



ISSN 1728-7901

Индекс 74231

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық
университеті

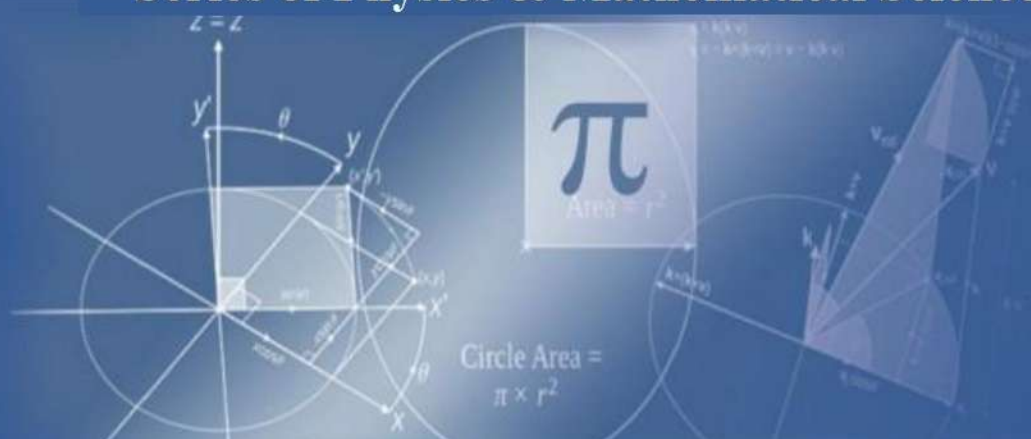
Казахский национальный педагогический
университет имени Абая

ЖАБАРШЫ ВЕСТНИК BULLETIN

«Физика-математика ғылымдары» сериясы

серия «Физико-математические науки»

Series of Physics & Mathematical Sciences



№ 3(75)

2021

$E=mc^2$

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
№3(75)

Алматы, 2021

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті

ХАБАРШЫ
«Физика-математика ғылымдары»
сериясы №3 (75), 2021 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,
ф.-м.ғ.к. М.Ж. Бекпатшаев

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

Редакциялық алқа мүшелері:
Dr.Sci. К.Аlimhan (Japan),
Phd.d. А.Cabada (Spain),
Phd.d Е.Кovatcheva (Bulgaria),
Phd.d. М.Ruzhansky (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,
п.ғ.д. М.П. Лапчик (Ресей),
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, 2021

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

Басуға 30.09.2021 қол қойылды
Пішімі 60x84 1/8. Көлемі 25,5 е.б.т.
Таралымы 300 дана. Тапсырыс 90.

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

ЕСЕПТЕУ МАТЕМАТИКАСЫ ЖӘНЕ
МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА И
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
COMPUTER MATHEMATICS AND MATHEMATICAL MODELING

Бектемесов Ж.М., Кабанихин С.И., Касенов С.Е.
О численном моделировании обратной задачи
эпидемиологии..... 7

Темирбеков Н.М., Лось В.Л., Имангалиев Е.И.,
Байгереев Д.Р., Темирбекова Л.Н., Нурмангалиева М.Б.
Модуль геоинформационной системы на основе численного
моделирования обратных задач геохимии
регуляризирующими алгоритмами 15

Ysmagul R.S., Zhumartova B.O.
Characteristic function of the system D–Equations 29

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

Айнакулов Ж.Ж., Зуев Д.В., Сейдахметов Б.К.,
Федоров И.О., Кошекков К.Т.
Виртуальное моделирование и мониторинг деталей
авиационной техники 35

Бисембаев К., Өмиржанова Ж., Султанова Қ.
Кинематикалық дірілден қорғау жүйесіне орнатылған
серпімді пластинаның жазық тербелісін зерттеу 44

Бисембаев К., Сманов А.
Дірілтірекке орнатылған көлденең кимасы айнымалы серпімді
құрылғының параметрлік илутербелісі 51

Мукашев К.М., Степанов А.В., Садықов Т.Х.,
Аргынова А.Х., Жуков В.В., Умаров Ф.Ф., Искаков Б.А.
Об одном способе организации единой системы регистрации
космических лучей 64

ИНФОРМАТИКА
COMPUTER SCIENCE

Ахметов Б.Б., Ляхно В.А., Ягалиева Б.Е., Жилкишбаева Г.С.
Көпфакторлығы ескерілетін киберқауіпсіздікке
инвестициялау процесін басқаруға арналған шешімдерді
кабылдауды қолдау жүйелерінің моделін әзірлеу 70

Казахский национальный педагогический университет имени Абая

ВЕСТНИК
Серия «Физико-математические науки»
№3 (75), 2021 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.,
к.ф.-м.н. Бекпатшаев М.Ж.

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

Члены редколлегия:
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.п.н. Лапчик М.П. (Россия),
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, 2021

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

Подписано в печать 30.09.2021.
Формат 60x84 1/8. Об. 25,5 уч.-издл.
Тираж 300 экз. Заказ 90.

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

Balabayeva G.T., Darkenbayev D.K., Turdaliyev M. Big data processing in the digitalization of enterprise activities	76
Бурибаев Ж.А., Амиргалиева Ж.Е., Атаниязова А.С., Меліс З.М., Даулетия Д.Д. Применение алгоритмов машинного обучения для классификации разновидностей сорных растений	83
Yelenov A.M., Jaxylykova A.B. Scientific named entity recognition WITH the help of modern methods	94
Есмагамбетов Б.-Б.С. Помехоустойчивость в информационно-измерительных системах со сжатием данных.....	100
Kapalova N., Algazy K., Sakan K., Dyussenbayev D. The Algorithm of block encryption «A103» and the results of its analysis	108
Капалова Н.А., Хаумен А. Динамические таблицы подстановок симметричных блочных алгоритмов шифрования.....	115
Картбаев Т.С., Тургынбаева А.А., Маликова Ф.У. Разработка программного продукта для оценки инвестиционных проектов на основе метода теории игр	121
Мансурова М.Е., Барахнин В.Б., Тюлепбердинова Г.А., Гусманова Ф.Р., Нұраханова А.А. Денсаулық жағдайының жіктемесін жасанды интеллект әдістерімен салыстырмалы талдау	129
Нурбекова Ж.К., Кусаннов Г.М., Михалев Р.К., Танирбергенова А.Ш. Информационное моделирование процесса оценивания качества содержания при экспертизе типовых учебных планов и типовых учебных программ	138
Тохметов А.Т., Тусупов А.Д., Танченко Л.А. Анализ данных при создании расширенной гигабитной оптической сети	148
Ускенбаева Р.К., Болшибаева А.К., Рахметулаева С.Б. Организация базовой модели бизнес-процессов	158
Ускенбаева Р.К., Т.С. Картбаев, Байер Д., Тогжанова К.О. Шешім қабылдаудың топтық әдістері негізінде динамикалық жоспарлау есептерін шешу	167
МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА ЖӘНЕ ИНФОРМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ	
МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ, ФИЗИКИ И ИНФОРМАТИКИ	
METHODS OF TEACHING MATHEMATICS, PHYSICS AND COMPUTER SCIENCE	
Бегимбетова Г., Заурбек У., Сейтова А. Білімдік цифрлық із деректері негізінде қашықтан оқытуда студенттердің өзіндік жұмысын бағалау	173

Abai Kazakh National
Pedagogical University

BULLETIN
Ser. Physics & Mathematical Sciences

№3 (75), 2021.

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.**,
Cand.Sci. **Bekpatshayev M.Zh.**

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. (Ped.) **Lapchik MP** (Russia),
Dr. Sci. **Lisicin V.M.** (Russia),
Dr. Sci. (Ped.) **Mambetkunov E.M.**
(Kyrgyz Republic),
Dr. Sci. **Mukhambetzhanov 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, 2021

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 30/09/2021
Format 60x84 1/8. Vol. 25,5 p.
Printing 300 copies. Order 90.

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

Бидайбеков Е.Ы., Босова Л.Л., Бекежанова А.А.
Инфографиканы қолдана отырып, болашақ информатика
мұғалімдерін объектіге бағытталған программалауға оқыту
мазмұны..... 182

Карымсақова А.Е., Закирова А.Б., Хасенова А.Е.
Мектепте информатика пәнін оқыту шеңберінде критериялды
бағалауды қолдану тәжірибесінен..... 189

Керимбаев Н.Н., Ткач Г.М., Нурым Н.Н., Акрамова А.С.
Мобильные технологии в виртуальных средах обучения
..... 197

Сағымбаева А.Е., Авдарсоль С.
Критериялды тәсіл негізінде информатикадан оқушылардың
функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесінің тиімділігі ... 205

ЕСЕПТЕУ МАТЕМАТИКАСЫ ЖӘНЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
COMPUTER MATHEMATICS AND MATHEMATICAL MODELING

УДК 519.6
МРНТИ 27.41.19

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.01>

Ж.М. Бектемесов¹, С.И.Кабанихин^{2,3}, С.Е.Касенов^{1,4*}

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

²Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
г. Новосибирск, Россия

³Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

⁴Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан

*e-mail: syrym.kasenov@gmail.com

О ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ЭПИДЕМИОЛОГИИ

Аннотация

В статье рассматриваются математическая камерная модель распространения коронавируса COVID-19. Статья состоит из шести пунктов. В этом исследовании эпидемические вспышки изучаются с междисциплинарной точки зрения с использованием расширения модели восприимчиво-зараженных-выздоровевших-умерших (SEIRD), которая представляет собой математическую камерную модель, основанную на среднем поведении исследуемой группы населения. Многие инфекционные заболевания характеризуются инкубационным периодом между воздействием и появлением клинических симптомов. Субъекты, подвергающиеся воздействию инфекции, гораздо более опасны для населения по сравнению с субъектами, у которых наблюдаются клинические симптомы. Рассматривается нелинейная система дифференциальных уравнений SEIRD. Для численного решения прямой задачи рассматриваются метод Рунге-Кутты четвертого порядка. В моделировании взаимосвязь выводится на основе законов предметной зоны и позволяет определять характер изменений в рамках работы в зависимости от ее параметров. Поставлена обратная задача для определения коэффициентов данной системы. Обратная задача решалась по методу генетического алгоритма. Описан метод генетического алгоритма. Получены численные результаты и сделан сравнительный анализ с точными данными.

Ключевые слова: распространение коронавируса, математическое моделирование, метод Рунге-Кутты, генетический алгоритм, численные расчеты.

Аңдатпа

Ж.М. Бектемесов¹, С.И.Кабанихин^{2,3}, С.Е.Касенов^{1,4}

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

²РФА СБ Есептеу математикасы және математикалық геофизика институты, Новосибирск, Ресей

³Новосибирск мемлекеттік университеті, Новосибирск, Ресей

⁴Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ, Қазақстан

ЭПИДЕМИОЛОГИЯНЫҢ КЕРІ ЕСЕПТЕРІН САНДЫҚ МОДЕЛДЕУ

Мақалада COVID-19 коронавирусының таралуының математикалық камералық моделі қарастырылады. Мақала алты бөлімнен тұрады. Бұл зерттеуде эпидемиялық індеттер зерттелетін популяцияның орташа мінез-құлқына негізделген математикалық камералық модель болып табылатын сезімтал-жұқтырған-емделген-қайтыс болған (SEIRD) моделін кеңейту арқылы пәнаралық тұрғыдан зерттеледі. Көптеген жұқпалы аурулар әсер ету мен клиникалық белгілердің басталуы арасындағы инкубациялық кезеңмен сипатталады. Инфекцияға ұшыраған субъектілер клиникалық белгілері бар субъектілерге қарағанда халық үшін әлдеқайда қауіпті. Мақалада SEIRD сызықты емес дифференциалдық теңдеулерінің жүйесі қарастырылады. Тура есепті сандық шешу үшін төртінші дәлдікті Рунге-Кутта әдісі қарастырылады. Модельдеуде қарым-қатынас пәндік аймақтың заңдары негізінде жасалады және оның параметрлеріне байланысты жұмыс шеңберіндегі өзгерістердің сипатын анықтауға мүмкіндік береді. Осы жүйенің коэффициенттерін анықтау үшін кері есеп қойылды. Кері есеп

генетикалық алгоритм әдісімен шешілді. Генетикалық алгоритм әдісі сипаттамасы келтірілген. Сандық нәтижелер алынды және нақты деректермен салыстырмалы талдау жасалды.

Түйін сөздер: коронавирустың таралуы, математикалық модельдеу, Рунге-Кутта әдісі, генетикалық алгоритм, сандық есептеулер.

Abstract

ON NUMERICAL MODELING OF THE INVERSE EPIDEMIOLOGY PROBLEM

Bektemesov Zh.M.¹, Kabanikhin S.I.^{2,3}, Kasenov S.E.^{1,4}

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia

³Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

⁴Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

The article examines a mathematical compartment model of the spread of the COVID-19 coronavirus. The article consists of six paragraphs. In this study, epidemic outbreaks are studied from an interdisciplinary point of view using an extension of the susceptible-infected-recovered-deceased (SEIRD) model, which is a mathematical chamber model based on the average behavior of the studied population group. Many infectious diseases are characterized by an incubation period between exposure and the appearance of clinical symptoms. Subjects exposed to infection are much more dangerous to the public compared to subjects who have clinical symptoms. A nonlinear system of SEIRD differential equations is considered. For the numerical solution of a direct problem, the fourth-order Runge-Kutta method is considered. In modeling, the relationship is derived based on the laws of the subject area and allows you to determine the nature of changes in the framework of the work, depending on its parameters. The inverse problem is posed to determine the coefficients of this system. The inverse problem was solved by the method of a genetic algorithm. The method of the genetic algorithm is described. Numerical results are obtained and a comparative analysis with accurate data is made.

Keywords: coronavirus spread, mathematical modeling, Runge-Kutta method, genetic algorithm, numerical calculations.

1 Введение

Коронавирусы – это одноцепочечные РНК-вирусы с положительным смыслом, относящиеся к семейству Coronaviridae [1]. Коронавирусная инфекция COVID-19 – потенциально тяжёлая острая респираторная инфекция. Представляет собой опасное заболевание, которое может протекать как в форме острой респираторной вирусной инфекции лёгкого течения, так и в тяжёлой форме, специфические осложнения которой могут включать вирусную пневмонию, влекущую за собой острый респираторный дистресс-синдром или дыхательную недостаточность с риском смерти [2].

С момента появления коронавируса COVID-19 в январе 2020 года этот вирус затронул большинство стран и унес жизни нескольких тысяч человек во всем мире. К марту 2020 года Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) объявила ситуацию пандемией, первой в своем роде в нашем поколении. На сегодняшний день многие страны и регионы заблокированы и применяют строгие меры социального дистанцирования, чтобы остановить распространение вируса. С точки зрения стратегического и медицинского управления, характер распространения заболевания и прогноз его распространения во времени имеют большое значение для спасения жизней и минимизации социальных и экономических последствий заболевания. В научном сообществе интересующая проблема изучалась в различных сообществах, включая математическую эпидемиологию [3], моделирование биологических систем [4], [5].

В этом исследовании эпидемические вспышки изучаются с междисциплинарной точки зрения с использованием расширения модели восприимчиво-зараженных-выздоровевших (SEIR) [3], которая представляет собой математическую камерную модель, основанную на среднем поведении исследуемой группы населения. Цель состоит в том, чтобы понять значения математического моделирования для эпидемических заболеваний. Моделирование показывает, как социальные меры, такие как дистанцирование, региональные ограничения и бдительность общественного здравоохранения, могут влиять на параметры модели, которые, в свою очередь, изменяют показатели смертности и число случаев активного заражения с течением времени.

Такие факторы как смертность и количество инфицированных случаев очень важны в любой эпидемиологической модели, так как количество инфицированных будет определять количество летальных случаев по причине болезни, которое повлияет на количество заразившихся. Но также в на летальность влияет ряд показателей, таких как: возраст, сопутствующие болезни, медицинское вмешательство (смертельные случаи можно предотвратить) и др. В тоже время в работе [6] для более

точного восстановления параметров были использованы данные по официально зарегистрированным выздоревшим слоям населения в Республике Казахстан. Также для определения параметров на возможность их восстановления за счет решения обратных задач, в статье [7] авторы провели анализ идентифицируемости на основе чувствительности для различных моделей распространения пандемии COVID-19. Данный анализ позволил определить наиболее и наименее чувствительные параметры к изменениям данных. Авторы с помощью решения обратной задачи описали основные тенденции распространения вируса в России.

В работе [8] провели оценку эффективности противодействующих мер распространения эпидемии COVID-19 на основе математической модели SEIR для городов Москвы и Санкт-Петербурга, предоставив расчеты по 4 основным сценариям ограничительных мероприятий.

Другие исследователи в [9] решали обратную задачу для моделирования распространения COVID - 19 в Болгарии с использованием обратной времени-зависимой математической модели SEIR представив двухнедельный прогноз количества новых случаев заражения, активных случаев и выздоревших людей. В статье [10] используется полу-управляемая нейронная сеть для изучения решения дифференциальных уравнений для различных параметров моделирования эволюции распространения COVID-19 и ее начальных условий, а затем применяются методы решения обратных задач для оценивания оптимальных условий соответствующих статистическим данным.

Следует подчеркнуть, что математические модели, применяемые к реальным системам (социальным, биологическим, экономическим и т.д.), Действительны только в соответствии с их предположениями и гипотезами. Таким образом, это исследование - и аналогичные - которое касается моделей эпидемии, не несет прямой клинической информации и опасностей для населения, а должно использоваться стратегами здравоохранения для лучшего планирования и принятия решений. Следовательно, изучение этой работы рекомендуется только для исследователей, знакомых с сильными сторонами и ограничениями математического моделирования биологических систем.

В статье представлено краткое введение в математическое моделирование биологических систем, чтобы подчеркнуть сферу охвата настоящего исследования и открыть перспективы для заинтересованных исследователей, которые могут быть менее знакомы с контекстом. Предлагаемая модель распространения коронавируса представлена в третьем разделе.

2 Математическое моделирование

Модель – это объект, который в определенных аспектах напоминает систему или объект, но с ним легче работать по сравнению с исходной системой. Модели используются для:

- 1) идентификации и лучшего понимания систем;
- 2) моделирования поведения системы;
- 3) прогнозирования ее будущего поведения и, в конечном итоге;
- 4) управления системой.

По-видимому, с 1 по 4 проблема становится более сложной, и хотя конечная цель состоит в том, чтобы использовать или контролировать систему, эта цель не обязательно достижима. Хотя моделирование является первым и наиболее важным шагом на этом пути, оно очень сложное и нетривиальное. Различные проблемы, с которыми сталкиваются в этом отношении, включают в себя:

- Модели не являются уникальными, и разные модели могут сосуществовать для одной системы.
- Модель – это лишь кусочек реальности, и все модели имеют область действия, за пределами которой они недействительны.
- Моделирование может выполняться на разных уровнях абстракции, что соответствует уровню упрощения и конкретным аспектам системы, которые рассматриваются моделью.

На примере, реакция глобальных фондовых рынков с многочисленными экономическими, политическими, промышленными, социальными и психологическими факторами на новости с сильным влиянием в случаях может быть смоделирована с помощью дифференциального уравнения второго порядка со ступенчатым избыточным затуханием, которое достигает своего устойчивое состояние через некоторое время. Или в медицине, реакция человеческого организма – с более чем тридцати семи триллионов клеток – на лекарства во многих случаях может быть «резонансно» смоделирована с помощью дифференциального уравнения первого порядка. В то время как различные типы моделей используются для биологических систем, нас обычно интересуют математические модели [11], так как они позволяют предсказывать биологические системы и управлять ими. При выборе между различными доступными моделями широко принятый принцип

является скупость модели, которая просто означает, что «модель должна быть максимально простой и настолько сложной, насколько это необходимо!». Скупость модели также является важным фактором для оценки неизвестных параметров модели с использованием реальных данных. Очевидно, что более точная модель с меньшим количеством параметров предпочтительнее, чем менее точная и более сложная модель. Наконец, физическая интерпретируемость параметров модели и способность оценивать параметры таким образом, чтобы модель соответствовала реальным данным, это то, что делает всю структуру моделирования значимой.

3 Камерная модель коронавирусной эпидемии

Многие инфекционные заболевания характеризуются инкубационным периодом между воздействием и появлением клинических симптомов. Субъекты, подвергающиеся воздействию инфекции, гораздо более опасны для населения по сравнению с субъектами, у которых наблюдаются клинические симптомы. Состояние становится все более и более опасным, с увеличением скорости инкубации. Хорошо известным случаем является вирус ВИЧ в стадии его латентного периода. Опыт COVID-19 показывает, что двухнедельный инкубационный период может распространять вирус по всему миру и практически на любом уровне общества. Помните, что любые двое из нас находятся всего в шести рукопожатиях друг от друга! По этой причине между этапами восприимчивости и заражения модели SIR добавляется дополнительный интервал, который учитывает бессимптомных субъектов. Более того, поскольку мы также заинтересованы в минимизации уровня смертности от этой болезни, камера для смертности предназначен для скончавшейся популяции. Таким образом, переменные модели:

1) $S(t)$: количество людей восприимчивой популяции (число людей, которым грозит опасность заражения).

2) $E(t)$: количество людей, подвергшегося воздействию вируса (число людей, подвергшихся воздействию вируса, но без симптомов).

3) $I(t)$: количество людей инфицированной популяции (число инфицированных лиц с симптомами).

4) $R(t)$: количество людей выздоровевшего населения (количество выздоровевших особей).

5) $D(t)$: число людей, которые скончались из-за болезни).

Полагая, что

$$S(t) + E(t) + I(t) + R(t) + D(t) = N$$

Предлагаемая модель и ее камерные представление приведены в уравнениях (1) и на рисунке 1.

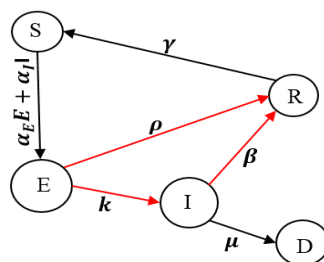


Рисунок 1. Рассматриваемая модель

Рассматривается следующая система дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{S} &= -\frac{(\alpha_E E + \alpha_I I)S}{N} + \gamma R \\ \dot{E} &= \frac{(\alpha_E E + \alpha_I I)S}{N} - kE - \rho E \\ \dot{I} &= kE - \beta I - \mu I \\ \dot{R} &= \beta I + \rho E - \gamma R \\ \dot{D} &= \mu I \end{aligned} \tag{1}$$

$$S(0) = S_0, \quad E(0) = E_0, \quad I(0) = I_0, \quad R(0) = R_0, \quad D(0) = D_0$$

Алгоритм для численного анализа модели коронавирусной эпидемии. Введем обозначения: $X(t) = (S(t), E(t), I(t), R(t), D(t))^T$ – вектор неизветных, $X_0 = (S_0, E_0, I_0, R_0, D_0)$ – вектор начальных данных

$$\dot{X} = F(X(t), \varphi), \quad X(0) = X_0, \quad t \in (0, T),$$

Для приближенного решения задачи (1) мы применим метода Рунге – Кутта четвертого порядка. Пусть $t \in (0, T)$. Построим разбиение области $(0, T)$: $t_n = n \cdot \tau, n = 0, 1, \dots, N_t, \tau = \frac{T}{N_t}$ – шаг по t . Тогда:

$$\begin{aligned} X_{n+1} &= X_n + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \\ k_1 &= \tau \cdot F(X_n, \varphi), \quad k_2 = \tau \cdot F\left(X_n + \frac{k_1}{2}, \varphi\right), \\ k_3 &= \tau \cdot F\left(X_n + \frac{k_2}{2}, \varphi\right), \quad k_4 = \tau \cdot F(X_n + k_3, \varphi) \end{aligned} \quad (2)$$

Расчетные значения параметров и начальных данных математической модели распространения коронавируса в таблице 1 и 2.

Таблица 1. Значения параметров в модели распространения коронавируса

№	Параметр	Описание	Усредненное значение
1	α_I	Параметр заражения между инфицированным и восприимчивым населением, который связан с контагиозностью вируса и социальными факторами	0.005
2	α_E	Параметр заражения между бессимптомной и восприимчивой группами населения	0.65
3	γ	Скорость повторного заражения. Этот параметр является обратной величиной уровня иммунитета вируса (0 – устойчивый иммунитет, 0.001 – вероятность повторного заражения)	(0, 0.001)
4	k	Частота появления симптомов в открытых случаях, что приводит к переходу от бессимптомной к зараженной популяции	0.05
5	ρ	Скорость восстановления выявленных случаев (случаи, которые выявлены, но выздоравливают без каких-либо симптомов)	0.08
6	β	Скорость выздоровления зараженных случаев	0.1
7	μ	Уровень смертности зараженных случаев	0.015

Таблица 2. Значения начальных данных в модели распространения коронавируса [12].

№	Начальные значения	Описание	Расчетное среднее значение
1	S_0	Начальная восприимчивая популяция	1 846 663
2	E_0	Начальная популяция подвергшегося воздействию вируса (без симптомов)	7463
3	I_0	Начальная инфицированная симптоматическая популяция	370
4	R_0	Первоначально выздоровевшая популяция	58
5	D_0	Начальная популяция которые скончались из-за болезни	2
6	N	общая численность населения	1 854 556

4 Обратная задача

Одним из способов предсказания распространения коронавируса является математическое моделирование распространения инфекции в популяции с заданным источником инфекции, скоростями перехода между группами людей со схожими характеристиками (симптомы, карантин, антитела, штаммы), смертности, латентного периода, степени изоляции (миграция населения между провинциями, запрет на ввоз продуктов) и статистической информации о зараженных и вылеченных индивидуумах в фиксированные моменты времени. Математическая модель, описываемая системой нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), наиболее точно описывает распространение инфекционных заболеваний в популяции, разделенной на группы индивидуумов со схожими характеристиками (например, чувствительные, инфицированные, находящиеся на лечении,

вылеченные и т.п.). Большинство коэффициентов и начальных условий ОДУ не известно или может быть оценено с большой погрешностью.

Обратная задача состоит в определении вектора параметров $q = (\alpha_E, \alpha_I, \kappa, \beta, \vartheta, \mu, \dots) \in \mathbb{R}^6$ из дополнительных измерений I_k – количество инфицированных в k -ый день, D_k – количество умерших в k -ый день, $k = 1, \dots, K$.

