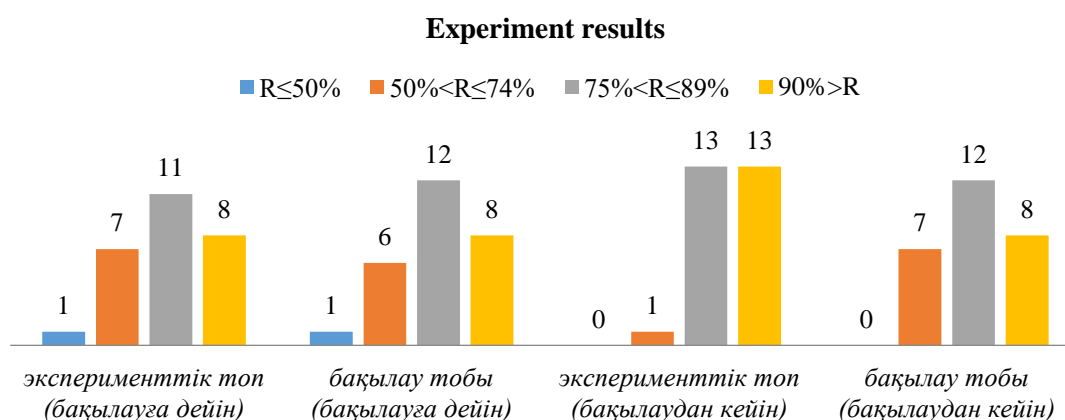
Сандық және сапалық талдау барысында эксперименттік топтағы 27 оқушының жалпы сапалық көрсеткіші 70%, ал бақылау тобындағы 27 оқушының сапалық көрсеткіші 74% болды. Сынақ кезінде эксперименттік топқа кешендік курс материалдары және білім деңгейін өз бетінше тексеруге арналған барлық ресурстар толығымен қол жетімді болып, біздің тарапымыздан кеңес беріліп, қолдау көрсетілді.

Экспериментті үшінші тоқсан бойы жүргізіп, тоқсан аяғында 54 оқушының білім деңгейін қайтадан тексеріп, сандық және сапалық талдау жасалынды (3-кесте).

Кесте 3. 9 - сыныптардан алынған эксперименттен кейінгі тест нәтижесі

Топтар	$R \leq 50\%$	$50\% < R \leq 74\%$	$75\% < R \leq 89\%$	$90\% > R$	Сапасы (жұық мәні %-бен)
Эксперименттік топ – 27 оқушы	0	1	13	13	92%
Бақылау тобы – 27 оқушы	0	7	12	8	74%

Эксперименттік және бақылау сыныптарында жүргізілген бақылау тестінің нәтижелерінен елеулі айырмашылықтарды байқаймыз. Эксперименттік топтағы оқушылардың сапалық көрсеткіші 70%-дан 92%-ға көтерілді, ал бақылау тобыныңда 2-ші мен 3-ші кестеден көріп отырғанымыздай, өзгеріссіз қалды, яғни 74% (3-сурет).



Сурет 3. Эксперименттік және бақылау сыныптарында жүргізілген бақылау тестінің нәтижелері (Диаграмма түрінде)

Біз құрастырған кешендік курс эксперимент барысында оң нәтиже беріп, оқушылардың өз бетінше қосымша дайындалуына, жеке орындауға арналған тапсырмалардың тиімді екеніне көз жеткіздік. Алдағы уақытта осы кешендік курсты басқа мектептерге информатика пәнін оқытуда ұсыну жоспарда бар. Біздің зерттеу жұмысы нәтижесінде жасалған I-Learning қосымшасы мен білім беру ресурсын пайдалануда оқушылардың оқуға деген қызығушылықтары артқанын және өз бетінше жұмыс жасауға талаптарының жақсарғанын байқадық.

Қорытынды

Егер біз қашықтықтан білім беруді дәстүрлі формалардағы виртуалды ортаға көшу ретінде емес, білім берудің жаңа парадигмасы ретінде қарастыратын болсақ, жаңа идея мен заманауи бағыт ала отырып, озық елдердің қатарында болудың құралы екендігіне көз жеткіземіз.

Зерттеу барысында келесі нәтижелер алынды:

1. Синхронды және асинхронды оқытуға арналған білім беру ресурстары және осы бағыттағы ғылыми әдебиеттер мен жұмыстарға талдау жасалды.
2. Біздің жеке тәжірибеміз негізінде жалпы білім беретін орта мектепте информатиканы 9-сыныпта асинхронды оқытуға арналған кешендік курс құрылды.
3. I-Learning қосымшасындағы кешендік курс мектепте сынақтан өткізіліп, эксперимент оң нәтиже берді.

Пайдаланылган әдебиеттер тізімі:

- 1 Мемлекет басшысы Қасым-Жомарт Тоқаевтың Қазақстан халқына Жолдауы. Жаңа жағдайдағы Қазақстан: іс-қимыл кезеңі. V. Қолжетімді әрі сапалы білім. 2020 жылғы 1 қыркүйек. URL: <https://www.akorda.kz/kz/memleket-basshysy-kasym-zhomart-tokaevtynkazakstan-halkyna-zholdauy-183555>.
- 2 Mairing J.P., Sidabutar R., Lada E.Y., Aritonang H. Synchronous and asynchronous online learning of advanced statistics during Covid-19 pandemic //JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education). – 2021. – Т. 6. – №. 3. – С. 191-205. DOI: 10.23917/jramathedu.v6i3.13477.
- 3 Панзабек Б.Т. Трудности и возможности дистанционного обучения в условиях пандемии. Вестник Казахского национального женского педагогического университета. 2021; (1): 25-32. <https://doi.org/10.52512/2306-5079-2021-85-1-25-32>.
- 4 Daniel J. Education and the COVID-19 pandemic //Prospects. – 2020. – Т. 49. – №. 1. – С. 91-96. <https://doi.org/10.1007/s11125-020-09464-3>.
- 5 Rindaningsih I., Findawati Y., Hastuti W.D., Fahyuni, E.F. Synchronous and asynchronous with flipped learning environment in primary school //PrimaryEdu-Journal of Primary Education. – 2021. – Т. 5. – №. 1. – С. 33-44. <https://doi.org/10.22460/pej.v5i1.1883>.
- 6 Severino L., Petrovich M., Mercanti-Anthony S., Fischer S. Using a Design Thinking Approach for an Asynchronous Learning Platform during COVID-19 //IAFOR Journal of Education. – 2021. – Т. 9. – №. 2. – С. 145-162. <https://doi.org/10.22492/ije.9.2.09>.
- 7 Perveen A. Synchronous and asynchronous e-language learning: A case study of virtual university of Pakistan //Open Praxis. – 2016. – Т. 8. – №. 1. – С. 21-39.
- 8 Чувашов Р. Д., Баранова А. А. Организация самостоятельного обучения с использованием открытых онлайн-платформ // Новые информационные технологии в образовании и науке. – 2018. – №. 1. – С. 43-46.
- 9 Петрова С. В. К вопросу о надежности педагогических измерений знаний учеников //Ученые записки Санкт-Петербургского университета технологий управления и экономики. – 2013. – №. 3 (43). – С. 54-59.

References:

- 1 Memleket basshysy Qasym-Jomart Toqaevtyñ Qazaqstan halqyna Joldaýy. (2020). Jaña jaǵdaıdaǵy Qazaqstan: is-qimyl kezeñi. V. Qoljetimdi ári sapaly bilim. [The message of the Head of State Kassym-Jomart Tokayev to the people of Kazakhstan. Kazakhstan in a new reality: time for action. v. affordable and high-quality education. September 1, 2020]. URL: <https://www.akorda.kz/kz/memleket-basshysy-kasym-zhomart-tokaevtynkazakstan-halkyna-zholdauy-183555>. (In Kazakh)
- 2 Mairing, J. P., Sidabutar, R., Lada, E. Y., & Aritonang, H. (2021). Synchronous and asynchronous online learning of advanced statistics during Covid-19 pandemic. JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education), 6(3), 191-205. DOI: 10.23917/jramathedu.v6i3.13477.
- 3 Panzabek, B.T. (2021) Trudnosti i vozmozhnosti distancionnogo obucheniya v usloviyah pandemii. Vestnik Kazhskogo nacional'nogo zhenskogo pedagogicheskogo universiteta. (1): 25-32. [Panzabek B.T. Challenges and opportunities of distance learning in a pandemic. Bulletin of Kazakh National Women's Teacher Training University. 2021; (1):25-32. <https://doi.org/10.52512/2306-5079-2021-85-1-25-32>]. (In Russian)
- 4 Daniel, J. (2020). Education and the COVID-19 pandemic. Prospects, 49(1), 91-96. <https://doi.org/10.1007/s11125-020-09464-3>.
- 5 Rindaningsih, I., Findawati, Y., Hastuti, W. D., & Fahyuni, E. F. (2021). Synchronous and asynchronous with flipped learning environment in primary school. PrimaryEdu-Journal of Primary Education, 5(1), 33-44. <https://doi.org/10.22460/pej.v5i1.1883>.
- 6 Severino, L., Petrovich, M., Mercanti-Anthony, S., & Fischer, S. (2021). Using a Design Thinking Approach for an Asynchronous Learning Platform during COVID-19. IAFOR Journal of Education, 9(2), 145-162. <https://doi.org/10.22492/ije.9.2.09>.
- 7 Perveen, A. (2016). Synchronous and asynchronous e-language learning: A case study of virtual university of Pakistan. Open Praxis, 8(1), 21-39.
- 8 Chuvashov R.D., Baranova A.A. (2018). Organizaciya samostoyatel'nogo obucheniya s ispol'zovaniem otkrytyh onlajn-platforn [Organization of self-education on the base of open online platforms] // Novye informacionnye tekhnologii v obrazovanii i nauke, (1), S. 43–46. (In Russian)
- 9 Petrova, S. V. (2013). K voprosu o nadezhnosti pedagogicheskikh izmereniy znaniy uchenikov [On the question of the educational measurement reliability of pupils' knowledge]. Uchenye zapiski Sankt-Peterburgskogo universiteta upravleniya i ekonomiki [Memoirs of the St. Petersburg University of Management and Economics], 2013, no.3, pp. 54-59. (In Russian)

VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY IN EDUCATION: STATE AND PROSPECTS

Mukasheva M.U.¹, Baiburin A.M.², Sarsimbayeva S.M.^{3}, Mukhiyadin A.U.²*

¹*National Academy of Education named after I. Altynsarin, Nur-Sultan, Kazakhstan,*

²*Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan*

³*Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan*

**e-mail: sarsi@mail.ru*

Abstract

This article presents study results on use of virtual and augmented reality in education. Virtual reality differs from other methods of human interaction with the computer, in particular, a feeling of total immersion into another environment or reality is created with the help of 3D graphics, panoramic video systems, modern audio systems, stereo optical effects, touch sensors. VR and AR are great technical breakthroughs in the sensory way of the information transmission. These technologies are considered as innovative learning environments for education. Virtual reality-based learning makes it possible to transfer knowledge with visual ways that are difficult or impossible to show in reality. Several types of VR headsets were used in our research: HTC, Oculus, and Samsung glasses. The article also presents statistics on sales, technical features of VR equipment. The results of IT professionals' survey about virtual reality and their sight for the VR use for education are reviewed.

Keywords: virtual reality (VR), augmented reality (AR), VR headset, VR application, education, training.

Аңдатпа

М.У. Мукашева¹, А.М. Байбури², С.М. Сарсимбаева³, А.У. Мухиядин²

¹*Ы. Алтынсарин атындағы Ұлттық білім академиясы, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан*

²*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан*

³*Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан*

БІЛІМ БЕРУДЕГІ ВИРТУАЛДЫ ЖӘНЕ КЕҢЕЙТІЛГЕН ШЫНДЫҚ: ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ БОЛАШАҒЫ

Бұл мақалада білім беру саласында виртуалды және толықтырылған шындықты қолдану бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Виртуалды шындық адам мен компьютердің өзара әрекеттесуінің басқа әдістерінен ерекшеленеді, атап айтқанда 3D графика, панорамалық бейне жүйелер, заманауи аудио жүйелер, стереооптикалық эффекттер мен сенсорлық бергіш көмегімен адамның басқа орта немесе шындыққа толық енуі сезіну мүмкін болады. VR және AR - бұл ақпаратты жіберудегі сенсорлық әдістің үлкен техникалық алға жылжу болып табылады. Білім беруде зерттелетін технологиялар оқытудың инновациялық ортасы ретінде қарастырылады. Виртуалды шындық негізінде оқыту білімді көрнекі түрде беруге мүмкіндік береді, ал нақты жағдайда білімді оқушыларға жеткізу күрделі немесе мүмкін емес болып табылады. Зерттеу барысында VR гарнитураның бірнеше түрі қолданылды: HTC, Oculus және Samsung көзілдірігі. Мақалада сонымен қатар сату статистикасы, VR жабдықтарының техникалық мүмкіндіктері көрсетілген. Сонымен қатар АТ (ақпараттық технология) мамандарының виртуалды шындықты білім беруде қолдану туралы көзқарасының сауалнамаларының нәтижесі қарастырылған.

Түйін сөздер: виртуалды шындық (VR), кеңейтілген немесе толықтырылған шындық (AR), VR гарнитура, VR қосымшасы, білім, оқыту.