Обратная задача сводится к задаче минимизации целевого функционала:

$$J(q) = \sum_{k=1}^K (I_k(t; q) - I_k^{ex})^2 + (D_k(t; q) - D_k^{ex})^2.$$

$I_k^{ex}(t; q), D_k^{ex}(t; q)$ реальные данные с официальных источников.

Используя метод генетического алгоритма, мы минимизируем целевой функционал.

4.1 Генетический алгоритм

Генетические алгоритмы – это адаптивные методы поиска, которые в последнее время используются для решения задач оптимизации. В них используются как аналог механизма генетического наследования, так и аналог естественного отбора.

Операторы выбора родителей. Селекция состоит в том, что родителями могут стать только те особи, значение приспособленности которых не меньше пороговой величины, например, среднего значения приспособленности по популяции. Такой подход обеспечивает более быструю сходимость алгоритма. Однако из-за быстрой сходимости селективный выбор родительской пары не подходит тогда, когда ставится задача определения нескольких экстремумов, поскольку для таких задач алгоритм, как правило, быстро сходится к одному из решений. Кроме того, для некоторых многомерных задач со сложным ландшафтом целевой функции быстрая сходимость может превратиться в преждевременную сходимость к квазиоптимальному решению. Этот недостаток может быть отчасти компенсирован использованием подходящего механизма отбора, который бы тормозил слишком быструю сходимость алгоритма. Пороговая величина в селекции может быть вычислена разными способами. Поэтому в литературе по генетическому алгоритму выделяют различные вариации селекции. Наиболее известные из них – это турнирный и рулеточный (пропорциональный) отборы. При турнирном отборе из популяции, содержащей N особей, выбираются случайным образом t особей, и лучшая из них особь записывается в промежуточный массив. Эта операция повторяется N раз. Особи в полученном промежуточном массиве затем используются для скрещивания (также случайным образом). Размер группы строк, отбираемых для турнира, часто равен 2. В этом случае говорят о двоичном (парном) турнире. Вообще же t называют численностью турнира. Преимуществом данного способа является то, что он не требует дополнительных вычислений.

Рекомбинация(воспроизведение). Оператор рекомбинации применяют сразу же после оператора отбора родителей для получения новых особей-потомков. Смысл рекомбинации заключается в том, что созданные потомки должны наследовать генную информацию от обоих родителей.

Промежуточная рекомбинация применима только к вещественным переменным, но не к бинарным. В данном методе предварительно определяется числовой интервал значений генов потомков, который должен содержать значения генов родителей. Потомки создаются по следующему правилу:

$$\text{Потомок} = \text{Родитель1} + \alpha(\text{Родитель 2} - \text{Родитель 1}),$$

где множитель α — случайное число на отрезке $[-d, 1+d]$, $d \geq 0$. Как отмечают сторонники этого метода, наиболее оптимальное воспроизведение получается при $d = 0,25$. для каждого гена создаваемого потомка выбирается отдельный множитель α .

Мутация. После процесса воспроизводства происходит мутация. Данный оператор необходим для «выбывания» популяции из локального экстремума и препятствует преждевременной сходимости. Это достигается за счет того, что изменяется случайно выбранный ген в хромосоме.

Операторы отбора особей в новую популяцию. Для создания новой популяции можно использовать различные методы отбора особей.

Отбор вытеснением. В данном отборе выбор особа в новую популяцию зависит не только от величины ее пригодности, но и от того, есть ли уже в формируемой популяции особь с аналогичным хромосомным набором. Отбор проводится из числа родителей и их потомков. Из всех особей с

одинаковой приспособленностью предпочтение сначала отдается особям с разными генотипами. Таким образом, достигаются две цели: во-первых, не теряются лучшие найденные решения, обладающие различными хромосомными наборами, во-вторых, в популяции постоянно поддерживается генетическое разнообразие. Вытеснение в данном случае формирует новую популяцию скорее из удаленных особей, вместо особей, группирующихся около текущего найденного решения. Данный метод наиболее пригоден для многоэкстремальных задач, при этом помимо определения глобальных экстремумов появляется возможность выделить и те локальные экстремумы, значения которых близки к глобальным.

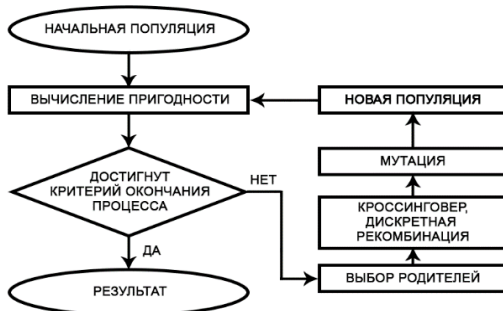


Рисунок 2. Схема генетического алгоритма

5 Численные расчеты обратной задачи

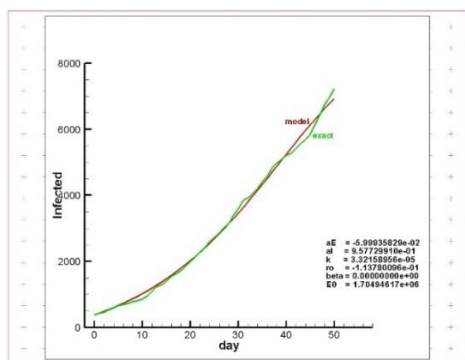


График функции инфицированных: точные данные (зеленый) и решение обратной задачи (красный)

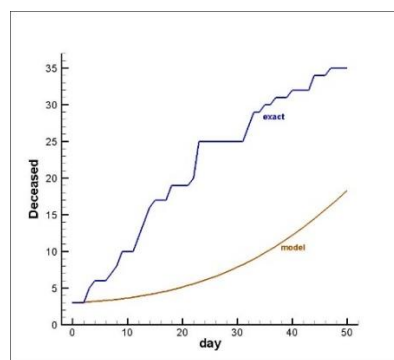


График функции умерших: точные данные (синий) и решение обратной задачи (коричневый)

Рисунок 3. Результаты расчетов обратной задачи

Заключение

Численные расчеты проводились в период начала пандемии, апрель и май месяцы 2020 года. Решение обратной задачи показывает, что графики функции инфицированных почти совпадают с реальными данными, что показано на рисунке 3 (слева), где зеленая линия – это реальные данные, а красная линия – восстановленный график за счет решения обратной задачи. В тоже время на рисунке 3 (справа) присутствует значительное расхождение графика функции среди умерших индивидуумов, где синяя линия это точные статистические данные, а красная – смоделированная. Таким образом, следует вывод, что для более точного моделирования имеется нехватка статистических данных по переменным таким, как бессимптомная группа населения и выздоровевшая группа. К сожалению, такие данные могут быть не отражены на официальных информационных ресурсах (бессимптомные индивидуумы), в силу своей сложности измерения, либо имеют расхождение с реальными данными (выздоровевшие), так как могли переболеть в легкой форме и выздороветь не обращаясь в медицинские учреждения и не сдавая ПЦР-тестов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК № AP09260317 – «Разработка интеллектуальной системы оценки развития эпидемии COVID-19 и других инфекций в Казахстане»

Список использованной литературы:

- 1 Chen, Y, Liu, Q, Guo, D. Emerging coronaviruses: Genome structure, replication, and pathogenesis. *Journal of Medical Virology*. 2020; V 92, Is 4: pp.418– 423. <https://doi.org/10.1002/jmv.25681>
- 2 Коронавирусная инфекция COVID-19. Материал из Википедии — свободной энциклопедии. https://ru.wikipedia.org/wiki/Коронавирусная_инфекция_COVID-19.
- 3 F. Brauer, C. Castillo-Chavez, and C. Castillo-Chavez, *Mathematical models in population biology and epidemiology*. Springer, 2012, vol. 2.
- 4 J. Haefner, *Modeling Biological Systems: Principles and Applications*. Springer, 2005.
- 5 G. de Vries, T. Hillen, M. Lewis, B. Schönlisch, and J. Muller, *A Course in Mathematical Biology: Quantitative Modeling with Mathematical and Computational Methods*, ser. *Monographs on Mathematical Modeling and Computation*. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2006.
- 6 Kabanikhin S.I., Bektemesov M.A., Bektemessov Zh.M. *Mathematical Model For Medium-Term Covid-19 Forecasts In Kazakhstan // Вестник КазНУ. Серия математика, механика, информатика*. – 2021. – Т. 111. – №. 3. – С. 95-106.
- 7 Krivorotko O.I., Kabanikhin S.I., Sosnovskaya M. and Andornaya D., "Sensitivity and identifiability analysis of COVID-19 pandemic models", *Vavilov Journal of Genetics and Breeding* 25-1 (2021): 82-91.
- 8 А. В. Матвеев. Математическое моделирование оценки эффективности мер против распространения эпидемии COVID-19. Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2020; 1(29), 23-39. <http://elibrary.ru/item.asp?id=42745669>
- 9 Margenov S., Popivanov N., Ugrinova I., Harizanov S., Hristov T., "Mathematical and computer modeling of COVID-19 transmission dynamics in Bulgaria by time-depended inverse SEIR model", *AIP Conference Proceedings* 2333 (2021).
- 10 Patocchio A., Scarlatti T., Mattheakis M., Protopapas P., Brambilla M., "Semi-supervised Neural Networks solve an inverse problem for modeling Covid-19 spread", *Preprint* (2020): 1-6.
- 11 J. Ottesen, M. Olufsen, and J. Larsen, *Applied Mathematical Models in Human Physiology*, ser. *Monographs on Mathematical Modeling and Computation*. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2004.
- 12 <https://datastudio.google.com/u/0/reporting/2ed9408a-1314-47f5-974e-68087b03c824/page/CSCJB?params=%7B%22df35%22:%22include%25EE%2580%25800%25EE%2580%2580IN%25EE%2580%2580%25D0%2590%25D0%25BB%25D0%25BC%25D0%25B0%25D1%2582%25D1%258B%22%7D>

References:

- 1 Chen, Y, Liu, Q, Guo, D. Emerging coronaviruses: Genome structure, replication, and pathogenesis. *Journal of Medical Virology*. 2020; V 92, Is 4: pp.418– 423. <https://doi.org/10.1002/jmv.25681>
- 2 Коронавирусная инфекция COVID-19. Материал из Википедии — свободной энциклопедии. https://ru.wikipedia.org/wiki/Коронавирусная_инфекция_COVID-19.
- 3 F. Brauer, C. Castillo-Chavez, and C. Castillo-Chavez, *Mathematical models in population biology and epidemiology*. Springer, 2012, vol. 2.
- 4 J. Haefner, *Modeling Biological Systems: Principles and Applications*. Springer, 2005.
- 5 G. de Vries, T. Hillen, M. Lewis, B. Schönlisch, and J. Muller, *A Course in Mathematical Biology: Quantitative Modeling with Mathematical and Computational Methods*, ser. *Monographs on Mathematical Modeling and Computation*. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2006.
- 6 Kabanikhin S.I., Bektemesov M.A., Bektemessov Zh.M. *Mathematical Model For Medium-Term Covid-19 Forecasts In Kazakhstan // Вестник КазНУ. Серия математика, механика, информатика*. – 2021. – Т. 111. – №. 3. – С. 95-106.
- 7 Krivorotko O.I., Kabanikhin S.I., Sosnovskaya M. and Andornaya D., "Sensitivity and identifiability analysis of COVID-19 pandemic models", *Vavilov Journal of Genetics and Breeding* 25-1 (2021): 82-91.
- 8 A.V. Matveev. *Mathematical modeling of evaluating the effectiveness of measures against the spread of the COVID-19 Epidemic. National security and strategic planning*. 2020; (1 (29)), 23-39. <http://elibrary.ru/item.asp?id=42745669>
- 9 Margenov S., Popivanov N., Ugrinova I., Harizanov S., Hristov T., "Mathematical and computer modeling of COVID-19 transmission dynamics in Bulgaria by time-depended inverse SEIR model", *AIP Conference Proceedings* 2333 (2021).
- 10 Patocchio A., Scarlatti T., Mattheakis M., Protopapas P., Brambilla M., "Semi-supervised Neural Networks solve an inverse problem for modeling Covid-19 spread", *Preprint* (2020): 1-6.
- 11 J. Ottesen, M. Olufsen, and J. Larsen, *Applied Mathematical Models in Human Physiology*, ser. *Monographs on Mathematical Modeling and Computation*. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2004.
- 12 <https://datastudio.google.com/u/0/reporting/2ed9408a-1314-47f5-974e-68087b03c824/page/CSCJB?params=%7B%22df35%22:%22include%25EE%2580%25800%25EE%2580%2580IN%25EE%2580%2580%25D0%2590%25D0%25BB%25D0%25BC%25D0%25B0%25D1%2582%25D1%258B%22%7D>

МРНТИ 20.23.27
УДК 550.8.05:004.942

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.02>

Н.М. Темирбеков¹, В.Л. Лось², Е.И. Имангалиев¹, Д.Р. Байгереев³,
Л.Н. Темирбекова⁴, М.Б. Нурмангалиева⁵

¹Национальная инженерная академия Республики Казахстан, г. Алматы, Казахстан

²ОО «Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан», г. Алматы, Казахстан

³Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

⁴Казахский Национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан

⁵Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

*e-mail: laura-nurlan@mail.ru

МОДУЛЬ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ГЕОХИМИИ РЕГУЛЯРИЗИРУЮЩИМИ АЛГОРИТМАМИ

Аннотация

В настоящее время в связи с бурным развитием компьютерной технологии в геологии интенсивно развиваются методы и подходы научной визуализации. Общая концепция заключается в том, что на входе задается основное поле данных на дневной поверхности и дополнительные условия. Далее, для их анализа и обработки применяются методы математической геофизики, в результате которого получается новая информация для глубинных изысканий. В настоящей работе представлено описание программного модуля геоинформационной системы, основанного на методах интеллектуального выявления аномалий скрытых месторождений, для глубинного прогнозно-поискового моделирования месторождений. Функционирование программного модуля основано на применении теории обратных задач математической геофизики с элементами искусственного интеллекта с использованием геологических данных на поверхности земли, геофизических измерений и геохимических анализов в качестве входных данных.

Ключевые слова: комплексная прогнозно-минерогенетическая модель, обратная задача о продолжении потенциальных полей в сторону возмущающих масс, обратная задача магнитотеллурического зондирования, интегральное уравнение Фредгольма первого рода, сопряженное интегральное уравнение, двумерное уравнение Фредгольма первого рода, метод регуляризации для обратных задач, комплекс прикладных программ, модуль геоинформационной системы (ГИС).

Аңдатпа

¹Темирбеков Н., ²Лось В.Л., ¹Имангалиев Е.И., ³Байгереев Д.Р.,

⁴Темирбекова Л.Н., ⁵Нурмангалиева М.Б.

РЕТТЕУШІ АЛГОРИТМДЕРМЕН ГЕОХИМИЯНЫҢ КЕРІ ЕСЕПТЕРІН САНДЫҚ ҮЛГІЛЕУ НЕГІЗІНДЕ ГЕОАҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕ МОДУЛІН ЖАСАУ

¹ Қазақстан Республикасының Ұлттық Инженерлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан

²ҚБ "Қазақстан Республикасының минералдық ресурстар академиясы", Алматы қ., Қазақстан

³ А. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен қ., Қазақстан

⁴Абай атындағы қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

⁵ Д. Серікбаева атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

Қазіргі уақытта геологияда компьютерлік технологияның қарқынды дамуына байланысты ғылыми визуализацияның әдістері мен тәсілдері қарқынды дамуда. Жалпы тұжырымдаманы сипаттасақ, алғашында Жер бетіндегі негізгі деректер өрісі және қосымша шарттар беріледі. Әрі қарай, оларды талдау және өңдеу үшін математикалық геофизика әдістері қолданылады, нәтижесінде Жер бетінен төмендегі зерттеулер үшін жаңа ақпарат алынады. Осы жұмыста кен орындарын Жер бетінен тереңдегі ақпаратты болжамдау-іздістеу моделін, жасырын кен орындарының аномалияларын интеллектуалды анықтау әдістеріне негізделген геоақпараттық жүйенің бағдарламалық модулінің сипаттамасы берілген. Бағдарламалық модульдің жұмыс істеуі жасанды интеллект элементтері бар математикалық геофизиканың кері есептер теориясын жер бетіндегі геологиялық деректерді, геофизикалық өлшеулер мен геохимиялық талдауларды кіріс ақпарат ретінде қолдануға негізделген.

Түйінді сөздер: кешенді болжамдық-минерогендік модель, потенциалды өрістерді бұзушы массаларға қарай жалғастыру туралы кері есеп, магнитотеллуриялық зондтаудың кері есебі, бірінші текті Фредгольм интегралдық теңдеуі, біріктірілген интегралдық теңдеу, бірінші текті Фредгольм екі өлшемді теңдеуі, кері есептерге арналған регуляризация әдісі, қолданбалы бағдарламалар кешені, геоақпараттық жүйе модулі (ГАЗ).

Abstract

A MODULE OF GEOINFORMATION SYSTEM BASED ON NUMERICAL MODELING OF INVERSE PROBLEMS OF GEOCHEMISTRY BY REGULARIZING ALGORITHMS

¹Temirbekov N.M., ²Los V.L., ¹Imangaliyev Ye.I., ³Baigereyev D.R.,

⁴Temirbekova L.N., ⁵ Nurmangalieva M. B.

¹National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

²PA "Academy of Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan", Almaty, Kazakhstan

³S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

⁴Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

⁵ D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

Currently, due to the rapid development of computer technology in geology, methods and approaches of scientific visualization. The general concept is that the main data field on the daily surface and additional conditions are set at the input. Further, methods of mathematical geophysics are used for their analysis and processing, as a result of which new information is obtained for deep surveys. This paper presents a description of the software module of the geoinformation system, based on the methods of intelligent detection of anomalies of hidden deposits, for deep predictive and search modeling of deposits. The functioning of the software module is based on the application of the theory of inverse problems of mathematical geophysics with elements of artificial intelligence using geological data on the earth's surface, geophysical measurements and geochemical analyses as input data.

Key words: complex predictive-mineragenic model, inverse problem of extension of potential fields towards disturbing masses, inverse problem of MTS, I kind Fredholm, conjugate integral equation, two-dimensional I kind Fredholm, RM for inverse problems, complex of applied programs, geoinformation system module (GIS).

Введение

Степень геологической изученности месторождений является важнейшим информационным фундаментом для эффективного принятия управленческих решений по освоению недр. Современное состояние исследований в данной области неизбежно характеризуется фрагментарностью информации о недрах, что, в первую очередь, связано с дискретным характером ее получения. Инженерное прогнозирование на основе интерпретации таких неполных данных может приводить к стратегически неверным и экономически неэффективным решениям, к снижению эффективности геологоразведочных работ и возникновению промышленных аварийных ситуаций.

К настоящему времени сформировался ряд научных подходов к изучению структуры недр Земли. Среди них важное прикладное значение имеют методы математической геофизики [1]. Данный подход успешно используется для развития теории и практики геофизических исследований геологической среды. Многие задачи математической геофизики приводят к решению обратных и некорректных задач, применение которых, в основном, связано с науками о Земле: обратной задачи магнитотеллурического зондирования, каротажа, продолжения полей геохимических исследований, сейсмоки, теории потенциала и других.

Следует отметить, что стремительное развитие методов повышения геологической изученности невозможно без развития геоинформационных технологий и микроэлектроники. Исследования в этой области используют современные методы компьютерной обработки больших объемов данных наблюдения Земли, а также методы вычислительной математики [2]. В настоящее время практически отсутствуют препятствия со стороны систем полевых наблюдений, включающие и источники физических полей. Поэтому актуальным является развитие методов численного решения обратных задач геофизики и разработка сервисного программного обеспечения для преобразования цифровых данных в геоинформационные системы для наглядной интерпретации результатов геологических изысканий в удобном картографическом виде.

Кроме того, в последние десятилетия активно развивается новое направление исследований, специализирующееся на применении искусственных нейронных сетей для повышения степени геологической и геофизической изученности. Например, в работе [2] нейросети используются для решения обратных задач электроразведки при проведении магнитотеллурического зондирования. Известно также успешное применение алгоритмов искусственного интеллекта для анализа проб, моделирования и интерпретации геолого-геофизической информации.

Усовершенствованный в работе [3] графические методы (graph-based method) широко применяются в задачах кластеризации. Графические представления характеризующие сходства между точками данных играют важную роль в машинном обучении, обработке изображений, идентификации письменности, визуальном отслеживании и особенно в задачах кластеризации.

Авторами данной работы поставлена цель создать программный модуль геоинформационной системы, основанный на методах интеллектуального выявления аномалий скрытых месторождений, для глубинного прогнозно-поискового моделирования месторождений. Функционирование программного модуля основано на применении теории обратных задач математической геофизики с элементами искусственного интеллекта с использованием геологических данных на поверхности земли, геофизических измерений и геохимических анализов в качестве входных данных. В настоящей работе представлено описание некоторых математических моделей и численных методов модуля геоинформационной системы, комплексной прогнозно-минерагенической модели.

Разрабатываемый программный модуль основан на комплексной прогнозно-минерагенической модели, состоящей из геохимической и геофизической части и цифрового моделирования методами обратных задач геохимии и геофизики (Рисунок 1), которая направлена на региональное геологическое изучение недр, а именно глубинные части земной коры [3].

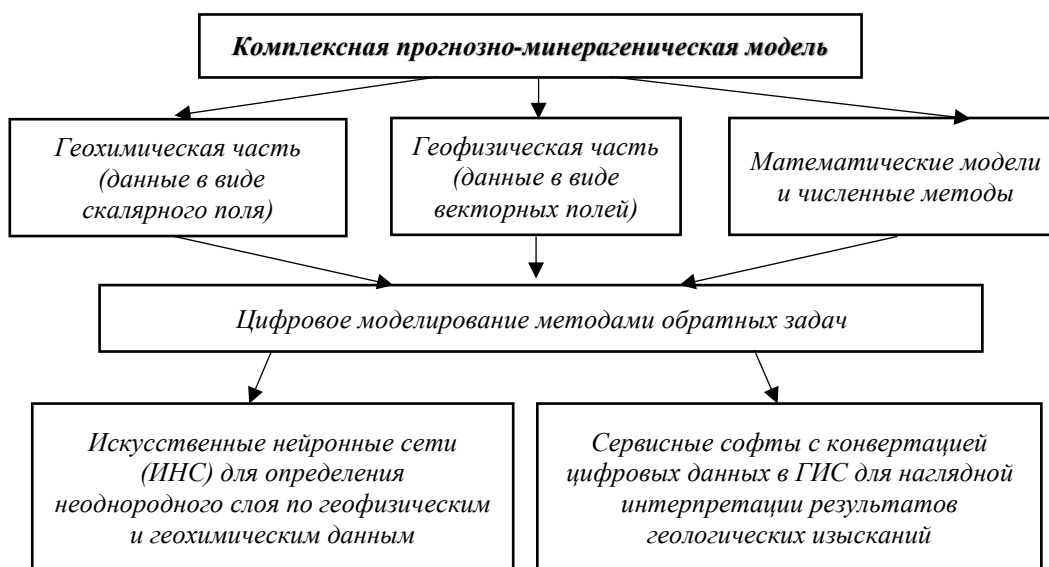


Рисунок 1. Комплексная прогнозно-минерагеническая модель

Результатом геохимического и геофизического исследований являются комплекс исходных данных в виде скалярных и векторных полей. Используя математические модели, численные методы их решения и полученные исходные данные, производится цифровое моделирование методами обратных задач. Для определения неоднородного слоя по геофизическим и геохимическим данным применяются искусственные нейронные сети. Описанный алгоритм является основой сервисного программного обеспечения с конвертацией цифровых данных в геоинформационную систему для наглядной интерпретации результатов геологических изысканий.

Математические модели и численные методы. В работе рассмотрены обратные задачи о продолжении потенциальных полей в сторону возмущающих масс и магнитотеллурического зондирования. Эти задачи описываются интегральными уравнениями Фредгольма.

Математическая модель геохимической задачи в виде обратной задачи о продолжении потенциальных полей в сторону возмущающих масс исследована с использованием математического аппарата интегральных уравнений. Задача заключается в решении интегрального уравнения Фредгольма первого рода [4]. Решение интегрального уравнения I рода Фредгольма связано с задачей выявления аномалий при исследовании пространственного распределения химических элементов на редкометальных месторождениях. Известно, что некорректность рассматриваемого уравнения заключается в неустойчивости решения и так же она имеет систему линейных алгебраических уравнений с плохо обусловленной матрицей. В данной работе предложен метод позволяющий решить поставленные задачи, и получить численное решение. Идея предлагаемого нового метода решения рассмотренной задачи заключается в преобразовании постановки обратной задачи методом сопряженного оператора [5]. В работе А.Ф.Верлань, В.С.Сизикова [6] изложены методы численного решения широкого класса интегральных уравнений. В этой работе из-за ограниченности вычислительных ресурсов, многомерные матрицы приводятся к одномерным.

В статье Di Yuan, Xinming Zhang [7] сделан обзор численных методов интегрального уравнения Фредгольма I рода которая описывает многие задачи инженерных технологий. В этой статье [7] подробно представлены различные численные методы решения интегральных уравнений. Исследованы вопросы существования, устойчивости и сходимости решения интегрального уравнения. Авторы статьи условно делят все численные методы на три группы такие как, регуляризация, вейвлет-анализа и методы многоуровневых итераций.

В работе H.Hosseinzadeh, M.Dehghan, Z.Sedaghatjoo [8] рассмотрены вопросы устойчивости численного решения интегрального уравнения Фредгольма I рода с радиальными ядрами. Подробный интерполяцией математически доказано, что интегральные операторы имеющие радиальные ядра с положительным преобразованием Фурье строго положительно определены. Явно определена нижняя оценка собственных значений этого интегрального оператора.

В статье K.Maleknejad, E.Saedi-roo [9] предлагается прямой метод численного решения уравнения Фредгольма первого рода основанный на гибридных блочно-импульсных функциях и полиномах Лежандра. Эти гибридные базисные функции являются ортогональными и имеет компактный носитель. Получена оценка погрешности и показана сходимость предложенного метода в L_2 .

В работе M.Bahmanpour, M.T.Kajani, M.Maleki [10] предложен многоуровневый итерационный метод с использованием полинома Müntz-Лежандра.

Подход Mohsen Didgar и других авторов [11] основан на использовании разложения неизвестной функций в ряд Тейлора ν -ой степени в произвольной точке и интегрирования. При этом интегральные уравнение I рода преобразуется в систему линейных дифференциальных уравнений размерности $(\nu+1)$. Приведены результаты сравнительного анализа между различными вейвлет методами

Следующим математическим методом, используемым при создании модуля геоинформационной системы является известный метод разведочной геофизики и физики Земли МТЗ [12].

Далее разработан метод численного решения и комплекс прикладных программ для двумерного уравнения Фредгольма первого рода [13,14]. Научных работ посвященных численному решению двумерных уравнений Фредгольма первого рода не так много, а интегральные уравнения второго рода изучаются довольно успешно.

Из приведенных математических моделей более подробно рассмотрим интегральное уравнение Фредгольма первого рода

$$A[x, y] = \int_a^b K(x, s)u(s)ds = f(x), \quad x \in [c, d], \quad (1)$$

Пусть $K(x, s)$ есть вещественная непрерывная функция в области $D = \{a \leq s \leq b; c \leq x \leq d\}$, $f(x) \in L_2[c, d]$, $y(s) \in W_2^1[a, b]$.

1⁰. Рассмотрим интегральное уравнение (1) при $a = c, b = d$ и $K(x, s) = K(s, x)$. В этом случае интегральные уравнения

$$A^*[x, v_k] = \int_a^b K(s, x)v_k(s)ds = \alpha_k(x), \quad x \in [a, b], k = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

с заданными правыми частями являются сопряженными к уравнению (1).

Уравнение (1) умножим скалярно на $v_k(x)$, а уравнение (2) на $y(x)$ и отнимем из первого уравнение второе [4]

$$\int_a^b v_k(s) \left[\int_a^b K(x, s)y(s)ds \right] dx - \int_a^b y(x) \left[\int_a^b K(s, x)v_k(s)ds \right] = \int_a^b f(x)v_k(x)dx - \int_a^b \alpha_k(x)y(x)dx. \quad (3)$$

Согласно тождеству Лагранжа левая часть (3) равна нулю, поэтому имеем

$$\int_a^b f(x)v_k(x)dx - \int_a^b \alpha_k(x)y(x)dx = 0. \quad (4)$$

Пусть $\alpha_k(x)$ - базисные функции на отрезке $[a, b]$ и

$$(\alpha_i(x), \alpha_j(x)) = \begin{cases} 1, & i = j, \\ 0, & i \neq j. \end{cases}$$

Решение уравнения (1) можно представить в виде

$$y(x) = \sum_{k=1}^N y_k \alpha_k(x) \quad (5)$$

Тогда подставляя (5) в (4) имеем

$$y_k = \int_a^b f(x) \alpha_k(x) dx, \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (6)$$

Таким образом, решение задачи (1) разбивается на два этапа:

1. решение уравнений (2) и нахождения $u_k(x)$ методом, предложенным и реализованном в [14];

2. вычисление коэффициентов Фурье по формуле (6) и вычисление суммы (5).

Тестирование предлагаемого подхода проведено при следующих входных данных. Ядро интегрального уравнения выбиралось равным

$$K(x, s) = \frac{1}{x^2 + s^2}, \quad (7)$$

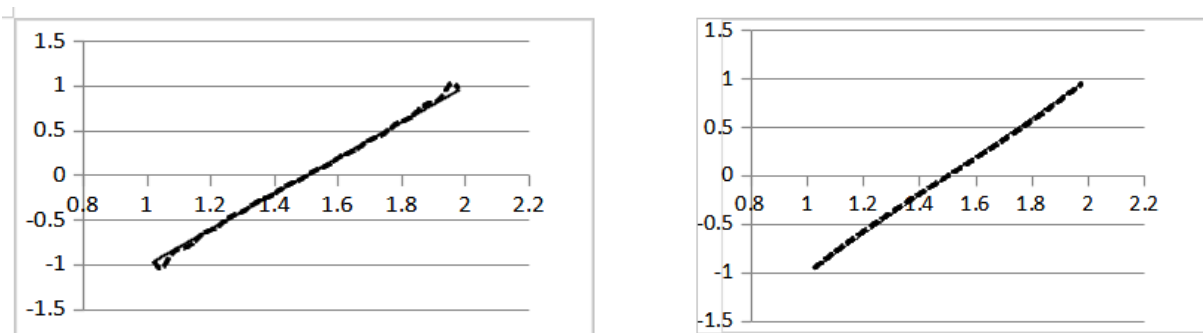
а правая часть

$$f(x) = \frac{1}{b-a} \ln \frac{x^2 + b^2}{x^2 + a^2} - \frac{b+a}{b-a} \frac{1}{x} \left(\operatorname{arctg} \frac{b}{x} - \operatorname{arctg} \frac{a}{x} \right). \quad (8)$$

При этом точное решение имеет вид

$$u(x) = \frac{2x - (b+a)}{b-a}. \quad (9)$$

и $a = -1$, $b = 1$. Пример взят из [1]. Видно, что функция не удовлетворяет условию $u(a) = u(b) = 0$, и разлагается в ряд по функциям $\alpha_k(x)$. Результаты численных расчетов для (1)-(3) приведены на рисунке 2.



а) $M = 60$

б) $M = 1000$

Рисунок 2. Точное (непрерывная линия) и приближенное решение (прерывистая линия) для $M = 60$, $M = 1000$

Для численного решения задач (2) используется регуляризирующий метод Лаврентьева [14]. При тестировании предлагаемого подхода регуляризирующий параметр выбирался равным $\mu = 0.004$,

$\alpha_k(x) = \sin \frac{\pi k(2x - (b+a))}{b-a}$, $k = 1, 2, \dots, n$, максимальное количество узлов сетки равнялось 1000,

количество базисных функции $n = 50$, решение вычислялось с точностью до 10^{-4} , для чего требовалось от 90 до 100 тыс. итераций. Абсолютная ошибка между точным и посчитанным решениями не превышала 0.03, относительная – 3%.

2⁰. Рассмотрим более общий случай численного решения уравнения (1). В этом случае отрезок $[a, b]$ не обязательно совпадает с $[c, d]$, ядро $K(x, s)$ - не симметричная функция. Пусть вместо точных $f(x)$ и $K(x, s)$ известны их приближенные значения $\tilde{f}(x)$ и $\tilde{K}(x, s)$ такие, что [1]

$$\|\tilde{f}(x) - f(x)\|_{L_2} \leq \delta \quad (10)$$

$$\|\tilde{K}(x, s) - K(x, s)\| \leq \xi \quad (11)$$

Введем в рассмотрение сглаживающий функционал А.Н. Тихонова [1].

$$\Phi_\alpha[y, \tilde{f}] = \int_c^d \{\tilde{A}[x, y] - \tilde{f}\}^2 dx + \alpha \Omega[y] \quad (12)$$

Где стабилизирующий функционал имеет вид [1]

$$\Omega[y] = \int_a^b \{y^2(s) + q[y'(s)]\}^2 ds \quad (13)$$

а $\alpha > 0$ - параметр регуляризации, причем в (12) в

$$\tilde{A}[x, y] = \int_a^b \tilde{K}(x, s)y(s)ds, \quad c \leq x < d \quad (14)$$

Будем искать элемент y_α , на котором функционал (12) имеет минимальное значение

$$\Phi_\alpha[y_\alpha, \tilde{f}] = \inf_{y \in Y} \Phi_\alpha[y, \tilde{f}]. \quad (15)$$

Задача минимизации (12) решается численно, используя численные методы минимизации. Как известно это приводит к следующему уравнению Эйлера

$$\alpha[y_\alpha(t) - qy_\alpha''(t)] + \int_a^b T(t, s)y_\alpha(s)ds = F(t), \quad a \leq t \leq b. \quad (16)$$

где

$$T(t, s) = T(s, t) = \int_c^d \tilde{K}(x, t)\tilde{K}(x, s)dx, \quad (17)$$

$$F(t) = \int_c^d \tilde{K}(x, t)\tilde{f}(x)dx. \quad (18)$$

Краевые условия при $s = a - h_s$ и $s = b + h_s$

$$y_\alpha(a - h_s) = y_0 \text{ и } y_\alpha(b + h_s) = y_{n+1} \quad (19)$$

считаем заданными, где h_s - шаг сетки по s .

Наиболее эффективным способом решения уравнения (16) является метод конечных сумм и конечных разностей.

Введем неравномерные x, s - сетки

$$c = x_1 < x_2 \dots < x_l = d, \quad (20)$$

$$a = s_1 < s_2 \dots < s_n = b, \quad (21)$$

$$t = s.$$

Получим следующий дискретный аналог (16) (опускаем временно индекс α, y)

$$\begin{aligned} \alpha \left\{ y_1 - \frac{q}{\hbar_1 h_2} y_2 + \frac{q}{\hbar_1} \left(\frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} \right) y_1 \right\} + \sum_{j=1}^n r_j \sum_{i=1}^l p_i \tilde{K}_{il} \tilde{K}_{ij} y_j = \sum_{i=1}^l p_i \tilde{K}_{il} \tilde{f}_i + \frac{\alpha q y_0}{\hbar_1 h_1}, \quad k = 1, \\ \alpha \left\{ y_k - \frac{q}{r_k} \left[\frac{y_{k-1}}{h_k} - \left(\frac{1}{h_k} + \frac{1}{h_{k+1}} \right) y_k + \frac{y_{k+1}}{h_{k+1}} \right] \right\} + \\ + \sum_{j=1}^n r_j \sum_{i=1}^l p_i \tilde{K}_{ik} \tilde{K}_{ij} y_j = \sum_{i=1}^l p_i \tilde{K}_{ik} \tilde{f}_i, \quad k = \overline{2, n-1} \\ \alpha \left\{ y_n - \frac{q}{\hbar_n} \left[\frac{y_{n-1}}{h_n} - \left(\frac{1}{h_n} + \frac{1}{h_{n+1}} \right) y_n + \frac{y_{n+1}}{h_{n+1}} \right] \right\} + \sum_{j=1}^n r_j \sum_{i=1}^l p_i \tilde{K}_{in} \tilde{K}_{ij} y_j = \sum_{i=1}^l p_i \tilde{K}_{in} \tilde{f}_i + \frac{\alpha q y_{n+1}}{\hbar_n h_{n+1}}, \quad k = n, \end{aligned} \quad (22)$$

где

$$\begin{aligned} h_j = s_j - s_{j-1} = t_j - t_{j-1}, \quad j = \overline{1, n+1}, \\ \hbar_1 = \frac{s_2 - s_1}{2} = \frac{h_2}{2}, \quad \hbar_j = \frac{s_{j+1} - s_{j-1}}{2} = \frac{h_j + h_{j+1}}{2}, \quad j = \overline{2, n-1}, \quad \hbar_n = \frac{s_n - s_{n-1}}{2} = \frac{h_n}{2}, \quad (23) \\ p_1 = \frac{x_2 - x_1}{2}, \quad p_i = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{2}, \quad i = \overline{2, l-1}, \quad p_l = \frac{x_l - x_{l-1}}{2}. \end{aligned}$$

Для сохранения свойств симметричности и положительной определенности системы линейных уравнений относительно $y_j, j = \overline{1, n}$ умножим k -ое уравнение (22) на \hbar_k / ρ , где

$$\rho = \frac{2\hbar_1 + \sum_{j=2}^{n-1} \hbar_j + 2\hbar_n}{n} \quad (24)$$

Получим

$$A_\alpha y_\alpha = F \quad (25)$$

где

$$A_\alpha = \alpha C + G, \quad A_\alpha = A_\alpha^* > 0, \quad (26)$$

где

$$G_{kj} = G_{jk} = \sum_{i=1}^l \frac{p_i}{\rho} z_{ik} z_{ij}, \quad k, j = \overline{1, n}, \quad (27)$$

$$F_k = \sum_{i=1}^l \frac{p_i}{\rho} z_{ik} \tilde{f}_i, \quad k = \overline{2, n-1}, \quad (28)$$

$$F_1 = \sum_{i=1}^l \frac{p_i}{\rho} z_{i1} \tilde{f}_i + \frac{\alpha q y_0}{\hbar_1 \rho}, \quad F_n = \sum_{i=1}^l \frac{p_i}{\rho} z_{in} \tilde{f}_i + \frac{\alpha q y_{n+1}}{\hbar_{n+1} \rho}, \quad (29)$$

$$z_{ij} = \hbar_j \tilde{K}_{ij}, i = \overline{1, l}, j = \overline{1, n}, \quad (30)$$

$$C_{11} = \left(1 + \frac{q}{\hbar_1} \left(\frac{1}{h_2} + \frac{1}{h_2} \right) \right) \frac{\hbar_1}{\rho}, \quad C_{kk} = \left[1 + \frac{q}{\hbar_k} \left(\frac{1}{h_k} + \frac{1}{h_{k+1}} \right) \right] \frac{\hbar_k}{\rho}, k = \overline{2, n-1}, \quad (31)$$

$$C_{nn} = \left(1 + \frac{q}{\hbar_n} \left(\frac{1}{h_n} + \frac{1}{h_{n+1}} \right) \right) \frac{\hbar_n}{\rho},$$

$$C_{k,k+1} = -\frac{q}{h_{k+1}\rho}, k = \overline{1, n-1}, \quad C_{k,k-1} = -\frac{q}{h_k\rho}, k = \overline{2, n}, \quad (32)$$

остальные элементы $C_{kj} = 0$ (C - трехдиагональная квадратная матрица).

Систему линейных алгебраических уравнений (25) с матрицей и правой частью (27) – (32) можно решать прямым и итерационными методами. В данной работе используется метод Холецкого. Была составлена программа для численного решения с применением обобщенного принципа невязки выбора α . Программа выполняется в два этапа [6]. На первом этапе для последовательности значений α изменяющимся как убывающая геометрическая прогрессия [6]

$$\alpha_1 > 0, \alpha_i = \theta \alpha_{i-1}, i = 2, 3, \dots, m, 0 < \theta < 1 \quad (33)$$

$$\beta(\alpha_i) = \sum_{k=1}^l p_k \left[\sum_{j=1}^n z_{kj} (y_{\alpha_i})_j - \tilde{f}_k \right]^2 \quad (34)$$

$$\|y_{\alpha_i}\|_{L_2} = \sqrt{\sum_{j=1}^n \hbar_j (y_{\alpha_i})_j^2}. \quad (35)$$

На первом этапе определяется α_F как минимальное значение α_i из условий [6]

$$\alpha_F = \min\{\alpha_i : \beta(\alpha_i) \leq \beta(\alpha_{i-1}), \|y_{\alpha_i}\| \geq \|y_{\alpha_{i-1}}\|_{L_2}, \forall \xi \neq 0\}. \quad (36)$$

и находится $\mu = \beta(\alpha_F)$.

При этом

$$\alpha_1 \geq \alpha_F \geq \alpha_p \geq \alpha_m \quad (37)$$

где α_p - минимальное значение α_i , при котором еще находится решение СЛАУ (25) [6].

На втором этапе, из последовательности параметров α определенные по закону (33) находится значение α_d из условия [6]

$$|\aleph(\alpha_d)| = \min_{\alpha_i \in [\alpha_F, \alpha_1]} |\aleph(\alpha_i)|, \quad (38)$$

где

$$\aleph(\alpha_i) = \beta(\alpha_i) - \left(\delta + \xi \|y_{\alpha_i}\| \right)^2 - \mu. \quad (39)$$

Затем решается система (25) с параметром α_d и находится решение $y_{\alpha_d}(s)$.

Для тестирования программы выбран пример с ядром

$$K(x, s) = x^2 + s$$

правой частью $f(x) = 2 + 3x^2$, точное решение

$$y(s) = 1 + 6s^2.$$

Для численного расчета были выбраны следующие параметры $n = 50, l = 50, a = 0, b = 1, c = 0, d = 1, \xi = 0 \div 10^{-6}, \delta_f = 0 \cdot 10^{-6}, \alpha_1 = 4, \alpha_m = 4 \cdot 10^{-4}, \theta = 10^{-9}$.

При этом $m = 10, \alpha_m = 4 \cdot 10^{-4}$. Параметр $\aleph(\alpha_i)$ меняется от $\aleph(\alpha_1) = 0.429208$ до $\aleph(\alpha_8) = 0.004837$ и $\aleph(\alpha_9) = -0.29 \cdot 10^{-10}$. Поэтому $\alpha_d = 0.00111302, \sqrt{\beta_{\alpha_d}} = 0.02208, \sqrt{\beta_{\alpha_d}} / \|\tilde{f}\|_{L_2} = 0.00705, \mu = 0.00048774, \|y_{\alpha_d}\|_{L_2} = 3.56539, \Phi_{\alpha_d}[y_{\alpha_d}, \tilde{f}] = 0.01464$.

Результаты приближенного и точного решения показаны в виде графика на рисунке 3. Приведены результаты многочисленных методических расчетов для различных функции α в диапазоне от 0.0008 до 0.01. Из рисунка 3 видно, что при увеличении параметра регуляризации α , то есть при $\alpha = 0.05$ численное решение наилучшим образом приближается к точному.

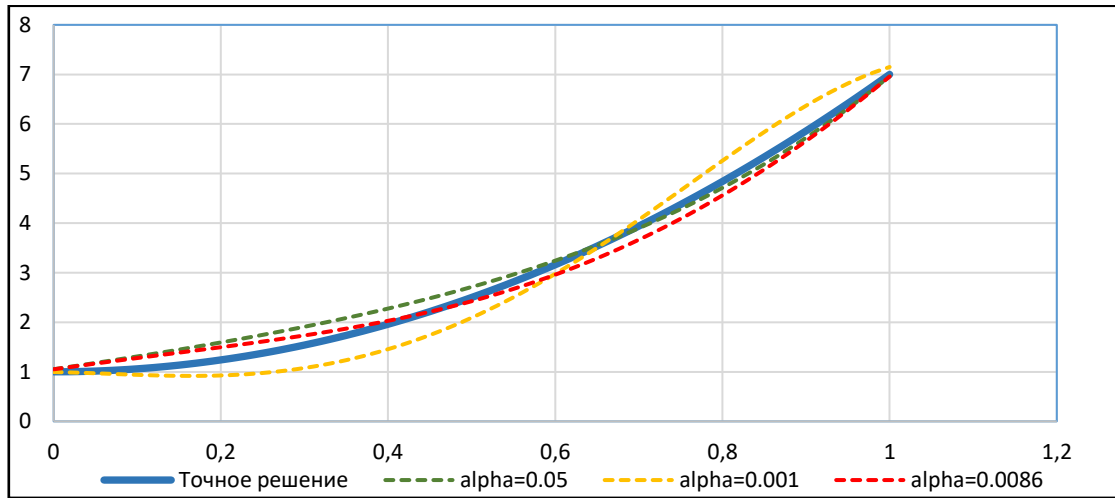


Рисунок 3. Точное и приближенные решения задачи при различных параметрах регуляризации

3⁰. Алгоритм решения двумерных уравнений Фредгольма первого рода. Рассмотрим двумерное интегральное уравнение

$$A(x, y, V) = \int_a^b ds \int_c^d K_z(x, y, \xi, t) V(\xi, t) d\eta = U(x, y), \quad (40)$$

$$\bar{a} \leq x \leq \bar{b}, \bar{c} \leq y \leq \bar{d}.$$

Предположим, что в место точных $U(x, y)$ и $K(x, y, s, t)$ известны их приближенные значения $\tilde{U}(x, y)$ и $\tilde{K}(x, y, s, t)$ такие, что [6]

$$\|\tilde{U}(x, y) - U(x, y)\|_{L_2} \leq \delta, \quad (41)$$

$$\|\tilde{K}(x, y, s, t) - K(x, y, s, t)\| \leq \xi. \quad (42)$$

Введем сглаживающий функционал [6]

$$\Phi_{\alpha}[V, \tilde{U}] = \int_{\bar{a}}^{\bar{b}} \int_{\bar{c}}^{\bar{d}} [\tilde{A}(x, y, V) - \tilde{U}(x, y)]^2 dx dy + \alpha \int_a^b \int_c^d \left[\left(\frac{\partial V}{\partial s} \right)^2 + p(s, t) \left(\frac{\partial V}{\partial t} \right)^2 \right] ds dt, p(s, t) \geq 0 \quad (43)$$

причем

$$\tilde{A}(x, y, V) = \int_a^b ds \int_c^d \tilde{K}(x, y, s, t) V(s, t) dt, (x, y) \in D_2 .$$

$$\Phi_\alpha[V_\alpha, \tilde{U}] = \inf_{V \in W_2^1(D_1)} \Phi_\alpha[V, \tilde{U}]. \quad (44)$$

(43), (44) имеет вид

$$-\alpha \left(\frac{\partial^2 V(s, t)}{\partial s^2} + \frac{\partial}{\partial t} \left(p(s, t) \frac{\partial V(s, t)}{\partial t} \right) \right) + \int_a^b \int_c^d T(\xi, \eta, s, t) V(\xi, \eta) d\xi d\eta = b(s, t). \quad (45)$$

где

$$T(\xi, \eta, s, t) = \iint_{D_2} K(x, y, \xi, \eta) K(x, y, s, t) dx dy, \quad (46)$$

$$b(s, t) = \iint_{D_2} U(x, y) K(x, y, s, t) dx dy, \quad (47)$$

Производные от решения заменяются конечными разностями.

Для построения дискретного аналога (45) введем неравномерную сетку

$$a \leq x_1 < x_2 < \dots < x_i < \dots < x_n \leq b, \quad (48)$$

$$c \leq y_1 < y_2 < \dots < y_i < \dots < y_n \leq d. \quad (49)$$

Сетки узлов по s и t сделаем совпадающими с сетками (48) и (49) соответственно, т.е.

$$s_i = x_i, t_j = y_j, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$$

где n - число узлов по x (или s), а m - число узлов по y (или t).

В результате метод кубатур сведется к решению следующей СЛАУ с четырехмерной матрицей и двухмерной правой частью [6]

$$\alpha \left(V_{\overline{s}, \overline{i}, j} + (p_{ij} V_{i, j})_{\overline{i}} \right) - \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^m T_{ijkl} V_{kl} \hbar_{x,k} \hbar_{y,l} = -b_{ij}, i = \overline{2, n-1}, j = \overline{2, m-1} \quad (50)$$

где

$$T_{ijkl} = \sum_{i_v=1}^n \sum_{j_v=1}^m K(x_{i_v}, y_{j_v}, \xi_k, \eta_l) K(x_{i_v}, y_{j_v}, s_i, t_j) \hbar_{x, i_v} \hbar_{y, j_v}, \quad (51)$$

$$b_{ij} = \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^m U(x_k, y_l) K(x_k, y_l, s_i, t_j) \hbar_{x,k} \hbar_{y,l}, \quad (52)$$

$$V_{ij} = V(s_i, t_j), \quad (53)$$

$$\hbar_{x,i} = (x_{i+1} - x_{i-1})/2 \quad \text{при } 2 < i < n, \hbar_{y,j} = (y_{j+1} - y_{j-1})/2 \quad \text{при } 2 < j < m. \quad (54)$$

Далее группируя коэффициенты решения в узлах $(i-1, j)$, (i, j) , $(i+1, j)$, $(i, j-1)$, $(i, j+1)$ имеем

$$\frac{\alpha}{t_{x,i}^2} V_{i+1,j} - \left(\frac{2\alpha}{\hbar_{x,i}^2} + \frac{\alpha p_{ij+1/2}}{\hbar_{y,j}^2} + \frac{\alpha p_{ij-1/2}}{\hbar_{y,j}^2} \right) V_{ij} + \frac{\alpha}{\hbar_{x,i}^2} V_{i-1,j} + \frac{\alpha p_{ij+1/2}}{\hbar_{y,j}^2} V_{ij+1} + \frac{\alpha p_{ij-1/2}}{\hbar_{y,j}^2} V_{ij-1} - \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^m T_{ijkl} V_{kl} \hbar_{x,k} \hbar_{y,l} = -b_{ij}, \quad (55)$$

$$i = \overline{2, n-1}, \quad j = \overline{2, m-1}.$$

Система уравнений (55) решается итерационными методами.

Для проведения методических расчетов по предложенному алгоритму решения двумерных уравнений Фредгольма первого рода рассмотрим следующий пример [13]

$$K(x, y, s, t) = \frac{x}{(8+y)(1+s+t)}, \quad f(x, y) = \frac{x}{6(8+y)}, \quad a = 0, b = 1, c = 0, d = 1. \quad (56)$$

Двумерное интегральное уравнение с ядром и правой частью определенной в виде (56) имеет точное решение $V(s, t) = \frac{1}{(1+s+t)^2}$.

Для численного расчета двумерного уравнения Фредгольма первого рода были выбраны следующие параметры $\alpha = 0.000001$, $\varepsilon = 0.0000001$, $\delta = 10^{-7}$, $\xi = 10^{-7}$. В результате численного решения предложенным алгоритмом, получены следующие параметры $\beta = 0.000112$, $\mu = 0.000112$, $\gamma = 0.1159332$, $\zeta = 0.0001112$, $\varkappa = 0.000112$.

Количество итерации равна 943.

Результаты расчетов предложенного выше примера приведены в виде графиков (рисунок 4).