Аннотация

М.У. Мукашева¹, А.М. Байбури², С.М. Сарсимбаева³, А.У. Мухиядин²

¹*Национальная академия образования им.И.Алтынсарина, г. Нур-Султан, Казахстан*

²*Евразийский национальный университет им.Л.Н.Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан*

³*Актюбинский региональный университет им.К.Жубанова, г. Актөбе, Казахстан*

ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В ОБРАЗОВАНИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В настоящей статье представлены результаты исследования использования виртуальной и дополненной реальности в сфере образования. Интерфейсы приложений виртуальной реальности отличаются от других методов взаимодействия человека с компьютером. В частности с помощью 3D графики, панорамных видеосистем, современных аудиосистем, стерео оптических эффектов и сенсорных датчиков создается

ощущение полного погружения человека в другую среду или реальность. VR и AR являются большим техническим прорывом в сенсорном способе передачи информации. Для образования изучаемые технологии рассматриваются в качестве инновационной среды обучения. Обучение на основе виртуальной реальности позволяет передать знания наглядными способами, которые в реальности сложно или невозможно показать. В наших исследованиях использовались несколько видов VR гарнитуры: HTC, Oculus, очки Samsung. В статье представлена статистика продаж, технические возможности VR оборудования. Рассмотрены результаты опроса специалистов в области IT о виртуальной реальности, и их видение по использованию VR для образования.

Ключевые слова: виртуальная реальность (VR), дополненная реальность (AR), VR гарнитура, VR приложение, образование, обучение.

1. Introduction

The promising introduction of virtual and augmented reality technologies indicates that learning tools made from them will become an important part of learning at all levels of education, and their role will increase in both traditional learning and online education.

Researchers have found that a person receives 80% of the information through sight, including the percentage of information remembered, in the following ratio: received only through sight - 20%, through hearing and sight - 40%, through hearing, sight and practice - 70% [1]. It can be affirmed that virtual reality applications can provide access to information through hearing, sight, tactile, smell, and taste receptors and that such applications will contribute to better knowledge absorption.

Prospects for the VR use in education are related to the following benefits of using VR headsets in education:

- perception. The student begins to have a good understanding of the subject area in a shorter time than in real life;
- focusing. A person can immerse themselves in the virtual world, and can look around 360 degrees and interact with objects of the virtual world;
- visibility. VR will help not only to give information about the phenomenon itself but also to show its details;
- ability to visualize physical phenomena and various objects.

However, researchers in the field have also noted some risks in the VR use in education:

- when a person puts on a virtual reality headset and uses it for a long time, he/she may experience dizziness, headaches;
- VR content development for learning takes a lot of time and resources;
- the need to purchase powerful computers and systems which are expensive;
- lack of a universal and accessible environment for VR content development for a wide range of users, particularly teachers.

The purpose of this study is to get an idea of the state and prospects of using VR/AR in education, including in educational institutions of the Republic of Kazakhstan. The study has a guiding (field) nature and is aimed at identifying current trends in the implementation of VR/AR in education, the factors affecting this process, the attitude of the subjects of the educational process, and IT professionals to the issue of VR/AR in training.

2. Overview of the market for VR headsets and virtual reality development tools

The most popular virtual reality headsets at the moment are the HTC Vive, Sony Play Station VR, Oculus Rift, Samsung Gear VR, Microsoft HoloLens. The most significant factor that affects the mass application of virtual reality headsets is their cost and availability. Nevertheless, sales of virtual and augmented reality headsets are increasing every year. For example, the sales volume of virtual reality headsets increased by 5 times in 2021 compared to 2017 meaning the demand for such devices and the interest of the population in them. The number of augmented reality headsets sold in 2016 was 100,000 but in 2021 it has already become 5 million. This suggests that AR devices have become very accessible to consumers. A study of some sources showed that the most popular headset by sales is the Oculus Quest 2, with sales of 53.5% in 2020. Analysis shows that the sales of VR headsets will be affected not only by cost but also by their other indicators such as graphic resolution, ease of use, the weight of the headset, etc. VR - HTC Vive Pro series headsets are expensive since they have a high graphic resolution and allow to view content in better quality, compared to the Samsung Gear VR [2]. The Samsung Gear VR and Google's Cardboard Headset also allow you to immerse yourself in artificial reality and are the most affordable devices (Table 1).

Table 1. VR equipment characteristics

Name of the VR headsets	Components	Sold by the end of the year		Minimum cost, tenge
		2018- 2019	2020	2021
HTC Vive Pro	Headset, base stations, controller	22,%	5.7%	308,642
Oculus Quest	Controllers, headset, cable, batteries, without base stations	25,%	53.5%	171,039
Sony	Without controllers	30,%	11.9%	128,172
Samsung Gear VR	Gear VR device. Top and main strap, Micro USB adapter, Micro USB device holder, joystick, two batteries, joystick holder	5,%	4.3%	51,011
Google	Cardboard headset, smartphone	11,%	7.3%	10,716
ClassVR	New generation ClassVR headset (4 pieces); ClassVR cube for mixed reality (4 pieces); USB controller (4 pcs); A case for storage, charging, and transportation (1 piece); Optional access to the ClassVR portal by subscription (1, 2, or 3 years depending on the selected kit).	18%	37%	3,215,025

Another technological aspect of the issue of using VR/AR in education is the development of quality educational content that enables to immerse yourself in virtual reality or virtual reality applications. Unity and Open VR are currently the most popular development environments in the market. The advantages of the Unity development environment include the ability to develop applications in a familiar development environment. The second advantage of the Unity engine is a huge library of Assets and plugins that can help speed up application development. The Unity engine, of course, has its disadvantages: good C# programming skills are necessary to develop software more complex than a simple clicker or platformer, to write scripts and components, to implement them in the application, and make it work. Unity is slow: development of complex scenes affects the performance of the game, so the developer will have to remove some elements from the project, or rather spend extra time and resources on optimization (Table 2).

Table 2. Overview of VR/AR application development platforms

Name of the platform	Year of creation	Developer or company	Accessibility	Application development
Unity	2005	Unity Technologies	There are open and pay versions	VR/AR
Vizor	2019	Vizor Games	Open Access	VR/AR
Google DayDream	2016	Google	Open Access	VR
A-Frame	2015	Supermedium	Open Access	VR
CryEngine	2002	Crytek	User pays	VR
Zspace	2001	zSpace	User pays	VR/AR
Vuforia	2015	Qualcomm	Open Access	AR

3. Methodological background for the Use of VR and AR in Education

The term “virtual reality” appeared in the mid-1980s but the first implementation of virtual reality is considered to be the “Aspen Movie Map”, created at the Massachusetts Institute of Technology in 1977 that simulates a walk through the city of Aspen, Colorado [3].

Steve Mann considered to be a developer of smart gadgets, created the prototype of the Eye Tap augmented reality headset in 1980. It was a backpack computer worn on the back and a video headset, a device that strongly resembled the one used today.

At the same time, convenient VR headsets were created for military use, designed to make it easier for pilots to control the aircraft and its combat systems. The viewing angle in such devices was 120 degrees, while most modern headsets do not even reach 110 degrees. This device was created in 1984. It allowed two people to immerse themselves in virtual reality and interact with the artificial world using the first multifunctional controllers in the form of gloves. The RB2 did not become popular due to its high cost [3].

There are various definitions and contents of virtual reality in scientific research.