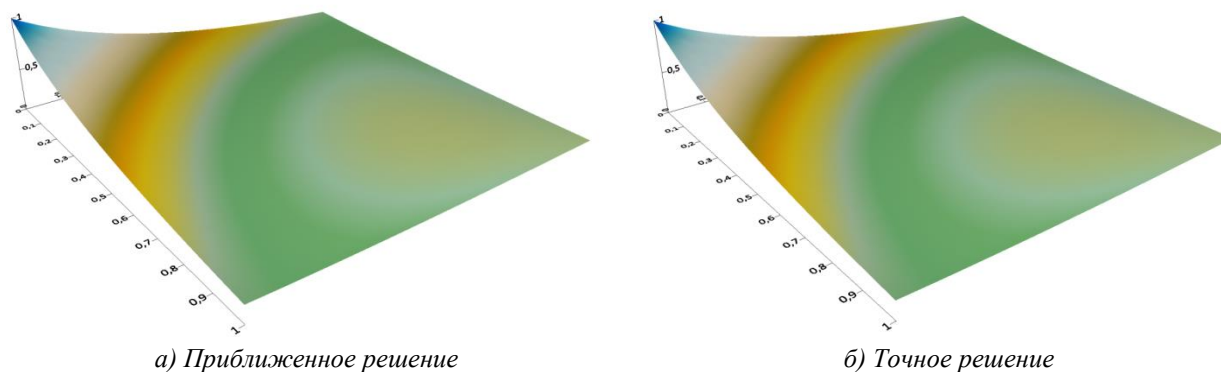


Рисунок 4. Приближенное и точное решения при $n = 20$, $m = 20$.

Была проведена обработка и анализ числовых данных вышеизложенными математическими методами и комплексом прикладных программ.

Данные получены в инженерной лаборатории при проведении аналитических исследований ИСР-MS спектроскопии, 777 отобранных проб на 70 химических элементах месторождений полезных ископаемых Рудного Алтая и Калбы [4,15]. Цифровая поверхность, построенная графическим редактором Surfer, показывает характер распределения аномалий Li на поверхности по данным, которые были собраны на рисунке 5 [4].

На рисунке 6 построена цифровая поверхность графическим редактором Surfer характера распределения аномалий Li на глубине по данным, которые были получены предложенными выше численными методами и комплексом прикладных программ [4,15].

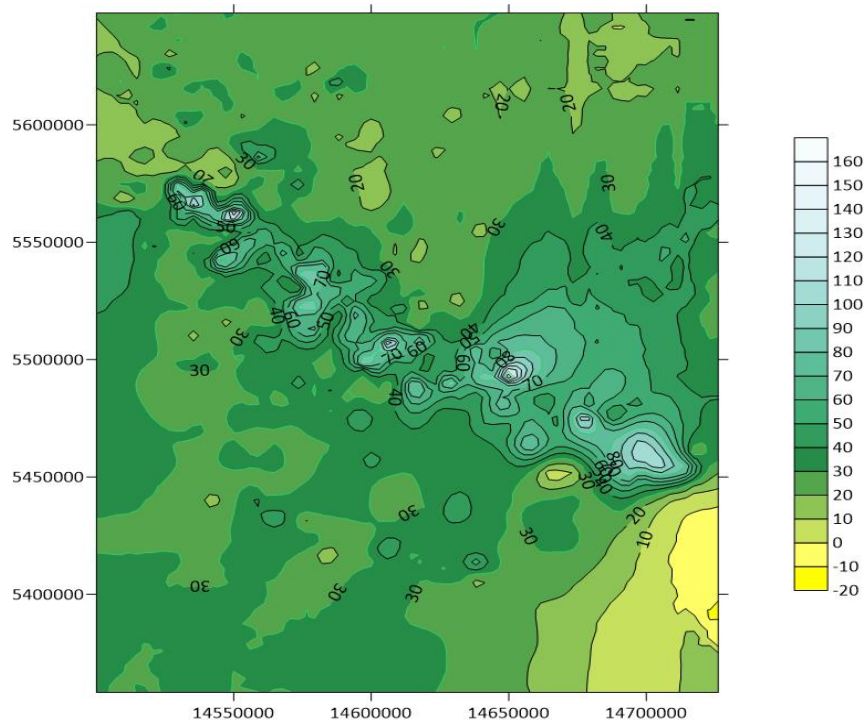


Рисунок 5. Характер распределения аномалий Li на дневной поверхности, полученный с помощью графического редактора Surfer

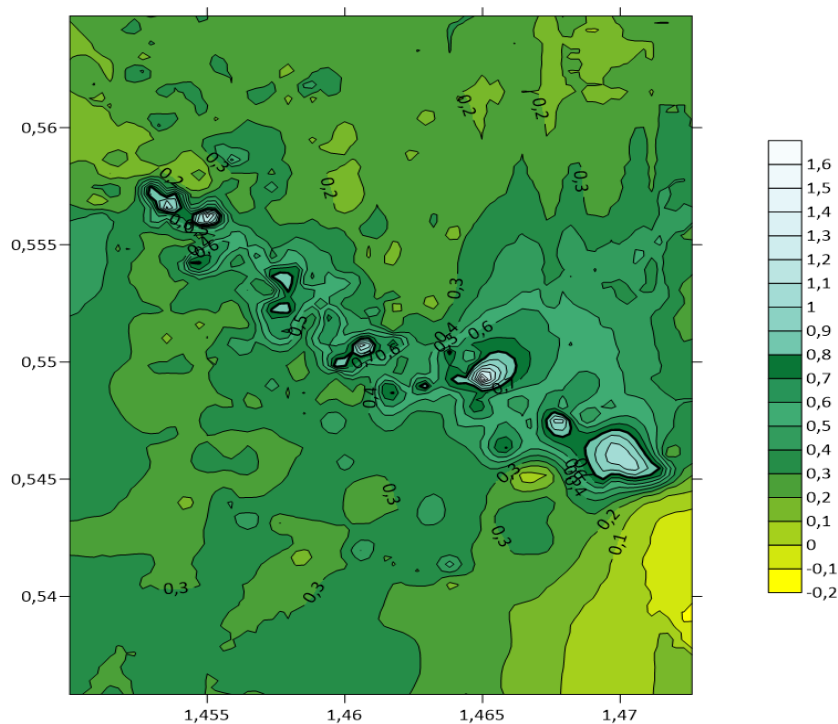


Рисунок 6. Характер распределения аномалий Li на глубине численно реализованный предложенными методами, полученный с помощью графического редактора Surfer

Были использованы реальные данные бурения Калбы-Нарымской зоны [15] для сравнения результатов численных расчетов. В таблице 1 приведены результаты аномальных точек распределения Li на поверхности и на глубине 300 метров [4,15].

Таблица 1. Концентрация Li

№	Проба	Концентрация на поверхности	Концентрация на глубине 300 метров	Результат численных расчетов для глубины 300 метров
1	G-71	105.8	107.7	110.2
2	G-115	132.7	128.4	130.3
3	G-169	126.6	127.8	130.4
4	G-181	133	131.5	130.8
5	G-185	141	142.3	140.7
6	G-498	104.1	107.6	110.3
7	Q-498	156.975	158.5	160.1
8	G-173	122.2	119.3	120.4

Результаты сравнений концентраций показали следующий результат: расхождение рассчитанных данных с данными проб из скважин составило 2 - 4 %.

Заключение

Разработанные методы численной реализации обратных задач математической геофизики и геохимии показали удовлетворительную точность на тестовых примерах.

При численных расчетах используется повышение точности приближенных решений на последовательности сеток. Применение такого подхода позволяет использовать в расчетах только известные квадратурные и кубатурные формулы. Такой статистический анализ количества узлов сетки позволяет получить приближенное решение с требуемой точностью.

Разработанный модуль в виде комплекса прикладных программ был использован для цифрового моделирования конкретного месторождения для выявления скрытых рудных объектов. Все численные расчеты проводились на 2x – процессорном стоечном сервере 1U 2xS 8xDDR4 4x3.5/CPU 2xCLX 4214R/DDR4 2x16GB 2933MHZ/Net 2xSFP 10Gb, который удаленно обслуживается в дата центре ТОО «Академсет».

Благодарности. Работа выполнена при поддержке грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан (ИРН AP08856012 «Разработка модуля геоинформационной системы, основанного на методах интеллектуального выявления аномалий, для глубинных изысканий месторождений», 2020-2022 гг.).

Список использованной литературы:

- 1 Тихонов А.Н. Математическая геофизика. /А.Н.Тихонов. - Москва: ОИФЗ РАН, 1999.- 476 с.
- 2 Шокин Ю.И., Потапов В.П. ГИС сегодня: состояние, перспективы, решения // Вычислительные технологии, 2015, Т.20, №5, с. 175-213.
- 3 Di Yuan, Shuwei Lu, Donghoo, Xinming Zhang. Graph refining via iterative regularization framework.// SN Applied Sciences.2019. A springer nature journal. 1:387. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0412-9>
- 4 Temirbekova L.N. Processing of big data in the detection of geochemical anomalies of rare-earth metal deposits// AIP Conference Proceeding. – 2018. – Vol. 1997, № 020072.
- 5 Марчук Г.И. Сопряженные уравнения и их применения//Тр. ИММ УрО РАН, 2006, Т.12, №1, с. 184-195.
- 6 Верлань А.Ф., Сизиков В.С. Интегральные уравнения: методы, алгоритмы, программы: справочное пособие/ А.Ф. Верлань, В.С.Сизиков. -. Киев. Наукова Думка, 1986. - 537 с.
- 7 Di Yuan, Xinming Zhang. An overview of numerical methods for the first kind Fredholm integral equation. // SN Applied Sciences (2019), 1:1178. A Springer nature journal. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1228-3>
- 8 Hossein Hosseinzadeh, Mehdi Dehghan, Zeynab Sedaghatjoo. The stability study of numerical solution of Fredholm integral equations of the first kind with emphasis on its application in boundary elements method. // Applied Numerical Mathematics 158 (2020), P.134-151. <https://doi.org/10.1016/j.apnum.2020.07.011>
- 9 Maleknejad K., Saeedipoor E. An efficient based on hybrid functions for Fredholm integral equation of the first kind with convergence analysis. // Applied Mathematics and Computation 304 (2017), P. 93-102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.amc.2017.01.013>
- 10 Bahmanpour M., Kajani M.T., Maleki M. Solving Fredholm integral equations of the first kind using Muntz wavelets. // Applied Numerical Mathematics 143 (2019), P.159-171. <https://doi.org/10.1016/j.apnum.2019.04.007>
- 11 Mohsen Didgar, Alireza Vahidi, Jafar Biazar. Application of Taylor Expansion for Fredholm Integral Equations

of the First Kind// *Journal of Mathematics*, Vol.51(5), 2019, P.1-14.

12 Дмитриев В.И. О двумерной обратной задаче магнитотеллурического зондирования неоднородной среды// *Прикладная математика и информатика*, 2017. Т. 56, с.5-17.

13 Yanying Ma, Jin Huang, and Hu Li. A novel numerical method of two-dimensional Fredholm integral equations of the second kind// *Mathematical problems in engineering*, Volume 2015, ID 624013, 9 p.

14 Kabanikhin S.I., Shishlenin M.A. Theory and numerical methods for solving inverse and ill-posed problems. *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems*. Vol. 27, No. 3. 2019. P. 453-456. <https://doi.org/10.1515/jiip-2019-5001>

15 Дьячков Б.А., Гавриленко О.Д., Бубняк А.Н. Современное состояние и проблемы регионального геологического изучения территории Восточного Казахстана // *Геология и охрана недр*. – 2017.- №3(64). - с. 31- 37. ISSN-2414-4282.

References:

1 Tihonov A.N. (1999) *Matematicheskaja geofizika [Mathematical Geophysics]*. Moskva: OIFZ RAN, 476. (In Russian)

2 Shokin Ju.I., Potapov V.P. (2015) *GIS segodnja: sostojanie, perspektivy, reshenija [GIS today: state, prospects, solutions]*. *Vychislitel'nye tehnologii*, T.20, №5, 175-213. (In Russian)

3 Di Yuan, Shuwei Lu, Donghoo, Xinming Zhang. (2019) Graph refining via iterative regularization framework. *SN Applied Sciences*. A springer nature journal. 1:387. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0412-9>

4 Temirbekova L.N. (2018) Processing of big data in the detection of geochemical anomalies of rare-earth metal deposits// *AIP Conference Proceeding*. Vol. 1997, № 020072.

5 Marchuk G.I. (2006) *Sopryazhennye uravnenija i ih primenenija [Conjugate Equations and Their Applications]*. Tr. IMM UrO RAN, T.12, №1, 184-195. (In Russian)

6 Verlan' A.F., Sizikov V.S. (1986) *Integral'nye uravnenija: metody, algoritmy, programmy [Integral equations: methods, algorithms, programs]*. *Spravochnoe posobie*. Kiev. Naukova Dumka, 537. (In Russian)

7 Di Yuan, Xinming Zhang. An overview of numerical methods for the first kind Fredholm integral equation. *SN Applied Sciences* (2019), 1:1178. A Springer nature journal. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1228-3>

8 Hossein Hosseinzadeh, Mehdi Dehghan, Zeynab Sedaghatjoo. The stability study of numerical solution of Fredholm integral equations of the first kind with emphasis on its application in boundary elements method. *Applied Numerical Mathematics* 158 (2020), P.134-151. <https://doi.org/10.1016/j.apnum.2020.07.011>

9 Maleknejad K., Saeedipoor E. (2017) An efficient based on hybrid functions for Fredholm integral equation of the first kind with convergence analysis. *Applied Mathematics and Computation* 304. 93-102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.amc.2017.01.013>

10 Bahmanpour M., Kajani M.T., Maleki M. (2019) Solving Fredholm integral equations of the first kind using Muntz wavelets. // *Applied Numerical Mathematics* 143. 159-171. <https://doi.org/10.1016/j.apnum.2019.04.007>

11 Mohsen Didgar, Alireza Vahidi, Jafar Biazar (2019) Application of Taylor Expansion for Fredholm Integral Equations of the First Kind// *Journal of Mathematics*, Vol.51(5), 1-14.

12 Dmitriev V.I. (2017) *O dvumernoj obratnoj zadache magnetotelluricheskogo zondirovanija neodnorodnoj sredy [On a two-dimensional inverse problem of magnetotelluric sounding of an inhomogeneous medium]*. *Prikladnaja matematika i informatika*, T. 56, 5-17. (In Russian)

13 Yanying Ma, Jin Huang, and Hu Li. (2015) A novel numerical method of two-dimensional Fredholm integral equations of the second kind// *Mathematical problems in engineering*, Volume, ID 624013, 9.

14 Kabanikhin S.I., Shishlenin M.A. (2019) Theory and numerical methods for solving inverse and ill-posed problems. *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems*. Vol. 27, No. 3. 453-456. <https://doi.org/10.1515/jiip-2019-5001>

15 D'jachkov B.A., Gavrilenco O.D., Bubnjak A.N. (2017) *Sovremennoe sostojanie i problemy regional'nogo geologicheskogo izuchenija territorii Vostochnogo Kazahstana [Current state and problems of regional geological study of the territory of East Kazakhstan]*. *Geologija i ohrana neдр*. №3(64), 31- 37. ISSN-2414-4282.

CHARACTERISTIC FUNCTION OF THE SYSTEM D-EQUATIONS

Ysmagul R.S.^{1*}, Zhumartova B.O.¹

¹Kostanay Regional University named after A. Baitursynov, Kostanay, Kazakhstan

*e-mail: ismagul@mail.ru

Abstract

This paper is devoted to the problems of studying the multiperiodic solution of some evolutionary equations. The article also discusses the existence and uniqueness of a multiperiodic solution with respect to vector functions for an evolutionary reduced equation. Studies have been conducted on the characteristic function of a certain system of the evolutionary equation. Some properties of the vector function are proved. They can be used in the further study of oscillatory bounded solutions of evolutionary equations. Based on the argumentation of the theorem on the existence and uniqueness of an almost multiperiodic solution of the specified system, considered using the method of shortening the characteristic function. All estimates of the characteristic function are based on the enhanced Lipschitz condition, first introduced by academician K. P. Persian. The results will also be useful in the study of periodic solutions of evolutionary equations of mathematical physics

Keywords: strengthened Lipschitz condition, truncated differential operator, Bellman - Gronwall lemma (B.-G.).

Аңдатпа

Р.С. Ысмағұл¹, Б.О. Жумартова¹

¹А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан

D-ТЕҢДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІНІҢ СИПАТТАУШЫ ФУНКЦИЯСЫ

Бұл жұмыс кейбір эволюциялық теңдеулердің көппериодты шешімін зерттеу мәселелеріне арналған. Сондай-ақ, мақалада эволюциялық қысқартылған теңдеу үшін векторлық функцияларға қатысты көппериодтылық шешімнің бар болуы мен жалғыздық мәселелері қарастырылады. Эволюциялық теңдеудің кейбір жүйесінің сипаттаушы функциясына қатысты зерттеулер жүргізілді. Вектор функцияның кейбір қасиеттері дәлелденді. Олар эволюциялық теңдеулердің тербелмелі шектеулі шешімдерін одан әрі зерттеуде қолданылуы мүмкін. Көрсетілген жүйенің дерлік көп периодты шешімінің бар болуы және жалғыздығы туралы теореманың дәлелдеуіне сүйене отырып сипаттаушы функцияның бағамдары қысқарту әдісін пайдалана отырып қарастырылған. Сипаттаушы функцияның барлық бағалары алғаш рет академик К.П.Персидский енгізген Липшицтің күшейтілген шартына негізделген. Нәтижелерді математикалық физиканың эволюциялық теңдеулерінің периодты шешімдерін зерттеуде де пайдалы болады

Түйін сөздер: Липшицтің күшейтілген шарты, қысқартылған дифференциалдау операторы, Беллман - Гронуолл леммасы

Аннотация

Р.С. Ысмағұл¹, Б.О. Жумартова¹

¹Костанайский региональный университет имени А.Байтұрсынова, Костанай, Казахстан

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ СИСТЕМЫ D-УРАВНЕНИЙ

Данная работа посвящена проблемам изучения многопериодического решения некоторых эволюционных уравнений. В статье также рассматриваются вопросы существования и единственности многопериодического решения относительно векторных функций для эволюционного сокращенного уравнения. Проведены исследования относительно характеристической функции некоторой системы эволюционного уравнения. Доказаны некоторые свойства векторной функции. Они могут быть использованы при дальнейшем изучении колебательных ограниченных решений эволюционных уравнений. Исходя из аргументации теоремы о существовании и единственности почти многопериодического решения указанной системы, рассмотренные с использованием метода укорочения характеристической функции. Все оценки характеристической функции основаны на усиленном условии Липшица, впервые введенном академиком К.П. Персидским. Результаты также будут полезны при изучении периодических решений эволюционных уравнений математической физики

Ключевые слова: усиленное условие Липшица, укороченный оператор дифференцирования, лемма Беллмана - Гронулла (Б.-Г.).

If $t \in R = (-\infty, \infty)$, $\varphi \in R_\varphi = \{\varphi: \|\varphi\| < \infty\}$, $\varphi = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m, \dots)$ is a countable vector, with norm

$$\|\varphi\| = \sup_k |\varphi_k|.$$

In this case, we write

$$W_m \varphi = (\varphi_1, \dots, \varphi_m, 0, 0, \dots).$$

Consider the differential equation

$$\frac{d\varphi}{dt} = a[t, W_m \varphi, f(t, W_m \varphi), \mu]. \quad (1)$$

The condition (π_1^∞) ensures the existence and uniqueness of the solution to the Cauchy problem for equation (1) with respect to vector functions $a(t, W_m \varphi, f(t, W_m \varphi), \mu)$

Let us denote $\varphi = \xi_m(t, t_0, \varphi_0)$ by the solution of equation (1) passing through the point $(t_0, \varphi_0) \in R \times R_\varphi$. Solving equations (1) with respect φ_0 to obtain a characteristic function $\xi_m(t, t_0, \varphi_0)$ that admits an integral representation in the form

$$\xi_m(t_0, t, \varphi) = W_m \varphi + \int_t^{t_0} W_m a[s, \xi_m, f(s, \xi_m), \mu] ds. \quad (2)$$

Here are some properties of the vector - function $\xi_m(t, t_0, \varphi_0)$.

1⁰. The vector function $\xi_m(t, t_0, \varphi_0)$ for any fixed $t_0 \in R$ satisfies the equation

$$D \xi_m(t_0, t, \varphi) = 0.$$

Evidence. It is known that it $\lambda_f(t_0, t, \varphi)$ belongs to the π - class, and it is continuously differentiable by t [1-3].

Similarly, this expression is suitable for the characteristic vector function $\xi_m(t, t_0, \varphi_0)$ of the truncated differential operator

$$D_m = \frac{\partial}{\partial t} + \sum_{k=1}^m W_m a_k(t, W_m \varphi, \gamma, \mu) \frac{\partial}{\partial \varphi_k}.$$

Therefore, the function $\xi_m(t_0, \tau, \xi_m(\tau, t, \varphi))$ is differentiable with respect τ to a parameter, and

$$[\xi_m(t_0, \tau, \xi_m(\tau, t, \phi))]'_\tau = \frac{\partial \xi_m(t_0, \tau, \xi_m(\tau, t, \phi))}{\partial t} + \frac{\partial \xi_m(t_0, \tau, \xi_m(\tau, t, \phi))}{\partial \phi_k}.$$

$$\frac{\partial \xi_m(\tau, t, \phi)}{\partial t} = \frac{\partial \xi_m(t_0, \tau, \xi_m(\tau, t, \phi))}{\partial t} + \sum_{k=1}^m W_m a_k(\tau, \xi_m(\tau, t, \phi)).$$

$$\frac{\partial \xi_m(t_0, \tau, \xi_m(\tau, t, \phi))}{\partial \phi_k} = D_{\xi_m}^{\xi_m}(t_0, \tau, \xi_m(\tau, t, \phi))$$

But since we have $\xi_m(t_0, \tau, \xi_m(\tau, t, \phi)) = \xi_m(\tau_0, t, \phi)$, the considered function is constant with respect to the parameter τ . Therefore

$$D_{\xi_m}^{\xi_m}(t_0, \tau, \xi_m(\tau, t, \phi)) \equiv D_{\xi_m}^{\xi_m}(\tau_0, t, \phi) = 0, \text{ therefore}$$

$$D_{\xi_m}^{\xi_m}(\tau_0, t, \phi) = 0.$$

2⁰. The vector function $\xi_m(\tau_0, t, \phi)$ has continuous partial derivatives with respect to all arguments [4].

Evidence. The existence of the derivative with respect to t is obvious, because

$$\frac{d\xi_m(\tau_0, t, \phi)}{dt} = W_m a[s, \xi_m, f(s, \xi_m), \mu].$$

The derivatives with respect to t, ϕ_k the equations in variations

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{d\xi_m(t_0, t, \phi)}{\partial t} \right) = \frac{\partial W_m a[t, \xi_m, f(t, \xi_m), \mu]}{\partial \phi} \cdot \frac{\partial \xi_m(t_0, t, \phi)}{\partial t},$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{d\xi_m(t_0, t, \phi)}{\partial t} \right) = \frac{\partial W_m a[t, \xi_m, f(t, \xi_m), \mu]}{\partial \phi} \cdot \frac{\partial \xi_m(t_0, t, \phi)}{\partial \phi_k}.$$

Thus, to calculate the indicated derivatives, we obtain linear equations in variations for the solution $\xi_m(\tau_0, t, \phi)$. Since these equations are linear, their solutions always exist and are continuous. For these derivatives, we obtain the estimates

$$\left\| \frac{\partial \xi_m(t_0, t, \phi)}{\partial t} \right\| \leq r_0 e^{r_0 |t - t_0|},$$

$$\left\| \frac{\partial \xi_m(t_0, t, \phi)}{\partial \phi_k} \right\| \leq e^{r_0 |t - t_0|}.$$

3⁰. Directly from (2), on the basis of the strengthened Lipschitz condition and the boundedness of the vector function, $a(t, W_m \phi, \gamma, \mu)$ we have

$$\left\| \xi_m(t_0, t, \phi) \right\| \leq \|W_m \phi\| e^{r_0 |t - t_0|} + \frac{\bar{a}_0}{r_0} (e^{r_0 |t - t_0|} - 1).$$

Evidence.

$$\begin{aligned} \|\xi_m(t_0, t, \varphi)\| &\leq \|W_m \varphi\| + \left| \int_t^{t_0} \|W_m a[s, \xi_m, f(s, \xi_m), \mu]\| ds \right| \leq \\ &\leq \|W_m \varphi\| + \left| \int_t^{t_0} \left\| W_m \left\{ a(s, \xi_m(s, t, \varphi), f(s, \xi_m(s, t, \varphi)), \mu) - a(s, 0, f(s, 0), \mu) \right\} \right\| ds \right| + \\ &+ \left\| W_m \left\{ a(s, 0, f(s, 0), \mu) - a(s, 0, 0, \mu) \right\} + W_m a(s, 0, 0, \mu) \right\| ds \leq \|W_m \varphi\| + \\ &+ \left| \int_t^{t_0} \left\{ (\alpha_0 + \bar{\alpha}_1 \delta_0) \|W_m \xi_m(s, t, \varphi)\| + \bar{\alpha}_1 \|W_m f(s, 0)\| + W_m a_0 \right\} ds \right| \leq \\ &\leq \|W_m \varphi\| + \left| \int_t^{t_0} \left\{ (\alpha_0 + \bar{\alpha}_1 \delta_0) \|\xi_m(s, t, \varphi)\| + W_m (\bar{\alpha}_1 \Delta + a_0) \right\} ds \right| \leq \\ &\leq \|W_m \varphi\| + \left| \int_t^{t_0} \left[r_0 \|\xi_m(s, t, \varphi)\| + \bar{a}_0 \right] ds \right|. \end{aligned}$$

Therefore

$$\|\xi_m(t_0, t, \varphi)\| \leq \|W_m \varphi\| e^{r_0 |t-t_0|} + \frac{\bar{a}_0}{r_0} (e^{r_0 |t-t_0|} - 1) [5].$$

LEMMA 1. For any natural number m , the following estimates are valid:

$$\begin{aligned} 1 \text{ a) } \|\xi_m(t_0, t, \bar{\varphi}) - \xi_m(t_0, t, \varphi)\| &\leq \|W_m(\bar{\varphi} - \varphi)\| e^{r_0 |t-t_0|}, \\ 1 \text{ б) } \|\xi_m(t_0 + \tau, t + \tau, \bar{\varphi} + \theta) - \xi_m(t_0, t, \varphi) - W_m \theta\| &\leq \frac{\|\Delta_{\tau, \theta}^r\|}{r_0} (e^{r_0 |t-t_0|} - 1), \\ 1 \text{ B) } \|\xi_{m_f}(t_0, t, \varphi) - \xi_{m_g}(t_0, t, \varphi)\| &\leq \frac{\bar{\alpha}_1 \|W_m(f - g)\|}{r_0} (e^{r_0 |t-t_0|} - 1). \end{aligned}$$

Evidence.