Researchers mainly note four components of virtual reality: user-person (user), virtual digital world, behavioral interfaces, immersion in a virtual environment in real-time. The most complete description of virtual reality is considered in the work of P. Fuchs, M. Moreau, J. P. Papen and contains the following characteristics [4]:

- a user (person) must be in the most effective pseudo-natural immersion in the virtual world. Immersion in the virtual world cannot be natural because humans have learned to be natural only in the real world, not in the virtual world. The feeling of immersion is subjective and depends on the application or devices used (interfaces, software, etc.);

- the process for modeling (or digitizing) reality and the development of an interface for user interaction with the virtual world are key in the creation of virtual reality;

- the behavioral interfaces of the virtual world consist of sensory and motor skill interfaces. Sensory interfaces convey the emotion of the virtual world to the user's senses, and motor skill interfaces convey the user's actions to the virtual world. The number and types of interfaces used to depend on the goals of the application;

- real-time interaction is achieved when the user feels no time delay between their actions in the virtual environment and the sensory response of that environment.

The possibilities of virtual reality systems in education, science, and engineering are also considered in the studies of A.I.M. Elfeky, M.Y.H. Elbyaly[5]. This research notes that virtual reality systems make it possible to study the behavior of animals and humans, providing powerful experimental support and increasing the ecological reliability of experiments. Virtual reality accelerates development and improves training for engineers. The flexibility and controllability of virtual environments, recording capabilities, and immersive effects make these systems widely used in a wide range of fields of science, education, and engineering. The work of A.I.M. Elfeky, M.Y.H. Elbyaly [5] points to the lack of scientific research in the field of augmented reality, which affects the level of quality of skills and abilities of students of higher educational institutions. The authors present the results of a study on the effectiveness of augmented reality in developing students' fashion design skills: "The results of the study showed that fashion students trained using augmented reality technology achieved higher success and recognition in all aspects (functional, aesthetic, creative) than students who were trained using the traditional teaching method supported by educational videos"[6].

Interaction with visual information environments should result in the accelerated and harmonious development of personal abilities and potential, to cost-effective assimilation of large amounts of information, to the actualization of their resources. Researchers highlight the following properties of virtual reality, which can contribute to the development of cognitive abilities.

Immersion in a VR informational environment can also result in negative consequences. Dependence on overstimulation, extreme stimuli, and other reasons for using VR technology can form. This is the challenge that VR poses to humanity that was created by it. Developers and users currently face two global tasks concerning this challenge. The first is to control and manage the production processes of VR products. It is important to monitor the content of VR programs that should not include destructive, asocial components. These programs must be environmentally friendly (i.e., as much as possible under the natural functioning of the human senses, his mental health). The second task is to provide each subject with complete information about virtual reality, the technologies of its functioning, its impact on mental health, and to prepare the individual for interaction with the virtual environment [6].

In this case, researchers identify the following properties of virtual reality, which can contribute to the development of cognitive abilities of the learner:

- immersiveness, literally understood as "immersion," "presence effect," allows us to look differently at the application of modern immersion technologies, in particular virtual reality technology, expanding and

deepening it. Thus one can observe the development of immersiveness from the telepresence effect to full immersion with interactivity [7,8,9,10].

- the effects of presence appear in almost all environments accessible to man, expressing the emergence of the boundary of environment differences or the transition from one environment to another or the process of creating an environment. In this case, the concept of "environment" is used in a broad sense, covering both external physical environments, including those modeled by influencing the perceptual systems of a person and internal environments that assimilate various aspects of the subjective experience of a person.

- interactivity - the degree to which users can participate in changing and shaping the content of the established learning environment in real-time. Interactivity is not just the ability to navigate the world of an environment, it is the power of the subject to control changes in that environment. At the same time, the virtual world must respond to the user's actions. Interactivity requires dynamic modeling and is determined by the technological structure of the learning environment, the properties of its interface. Interactivity reflects the suitability of the form of the environment and its content to the actions of the subject.

The studies also provide a classification of the existing disadvantages of virtual and augmented reality technologies. In particular, the authors highlight the following problems in the Use of VR and AR:

- heavy and uncomfortable headsets, large headsets;
- spatial restrictions on movement;
- high cost;
- lack of quality content;
- lack of direct compatibility with platforms and integration with other programs;
- lack of a mechanism to protect personal data and confidential information;
- impact on user's health: nausea, dizziness, headaches, eye fatigue; stress on neck and spine; loss of orientation, sense of time, reality; collision with real-world objects, injury hazards.

4. Instruments and research methods

The study used the HTC Vive Pro virtual reality VR headset, Samsung virtual reality glasses (Figure 1).

The HTC Vive Pro VR headset includes base stations, controllers, and SteamVR software to demonstrate the finished project. VR applications about ocean acidification, developed by Stanford scientists and Rumii Virtual Study, were used as educational content. AR content was also used [11].



Figure 1. Components of the HTC Vive Pro VR headset

We used Samsung goggles to watch 360-degree videos.

Samsung Gear VR is one of the best virtual reality glasses. The device is equipped with a tracking system, accelerometer, gyroscope, and sight adjustment system for those with poor sight. It is controlled by a hardware button and a joystick. The content is wide enough: games, videos, short films, virtual museums, and concerts. Samsung Gear VR glasses allow you to watch the 360-degree video, which is different from VR video: you can just watch what is happening around you in this video, while in the VR application there is interactivity, i.e. you can manipulate objects, hold them and watch.

The latest Oculus Quest 2 (developed by Facebook) is currently in high demand among virtual reality users. The compactness and autonomy of Oculus Quest 2 (connects without cables and stored applications work in the absence of the Internet), as well as the reasonable price of the headset, have contributed to the growth in popularity and availability of the new model of Oculus device.

The HTC Vive Pro uses the cross-platform Unity development environment to handle virtual content. The chosen development environment enables to create applications running on more than 20 different operating systems, including personal computers, game consoles, mobile devices, Internet applications, etc. Unity, the industry-leading real-time development platform, gives programmers everything they need to develop fast, lightweight applications in a flexible graphical editor interface. Unity has a powerful and well-documented API with access to all Unity systems, including physics, rendering, and data exchange, allowing a rich interaction model to be built and integrated with other systems. Our research also used the Samsung Gear VR.

OpenVR SDK support is built into Unity by default, providing SteamVR API connections and viewing developed content with the HTC Vive Pro headset (Figure 2.)