1 a) [6]

$$\begin{aligned} \|\xi_m(t_0, t, \bar{\varphi}) - \xi_m(t_0, t, \varphi)\| &\leq \|W_m(\varphi)\| + \\ &+ \left| \int_t^{t_0} \|W_m a[s, \xi_m(s, t, \bar{\varphi}), f(s, \xi_m(s, t, \bar{\varphi})), \mu] - W_m a[s, \xi_m(s, t, \varphi), f(s, \xi_m(s, t, \varphi)), \mu]\| ds \right| \leq \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\leq \|W_m(\bar{\phi} - \phi)\| + \\ &+ \left| \int_t^{t_0} \|W_m \{a[s, \xi_m(s, t, \bar{\phi}), f(s, \xi_m(s, t, \bar{\phi})), \mu] - a[s, \xi_m(s, t, \phi), f(s, \xi_m(s, t, \phi)), \mu]\} \| ds \right| \leq \text{By} \\ &\leq \|W_m(\bar{\phi} - \phi)\| + \left| \int_t^{t_0} W_m(r_0 \|\xi_m(s, t, \bar{\phi}) - \xi_m(s, t, \phi)\|) ds \right|. \end{aligned}$$

lemma B.-G. [1] we get

$$\|\xi_m(t_0, t, \bar{\phi}) - \xi_m(t_0, t, \phi)\| \leq \|W_m(\bar{\phi} + \phi)\| e^{r_0|t-t_0|}.$$

1 б)

$$\begin{aligned} &\|\xi_m(t_0 + \tau, t + \tau, \phi + \theta) - \xi_m(t_0, t, \phi) - W_m \theta\| \leq \\ &\leq \left| \int_t^{t_0} \left\{ \|W_m r_0 \{\xi_m(s + \tau, t + \tau, \phi + \theta) - \xi_m(s, t, \phi) - W_m \theta\}\| + \|W_m \Delta_{\tau, \theta} r\| \right\} ds \right|. \end{aligned}$$

Applying the lemma of B.-G. we have [7]

$$\|\xi_m(t_0 + \tau, t + \tau, \phi + \theta) - \xi_m(t_0, t, \phi) - W_m \theta\| \leq \frac{\|\Delta_{\tau, \theta} r\|}{r_0} (e^{r_0|t-t_0|} - 1).$$

$$\begin{aligned} &\|\xi_{m_f}(t_0, t, \phi) - \xi_{m_g}(t_0, t, \phi)\| \leq \\ \text{1 б)} &\leq \left| \int_t^{t_0} \left\{ \bar{\alpha}_1 \|W_m(f - g)\|_H + (\alpha_0 + \bar{\alpha}_1 \delta_0) \|\xi_{m_f} - \xi_{m_g}\| \right\} ds \right|. \end{aligned}$$

By lemma B.-G. get

$$\|\xi_{m_f}(t_0, t, \phi) - \xi_{m_g}(t_0, t, \phi)\| \leq \frac{\bar{\alpha}_1 \|W_m(f - g)\|_H}{r_0} (e^{r_0|t-t_0|} - 1).$$

It is further shown that an almost multiperiodic solution of the basic system can be uniformly approximated by an almost multiperiodic solution of the system in the form μ :

$$D_m^y y = P(t, W_m \varphi) y + \mu Q(t, W_m \varphi, y, \mu) + \mu \int_{-\infty}^{\infty} R[t_1, t, W_m \varphi, y, \mu] \psi(t - t_1) dt_1 \quad [8].$$

References

- 1 Умбетжанов Д.У. Почти периодические решения эволюционных уравнений. Алма-ата, Наука, 1990,-188с.
- 2 Ысмагул, Р.С., Гинолла Т. Решение одной счетной системы почти многопериодических уравнений методом укорочения // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах,-2018. - Т.6. - № 2. - с. 19-23.
- 3 Сартабанов Ж.А. Псевдопериодические решения одной системы интегро-дифференциальных уравнений Ж.А. Сартабанов // Укр.математ. журнал, -1989, -№1. с.125-130.
- 4 Исмагулова Р.С. О применении метода укорочения к построению почти многопериодического решения одной системы интегродифференциальных уравнений частных производных // Алма-Ата, -1987, 25 с. Деп. в ВИНИТИ 3.07.87.№5474-В.87 Ден
- 5 Ысмағұл Р.С., Карим А.О., Хамитбеков Ж.Р. Гильберт кеңістігіндегі бірінші ретті дифференциалды теңдеудің шешімі // Вестник КазНПУ имени Сатпаева. Серия физико-математическая, -2019, -№6 (136). - б. 788-792
- 6 Ysmagul R.S., Kolesnikova A.S. On one account system of integro-differential equations in private derivatives of first order// Вестник КазНПУ им. Абая. Серия физико-математическая, -2018. -№3 (63). с.178-181
- 7 Ysmagul R.S., Kolesnikova A.S. Some estimates of characteristic functions and matrix of a linear uniform equation in private derivatives // Вестник КазНПУ им. Абая. Серия физико-математическая, -2019. -№2 (63). - с.46-50
- 8 Ысмағұл Р.С., Муканов Т.Л. Решение одной счетной системы эволюционных уравнений методом укорочения // Многопрофильный научный журнал "3i - intelekt, ideya, innovatsiya" КГУ им. А. Байтурсынова, - 2014. -Вып.1,-с.93-99

References

- 1 Umbetzhonov D.U. (1990) Pochti periodicheskie reshenija jevoljucionnyh uravnenij [Almost periodic solutions of evolutionary equations]. Alma-ata. Izd-vo Nauka, p.188.(in Russian)
- 2 Ysmagul R.S., Ginolla T. (2018) Reshenie odnoj schetnoj sistemy pochti mnogoperiodicheskikh uravnenij metodom ukorochenija . Matematicheskoe i programmnoe obespechenie sistem v promyshlennoj i social'noj sferah [Solving a single counting system of almost many periodic equations by the shortening method. Mathematical and software support of systems in the industrial and social spheres].V.6. № 2. pp. 19-23. (in Russian)
- 3 Sartabanov Zh.A.(1989) Pseudoperiodicheskie reshenija odnoj sistemy integro-differencial'nyh uravnenij [Pseudoperiodic solutions of a system of integro-differential equations] /Zh.A. Sartabanov. Ukrainian Mathematical Journal, №1. pp.125-130. (in Russian)
- 4 Ismagulova R.S. (1987) O primenении metoda ukorochenija k postroeniju pochti mnogoperiodicheskogo reshenija odnoj sistemy integrodifferencial'nyh uravnenij chastnyh proizvodnyh [On the application of the shortening method to the construction of an almost multiperiodic solution of a system of integro-differential partial differential equations]. Alma-Ata. VINITI 3.07.87.№5474-V.87. p27. (in Russian)
- 5 Ysmağұл R.S., Karim A.O., Hamitbekov Zh.R. (2019) Gilbert кеңістігіндегі бірінші ретті дифференциалды теңдеудің шешімі [Solution of a first-order differential equation in Hilbert space]. Vestnik KazNITU imeni Satpaeva. Serija fiziko-matematicheskaja, №6 (136). pp.788-792. (In Kazakh)
6. Ysmagul R.S., Kolesnikova A.S. (2018) On one account system of integro-differential equations in private derivatives of first order. Vestnik KazNPU im. Abaja. Serija fiziko-matematicheskaja, №3 (63). pp.178-181.
- 7 Ysmagul R.S., Kolesnikova A.S.(2019) Some estimates of characteristic functions and matrix of a linear uniform equation in private derivatives. Vestnik KazNPU im. Abaja. Serija fiziko-matematicheskaja, №2 (63). pp.46-50.
- 8 Ysmagul R.S., Mukanov T.L.(2014) Reshenie odnoj schetnoj sistemy jevoljucionnyh uravnenij metodom ukorochenija [Solving a single countable system of evolutionary equations by the shortening method]. Mnogoprofil'nyj nauchnyj zhurnal "3i - intelekt, ideya, innovatsiya" KGU im. A. Bajtursynova, Vyp.1,pp.93-99. (in Russian)

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

МРНТИ 28.17.33
УДК 004.946

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.04>

Ж.Ж. Айнакулов¹, Д.В. Зувев¹, Б.К. Сейдахметов¹, И.О. Федоров¹, К.Т. Кошекков¹

¹АО «Академия гражданской авиации», г. Алматы, Казахстан

*e-mail: jaras1987@mail.ru

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация

В данной работе рассматривается актуальность применения технологий виртуальной реальности, а конкретно виртуального прототипирования, в различных областях применения. Проанализированы основные задачи, по виртуальной сборке деталей решаемые с помощью набора программно-технических средств визуализации. Применение технологий виртуальной реальности в учебном процессе позволяет повысить успеваемость и при этом сократить количество ошибок и затрат. Внедрение обучающих программ посредством технологии виртуальной реальности позволяет улучшить качество и сократить период обучения, что скажется на экономии денежных средств, затрачиваемых на подготовку специалиста. Обучающие программы можно будет использовать в процессе обучения специалистов. В результате выполнения данного этапа исследования определены качественные и количественные требования к аппаратно-программному комплексу интерактивных обучающих программ.

Ключевые слова: виртуальная реальность (VR), смешанная реальность, единство, планирование, прототипирование, визуализация, сборка.

Аңдатпа

Ж.Ж. Айнакулов¹, Д.В. Зувев¹, Б.К. Сейдахметов¹, И.О. Федоров¹, К.Т. Кошекков¹

¹АҚ «Азаматтық авиация академиясы», Алматы қ., Қазақстан

ВИРТУАЛДЫ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ АВИАЦИЯ ТЕХНИКАСЫНЫҢ БӨЛШЕКТЕРІНЕ МОНИТОРИНГ ЖАСАУ

Бұл жұмыста виртуалды нақтылық технологияларының, атап айтқанда виртуалды прототиптерді әр түрлі салаларда қолданудың өзектілігі зерттеледі. Бөлшектерді виртуалды құрастырудың негізгі міндеттері бағдарламалық және аппараттық визуализация құралдарының жиынтығының көмегімен іске асырылады. Оқу процесінде виртуалды шындық технологияларын қолдану оқу үлгерімін жақсартады, сонымен қатар, кәсіпкерлер мен шығындардың санын азайтады. Оқу бағдарламаларын виртуалды нақтылық технологиясы арқылы енгізу сапаны жақсартады және оқу мерзімін қысқартады, бұл маман дайындауға жұмсалатын ақшаны үнемдеуге әсер етеді. Зерттеудің осы кезеңінің нәтижесінде интерактивті оқыту бағдарламаларының аппараттық - бағдарламалық кешеніне қойылатын сапалық және сандық талаптар анықталды.

Түйін сөздер: виртуалды нақтылық (VR), аралас нақтылық, жоспарлау, прототиптеу, визуализация, құрастыру, интерактивті оқыту.

Abstract

VIRTUAL MODELING AND MONITORING OF AIRCRAFT PARTS

Ainakulov Zh.Zh.¹, Zuev D.V.¹, Seidakhmetov B.K.¹, Fedorov I.O.¹, Koshekov K.T.¹

¹JSC «Civil Aviation Academy», Almaty, Kazakhstan

This work considers the relevance of the use of virtual reality technology, and specifically virtual prototyping, in different areas of application. The main tasks, analyzed in the virtual collection of details solved with the help of a set of software and hardware for visualization. The use of virtual reality technology in the educational process allows you to increase the success and at the same time reduce the amount of errors and losses. The introduction of training programs through the use of virtual reality technology allows to improve the quality and reduce the period of training, which will

be saved on the savings of funds spent on the training of specialists. Training programs can be used in the process of training specialists. As a result of the implementation of this stage of the study, the qualitative and quantitative requirements for the hardware-software complex of interactive educational programs are determined.

Keywords: virtual reality (VR), mixed reality, unity, planning, prototyping, visualization, assembly.

Введение

Виртуальная реальность – это искусственно моделируемое с помощью современных компьютерных технологий пространство, которое воссоздает ту или иную среду жизнедеятельности человека или иной, фантазийный мир [1].

Это новое поколение интерфейса человек-машина. Такой интерфейс используется эффективно при работе с трехмерной информацией. В этом случае зрительные, слуховые, тактильные и двигательные ощущения пользователя заменяются их имитацией, генерируемой компьютером [2]. Виртуальная реальность характеризуется моделированием в реальном времени, моделированием среды с высокой степенью реализма, а также способностью влиять на окружающую среду и иметь обратную связь одновременно.

Дополненная реальность - это среда, в реальном времени дополняющая физический мир, каким мы его видим, цифровыми данными с помощью каких-либо устройств – планшетов, смартфонов, очков [3]. Дополненная реальность создается с использованием «дополненных» с помощью компьютера элементов воспринимаемой реальности.

Человек визуально воспринимает около 80% информации. Функциональность отдельных средств визуализации - мониторов - ограниченная, когда речь идет о визуализации для коллективной работы.

Как показывает практика, для таких задач лучше всего подходят системы с эффектом погружения, где изображение воспроизводится максимально реалистично, в 3D на большом экране в масштабе 1:1, что позволяет работать с виртуальными 3D-моделями [4].

Система визуализации с генератором изображений, соответствующим программным обеспечением, коммутационными, контрольными и звуковыми системами, а также интерактивными устройствами взаимодействия и обратной связи составляют комплексное решение - центр виртуального прототипирования.

В таком центре решается проблема виртуального прототипирования самого продукта, процесса его производства или процесса сборки.

Виртуальное прототипирование. Основная сфера применения центра виртуального прототипирования – поддержка принятия решений администратором программы при взаимодействии его с подпрограммами. Использование виртуальных макетов позволяет сделать это быстро и эффективно на любом этапе проекта. Ключевым элементом виртуального прототипирования является стереоскопическая визуализация [5].

Преимущества использования технологий VR/AR в образовательных учреждениях. Известно, что человек запоминает информацию лучше, когда он воспринимает ее всеми органами чувств, а VR/AR технологии как раз позволяют задействовать все органы чувств.

Цифровые технологии повышают интерес к образовательному процессу, так как у современного поколения восприятие информации сформировано уже цифровой средой. Обучаемые привыкли воспринимать информацию через технику.

Изменение функциональных возможностей преподавателя, это то, что он пытался объяснить «на руках», теперь сможет объяснить при помощи виртуальной реальности, всего лишь создав нужную анимацию.

С помощью данных технологий появляется возможность повысить эффективность обучения «онлайн». Студент, пропустивший занятия по каким-либо причинам, сможет пройти этот урок дома с «виртуальным учителем», проделать опыты, сделать домашнее задание и сдать его преподавателю [4].

Методология исследования

Несмотря на множество плюсов, следует отметить и проблемы внедрения VR/AR. *Продолжительность внедрения и высокая стоимость оснащения техническими средствами образовательных учреждений.* И сами VR/AR гарнитуры, и обучающие приложения стоят не малых денег, поэтому эти технологии будут вводиться постепенно.

Методы использования VR/AR в обучении. При внедрении новых технологий, у преподавателя будет два способа проводить занятия:

1-ый способ: «Студент – потребитель». Студент просто надевает очки и начинает потреблять информацию, которую подготовил преподаватель.

2-ой способ: «Студент – создатель». В этом случае обучающийся начинает изучать программирование, моделирование и другие предметы, которые ему интересны, и уже на основе своих знаний он создает учебный проект в рамках урока «Индивидуальный проект».

Множество физических явлений, которые тяжело объяснить на словах и на рисунках в учебниках, можно объяснить с помощью анимации и опытов, которые студент выполняет сам [6].

С развитием VR и AR технологий за виртуальной реальностью будущее, ее можно применять во все сферы жизни, от развлечений до образования. Следствием данного явления является создание специальных классов, в которых студентов дополнительно будут обучать созданию VR и AR игр, приложений, чертежей, проектов, цифровых картин, а также заниматься сборкой деталей устройств [7].

Результаты исследования

Согласно этому способу, перед студентом ставится задание, выбрать согласно структурному составу детали, его элементы и выполнить виртуальную сборку детали. Для чего создается сцена/ карта/ уровень: в UE4 сам файл называется Level - уровень. В UE4 все, что находится на Level называется Actor – значение дословное – актёр (рисунок 1). Отсюда вариант перевода Level – сцена. Actors, не обязательно должны содержать логику, если импортировать 3D модель и затем просто поместить на Level, 3D модель также будет отображаться при запуске приложения.

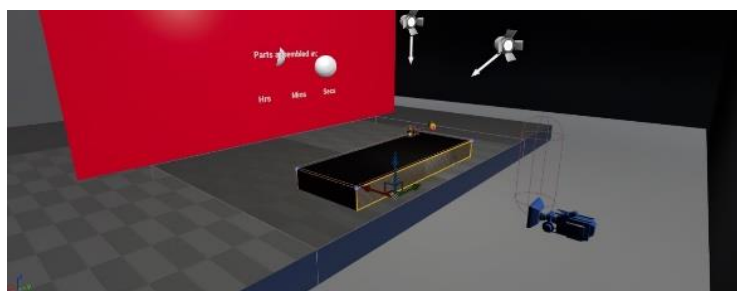


Рисунок 1. Level Editor

Level – имеет как 3D редактор, так и редактор логики, в котором можно как контролировать настройки самого Level, так и любого Actor, в том числе, которые помещены в Level Blueprint Editor (рисунок 2).

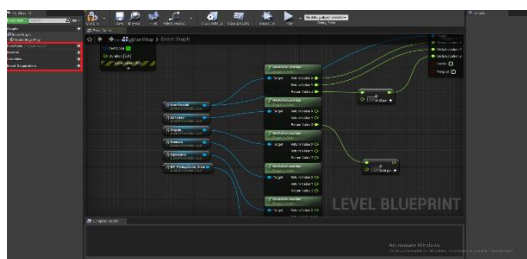


Рисунок 2. Level Blueprint Editor

Через Level Blueprint Editor можно обращаться также к Static Mesh и настроить логику поведения. Level Blueprint Editor – может содержать свой набор переменных, функций, макросов, диспетчеров событий.

К Level Blueprint нельзя получить доступ из других мест, поэтому если планируется создание переменных или функций, которые будет необходимо вызывать из других Blueprint (аналог *.cpp) лучше создавать их в Blueprint, которые относятся к этому уровню. А потом вызывать их в Level Blueprint.

LEVEL_H-5810-270_A. Для удобства названия уровней дается следующим образом: Lvl_NAME_TYPE, где Lvl – помогает понять, что данный тип Blueprint именно – Level; NAME –

название агрегата; TYPE – тип работы на данном уровне, пока только 2; A – Assembly (сборка детали); DA – Disassembly (разбор детали). На данный момент содержится логика, который использовался в качестве проверки работоспособности связи переменных из других файлов Blueprint (рисунок 3).

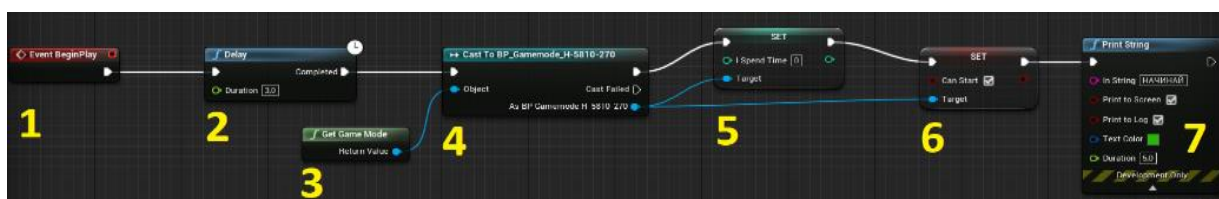


Рисунок 3. Логика, содержащаяся на данный момент на Level_H-5810-270_A

Дискуссия

Цель: разрешить приступить к работе по сборке только через 3 секунды после запуска. Достижение цели: 1 – Event Begin Play – стандартный Event почти для всех классов Blueprint, означает срабатывание цепочки событий логики при появлении на уровне. 2 – Delay – задержка перед переходом к следующему звену в цепи, имеет тип FLOAT, можно задавать подключая переменную или вводить вручную. Время в секундах. В данном случае задана задержка в 3 секунды; 3 – Get Game Mode – даёт доступ к файлам типа GameMode Blueprint; 4 – Cast to BP_GameMode_H-5810-270 – указывает на то к какому конкретно GameMode Blueprint нам нужно обратиться. Из синего выхода получают объекты, которые содержатся конкретно в этом Blueprint; 5 – Set (iSpendTime) – обнуляя переменную типа int, к которой ежесекундно начиная с запуска программы добавляется по 1 единице (секунда) «BP_GameMode_H-5810-270», т.к. задержка до начала работы в 3 секунды.

Если переменную со временем хранить прямо в Level Blueprint, то потом ее не смогли бы получить в других классах. Каждому уровню обязательно должен принадлежать какой-либо GameMode; 6 – Set (bCanStart) – меняют переменную типа BOOL на true, к ней идёт обращение в другом классе «BP_Pickup_Anim», где пока она false невозможно начать работу; 7 – Print String – в режиме разработки выводит текстом всё, что угодно [8].

GAMEMODE, игровой режим. Привязывается к уровню, а к нему привязываются другие классы, выглядит как на рисунке 4.

Используют для хранения важных переменных и функций, т.к. можно получить доступ к нему абсолютно из любого класса, если запущен именно тот Level, к которому привязан данный GameMode.

BP_GAMEMODE_H-5810-270. Для удобства необходимо создавать для каждого Level свой GameMode. Для удобства названия уровней отмечают следующим образом: BP_Gamemode_NAME

BP_Gamemode - Помогает понять, что данный тип Blueprint именно – GameMode; NAME – Название агрегата.

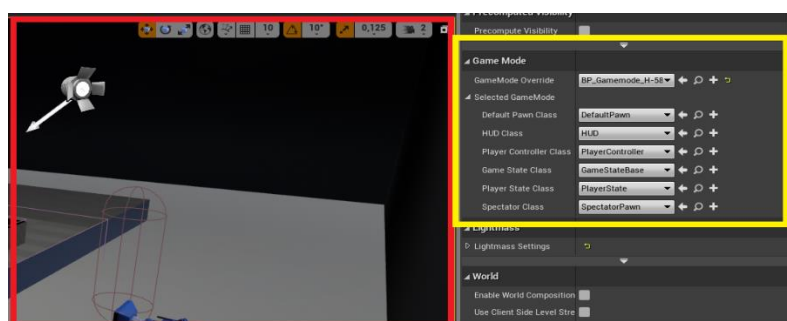


Рисунок 4. Выбор GameMode для данного Level

Переменные и их категории называют как есть, чтобы было понятнее. Перед названием ставят первую букву типа переменной, если понадобятся две переменные с одинаковым именем, но разным типом (рисунок 5).

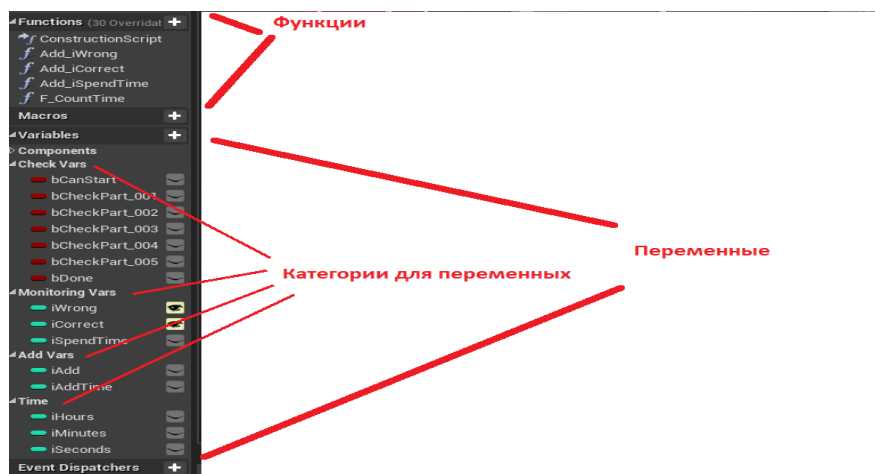


Рисунок 5. Содержание в BP_Gamemode_H-5810-270

В UE4 для удобства разные типы данных обозначают разными цветами. Касательно базовых переменных bool – красный, int – бирюзовый, float – салатный. Check Vars – по умолчанию 0 (false). Monitoring Vars – по умолчанию 0. Add Vars – по умолчанию 1. Time – по умолчанию 0.

Разбор смысла функций и переменных будет представлен по мере появления их в логике. Основная логика, которую содержит данный GameMode на данный момент представлена на рис 6.

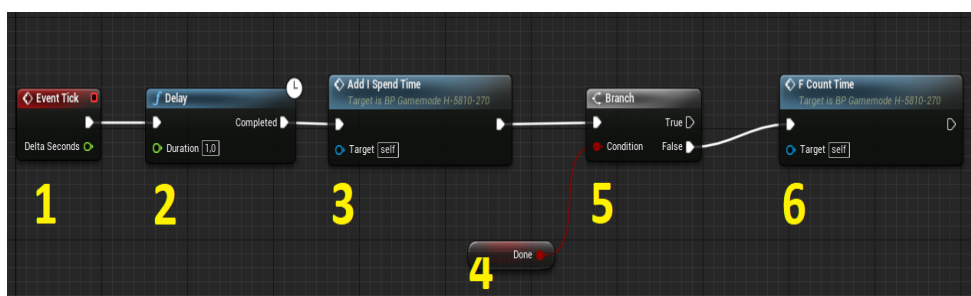


Рисунок 6. Основная логика в BP_Gamemode_H-5810-270

Цель: считать секунды до тех пор, пока работа не будет завершена.

Достижение цели: Event Tick - стандартный Event почти для всех классов Blueprint, означает срабатывание цепочки событий логики, после каждого обновления кадра. Количество событий в секунду зависит от количества обновлений кадров, а значит, чем мощнее устройство, на котором запускается приложение, тем чаще будет срабатывать событие. Для секундомера это совсем не подходит. Поэтому добавляем элемент 2.

Delay - задержка перед переходом к следующему звену в цепи. Имеет тип FLOAT, можно задавать подключая переменную или вводить вручную. Время в секундах. В данном случае задана задержка в 1 секунду.

Add_iSpend_Time – функция, которая прибавляет 1 в переменную «iSpendTime» работа функции представлена на рисунке 7.

Get Done – получаем true / false от переменной типа BOOL.

Branch – делит логическую цепочку на 2, проверяя условие и продолжая соответствующую логику в зависимости от результата (true / false). В данном случае производит расчёт секунд на часы+минуты+секунды до тех пор, пока работа не завершена. Эту проверку необходимо добавить перед функцией «Add_I_Spend_Time». 6 – F_Count_Time - производит расчёт секунд на часы+минуты+секунды работа функции представлена на рисунке 8.

Цель: добавлять 1 в переменную iSpendTime.

Достижение цели: можно через инкремент, но для разнообразия продемонстрирован процесс сложения.

Сперва берём значение переменной в данный момент (get) iSpendTime, затем прибавляем 1 (или заполняя окошко, или подключив ещё одну переменную со значением 1).

Присваиваем новое значение переменной iSpendTime, вызвав её (set) и подключив результат из пункта 1.

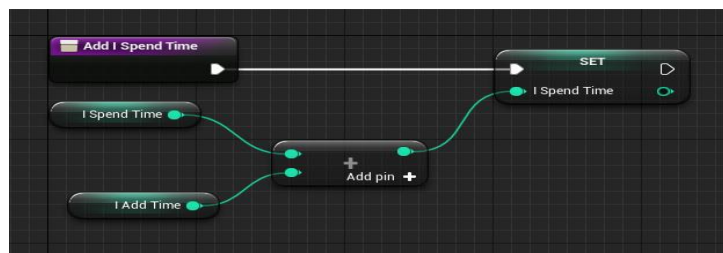


Рисунок 7. Функция Add_iSpend_Time

Цель: разбить секунды на секунды, минуты и часы.

Достижение цели: 1 – Берём значение iSpendTime (благодаря тому, что тип integer только целые числа) делим на 3600 – получается не округлённое (все числа после запятой отбрасываются) число и получаем количество часов – присваиваем результат переменной iHours [9].

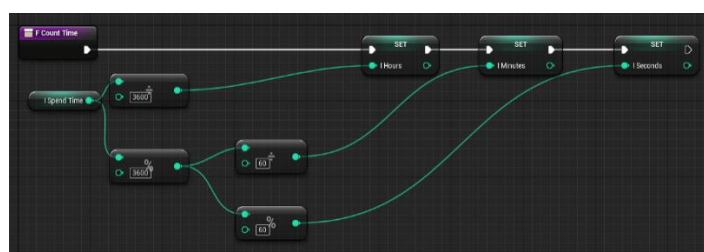


Рисунок 8. Функция F_Count_Time

Часы отброшены, теперь нужно узнать количество оставшихся секунд для получения минут. Получить остаток от деления на 3600 с помощью %.

Узнав остаток секунд, после того как отменили часы делим их на 60, получаем количество минут – присваиваем результат переменной iMinutes.

Часы и минуты отброшены, теперь нужно узнать количество оставшихся секунд. Получаем остаток от деления ещё на 60 с помощью %, получаем количество оставшихся секунд – присваиваем результат переменной iSeconds.

Если что всегда можно добавить любое количество родительских и наследуемых Actors на Level.

На рисунке 9 справа находится главный Actor, в котором содержатся дополнительно все Actors, которые находятся слева от него, но они невидимы с самого начала запуска Level [10].



Рисунок 9. Главный экран «Actor»

Виден только «Корпус», для активации невидимых элементов необходимо совершить манипуляции, изображённые на рис. 10.

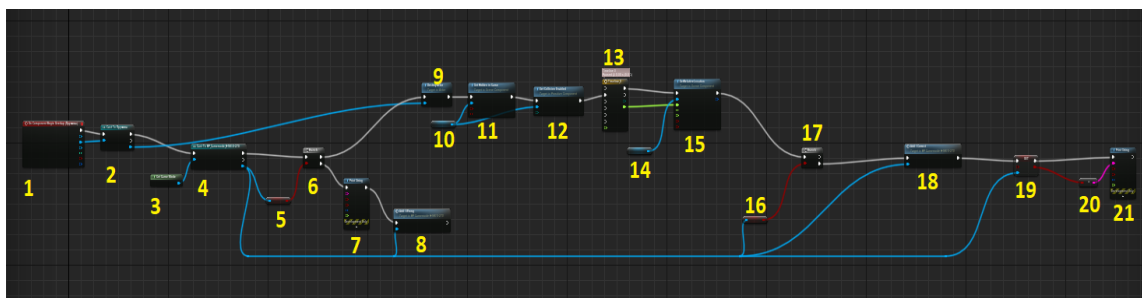


Рисунок 10. Экран «Корпус» - алгоритм активации невидимых элементов

Управление с помощью, зажатой ПКМ. Таких «усов» содержится столько, сколько имеется интерактивных дочерних деталей. Данный случай рассматривается на примере «Пружина». Но далее просто используют Name для обобщения.

Цель: анимировано поместить деталь на место.

Работа функции представлена на рисунке 11. Destroy Actor – Удаляет Actor из Level. Если не указан какая именно деталь, то удаляют ту деталь, которая вызвана по умолчанию. В данном случае удаляется Actor, который устанавливается на место, согласно последовательности. Цепочка событий, которая делает скрытый компонент видимым. TimeLine – выполняет следующее действие в цепи, в течение заданного времени, может возвращать переменные, функции, действия (рисунок 12). В данном случае возвращает изменение переменной с течением времени. В 0 секунде объект появляется на определенной позиции, и в течение 1 секунды изменяет свое положение.

SetRelativeLocation – задаем положение компоненту относительно нулевой позиции самого Actor.

Если деталь, с которой начинается манипулирование была не установлена, то срабатывает Add_iCorrect - функция из BP_Gamemode_H-5810-270 «Add_iCorrect», алгоритм которого представлен на рисунке 13. Set_bCheckPart_NNN – Изменяет значение переменной из BP_Gamemode_H-5810-270 с 0 на 1 (с false на true), тем самым давая знать приложению, что пользователь может переходить к следующему действию в последовательности, согласно регламенту.

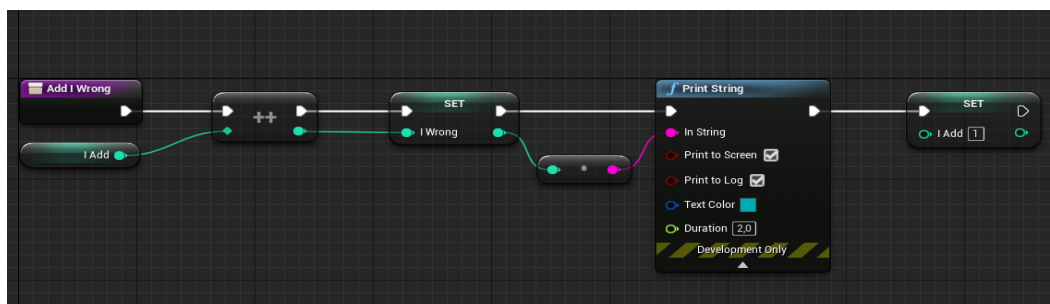


Рисунок 11. Функция Add_iWrong из BP_Gamemode_H-5810-270.

Функцию «Add_iWrong» можно использовать по-разному

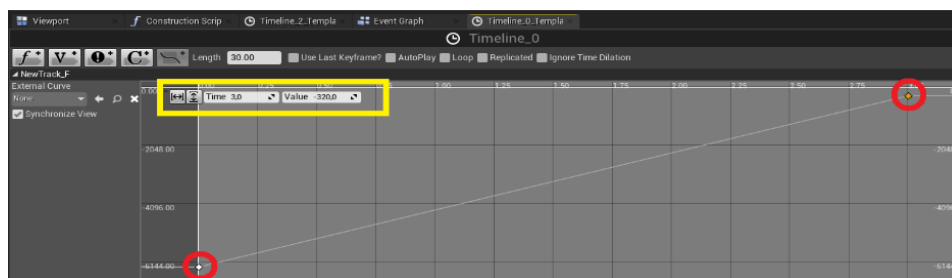


Рисунок 12. TimeLine из пояснения к рисунку 10

В течение времени, заданного между точками (ось X), изменяет значение, заданное между точками (ось Y).

Функцию «Add_iCorrect» можно использовать по-разному, поэтому можно награждать на разное количество единиц, изменяемое в переменной «iAdd», но в конце функция всегда задает значение «iAdd» по умолчанию.

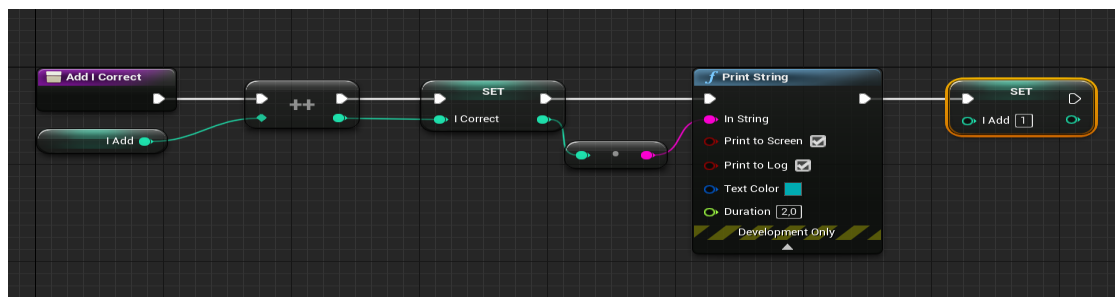


Рисунок 13. Функция Add_iCorrect из BP_Gamemode_H-5810-270

Заключение

Таким образом, что перед образовательными учреждениями открываются большие перспективы в развитии. В ближайшее время станет возможным тесное взаимодействие обучающихся с дополненной и виртуальной реальностью, которые позволят развить творческий потенциал и улучшить качество образования. Но для того, чтобы этого достичь, нужно будет преодолеть ряд проблем, с аппаратно-программным обеспечением, а также продолжительность внедрения и высокую стоимость оснащения техническими средствами образовательных учреждений.

Работа выполнена в рамках ГФ по научным и (или) научно-техническим проектам на 2020-2022 годы со сроком реализации 27 месяцев: ИРН: AP08857126, «Разработка комплекса интерактивных обучающих программ по технологическим процессам ремонта авиационной техники».

Список использованной литературы:

1. Астраханцева З.Е. Виртуальная реальность в помощь современному педагогу. URL: <http://platonsk.68edu.ru/wp-content/uploads/2017/07/Doklad-Virtualnaya-realnost-v-pomoshh-sovremennomu-pedagogu.pdf> (Дата обращения: 16.02.2020 г.)
2. Гурова Т.И., Заболотникова В.С. Интеллектуальные информационные системы образования / *Профессиональное развитие педагогических кадров в условиях обновления образования*: Сборник материалов VIII Городской научно-практической конференции. М.: ООО «А-Приор», 2017. С. 99.
3. Супрунова В.Г. Виртуальная реальность – что это такое? URL: <http6://tofar.ru/article/virtualnaya-realnost.php> (Дата обращения: 16.02.2020 г.)
4. Айнакулов Ж.Ж., Курманкулова Г.Е., Айнакулова Ж.К. Моделирование 3D объектов в прикладных интеллектуальных системах виртуальной реальности / *Электронный периодический рецензируемый научный журнал «SCI-ARTICLE.RU»* <http://sci-article.ru>, – Россия. – №31 (март) 2016 г., – С. 118-125.
5. Первые VR-уроки прошли в российских школах. Каковы результаты экспериментов? URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Виртуальная_реальность_в_школьном_образовании:_пока_остается_много_вопросов (Дата обращения: 16.02.2020 г.)
6. Хукаленко Ю. 15 VR- и AR-приложений для школ: обзор российского рынка. URL: <https://vc.ru/learn/107661-15-vr-i-ar-prilozheniy-dlya-shkol-obzor-rossiyskogo-rynka> (Дата обращения: 16.02.2020 г.)
7. Ярмухаметова И.В. Использование VR и AR технологий в обучении / *Сборник статей и тезисов студенческой открытой конференции*. М, 2020.
8. AR – Дополненная Реальность / Хабр [сайт]. URL: <https://habr.com/ru/post/419437/> (Дата обращения: 16.02.2020 г.)
9. GameMode 30.04.2021 - <https://docs.unrealengine.com/en-US/InteractiveExperiences/Framework/GameMode/index.html>
10. Ланша 30.04.2021 - <https://blueprintue.com/blueprint/pxtwbupf/>

References

1. Astrahanceva Z.E. (2017) *Virtual'naja real'nost' v pomoshh' sovremennomu pedagogu*. [Virtual reality to help the modern teacher.] URL: <http://platonsk.68edu.ru/wp-content/uploads/2017/07/Doklad-Virtualnaya-realnost-v-pomoshh-sovremennomu-pedagogu.pdf> (Data obrashhenija: 16.02.2020 g.) (In Russian)
2. Gurova T.I., Zabolotnikova V.S. (2017) *Intellektual'nye informacionnye sistemy obrazovaniya* [Intelligent information systems of education] *Professional'noe razvitie pedagogicheskikh kadrov v uslovijah obnovleniya obrazovaniya: Sbornik materialov VIII Gorodskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. M.: ООО «A-Prior», 99. (In Russian)
3. Suprunova V.G. (2020) *Virtual'naja real'nost' – chto jeto takoe?* [What is virtual reality?] URL: <http6://tofar.ru/article/virtualnaya-realnost.php> (Data obrashhenija: 16.02.2020 g.) (In Russian)
4. Ainakulov Zh.Zh., Kurmankulova G.E., Ainakulova Zh.K. (2016) *Modelirovanie 3D ob'ektov v prikladnyh intellektual'nyh sistemah virtual'noj real'nosti* [Modeling 3D objects in applied intelligent virtual reality systems]. *Jelektronnyj periodicheskij recenziruemyy nauchnyj zhurnal «SCI-ARTICLE.RU»* <http://sci-article.ru>, Rossiya. №31 118-125. (In Russian)
5. (2020) *Pervye VR-uroki proshli v rossijskikh shkolah. Kakovy rezul'taty jeksperimentov?* [The first VR lessons were held in Russian schools. What are the results of the experiments?]. URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Stat'ja:Virtual'naja_real'nost'_v_shkol'nom_obrazovanii:_poka_ostaetsja_mnogo_vo_prosov (Data obrashhenija: 16.02.2020 g.) (In Russian)
6. Hukalenko Ju. (2020) *15 VR- i AR-prilozhenij dlja shkol: obzor rossijskogo rynka*. [15 VR and AR applications for schools: an overview of the Russian market]. URL: <https://vc.ru/learn/107661-15-vr-i-ar-prilozheniy-dlya-shkol-obzor-rossijskogo-rynka> (Data obrashhenija: 16.02.2020 g.) (In Russian)
7. Jarmuhametova I.V. (2020) *Ispol'zovanie VR i AR tehnologij v obuchenii* [Using VR and AR technologies in teaching]. *Sbornik statej i tezisov studencheskoj otkrytoj konferencii*. M, 2020. (In Russian)
8. (2020) *AR-Dopolnennaja Real'nost'* [AR-Augmented Reality]. *Habr* [sajt]. URL: <https://habr.com/ru/post/419437/> (Data obrashhenija: 16.02.2020 g.) (In Russian)
9. (2021) *GameMode* 30.04.2021 URL: <https://docs.unrealengine.com/en-US/InteractiveExperiences/Framework/GameMode/index.html>
10. (2021) *Lapsha (Noodles)* 30.04.2021 URL: <https://blueprintue.com/blueprint/pxtwbupf/>

МРНТИ 30.15.27
УДК 531+539.376

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.05>

К. Бисембаев^{1}, Ж.Өмиржанова¹, Қ.Султанова²*

¹*Ө.А. Жолдасбеков атындағы механика және машинатану институты, Алматы қ., Қазақстан*

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

**e-mail: kuat_06@mail.ru*

КИНЕМАТИКАЛЫҚ ДІРІЛДЕН ҚОРҒАУ ЖҮЙЕСІНЕ ОРНАТЫЛҒАН СЕРПІМДІ ПЛАСТИНАНЫҢ ЖАЗЫҚ ТЕРБЕЛІСІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа

Теңселмелі тіректі қолдана отырып, дірілден қорғайтын қондырғыларды құру қазіргі кезде көлік құралдарында және ғимараттарды сейсмикалық қорғауда кеңінен қолданылады.

Бұл жұмыста әр түрлі серпімді пластинканың тербелмелі қозғалысын математикалық модельдеу қарастырылған. Остроградский-Гамильтон принципі бойынша жоғары ретті айналу беттерімен шектелген діріл тіректеріндегі серпімді пластинканың қозғалыс теңдеулері алынды. Дірілтірекке орнатылған тік бұрышты, біртекті серпімді пластинканың меншікті жиіліктері Ритц әдісімен анықталды. Тікбұрышты, біртекті серпімді пластинканың меншікті жиіліктерінің мәні биіктіктің өсуімен азайатыны, ал қалыңдығының артуымен жоғарылайтыны анықталды. Екінші форманың меншікті жиілігінің бірінші форманың меншікті жиіліктеріне қатынасы пластинканың геометриялық параметрлеріне байланысты емес екендігі тағайындалды.

Түйін сөздер: дірілденқорғау, дірілтірек, Ритц әдісі, меншікті форма, серпімді пластинка, сейсмоқорғау.

Аннотация

К. Бисембаев¹, Ж.Өмиржанова¹, Қ.Султанова²

¹*Институт механики и машиноведения им. акад. У.А.Джолдасбекова, г. Алматы, Қазақстан*

²*Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Қазақстан*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКОГО КОЛЕБАНИЯ УПРУГОЙ ПЛАСТИНКИ С КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ВИБРОЗАЩИТЫ

Создание средств виброзащиты, использующих опоры качения, в настоящее время получило широкое распространение в транспортной технике и сейсμοзащите сооружений.

В этой работе будет рассматриваться математическое моделирование колебательного движения упругих пластин имеющих прямоугольные формы. Получены уравнения движения упругих пластин на виброопорах ограниченных поверхностями вращения высокого порядка принципом Остроградского-Гамильтона. Определены собственные частоты упругих пластин имеющих помяугольный формы методом Ритца. Установлено, что значение собственных частот упругих пластин уменьшается с увеличением высоты и растет с увеличением толщины. Отношение собственной частоты второй формы на собственные частоты первой формы не зависит от геометрических параметров пластин.

Ключевые слова: виброзащита, виброопора, метод Ритца, собственные формы, упругие пластинки, сейсμοзащита.

Abstract

INVESTIGATION OF THE PLANE VIBRATION OF AN ELASTIC PLATE WITH A KINEMATIC VIBRATION PROTECTION SYSTEM

Bissembayev K.¹, Omyrzhanova Z., Sultanova K.²

¹*Institute of mechanics and machine science at Academy named after U. A. Dzholdasbekov, Almaty, Kazakhstan*

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

Creation of vibro-protective devices on rolling contact bearings is widely spread in transportation technology and seismic protection. In this work, mathematical modeling of the oscillation movements of the elastic plate will be considered. The equations of motion for elastic plate on vibration supports bounded by high-order rotation surfaces by the Ostrogradsky-Hamilton principle are obtained. The natural frequencies of elastic plate are determined.

It is established that the value of the natural frequencies of elastic plate decreases with increasing height and increases with the width of the bases. The ratio of the natural frequency of the second form to the natural frequency of the first form does not depend on the geometrical parameters of the plate.

Keywords: vibration protection, vibration support, Ritz method, own shapes, elastic plate.

1 Кіріспе

Соңғы жылдары, сейсмикалық оқшаулау деп аталатын сейсмикалық төзімділікті арттырудың жаңа әдісі құрылыста өз орнын тапты. Сейсмикалық оқшаулау құрылымдары іргетастың байланысын әлсіретеді, бұл ғимараттардың динамикалық қасиеттерінің өзгеруіне және жер сілкінісінің әсерінің төмендеуіне әкеледі. Бұл құрылымдарға жылжымалы белдіктер, ажыратылатын байланыстар, резеңке-металлдық тіректер және басқалары жатады. Сейсмикалық оқшаулау жүйесін кеңінен қолдану жасаудың және монтаждаудың күрделілігімен немесе құнының жоғары болуымен шектеледі. Сонымен қатар сейсмикалық оқшаулағыш түріне кинематикалық фундаменттерде жатады.

Кинематикалық фундамент, плитаға орнатылған сфералық беттермен шектелген қозғалмалы тіректен тұрады және ол фундаментке орнатылған құрылғының горизонталь жазықтықта қозғалуын қамтамасыз етеді.

Жоғары ретті параболалық беттермен шектелген тіректің кинематикалық және динамикалық қасиеттері жеткілікті түрде [1, 2] жұмыстарда сипатталған.

Горизонталь бағытты сейсмикалық жүктеме әсереткенде, релаксацияланатын жер қабатында дөңгелеу үйкелісін ескерген жағдайда жоғары ретті айналу беттерімен шектелген теңселмелі тірекке орнатылған біртекті серпімді құрылғының дірілдеуін бағалауды [3] мақалада қарастырады

Дөңгелек жұқа пластинкалардың меншікті көлденең тербелістерінің спектрінің құрылымы әр түрлі шекаралық жағдайларда жақсы зерттелген мәселелер болып табылады. Бұл, біріншіден, мұндай құрылымдық элементтердің инженерлік құрылғыларда жиі қолданумен, екіншіден, кейбір жағдайларда аналитикалық шешімді алуға мүмкіндік беретін геометрияның қарапайымдылығымен байланысты. Бұл тақырып туралы жұмыстардың тізімі ауқымды, зерттеу нәтижелеріне жүйелі шолу [4] берілген.

Сандық әдістерді қолдану кезкелген геометриядағы жұқа пластинаның меншікті тербелісінің жиелігінің және формасының мәндерін табуға мүмкіндік береді. [5]-ші жұмыста жұқа пластинаның параметрлерінің (қалыңдығы немесе қатандығы) аз ғана біртектісіздігінің, оның меншікті жиелігіне ықпалын сипаттайтын асимптотикалық формуласы алынған.

Егер мәселе айнымалыларды бөлуге мүмкіндік берсе, онда бір өлшемді есептер үшін меншікті мәндер табудың шекаралық есептерінің асимптотикалық шешімін құру алгоритмі [6] жұмыста сипатталған.

Параметрлердің сызықты бұзылуы бар біртекті емес дөңгелек пластиналардың тербелістерін зерттеуде асимптотикалық әдістер [7] жұмыста, ал тесіктері бар пластинка үшін – [8] -те қолданылды.

Релаксацияланатын жер қабатындағы дөңгелеу үйкелісін ескерген жағдайда, түзетілетін беттермен шектелген теңселмелі тірекке орнатылған серпімді пластинканың тербелісі туралы есептер қызығушылық тудырады.

Бұл мақалада діріл тірекке орнатылған серпімді пластинканың тербелмелі қозғалысын математикалық моделдеуді қарастырады және бұнда серпімді пластинканың әртүрлі формасына сәйкес келетін меншікті жиеліктеріне бағалау жүргізіледі

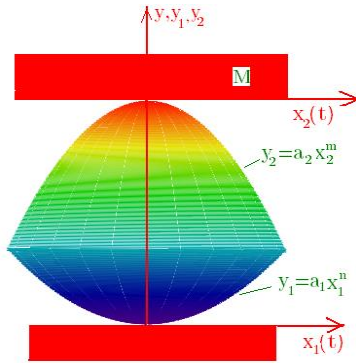
2 Мәселенің қойылуы

Кинематикалық іргетастың моделі 1- суретте көрсетілген. Теңселмелі тірек төменнен және жоғарыдан, сәйкес мынадай теңдеулермен сипатталатын беттермен шектелген:

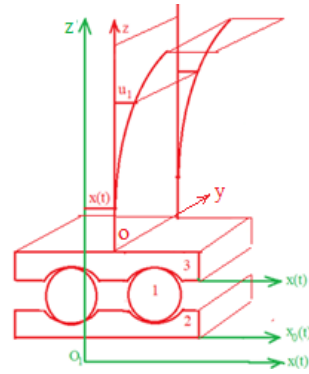
$$y_1 = a_1 x_1^n \text{ и } y_2 = a_2 x_2^m \quad (1)$$

Кинематикалық амортизатордың төменгі және жоғарғы табандарының горизонталь және вертикаль орын ауыстыруын сәйкес $x_0(t)$ және $x(t)$ өрнекпен белгілейміз

Теңселмелі тіректен тұратын қозғалмалы табанға орнатылған серпімді пластинканың жазық тербелісін қарастырамыз (2-сурет), H – тірек биіктігі.



Сурет 1. Жоғары ретті беттермен шектелген теңселмелі тіректің схемасы



Сурет 2. Қозғалмалы табы бар пластина тәрізді құрылғының схемасы

xO_1y -қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты дірілден қорғайтын дене нүктесінің горизонталь ығысуы $w(y, z, t)$ функциясымен, ал жоғарғы табанмен байланысқан қозғалатын санақ жүйесіне қатысты $w_1(y, z, t)$ функциясымен сипатталады. Сонда, қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты дірілден қорғалатын дененің әрбір нүктесінің горизонталь ығысуы үшін мына теңдік орындалады

$$w(y, z, t) = x(t) + w_1(y, z, t) \quad (2)$$

3 Түзетілген беттермен шектелген кинематикалық дірілтірекке орнатылған серпімді пластинаның қозғалыс теңдеуі

Негізгі болжамдар. Тік бұрышты контурмен шектелген қалыңдықтағы тұрақты a болатын біркелкі пластиналардың көлденең тербелістерін қарастырамыз. Зерттеу келесі болжамдарға негізделген: Тербеліс кезіндегі пластинаның иілу деформациясы, Гук заңына бағынатын аз серпімді деформациялар деп ұйғарылады. Пластинаның нейтралды қабаты бар деп есептеледі, оның нүктелерінің арасындағы қашықтық пластинаның кішкене ауытқуында өзгермейді. Біртекті пластинада бұл қабат ортаңғы бетпен сәйкес келеді, пластинаның қалыңдығын екіге бөледі.