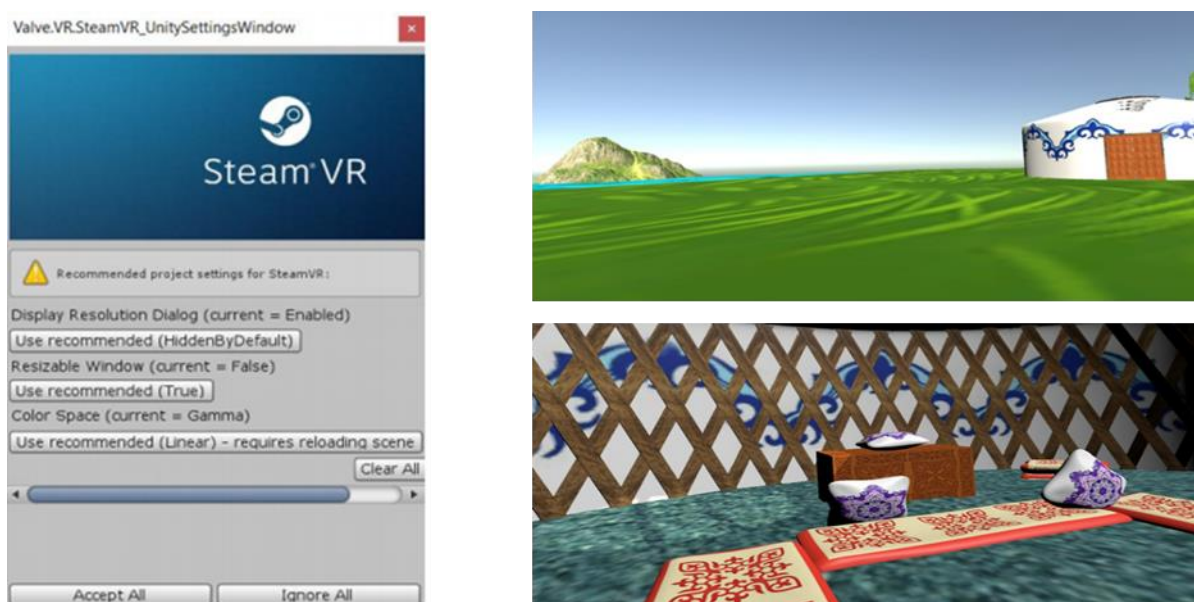


Figure 2. Connecting the OpenVR SDK to Unity to view contents

The authors of the study developed a questionnaire with 18 questions to study the users' awareness of VR/AR educational opportunities.

A survey of 59 people was conducted in November 2020. Thirty-four male and 25 female respondents participated in the survey. Forty-four of those respondents worked in IT and 10 respondents in education. Forty-nine respondents aged 19 to 29 years old. The survey was conducted with the help of Google Forms. The content of the questionnaire includes: availability of immersive technologies, the effectiveness of VR/AR use in education and what problems are solved with their help, gamification in virtual reality, risks affecting students' health, etc.

5. Results and discussion

The survey results showed that the majority of respondents perceive virtual reality as an artificial reality; besides, some respondents believe that this technology is intended exclusively for games and entertainment: “virtual reality is related to artificial reality” - 50.9%; “virtual reality is a new technology” - 30.5%; “virtual reality is a form of gaming or entertainment” - 13.6%.

37% of respondents confirmed that they spent between one and five hours a week playing virtual games, and 12% spent 10 hours or more.

The survey results also showed that the main obstacles to the mass spread of virtual reality are the high price and lack of awareness of the wide range of users about the possibilities of VR:

- 25.4% think it is too expensive,
- 16.9% think the technology is not good enough etc.

For example, respondents answered the question, "If you don't use virtual reality, what prevents you from accepting this form of gaming/entertainment?" in this way (Figure 3).



Figure 3. Results of responses to the question about acceptance of virtual reality in the form of games/entertainment

Participants were most likely to expect the effects of virtual reality in medicine and education, according to the survey (Figure 4):

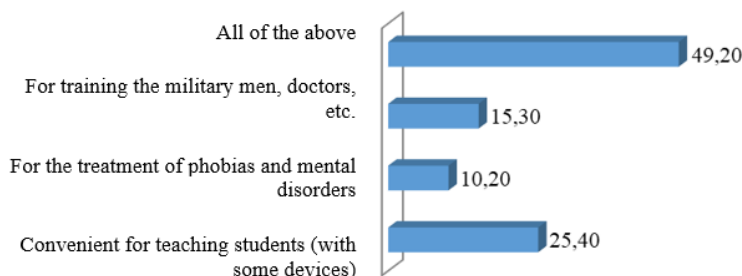


Figure 4. Responses to the question about the effectiveness of VR

Analysis of the results showed that the quality of virtual reality educational content is also important for the participants of the survey. More than 89% of respondents believe that the quality of virtual reality educational content or VR applications involve such features as immersiveness, presence effects, and interactivity in the VR learning environment. Respondents answered the question, "Which VR improvement do you think would have the greatest impact on creation of a more engaging (immersive) experience?" as follows (Figure 5).

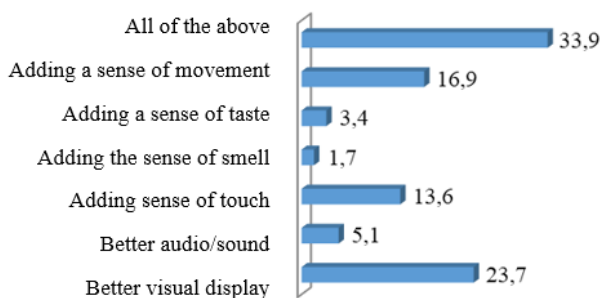


Figure 5. Results of answering the question about the VR improvement that would have the greatest impact on creating an immersive experience

32% of experts in our survey believe that it is possible to visualize physical phenomena and various objects. A person can see a model of a new house, manipulate atoms like in a constructor. 27% of specialists believe that information is understood with high quality.

The learner begins to have a good understanding of the subject area, the time spent decreases. 20% of specialists believe that it is possible to see the details visually. 20% of experts believe that virtual reality learning environments improve the focus of attention. A person can immerse themselves in the virtual world, look around 360 degrees, and nothing will distract them. The results of this study generally support

the researchers' conclusions that VR/AR technology combines virtual and real worlds, and thus can help students to learn abstract and complex subjects, improving their academic performance and reducing the cognitive load on learners [12].

Nevertheless, many issues concerning the VR use/AR technology in education remain controversial from the point of view of psychological, pedagogical, and technical-ergonomic aspects.

6. Conclusions

This study has shown that VR and AR have prospects of application in education. Virtual reality provides learners with new opportunities for experiential learning as an alternative to the traditional learning environment (classroom). The most significant advantage of using immersive technology in the educational process is that students find themselves in conditions as close to real-life as possible.

Our survey showed that professionals were informed and most of them support the use of VR and AR technologies in education. The surveyed experts also believe that the use of VR and AR in education can initiate such results as increasing the motivation of trainees, involvement in learning. Respondents said that there are obstacles to mass distribution in the form of the cost of headsets. Students and teachers begin to absorb information quickly and enthusiastically through VR and AR technology.

Virtual and augmented reality technologies in the learning process, therefore, provide the following opportunities for the individual:

- the use of the full range of human receptor systems provides coordination of information transmission through several channels;
- the ability to be immersed in the created environment in full;
- the ability to create flexible training programs;
- the ability to improve knowledge and sharpen skills interactively.

Nevertheless, the poor understanding of the virtual reality impact on the development of digital society and education, the lack of study of the possibilities of immersive technologies for education, the lack of proven and well-established immersive learning methods cause some problems and concerns in the use of virtual and augmented reality for learning in educational establishments. These problems relate to the health and safety, psycho-emotional and social well-being of students, the reliability of the quality of mastering knowledge and practical skills, as well as numerous open questions about the readiness of schools and teachers to use immersive technologies for teaching.

The article was prepared within the implementation of Project No. AP08856402. The funding source is the Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

Reference:

- 1 P. Wang, P. Wu, J. Wang, H.-L. Hung-Lin Chi and X.A. Wang.2018. "Critical Review of the Use of Virtual Reality in Construction Engineering Education and Training "International Journal of Environmental Research and Public Health" 15: 1-18, <https://doi.org/10.3390/ijerph15061204>.
- 2 Global Information, Inc. "Virtual Reality Headset Market Size, Share & Trends Analysis Report By End-device (Low-end, High-end), By Product Type (Standalone, Smartphone-enabled), By Application (Gaming, Education), And Segments Forecasts, 2021–2028". Accessed 2 June 2021. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/virtual-reality-vr-headset-market>.
- 3 L. Munoz-Saavedra, L.Miro-Amarante, M.Dominguez-Morales.2020. "Augmented and Virtual Reality Evolution and Future Tendency" Applied Sciences 10 (1): 322. <https://doi.org/10.3390/app10010322>.
- 4 P. Fuchs, M. Moreau and J.P. Papin.2001. *Le Traité De La Réalité Virtuelle*. De Paris: Presses De L'école Des Mines.
- 5 A. I. M. Elfeky, M. Y. H. Elbyaly. 2018. "Developing skills of fashion design by augmented reality technology in higher education" Interactive Learning Environments 29, no. 1: 17-32, <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1558259>.
- 6 T.D. Parsons, R. Giuseppe, S. Parsons, F.Mantovani, N.Newbutt, L.Lin, E.Venturini, T.Hall.2017. "Virtual Reality in Pediatric Psychology" Pediatrics, 140 no 2: 86-91, doi: 10.1542/peds.2016-1758I.
- 6 Fromm J., J.Radianti, C.Wehting, S.Stieglitz, T.A.Majchrzak, J. vom Brocke. 2021. "More than experience? - On the unique opportunities of virtual reality to afford a holistic experiential learning cycle" Internet and Higher Education 50, no. 100804. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2021.100804>.
- 7 K. Li, S.Wang.2021."Development and application of VR course resources based on embedded system in open education" Microprocessors and Microsystems 83, no.103989, <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2021.103989>.

8 S.Patel , B. Panchotiya, A. Patel, A. Budharani, S.Ribadiya.2020. "A Survey: Virtual, Augmented and Mixed Reality in Education' International journal of engineering research & technology 9, no.5:1067-1072, <http://dx.doi.org/10.17577/IJERTV9IS050652>.

A. M. Ghare, M. A.Khan , M.Rangwala and S.Kazi. 2017. "Augmented Reality for Educational Enhancement" International Journal of Advanced Research. in Computer and Communication Engineering 6 no.3: 232-235, <https://doi.org/10.17148/IJARCCE 2017.6352>.

9 INDI "National Geographic Augmented Reality experience by INDE". Filmed 2015. Los Angeles, California. Video, 2:56. Accessed 13 January 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=xhYoRSXbQLs> Internet Istochniki.

10 Sarsimbayeva S.M., Mukasheva M.U., Shuinshina Sh. M. and Dimitrov V.T. 2020. "Research on the development and implementation of augmented reality technologies in the educational process" Bulletin of National academy of sciences of the republic of Kazakhstan 4, no. 386: 307 – 312, <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1467.131>.

ҚҰРМЕТТІ АВТОРЛАР!

«Физика-математикалық ғылымдары» сериясы, «Хабаршы» ғылыми журналы математиканың, механика мен физиканың, информатиканың, сонымен қатар мектепте, колледжде және жоғары оқу орынында физика-математикалық пәндерді оқыту әдістемесінің өзекті мәселелері бойынша ғылыми-білім беру басылымы болып табылады.

ҚР Білім және ғылым министрлігінің білім және ғылым саласында сапаны қамтамасыз ету комитетінің шешімімен (01.07.2021 ж., №532 бұйрық, 16.11.2021 ж., №797 бұйрық) Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласында сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынатын басылымдар тізбесіне, ғылыми қызметтерінің негізгі ғылыми нәтижелерін жариялау үшін Абай атындағы ҚазҰПУ Хабаршы журналы

- математика ғылымдары (математика, қолданбалы математика; статистика және ықтималдық, механика, математикалық физика, математиканы пәнаралық қолдану, логика);;

- АКТ (компьютер ғылымдары, информатика, информатика теориясы мен әдістері, жасанды интеллект, ақпараттық жүйелер, программалық қамтамасыз етуді әзірлеу, ақпараттық қауіпсіздік, информатиканы пәнаралық қолдану);

- білім беру (білім беруді ақпараттандыру және физика-математикалық пәндерді оқыту саласындағы зерттеулер) ғылымдары мандықтары бойынша басылымдар тізіміне енгізілді.

Журнал "Ұлттық мемлекеттік ғылыми-техникалық сараптама орталығы" АҚ (ҰМҒТСО) мәліметтер базасына кіреді және қазақстандық цитаттау базасы (ҚазЦБ) бойынша нөлдік емес импакт факторы бар (<http://www.nauka.kz>).

«ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ҒЫЛЫМДАРЫ» СЕРИЯСЫ, «ХАБАРШЫ»ЖУРНАЛЫНА БАСЫЛАТЫН МАҚАЛАЛАРДЫ БЕЗЕНДІРІЛУГЕ ҚОЙЫЛАТЫН ТАЛАПТАР

I. Қажетті материалдар

1. Жеке өз аттарынан жариялайтын докторанттар, магистранттар және студенттер үшін ғылыми жетекшінің рецензиясы болуы керек.

2. Мақала авторларының саны-5 артық емес.

3. Журнал сайтында 3 тілде авторлар (bulletin-phmath.kaznu.kz) автор (авторлар) туралы мәліметтерді қамтитын хабаршының формалары толтырылады: тегі, аты, әкесінің аты, жұмыс орны (қала, ұйымның/ЖОО - ның атауы қысқартусыз), e-mail, байланыс телефоны; аннотациялар, түйінді сөздер.

II. Мақала құрылымы IMRAD форматына сәйкес болуы керек.

1. Мақала аты (7-10 сөзден тұруы тиіс, қысқартусыз, сөздердің саны бойынша асып кетуге жол берілмейді).

2. Андатпа (сіздің зерттеуіңіздің мақсаттары мен міндеттері ұсынады; зерттеу әдіснамасын қысқаша түсіндіреді; сіз қол жеткізген нәтижелер туралы айтылады; зерттеудің ғылым үшін маңыздылығы негізделеді).

3. Кіріспе (Кіріспесі. Неліктен зерттеу жүргізілді? Не зерттелінді, зерттеу мақсаты, қандай болжамдар сыналды?).