Біз пластинаның деформацияланбаған күйіндегі бейтарап қабатпен сәйкес келетін жазықтықты oyz координаталық жазықтық ретінде қабылдаймыз, одан жеке пластина элементтерінің ауытқуын есептейміз, ox осі 2-суретте көрсетілгендей солға бағытталған. Сонымен қатар, пластина бүгілген кезде бейтарап қабаттың барлық нүктелері осіне параллель орын ауыстырады деп болжанады және oz бейтарап қабатқа нормальда жататын бөлшектер осы нормальда қалады және пластина майысқанда, нейтралды қабатпен қиылысатын A нүктесінің айналасындағы нормальмен бірге бұрылады. бейтарап қабатқа нормальда жататын барлық нүктелердің орын ауыстырулары ox осіне параллель, бірдей және бейтарап қабаттың сәйкес нүктелерінің ығысуына тең.

Теңселмелі дірілтірекке орнатылған серпімді пластинасының қозғалыс теңдеуін шығару үшін Остроградский - Гамильтон принципін қолданамыз. Бұл жерде серпімді пластина үшін Остроградский - Гамильтон функционалды S мынадай түрде болады

$$S = \frac{1}{2} \int_0^t \iiint_{S_0} \left\{ m(y, z) \left(\frac{\partial w}{\partial t} \right)^2 + \frac{M}{S_0} \dot{x}^2 - D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right)^2 + 2D(1 - \sigma) \left[\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} - \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y \partial z} \right)^2 \right] - \right. \\ \left. - m(y, z) a [g + \ddot{z}_0(t)] \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 - 2m(y, z) [g + \ddot{z}_0(t)] \Delta z - \frac{2M}{S_0} [g + \ddot{z}_0(t)] \Delta z \right\} dy dz dt \quad (3)$$

мұндағы $w(y, z)$ – пластинка нүктелерінің ығысуы. Қозғалмайтын координаталар жүйесіне қатысты дірілден қорғалатын дененің әрбір нүктелерінің көлденең ығысуы мынадай түрде болады

$$w(y, z, t) = w_1(y, z, t) + x(t) \quad (4)$$

Мұндағы $w(y, z)$ - xO_1y қозғалмайтын координаталар жүйесіне қатысты дірілден қорғалатын дененің әрбір нүктелерінің көлденең ығысуы, ал $w_1(y, z, t)$ -жоғарғы табанмен байланысқан xOz қозғалатын координаталар жүйесіне қатысты көлденең ығысуы.

Жылжымалы координат жүйелеріне қатысты жоғары ретті айналу беттерімен шектелген діріл тіректеріндегі пластинаның көлденең тербелістерінің теңдеуі келесі түрде болады:

$$m(y, z) \frac{\partial^2 w_1}{\partial t^2} + D \left[\frac{\partial^4 w_1}{\partial y^4} + 2 \frac{\partial^4 w_1}{\partial y^2 \partial z^2} + \frac{\partial^4 w_1}{\partial z^4} \right] + 2a [g + \ddot{z}_0(t)] \frac{\partial}{\partial z} \left[m(y, z) \frac{\partial w_1}{\partial z} \right] = -m(y, z) \ddot{x}(t) \\ \ddot{x} + \frac{M_p + M}{M} \frac{1}{H} [g + \ddot{z}_0(t)] \left[N_n (x - x_0)^{\frac{1}{n-1}} - (x - x_0) \right] = -\frac{M_p}{M} \frac{\partial^2 w_1}{\partial t^2} \quad (5)$$

мұндағы. $M_p = S_0 m(y, z)$

Есептің шекаралық шарттары

$$z = 0: w(y, 0) = 0, \frac{\partial w(y, 0)}{\partial z} = 0; z = h: \frac{\partial^2 w(y, h)}{\partial z^2} = 0, \frac{\partial^3 w(y, h)}{\partial z^3} = 0; \\ y = 0: \frac{\partial^2 w(0, z)}{\partial y^2} = 0, \frac{\partial^3 w(0, z)}{\partial y^3} = 0; y = b: \frac{\partial^2 w(b, z)}{\partial y^2} = 0, \frac{\partial^3 w(b, z)}{\partial y^3} = 0.$$

Риц әдісімен серпімді пластинканың меншікті жиіліктерін анықтайық. ... (3) функционалға төмендегі өрнекті қойамыз және оны $2\pi/\omega$ период аралығында t уақыт бойынша интегралдағаннан кейін мынаны аламыз

$$x_0(t) = 0, x(t) = 0, \ddot{z}_0(t) = 0 \\ w(y, z, t) = \mathcal{G}(y, z) \sin(\omega t + \gamma) \quad (6)$$

және оны $2\pi/\omega$ период аралығында t уақыт бойынша интегралдағаннан кейін мынаны аламыз

$$S = \frac{2\pi}{\omega} \iint_{S_0} \left\{ m(y, z) \omega^2 \mathcal{G}^2(y, z) - D \left(\frac{\partial^2 \mathcal{G}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \mathcal{G}}{\partial z^2} \right)^2 + \right. \\ \left. + 2D(1 - \sigma) \left[\frac{\partial^2 \mathcal{G}(y, z)}{\partial y^2} \frac{\partial^2 \mathcal{G}(y, z)}{\partial z^2} - \left(\frac{\partial^2 \mathcal{G}(y, z)}{\partial y \partial z} \right)^2 \right] - m(y, z) a g \left(\frac{\partial \mathcal{G}(y, z)}{\partial z} \right)^2 \right\} dy dz \quad (7)$$

Зерттелетін тікбұрышты пластинаның бір шеті кинематикалық амортизатордың жоғарғы қондырмасына қатаң бекітілген, ал басқа шеттері бос. Есептің жуық шешімі үшін минимизациялау формасын ретунде мынаны аламыз

$$\mathcal{G}(y, z) = \sum_{i=1}^n \alpha_i \mathcal{G}_i(y, z) = \sum_{i=1}^n \alpha_i \varphi_i(y) \psi_i(z) \quad (8)$$

мұндағы $\psi_i(z)$ - сырықтың i -ші меншікті формасы және ол $z = 0$ болатын шеті ендіріліп бекітілген, ал $z = h$ болатын шеті еркін, яғни бос болатын сырықтың шекаралық шарттарын қанағаттандырады.

Осы жағыдай үшін шекаралық шарттар мынадай

$$\psi_i(0) = \frac{\partial \psi_i(0)}{\partial z} = 0; \frac{\partial^2 \psi_i(h)}{\partial z^2} = \frac{\partial^3 \psi_i(h)}{\partial z^3} = 0 \quad (9)$$

Сырықтың i -ші меншікті формасының теңдеуі мынадай

$$\psi_i(z) = C \left[U(k_i z) - \frac{S(k_i z)}{T(k_i h)} V(k_i z) \right], \quad (10)$$

мұндағы

$$U(k_i z) = \frac{1}{2} [ch(k_i z) - \cos(k_i z)]; S(k_i z) = \frac{1}{2} [ch(k_i z) + \cos(k_i z)];$$

$$T(k_i z) = \frac{1}{2} [sh(k_i z) + \sin(k_i z)]; V(k_i z) = \frac{1}{2} [sh(k_i z) - \sin(k_i z)].$$

$i = 1, 2, 3 \dots n$

k_i коэффициенті $ch(kh)\cos(kh) + 1 = 0$ трансцендентті теңдеудің шешімі болады, ал $\varphi_i(y)$ - екі шеті бос болатын сырықтың шекаралық шарттарын қанағаттандыратын сырықтың i -ші меншікті формасы. Шеттері бос болатын сырықтар үшін шекаралық шарттар мынадай

$$\frac{\partial^2 \varphi_i(0)}{\partial y^2} = \frac{\partial^3 \varphi_i(0)}{\partial y^3} = 0, \quad \frac{\partial^2 \varphi_i(b)}{\partial y^2} = \frac{\partial^3 \varphi_i(b)}{\partial y^3} = 0 \quad (11)$$

Осы жағыдай үшін сырықтың бірінші формасы мынадай $\varphi_1(y, t) = const$, және ол сырықтың барлық нүктелері үшін бірдей болатын ілгерілемелі орын ауыстыруды анықтайды. Сырықтың $\varphi_2(y, t) = \alpha y + \beta$ екінші формасы, орны бастапқы шарттар арқылы табылатын қандайда бір өстің айналасында айналмалы орын ауыстыруды анықтайды. Үшінші форма мынадай түрде болады

$$\varphi_3(z) = A \left[S(k_3 z) - \frac{T(k_3 z)}{U(k_3 b)} T(k_3 b) \right]$$

мұндағы k_3 коэффициенті $ch(kb)\cos(kb) - 1 = 0$ трансцендентті теңдеудің шешімі болады, α_i - параметрлерінің мәндері функционалдың экстримум шарттарынан, яғни мына теңдеулерден анықталады:

$$\frac{\partial S}{\partial \alpha_i} = 0, \quad (i = 1, 2, 3 \dots n) \quad (12)$$

Ритцтің жиелік теңдеуі мынадай түрде болады

$$\begin{vmatrix} W_{11} & W_{12} & W_{13} \dots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & W_{23} \dots & W_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{n1} & W_{n2} & W_{n3} & W_{nn} \end{vmatrix} = 0 \quad (13)$$

мұндағы

$$W_{ij} = a\omega^2 T_{ij} - D(U_{ij}^y + U_{ij}^z + 2U_{ij}^{yz}) + 2D(1 - \sigma)(U_{ij}^{yz} - R_{ij}^{yz}) - agK_{ij}^z \quad (14)$$

$$T_{ij} = m \int_0^b \varphi_i(y) \varphi_j(y) dy \int_0^h \psi_i(z) \psi_j(z) dz, \quad U_{ij}^y = \int_0^b \frac{\partial^2 \varphi_i(y)}{\partial y^2} \frac{\partial^2 \varphi_j(y)}{\partial y^2} dy \int_0^h \psi_i(z) \psi_j(z) dz$$

$$U_{ij}^z = \int_0^b \varphi_i(y) \varphi_j(y) dy \int_0^h \frac{\partial^2 \psi_i(z)}{\partial z^2} \frac{\partial^2 \psi_j(z)}{\partial z^2} dz, \quad U_{ij}^{yz} = \int_0^b \frac{\partial^2 \varphi_i(y)}{\partial y^2} \varphi_j(y) dy \int_0^h \psi_i(z) \frac{\partial^2 \psi_j(z)}{\partial z^2} dz \quad (15)$$

$$R_{ij}^{yz} = \int_0^b \frac{\partial \varphi_i(y)}{\partial y} \frac{\partial \varphi_j(y)}{\partial y} dy \int_0^h \frac{\partial \psi_i(z)}{\partial z} \frac{\partial \psi_j(z)}{\partial z} dz, \quad K_{ij}^z = \int_0^b m(y, z) \varphi_i(y) \varphi_j(y) dy \int_0^h \frac{\partial \psi_i(z)}{\partial z} \frac{\partial \psi_j(z)}{\partial z} dz$$

4 Меншікті жиеліктерді есептеу

Жүйенің параметрлерінің мынадай $m(y, z) = m = const$, $a = 10\text{м}$, $b = 100\text{м}$, $h = 60\text{м}$, $E = 21.6 \cdot 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$, $\rho = 7.7 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, мәндері үшін, (13) және (14) формула бойынша серпімді пластинаның меншікті жиеліктеріне есептеу жүргізілді. Жүйенің меншікті жиелігінің әртүрлі геометриялық параметрлері үшін бірінші, екінші және үшінші формаларға сәйкес келетін мәндері 1 және 2 кестеде көрсетілген. Жүйенің меншікті тербелісінің жиелігі пластинаның биіктігі өскенде кемиді, ал қалыңдығы ұлғайғанда артады. Екінші және бірінші меншікті формаға сәйкес келетін меншікті жиеліктердің қатынасы құрылғының параметрлеріне тәуелді болмайды.

Кесте 1. Серпімді пластина қалыңдығының әртүрлі мәндері үшін меншікті жиелігі және формасы

№	форма	a	b	h ₁	ω	μ ₁	μ ₂	h ₂	ω	μ ₁	μ ₂
1	бірінші	10	100	60	4.9	-1	-7.6·10 ⁻⁴	80	2.77	-1	-1.66·10 ⁻³
2	екінші	10	100	60	32.5	2.1·10 ⁻³	-1	80	18.97	3.63·10 ⁻³	-1
3	үшінші	10	100	60	105.6	-4.2·10 ⁻⁴	-6.3·10 ⁻⁵	80	67.1	-5.9·10 ⁻⁴	-8.7·10 ⁻⁵

Кесте 2. Серпімді пластина биіктігінің әртүрлі мәндері үшін меншікті жиелігі және формасы

№	форма	b [м]	h [м]	a [м]	ω [1/с]	μ ₁	μ ₂	a [м]	ω [1/с]	μ ₁	μ ₂
1	бірінші	100	60	5	3.5	-1	-7.6·10 ⁻⁴	15	6.02	-1	-7.6·10 ⁻⁴
2	екінші	100	60	5	22.9	2.1·10 ⁻³	-1	15	39.8	2.1·10 ⁻³	-1
3	үшінші	100	60	5	74.7	-4.2·10 ⁻⁴	-6.4·10 ⁻⁵	15	129.4	-4.2·10 ⁻⁴	-6.4·10 ⁻⁵

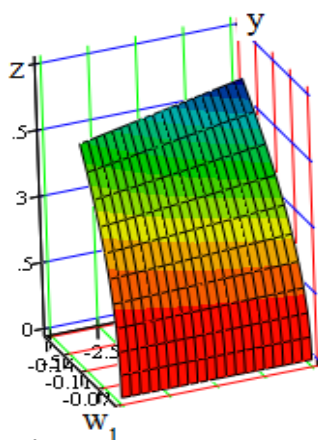
Серпімді пластинканың бірінші, екінші және үшінші формасы сәйкес мынадай түрде болады:

$$\vartheta_1(y, z) = C_1 [\mu_{11}\varphi_1(y)\psi_1(z) + \mu_{12}\varphi_2(y)\psi_2(z) + \mu_{13}\varphi_3(y)\psi_3(z)],$$

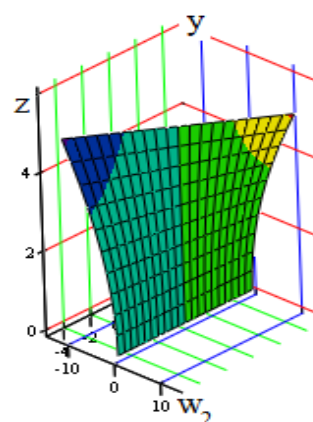
$$\vartheta_2(y, z) = C_2 [\mu_{21}\varphi_1(y)\psi_1(z) + \mu_{22}\varphi_2(y)\psi_2(z) + \mu_{23}\varphi_3(y)\psi_3(z)],$$

$$\vartheta_3(y, z) = C_3 [\mu_{31}\varphi_1(y)\psi_1(z) + \mu_{32}\varphi_2(y)\psi_2(z) + \mu_{33}\varphi_3(y)\psi_3(z)].$$

мұндағы μ_{ij} - серпімді пластинканың меншікті формалары, C_i - тұрақтылар. 3-4 суреттерде серпімді пластинкалардың бірінші, екінші формалары $\beta = 0$ үшін көрсетілген.



Сурет 3. Серпімді пластинканың бірінші формасы



Сурет 4. Серпімді пластинканың екінші формасы

5 Қорытынды

Түзетілген беттермен шектелген теңселмелі дірілтірекке орнатылған серпімді пластинканың механикалық моделі құрылды. Релаксацияланатын жер қабатындағы домалау үйкелісі болған жағдайда түзетілген беттері бар діріл тіректеріне орналасқан серпімді пластинканың қозғалыс теңдеулері алынады. Қозғалыс теңдеуінің жүйелері сызықты емес екендігі анықталды, өйткені ол сызықтық емес ығысу кезінде сақталады. Біртекті серпімді пластинканың меншікті тербелісінің жиіліктеріне есептеу жүргізілді.

Теңселмелі тірекке орнатылған пластинканың меншікті жиілігі пластинка биіктігінің жоғарылауымен төмендейтіні, ал пластинка табанының қалыңдығы артқан сайын артады анықталды. Екінші және бірінші меншікті формаларға сәйкес келетін меншікті жиіліктердің қатынасы пластинканың геометриялық параметрлеріне байланысты емес екендігіне тағайындалды.

Алғыс хаттар. Бұл жұмыс Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігінің гранттық қаржыландыруымен орындалды (ИРН AP08856744 «Түзетілетін беттері бар теңселмелі дірілтіректен тұратын дірілден қорғайтын қондырғының стохастикалық моделін жасау», 2020-2022жж.)

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Bissembayev, K., Jomartov, A., Tuleshov, A., Dikambay, T., Analysis of the oscillating motion of a solid body on vibrating bearers //Machines, 2019, p.1-21
- 2 Bissembayev, K., Omyrzhanova Zh., Friction arising from rolling of a bearing with straightened surfaces on a relaxing ground// Proceedings of 22nd International Conference “MECHANIKA 2017”- Lithuania.-2017.- P. 52-57
- 3 Bissembayev K., Omyrzhanova O., Sultanova K., Oscillations specific for the homogeneous rod like elastic structure on the kinematic absorber basis with rolling bearers having straightened surfaces, Mechanisms and Machine Science, 2019, 68, pp.187-195.
- 4 Leissa A. W. Vibration of plates. Washington, US : Government Printing Office, 1969. 353 p.
- 5 Смирнов А. Л., Васильев Г. П., Частоты собственных колебаний круглой тонкой пластины с нелинейно возмущенными параметрами, Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика, 2021, том 21, выпуск 2, 227– 237 DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9791-2021-21-2-227-237>
- 6 Bauer S. M., Filippov S. B., Smirnov A. L., Tovstik P. E., Vaillancourt R. Asymptotic methods in mechanics of solids. Basel : Birkhauser, 2015. 325 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-18311-4>
- 7 Vasiliev G. P., Smirnov A. L. Free vibration frequencies of a circular thin plate with variable parameters // Vestnik St. Petersburg University. Mathematics. 2020. Vol. 53, № 3. P. 351–357. <https://doi.org/10.1134/S1063454120030140>
- 8 Smirnov A. L. Free vibrations of annular circular and elliptic plates // COMPDYN Proceedings. 2019. Vol. 2. P. 3547–3555.

References

- 1 Bissembayev, K., Jomartov, A., Tuleshov, A., Dikambay, T. (2019) Analysis of the oscillating motion of a solid body on vibrating bearers Machines, p.1-21 machines7030058, <https://www.mdpi.com/2075-1702/7/3/58>
- 2 Bissembayev, K., Omyrzhanova Zh. (2017) Friction arising from rolling of a bearing with straightened surfaces on a relaxing ground Proceedings of 22nd International Conference “MECHANIKA”- Lithuania.52-57 <http://zurnalas.mechanika.ktu.lt/?layout=2>
- 3 Bissembayev K., Omyrzhanova O., Sultanova K. (2019) Oscillations specific for the homogeneous rod like elastic structure on the kinematic absorber basis with rolling bearers having straightened surfaces, Mechanisms and Machine Science, , 68, pp.187-195. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03320-0_20
- 4 Leissa A. W. Vibration of plates. Washington, US : Government Printing Office, 1969. 353 p.
- 5 Smirnov F.L., Vasil'ev G.P.(2021), Chastoty sobstvennyh kolebanij krugloj tonkoj plastiny s nelinejno vozmushhennymi parametrami, Izv. Sarat. un-ta. Nov. ser. Ser. Matematika. Mehanika. Informatika, 2021, том 21, выпуск 2, 227– 237 DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9791-2021-21-2-227-237>(In Russian)
- 6 Bauer S. M., Filippov S. B., Smirnov A. L., Tovstik P. E., Vaillancourt R. Asymptotic methods in mechanics of solids. Basel : Birkhauser, 2015. 325 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-18311-4>
- 7 Vasiliev G. P., Smirnov A. L. (2020) Free vibration frequencies of a circular thin plate with variable parameters // Vestnik St. Petersburg University. Mathematics. Vol. 53, № 3. 351–357. <https://doi.org/10.1134/S1063454120030140>
- 8 Smirnov A. L. (2019) Free vibrations of annular circular and elliptic plates. COMPDYN Proceedings. Vol. 2. P. 3547–3555.

МРНТИ 30.15.27
УДК 531+539.376

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.06>

К. Бисембаев¹, А. Сманов²

¹Ө.А. Жолдасбеков атындағы механика және машинатану институты, Алматы қ., Қазақстан

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

*e-mail: kuat_06@mail.ru

ДІРІЛТІРЕККЕ ОРНАТЫЛҒАН КӨЛДЕНЕҢ ҚИМАСЫ АЙНЫМАЛЫ СЕРПІМДІ ҚҰРЫЛҒЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛІК ИЛУТЕРБЕЛІСІ

Аңдатпа

Құрылыс ғимараттарының сейсмотөзімділігін және массивті денелердің дірілқшаулауын қамтамасыз ету проблемасы бойынша практикалық іске асқан бірқатар техникалық шешімдерді моделдейтін түзетілетін беттермен шектелген теңселмелі тірекке орнатылған көлденең қимасы айнымалы серпімді құрылғының параметрлік тербелісі зерттеледі. Жоғары дәрежелі айналу беттерімен шектелген теңселмелі тірекке орнатылған көлденең қимасы айнымалы серпімді құрылғының қозғалыс теңдеуі алынды. Ритц әдісі арқылы дірілтірекке орнатылған көлденең қимасы айнымалы серпімді құрылғының параметрлік тербелмелі қозғалысының резонанстық режимдері зерттелді. Дірілден қорғайтын қондырғының табанының тербелмелі қозғалысының резонанстық зонасында серпімді құрылғы аз ығысу жасайды, ал серпімді құрылғының меншікті жиелігі тербелісті қоздырушының жиелігімен сәйкес келгенде резонанс құбылысы пайда болады. Параметрлік қоздырушының амплитудасы артқан сайын серпімді құрылғының иілімелі тербелісінің резонанстық зонасы кеңейеді. Серпімді құрылғының параметрлік тербелістің амплитуда-жиеліктік сипаттамасы, құрылғының параметрлеріне тәуелді болады. Серпімді құрылғының табанының параметрлерін арттырғанда, резонанстық қисық, тербелісті қоздырушы жиелігінің өсу жағына қарай ығысады.

Түйін сөздер: дірілденқорғау, дірілтірек, Ритц әдісі, меншікті форма, көлденең қимасы айнымалы серпімді құрылғы, параметрлік тербеліс.

Аннотация

К. Бисембаев¹, А. Сманов²

¹ Институт механики и машиноведения им. акад. У.А.Джолдасбекова, г. Алматы, Қазақстан

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

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗГИБНЫЕ КОЛЕБАНИЯ УПРУГИХ КОНСТРУКЦИИ С ПЕРЕМЕННЫМИ СЕЧЕНИЯМИ НА ВИБРООПОРАХ

Статья посвящена исследованию колебательного движения упругой конструкции с переменными сечениями на опорах качения со спрямленными поверхностями, моделирующей ряд технических решений, получившей свое практическое воплощение в проблеме обеспечения сейсмостойкости строительных сооружений и виброизоляции массивных тел. Получены уравнения движения упругой конструкции с переменными сечениями на опорах качения ограниченных поверхностями вращения высокого порядка. Резонансных режимов параметрического колебательного движения упругой конструкции с переменными сечениями исследованы по вариационному методу Ритца. В резонансной зоне колебательных движений основания виброзащитных устройств, перемещение упругой конструкции будет малым, а при совпадении собственных частот упругой конструкции с частотой возмущения появится явление резонанса. С возрастанием амплитуда параметрического возмущения резонансных зон изгибных колебаний упругих конструкций расширяется. Амплитудно-частотные характеристики параметрических колебаний зависят от параметров конструкции. Увеличение параметров основания клиновидных упругих конструкций, приводит к смещению резонансных кривых в сторону возрастания частот возмущения.

Ключевые слова: виброзащита, виброопора, метод Ритца, собственные формы, упругие конструкции переменного сечения, параметрическая колебания.

Abstract

PARAMETRIC BENDING VIBRATIONS OF ELASTIC STRUCTURES WITH VARIABLE SECTIONS ON VIBRATION MOUNTINGS

Bisembaev K. ¹, Smanov A. ²

¹ Institute of mechanics and machine science at Academy named after U. A. Dzholdasbekov

² Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

The article is devoted to the study of the oscillatory motion of an elastic structure with variable sections on rolling bearings with straightened surfaces, which simulates a number of technical solutions, which has received its practical

embodiment in the problem of ensuring the seismic resistance of building structures and vibration isolation of massive bodies. Equations of motion of an elastic structure with variable sections on rolling bearings bounded by high-order surfaces of revolution are obtained. The resonant modes of parametric vibrational motion of an elastic structure with variable sections are investigated using the Ritz variational method. In the resonant zone of the oscillatory movements of the base, the movement of the elastic structure will be small, and when the natural frequencies of the elastic structure coincide with the frequency of the disturbance, the phenomenon of resonance will appear. The amplitude of the parametric disturbance of the resonant zones of bending vibrations of elastic structures expands with increasing. The amplitude-frequency characteristics of parametric oscillations depend on the parameters of the structure. An increase in the parameters of the base of wedge-shaped elastic structures leads to a shift of the resonance curves towards an increase in the disturbance frequencies

Keywords: vibration protection, vibration support, Ritz method, own shapes, elastic structures of variable cross-section, parametric oscillation.

Кіріспе

Инженерлік көзқарас тұрғысынан ең қолайлы және перспективалы болатын сейсмикалық оқшаулау құрылғыларының ең жаңа класы - бұл тиімділігі мен техникалық шешімінің қарапайымдылығы бойынша сейсмикалық амортизаторлардың басқа түрлерінен ерекшеленетін тіректік кинематикалық фундаменттер класы болып табылады.

Кинематикалық фундаменттің жұмыс істеу принципі мынадай- фундаментке қатысты ғимараттың қозғалысын қамтамасыз ететін қозғалмалы теңселмелі тіректі, ғимараттың төменгі қабаты мен фундаменттің арасына орналастыру болады.