4. Зерттеу әдіснамасы (Зерттеулер қашан, қайда және қалай жүргізілді? Қандай материалдар қолданылды немесе кім енгізілді?)

Когда, где и как были проведены исследования Какие материалы были использованы или кто был включен в выборку).

5. Зерттеу нәтижелері (Қандай жауап табылды. Болжам дұрыс тексерілді ме?).

6. Дискуссия (Нәтижелерді талқылау. Жауап нені білдіреді және бұл неге маңызды болады? Бұл басқа зерттеушілер тапқан нәрсеге қалай сәйкес келеді? Зерттеудің болашағы қандай?).

7. Қорытынды (выводы).

8. Пайдаланылған дереккөздер тізімі (Web of Science және/немесе Scopus индекстелетін жарияланымдарға сілтемелерді қоса алғанда, 15-тен аспау керек).

III. Мақаланы безендіру ережесі

Мақала мәтіні Word редакторында бірлік интервал арқылы терілу керек; .Парақ пішімі : 210 x 297 mm (A4); Жоғары, төменгі, оң жақтағы, сол жақтағы өрістер: – 2 см; Мақала беттері нөмірленбейді; Шрифт: Times New Roman (қазақ, орыс, ағылшын тілдері үшін) – 11 пт; жоларалық интервал – бір; абзацтың бірінші жолының шегінісі-0,5 см.; Word редакторында орындалған суреттер объект (топтастырылған) ретінде қойылуы керек; Кестелер мен суреттердің атауы болуы және нөмірленуі

тиіс (10 қаріп, курсив). Мәтінде нөмірі көрсетілген кестелер мен суреттерге сілтеме болуы керек. Кестелердегі мәтінді безендіру: интервал бір, шрифт 10 Times New Roman, курсив. Мақала мәтіні ені бойынша форматталуы керек.

IV. Формула жазуға қойылатын талаптар

Формулалар мақала мәтініне MS Equation нысаны ретінде енгізіледі. Формуладағы символдардың өлшемдері: обычный – 11 пт, крупный индекс – 6 пт, мелкий индекс – 5 пт (математикалық редактор Equation).

V. Пайдаланылған дереккөздер тізімі: Мақалада пайдаланылған әдебиеттер мәтінде пайдалану ретіне сәйкес қолжазбаның соңында келтіріледі. Мақаладағы әдебиетке сілтеу квадраттық жақшада беріледі, мысалы, [1], [2,3], [4-7]. Беттің соңында нүктесіз тізімдеп келтіру керек. Әдебиеттерге сілтемелер саны **15 әдебиеттен** аспауы тиіс. Дереккөздер тізімінде соңғы 5 жылда (2017-2022 жж.) жарияланған жұмыстар болуы тиіс. Егер дереккөздер тізімінде кириллицадағы жұмыстар болса, әдебиеттер тізімі екі нұсқада ұсынылады: Біріншісі – түпнұсқада, екіншісі - транслитерация түрінде (<https://translit.ru/>).

VI. Мақаланың түрі

1. Сол жақ жоғарғы бұрышында бас әріптермен МРНТИ (жартылай қарайтылған, кегль №10);
2. Сол жақ жоғарғы бұрышында бас әріптермен ЭОЖ (жартылай қарайтылған, №10 кегль);
3. Курсивпен, жартылай қарайтылмаған кіші әріптермен (№11 кегль) ортада автордың (авторлардың) аты-жөні мен тегі; Жоғарғы индекспен автордың жұмыс орны (бірнеше авторлар болған жағдайда) сәйкестігін көрсетеді.
4. Бір бос жолдан кейін курсивпен автор (авторлар) жұмыс істейтін ұжым және қаланың аты (кегль №11);
5. Бір бос жолдан кейін жартылай қарайтылған бас әріптермен, шрифт Cambria (кегль №11) мақала аты;
6. Бір бос жолдан кейін мақалаға үш тілде (қазақша, орысша, ағылшынша) **100-150 сөзден** тұратын қысқаша *андатпа* (кегль №10); "*Аңдатпа*", "*Аннотация*", "*Abstract*" жазылу тіліне сәйкес сөздерден басталады. Аннотацияда сілтеме келтіруге болмайды. Аббревиатуралар толық жазылуы тиіс. Аннотацияда жұмыстың мақсаты, зерттеу қорытындылары көрсетіледі.
7. Бір бос жолдан кейін үш тілде **6-8 сөзден** тұратын түйін сөздер (кегль №10); «Түйін сөздер:», «Ключевые слова:», «Keywords:» сөздерінен басталуы керек.
8. Бос жолдан кейін мақала тақырыбын қайталау: басқа екі тілдегі авторлар, ұйымның атауы, андатпа және түйін сөздер (10 өлшем, Times New Roman).
9. Бір бос жолдан кейін мақала мәтіні (кегль №11);
10. Бос жолдан кейін жарияланым материалы туралы ақпарат көрсетіледі: егер мақала грант шеңберінде дайындалған болса, мақаланың авторлары болып табылмайтын, бірақ олардың көмегімен зерттеу жүргізілген ғылыми жетекшіге, әріптестерге алғыс білдіру және т. б.
11. Мәтіннен кейін екі бос жол тастап кіші әріптермен әдебиеттер тізімі курсивпен (кегль №10). Бірлік интервал. Әдебиеттер тізім нүктесіз нөмерленеді.

VII. Мақалаларды жариялау тілдері – қазақ, орыс, ағылшын тілдері.

Редакцияға келіп түскен мақалалар плагиатқа тексеріледі (түпнұсқалықтың 80% талабы), содан кейін мақалаларға білім саласы бойынша 2 жетекші мамандар мен ғылымдар пікір береді. Пікір негізінде редакция алқасы авторға мақаланы тағы да толықтыруға (түзетуге) ұсыныс жасауы, не мүлдем қайтарып беруі мүмкін. Бұрын жарияланған немесе басқа баспаға жіберілген мақалалар қабылданбайды. Мақаланың ұсынылатын көлемі-8 беттен кем емес. Басқа жағдайда журнал редакциясымен хабарласып келісулері қажет. Мақала мәтініне енетін иллюстрациялардың, сұлбалардың және кестелердің көлемі мәтіннің жалпы көлеміне кіреді.

Мақаланы дайындау және жариялау бойынша пайда болған барлық сұрақтар бойынша журнал редакциясына хабарласыңыздар.

e-mail: Vestnik.KazNPU.FMS@gmail.com

Мекен-жайы: Алматы қаласы, Төле би 86 көшесі, Абай атындағы ҚазҰПУ, Математика, физика және информатика институты.

Жауапты хатшылар: +7 707 7268828, +7 707 1754132

УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ!

Научный журнал «Хабаршы» КазНПУ им. Абая, серия «Физико-математические науки» является научно-образовательным изданием по актуальным вопросам математики, механики и физики, информатики, а также информатизации образования и методике преподавания физико-математических дисциплин в школе, колледже и вузе.

Решением Комитета по обеспечению качества в сфере образования и науки Министерства образования и науки РК (Приказ №539 от 01.07.2021 г., Приказ №797 от 16.11.2021 г.) Вестник КазНПУ им. Абая, Серия «физико-математические науки» включен в Перечень изданий, рекомендуемых Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан для публикации основных результатов научной деятельности по следующим направлениям:

- математические науки (математика, прикладная математика; статистика и вероятность, механика, математическая физика, междисциплинарное применение математики, логика);
- ИКТ (компьютерные науки, информатика, теория и методы компьютерных наук, искусственный интеллект, информационные системы, разработка программного обеспечения, информационная безопасность, междисциплинарное применение компьютерных наук);
- образование (исследования в области информатизации образования и преподавания физико-математических дисциплин).

Журнал входит в базу данных АО «Национальный центр государственной научно-технической экспертизы» (НЦГНТЭ) и имеет ненулевой импакт фактор по казахстанской базе цитирования (КазБЦ) (<http://www.nauka.kz>).

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, ПУБЛИКУЕМЫХ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК. СЕРИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ»

I. Представление необходимых материалов

1. Для докторантов, магистрантов и студентов, публикующихся единолично, представляется рецензия научного руководителя.
2. Количество авторов статьи - не более 5.
3. Авторами на 3-х языках на сайте журнала (*bulletin-phmath.kaznpu.kz*) заполняются формы Вестника, содержащие сведения об авторе (авторах): фамилия, имя, отчество, место работы (город, название организации/вуза без сокращений), e-mail, контактный телефон; аннотации, ключевые слова.

II. Структура статьи должна соответствовать формату IMRAD

1. Название статьи (состоит из 7–10 слов, без сокращений, превышение по количеству слов недопустимо).
2. Аннотация (представляет цели и задачи вашего исследования; кратко объясняет методологию исследования; сообщает о достигнутых вами результатах; обосновывает значимость исследование для науки).
3. Введение (Вступление. Почему проведено исследование? Что было исследовано, цель исследования, какие гипотезы проверены?).
4. Методология исследования (Когда, где и как были проведены исследования? Какие материалы были использованы или кто был включен в выборку?).
5. Результаты исследования (Какой ответ был найден. Верно ли была протестирована гипотеза?).
6. Дискуссия (Обсуждение результатов. Что подразумевает ответ и почему это имеет значение? Как это вписывается в то, что нашли другие исследователи? Каковы перспективы для исследований?).
7. Заключение (выводы).
8. Список использованных источников (не более 15, включая ссылки на публикации, индексируемые в Web of Science и/или Scopus).

III. Правила оформления статей.

Текст статьи должен быть набран в редакторе MS Word через одинарный интервал; Формат листа: 210 x 297 mm (A4); Поля: верхнее, нижнее, правое, левое – 2 см; страницы статьи не нумеруются; Шрифт: Times New Roman (для каз., рус. и англ. языков), размер - 11 пт; межстрочный интервал – одинарный; отступ первой строки абзаца – 0,5 см.; Рисунки, выполненные в редакторе Word, должны быть вставлены как объект (сгруппированы); Таблицы и рисунки должны иметь название и быть

пронумерованы (шрифт 10, курсив). В тексте необходимо давать ссылку на таблицы и рисунки с указанием номера. Оформление текста в таблицах: интервал одинарный, шрифт 10 Times New Roman, курсив. Текст статьи должен быть отформатирован по ширине.

IV. Требования к написанию формул

Формулы вставляются в текст статьи как объект MS Equation. Размеры символов в формулах (Equation): обычный - 11 пт, крупный индекс - 6 пт, мелкий – 5 пт.

V. Список использованных источников, составляется по ходу упоминания ее в тексте и приводится в конце рукописи. Ссылки на литературу в тексте указываются в квадратных скобках, например, [1], [2,3], [4-7]. В списке каждый источник нумеруют арабской цифрой без точки и печатают с абзацного отступа. Количество ссылок не должно превышать **15 наименований**. В списке источников должны присутствовать работы, опубликованные за последние 5 лет (2017-2022 гг.). Если в списке источников содержатся работы на кириллице, список литературы представляется в двух вариантах: первый – в оригинале, второй References – транслитерацией (<https://translit.ru/>).

VI. Вид статьи

1. МРНТИ в левом верхнем углу прописными буквами (полужирным, кегль №10);
2. УДК в левом верхнем углу прописными буквами (полужирным, кегль №10);
3. Заголовок статьи: Курсивными, не полужирными прописными буквами (кегель №11) по центру инициалы и фамилия автора (авторов); Верхним индексом указывают соответствие месту работы автора (в случае нескольких авторов).
4. Через одну пустую строку указать название организации без сокращений, город, страну в котором работает автор (авторы) курсивом (кегель № 11)), Верхним индексом указывают соответствие автора месту работы;
5. Через пустую строку по центру полужирными прописными буквами, шрифт Cambria (кегель №11) название статьи;
6. Через пустую строку аннотация в **100-150 слов** в кратких предложениях аннотация на языке статьи (кегель №10), начинается со слов соответственно языку написания «Аңдатпа», «Аннотация», «Abstract». В аннотации не допускается цитирование. Аббревиатуры должны быть расшифрованы. В аннотации указывается цель работы, выводы исследования.
7. Ключевые слова или словосочетания по тематике, **6-8 слов**, на языке статьи (кегель №10, полужирно). Должны начинаться со слов «Түйін сөздер:», «Ключевые слова:», «Keywords:» соответственно.
8. Через пустую строку повторить заголовок статьи: авторы, название организации и название, аннотации и ключевые слова на двух других языках (кегель №10, Times New Roman).
9. Через пустую строку текст статьи (кегель №11);
10. Через пустую строку указывается информация о материале публикации: если статья подготовлена в рамках гранта, благодарность научному руководителю, коллегам, которые не являются авторами статьи, но при их содействии проводилось исследование и т.п.
11. Список использованных источников, указывается после текста статьи, через две пустые строки строчными буквами, курсивом (кегель №10). Интервал - одинарный. Нумерация списка без точки.

VII. Языки издания (вещания) статей – казахский, русский, английский. Поступившие в редакцию статьи проверяются на плагиат (требование 80% оригинальности), далее рецензируются 2 ведущими специалистами и учеными по отраслям знаний. На основании рецензий редколлегия может рекомендовать автору доработать статью или отказать в публикации. Рукописи статей, опубликованных ранее или переданных в другие издания, не принимаются. Рекомендуемый объем статьи – не менее 8 страниц. В ином случае вопрос по объему статьи необходимо согласовать с редакцией журнала. Иллюстрации, схемы, таблицы, включаемые в текст статьи, учитываются в общем объеме текста. По всем вопросам, связанным с подготовкой, представлением и публикацией материалов, необходимо обращаться в редакцию журнала.

Адрес: г. Алматы, ул.Толе би 86, КазНПУ им. Абая, Институт математики, физики и информатики

Ответственный секретарь: +7 707 7268828, +7 707 1754132

e-mail: Vestnik.KazNPU.FMS@gmail.com