Кинематикалық фундаменттердің жұмыс істеу принципін тұрғызудың жалпы негізі –бұл қозғалмалы элементтерге сүйеніп қозғалыс жасайтын массасы үлкен қатты денеден (ғимараттан) тұратын тербелетін жүйе болады.

[1] жұмыста тұрғын үйлерге түсірілетін сейсмикалық жүктемені азайтуға арналған және фундаменттің құрамды бөлігі болатын қондырғыларға шолу, классификация және салыстырулар берілген. Бұнда дірілоқшаулау принципін ғимараттарға қолдануды тікелей көшірудің мысалы болатын сейсмооқшаулау қондырғысының екі класын бөліп көрсеткен.

Жанасу нүктесінде түзетілетін, жоғары ретті айналу беттері түрінде жасалған және элементері уақыт бойынша реологиялық деформацияланып, шекті жанасу ауданына ие болатын дірілден қорғайтын теңселмелі тіректердің динамикалық қасиеттерін Бисембаев Қ. [2-5] жұмыстарда зерттеген.

Техникалар мен құрылыстарда қолданылатын көптеген арқалықтар, айнымалы геометриялық және физикалық параметрлермен сипатталады. Әдеттегі жағдайда – бұған конустық арқалық жатады. Сонымен қатар, мысалы температурасы біркелкі таралмайтын арқалық айнымалы физикалық қасиетке ие болады. Айнымалы параметрлердің болуы, осындай арқалықтарға динамикалық талдау жасауды едәуір қиындатады.

Құрылғылардың динамикасын зерттеу қазіргі кезде құрылыс инженерлері үшін маңызды бола бастады, өйткені көп қабатты ғимараттар салыстырмалы түрде икемді болады. Құрылыстағы мұндай тенденция, әдетте, ғимараттардың діріл амплитудасының жоғарылауына әкеледі. Сондықтан, кейбір жағдайларда жобалау сатысында тұрған биік құрылғылардың динамикалық сипаттамаларын есептеу қажет. Консольды көп қабатты үйлердің еркін тербелістеріне талдау жасағанда, оларды бірінші жуықтау ретінде, қимасы айнымалы арқалықтар арқылы модельдеуге болады.

Қарастырылған мәселелердің көпшілігі жіңішкеретін арқалықтардың көлденең тербелістерін зерттеуге қатысты болады. Бұл нәтижелерді келесідей жүйеге келтіруге болады: дөңгелек көлденең қимасы бар немесе қиылған [6-9], бір шеті ұшталған [10] немесе екі шеті ұшталған; тік бұрышты көлденең қимасы бар және ені тұрақты [6, 10], қалыңдығы тұрақты [11] немесе пирамида тәрізді арқалықтар [6-8].

Хайдебрехт [11] тригонометриялық Фурье қатарларын қолдана отырып, жиілік теңдеуінен біртекті емес қарапайым тіректік арқалықтың шамамен табиғи жиіліктері мен діріл режимдерін тапты. Олхоф пен Парбери [12] көлденең қиманың функциясын екі көршілес табиғи жиіліктердің арасындағы айырмашылықты максимизациялау үшін жобалау параметрі ретінде қолданды. Джитгоанкар мен Чехил [13] көлденең қимасы бар, ұзындығы бойынша үзіліссіз немесе үзіліссіз емес арқалықтарды зерттеді. Гупта [14] шекті элементтер әдісі арқылы үшкірленетін арқалықтың меншікті жиіліктері мен тербеліс формасын сандық түрде тапты.

[15] мақалада релаксацияланатын топырақтардағы дөңгелеу үйкелісін ескере отырып, горизонталь сейсмикалық жүктеме әсерінен жоғары ретті айналу беттерімен шектелген теңселмелі тірекке орнатылған біртекті серпімді құрылғының дірілін бағалау қарастырылған. Түзетілетін беттермен шектелген теңселмелі тірекке орнатылған көлденең қимасы айнымалы серпімді құрылғының параметрлік тербелісі туралы есептер қызығушылық тудырады.

Бұл мақалада дірілтірекке орнатылған серпімді құрылғының параметрлік тербелісі зерттеледі және көлденең қимасы айнымалы серпімді құрылғының параметрлерінің дірілден қоғау кондырғысының амплитудалық сипаттамасына ықпалын бағалау нәтижелері көрсетілген.

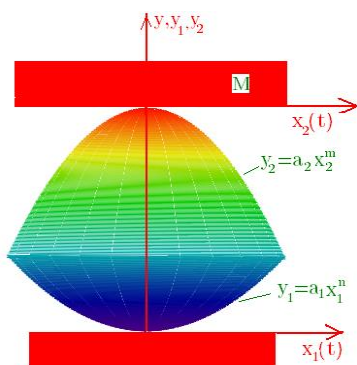
Мәселенің қойылуы

Кинематикалық іргетастың моделі 1- суретте көрсетілген. Теңселмелі тірек төменнен және жоғарыдан, сәйкес мынадай теңдеулермен сипатталатын беттермен шектелген:

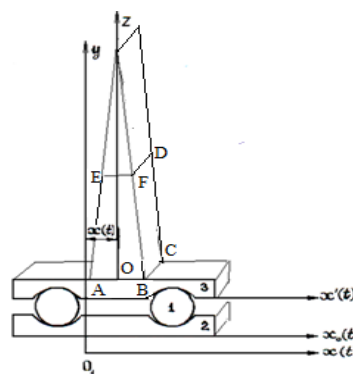
$$y_1 = a_1 x_1^n \text{ и } y_2 = a_2 x_2^m$$

Кинематикалық амортизатордың төменгі және жоғарғы табандарының горизонталь және вертикаль орын ауыстыруын сәйкес $x_0(t)$ және $x(t)$ өрнекпен белгілейміз

Теңселмелі тіректен тұратын қозғалмалы табанға орнатылған көлденең қимасы айнымалы серпімді құрылғының жазық тербелісін қарастырамыз (2-сурет), H – тірек биіктігі.



Сурет 1. Жоғары ретті беттермен шектелген теңселмелі тіректің схемасы



Сурет 2. Қозғалмалы табаны бар сына тәрізді құрылғының схемасы

xO_1 у-қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты дірілден қорғайтын дене нүктесінің горизонталь ығысуы $u(z,t)$ функциясымен, ал жоғарғы табанмен байланысқан қозғалатын санақ жүйесіне қатысты $u_1(z,t)$ функциясымен сипатталады. Сонда, қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты дірілден қорғалатын дененің әрбір нүктесінің горизонталь ығысуы үшін мына теңдік орындалады

$$u(z,t) = x(t) + u_1(z,t) \quad (1)$$

Түзетілетін беттермен шектелген дірілтірекке орнатылған көлденең қимасы айнымалы құрылғының параметрлік тербелісі

Төменгі табан вертикаль гармоникалық ығысқан кездегі жоғары ретті айналу беттерімен шектелген теңселмелі тірекке орнатылған көлденең қимасы айнымалы серпімді құрылғының иілу тербелісін қарастырайық.

$m(z)$ арқылы сырықтың бірлік ұзындығының массасын, через EJ – арқылы майысу қатандығын, E – серпімділік модулін, J – көлденең қимасы айнымалы серпімді құрылғының қиманың тербеліс жазақтығына перпендикуляр инерция моментін белгілейміз.

Жүйенің кинетикалық және потенциалдық энергиясы мынадай түрде болады:

$$T = \frac{1}{2} \int_0^l m(z) \left(\frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 dz + \frac{1}{2} [M + m(z)l] \dot{x}^2, \quad (2)$$

$$\Pi = \frac{1}{2} \int_0^l EJ \left(\frac{\partial^2 u_1}{\partial z^2} \right)^2 dz + \frac{1}{2} \int_0^l m(z) [g + \ddot{y}_0(t)] \left(\frac{\partial u_1}{\partial z} \right)^2 dz + [M + m(z)l] [g + \ddot{y}_0(t)] \Delta y; \quad (3)$$

мұндағы

$$\Delta y = y(t) - y_0(t) = -\frac{1}{2H} (x - x_0)^2 + \frac{(n-1)}{nH} N_n (x - x_0)^{\frac{n}{n-1}}, \quad N_n = \frac{1}{(nH)^{\frac{1}{n-1}}} \left(\frac{1}{\sqrt[n-1]{a_1}} + \frac{1}{\sqrt[n-1]{a_2}} \right) \quad (4)$$

Көлденең қимасы айнымалы серпімді құрылғы үшін Остроградский-Гамильтон функционалы S мынадай түрде болады

$$S = \frac{1}{2} \int_0^l \int_0^t \left\{ m(z) \left(\frac{du_1}{dt} \right)^2 + m(z) \dot{x}^2 + \frac{M}{l} \dot{x}^2 - EI \left(\frac{\partial^2 u_1}{\partial z^2} \right)^2 + m(z) [g + \ddot{y}_0(t)] \left(\frac{\partial u_1}{\partial z} \right)^2 - \right. \\ \left. - 2m(z) [g + \ddot{y}_0(t)] \Delta y - \frac{2M}{l} [g + \ddot{y}_0(t)] \Delta y \right\} dz dt \quad (5)$$

Түзетілетін беттермен шектелген діріл тірекке орнатылған көлденең қимасы айнымалы серпімді құрылғының тербелмелі қозғалысын зерттеу үшін Ритц әдісін қолданамыз.

Төменгі табанның гармоникалық вертикаль қозғалған кездегі дененің тербелісін қарастырайық

$$x_0(t) = 0, \quad \ddot{y}_0(t) = B \sin(2pt + \alpha) \quad (6)$$

Гармоникалық тербеліс жағыдайы үшін, периоды $2\pi/p$ болатын негізгі жиелік құраушысы, бұдан жоғары гармоникалардың үлкен болады деп ұйғарым жасап, жоғарғы табаннан және көлденең қимасы айнымалы құрылғының тербелмелі қозғалысын мынадай қатар түрінде бейнелейміз

$$x(t) = \sum_{k=1}^{\nu} A_{2k-1} \sin(2k-1)pt, \quad u_1(z, t) = \sum_{k=1}^{\nu} \varphi_{2k-1}(z) \sin(2k-1)pt \quad (7)$$

мұндағы $\varphi_{2k-1}(z)$ координата функциялары

$$z=0: \varphi_{2k-1}''(0) = 0, \quad \varphi_{2k-1}'''(0) = 0; \quad z=l: \varphi_{2k-1}(h) = 0, \quad \varphi_{2k-1}'(h) = 0 \quad (8)$$

$A_1 \leq A_3 \leq A_5 \leq \dots \leq A_{2k-1}$ -деп ұйғарымыз.

Осы шарттарды және (6), (7) формуларды ескеріп, (4) өрнектің мынадай түрге түрлендіреміз

$$\Delta y = -\frac{1}{2H} \left[\sum_{k=1}^{\nu} C_{2k-1} \sin(2k-1)pt \right]^2 + \frac{(n-1)}{nH} N_n C_1^{\frac{n}{n-1}} \sin^{\frac{n}{n-1}} pt + \frac{N_n}{H} C_1^{\frac{1}{n-1}} \sin^{\frac{1}{n-1}} pt \sum_{k=3}^{\nu} C_{2k-1} \sin(2k-1)pt \quad (9)$$

Мұндағы

$$C_1 = A_1 - Q, C_3 = A_3, C_5 = A_5, \dots, C_{2k-1} = A_{2k-1}$$

(6), (7), (8) және (9) өрнектерін (5) функционалға қойып және оны t уақыт бойынша $2\pi/p$ период шегінде интегральдағаннан кейін мынаны аламыз

$$\begin{aligned}
 S = & \frac{\pi}{2} \int_0^h \left\{ pm(z) \sum_{k=1}^{\nu} (2k-1)^2 \varphi_{2k-1}^2(z) - 2pm(z) \sum_{k=1}^{\nu} (2k-1)^2 \varphi_{2k-1}(z) A_{2k-1} - \frac{1}{p} EJ(z) \sum_{2k-1}^{\nu} (\varphi_{2k-1}'')^2 + \right. \\
 & + \frac{1}{p} gm(z) \sum_{2k-1}^{\nu} (\varphi_{2k-1}')^2 + p \left(m(z) + \frac{M}{h} \right) \sum_{2k-1}^{\nu} (2k-1)^2 A_{2k-1}^2 + \frac{1}{p} \omega_0^2 \left(m(z) + \frac{M}{h} \right) \sum_{k=1}^{\nu} A_{2k-1}^2 - \\
 & - 2 \frac{1}{p} \left(m(z) + \frac{M}{h} \right) g \frac{(n-1)}{nH} N_n \sigma_n A_1^{\frac{n}{n-1}} - 2 \frac{1}{p} \left(m(z) + \frac{M}{h} \right) g \frac{1}{H} N_n A_1^{\frac{1}{n-1}} \sum_{k=1}^{\nu} \delta_{2k-1} A_{2k-1} + \frac{1}{p} 2p^2 B \left[m(z) (\varphi_1')^2 + \right. \\
 & + 2m(z) \sum_{k=1}^{\nu} \varphi_{2k-1}' \varphi_{2k+1}' + \left. \left(m(z) + \frac{M}{h} \right) \frac{1}{H} \left(A_1^2 - \sum_{k=1}^{\nu} A_{2k-1} A_{2k+1} + 2 \frac{2(n-1)\gamma_n}{n} N_n A_1^{\frac{n}{n-1}} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + 2N_n A_1^{\frac{1}{n-1}} \sum_{k=1}^{\nu} 2\beta_{n,2k-1} A_{2k-1} \right) \right] \sin \alpha \left. \right\} dz
 \end{aligned} \quad (10)$$

мұндағы

$$\begin{aligned}
 \int_0^{2\pi/p} \sin^2(2k-1)pt dt &= \frac{\pi}{p}; \int_0^{2\pi/p} \cos^2(2k-1)pt dt = \frac{\pi}{p}; \int_0^{2\pi/p} \sin(2i-1)pt \cdot \sin(2j-1)pt dt = 0, j \neq i \\
 \int_0^{2\pi/p} \cos(2i-1)pt \cdot \cos(2j-1)pt dt &= 0, j \neq i \quad \delta_{2k-1} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi/p} \sin^{\frac{1}{n-1}} pt \cdot \sin(2k-1)pt dt, k = 3, 5, \dots, 2k-1 \\
 \gamma_n &= -\frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi/p} \cos 2pt \cdot \sin^{\frac{n}{n-1}} pt dt \sin; \beta_{n,2k-1} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi/p} \cos 2pt \cdot \sin^{\frac{1}{n-1}} pt \cdot \sin(2k-1)pt dt, \sigma_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi/p} \sin^{\frac{n}{n-1}} pt dt;
 \end{aligned}$$

Ритц бойынша (5) функциональдың мәнін төмендегі өрнектердің мәндер жиынында қарастырады

$$\varphi_{2k-1}(z) = \sum_{i=1}^{\nu} \alpha_{2k-1,i} \psi_i(z), \quad k = 1, 2, \dots, \nu; i = 1, 2, \dots, \nu \quad (11)$$

мұндағы $\alpha_{2k-1,i}$ – параметрлер, бұларды вариациялау арқылы қажетті рұқсат етілген функциялар классын аламыз, ал $\psi_i(z)$ – қарастырылып отырған есептің кем дегенде геометриялық шекаралық шарттарын қанағаттандыратын. арнайы таңдалған немесе белгілі функциялар арқылы берілетін базистік немесе координаталық функция деп аталады. (7) және (8) функциялар жиынында, осыған сәйкес функционал $\nu(\nu+1)+1$ белгісіз $A_{2k-1}, \alpha_{2k-1,i}, \alpha, (k, i = 1, 2, 3, \dots, \nu)$ айнымалылардың функциясына айналады

$$S(\varphi) = S(\alpha, \alpha_{1,1}, \alpha_{1,2}, \dots, \alpha_{2k-1,\nu}, A_1, A_3, \dots, A_{2k-1})$$

Және оның бірінші вариациясы мынадай болады

$$\delta S(\varphi) = \sum_{i=1}^{\nu} \frac{\partial S}{\partial \alpha_{2k-1,i}} \delta \alpha_{2k-1,i}, \quad \delta S(\varphi) = \sum_{i=1}^{\nu} \frac{\partial S}{\partial A_{2k-1}} \delta A_{2k-1}, \quad \delta S(\varphi) = \sum_{i=1}^{\nu} \frac{\partial S}{\partial \alpha} \delta \alpha$$

$\alpha, \alpha_{2k-1,i}$ параметрлерін және A_{2k-1} төмендегі теңдеулер арқылы анықтаймыз

$$\frac{\partial S}{\partial \alpha_{2k-1,i}} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial A_{2k-1}} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial \alpha} = 0, \quad (k, i = 1, 2, \dots, \nu) \quad (12)$$

Серпімді құрылғының аз тербелістерінің дифференциалдық теңдеулеріне сәйкес функционалдар $\psi_i(z)$ қатысты квадраттық болады, онда (12) теңдеулері $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{\nu}$ қатысты сызықты, ал

$A_1, A_3, \dots, A_{2k-1}, \alpha$ қатысты сызықты емес болады. Олар еркіндік дәрежесі шекті сан болатын жүйенің аз тербелісінің теңдеулерінің түріне ұқсас болады.

(12) жүйелерден біз $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_\nu$ және $A_1, A_3, \dots, A_{2k-1}, \alpha$ жуық мәндерін табатын теңдеулерді аламыз. $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_\nu$ және $A_1, A_3, \dots, A_{2k-1}, \alpha$ параметрлерді табу үшін (7) және (8) минимизациялайтын форманы S қойып, мынаны аламыз

$$\begin{aligned}
 & S(\alpha_{1,1}, \alpha_{1,2}, \alpha_{1,3}, \dots, \alpha_{1,\nu}, \alpha_{3,1}, \alpha_{5,1}, \alpha_{7,1}, \dots, \alpha_{2k-1,1}, A_1, A_3, A_5, \dots, A_{2k-1}, \alpha) = \\
 & = \frac{\pi}{2p} \left\{ \sum_{k=1}^{\nu} (2k-1)^2 p^2 \left(\sum_{i,j=1}^{\nu} T_{ij} \alpha_{2k-1,i} \alpha_{2k-1,j} - 2A_{2k-1} \sum_{i=1}^{\nu} E_i \alpha_{2k-1,i} \right) - E \sum_{k=1}^{\nu} \sum_{i=1}^{\nu} U_{ij} \alpha_{2k-1,i} \alpha_{2k-1,j} + \right. \\
 & + g \sum_{k=1}^{\nu} \sum_{i=1}^{\nu} K_{ij} \alpha_{2k-1,i} \alpha_{2k-1,j} + (M_z + M) \left[\sum_{k=1}^{\nu} \left[(2k-1)^2 p^2 A_{2k-1}^2 + \omega_0^2 A_{2k-1}^2 \right] - 2\omega_0^2 \frac{(n-1)}{n} N_n \sigma_n A_1^{\frac{n}{n-1}} - \right. \\
 & \left. - 2\omega_0^2 N_n A_1^{\frac{1}{n-1}} \sum_{k=3}^{\nu} \delta_{2k-1} A_{2k-1} \right] \left. \right\} + \frac{\pi}{2p} \left\{ 2p^2 \lambda \left[g \sum_{i,j=1}^{\nu} K_{ij} \alpha_{1,i} \alpha_{1,j} - 2g \sum_{k=1}^{\nu} \sum_{i \neq j} K_{ij} \alpha_{2k-1,i} \alpha_{2k-1,j} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + (M_z + M) \omega_0^2 \left(A_1^2 - 2 \sum_{k=1}^{\nu} A_{2k-1} A_{2k+1} + 2 \frac{(n-1)}{n} N_n \gamma_n A^{\frac{n}{n-1}} + N_n A_1^{\frac{1}{n-1}} \sum_{k=1}^{\nu} \beta_{n,2k-1} A_{2k-1} \right) \right] \sin \alpha \right\} \quad (13)
 \end{aligned}$$

мұндағы

$$\begin{aligned}
 T_{ik} &= \int_0^h m(z) \psi_i \psi_k dz, \quad U_{ik} = \int_0^h I(z) \psi_i'' \psi_k'' dz, \quad K_{ik} = \int_0^h m(z) \psi_i' \psi_k' dz, \quad E_i = \int_0^h m(z) \psi_i dz, \\
 M_z &= \int_0^h m(z) dz, \quad \omega_0^2 = \frac{g}{H}, \quad \lambda = \frac{B}{g} \quad (14)
 \end{aligned}$$

(12) теңдеулер жүйелері мынадай түрде болады

$$\sum_{i=1}^{\nu} \left[p^2 T_{ji} - E U_{ji} + g(1 + 2\lambda p^2 \sin \alpha) K_{ji} \right] \alpha_{1,i} + 2p^2 \lambda g \sin \alpha \sum_{i=1}^{\nu} K_{ji} \alpha_{3i} = p^2 E_j A_1, \quad (j=1, 2, 3, \dots, \nu) \quad (15)$$

$$\begin{aligned}
 & \sum_{i=1}^{\nu} \left[(2k-1)^2 p^2 T_{ji} - E U_{ji} + g K_{ji} \right] \alpha_{2k-1,i} - 2p^2 \lambda g \sin \alpha \sum_{i=1}^{\nu} K_{ji} \alpha_{2k+1,i} = (2k-1)^2 p^2 E_j A_{2k-1} \\
 & (k=2, 3, \dots, \nu) \quad (16)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \left[p^2 + \omega_0^2 \right] A_1 = \omega_0^2 N_n \sigma_n A_1^{\frac{1}{n-1}} \left[1 + \frac{1}{(n-1) \sigma_n A_1} \sum_{k=3}^{\nu} \delta_{2k-1} A_{2k-1} \right] - 2p^2 \lambda \omega_0^2 \left(A_1 + \gamma_n N_n A_1^{\frac{1}{n-1}} - A_3 + \right. \\
 & \left. + \frac{1}{n-1} \frac{N_n}{A_1^{\frac{n-2}{n-1}}} \sum_{k=2}^{\nu} 2\beta_{n,2k-1} A_{2k-1} \right) \sin \alpha + \frac{p^2}{M_z + M} \sum_{i=1}^{\nu} E_i \alpha_{1,i} \quad (17)
 \end{aligned}$$

$$A_{2k-1} = \frac{\delta_{2k-1}}{(2k-1)^2 p^2 + \omega_0^2} \omega_0^2 N_n A_1^{\frac{1}{n-1}} - \frac{2p^2 \lambda \omega_0^2}{(2k-1)^2 p^2 + \omega_0^2} \left(2\beta_{n,2k-1} A_1^{\frac{1}{n-1}} - A_{2k+1} \right) \sin \alpha +$$

$$+ \frac{1}{(M_z + M)} \frac{(2k-1)^2 p^2}{[(2k-1)^2 p^2 + \omega_0^2]} \sum_{i=1}^{\nu} E_i \alpha_{2k-1,i}$$

($k = 2, 3, \dots, \nu$)

$$2p^2 \lambda (M_z + M) \omega_0^2 \frac{1}{p} \cos \alpha \left\{ A_1^2 - \sum_{k=1}^{\nu} A_{2k-1} A_{2k+1} + \frac{2(n-1)}{n} N_n \gamma_n A_1^{\frac{n}{n-1}} + 2N_n A_1^{\frac{1}{n-1}} \sum_{k=1}^{\nu} \beta_{n,2k-1} A_{2k-1} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{(M_z + M)} \left(\sum_{i,j=1}^{\nu} K_{ij} \alpha_{1,i} \alpha_{1,j} - \sum_{k=1}^{\nu} \sum_{i=1}^{\nu} K_{ij} \alpha_{2k-1,i} \alpha_{2k+1,j} \right) \right\} = 0$$

(19) теңдеуінен $\cos \alpha = 0$ екенін көреміз, демек $\alpha = \pi/2$. Үш мүшемен ($k, i, j = 1, 2, 3$) шектелеміз және (15)-(18) теңдеулер жүйесін $\alpha_{1,1}, \alpha_{1,2}, \alpha_{1,3}, \alpha_{3,1}, \alpha_{3,2}, \alpha_{3,3}, \alpha_{5,1}, \alpha_{5,2}, \alpha_{5,3}, A_1, A_3, A_5$ қатысты мынадай түрде жазамыз

$$\begin{aligned} & (p^2 T_{11} - EU_{11} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{11}) \alpha_{1,1} + (p^2 T_{12} - EU_{12} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{12}) \alpha_{1,2} + \\ & + (p^2 T_{13} - EU_{13} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{13}) \alpha_{1,3} - 2p^2 \lambda g (K_{11} \alpha_{3,1} + K_{12} \alpha_{3,2} + K_{13} \alpha_{3,3}) = p^2 E_1 A_1 \\ & (p^2 T_{21} - EU_{21} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{21}) \alpha_{1,1} + (p^2 T_{22} - EU_{22} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{22}) \alpha_{1,2} + \\ & + (p^2 T_{23} - EU_{23} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{23}) \alpha_{1,3} - 2p^2 \lambda g (K_{21} \alpha_{3,1} + K_{22} \alpha_{3,2} + K_{23} \alpha_{3,3}) = p^2 E_2 A_1 \\ & (p^2 T_{31} - EU_{31} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{31}) \alpha_{1,1} + (p^2 T_{32} - EU_{32} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{32}) \alpha_{1,2} + \\ & + (p^2 T_{33} - EU_{33} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{33}) \alpha_{1,3} - 2p^2 \lambda g (K_{31} \alpha_{3,1} + K_{32} \alpha_{3,2} + K_{33} \alpha_{3,3}) = p^2 E_3 A_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (9p^2 T_{11} - EU_{11} + gK_{11}) \alpha_{3,1} + (9p^2 T_{12} - EU_{12} + gK_{12}) \alpha_{3,2} + (9p^2 T_{13} - EU_{13} + gK_{13}) \alpha_{3,3} - \\ & = 2p^2 \lambda g (K_{11} \alpha_{5,1} + K_{12} \alpha_{5,2} + K_{13} \alpha_{5,3}) + 9p^2 E_1 A_3 \\ & (9p^2 T_{21} - EU_{21} + gK_{21}) \alpha_{3,1} + (9p^2 T_{22} - EU_{22} + gK_{22}) \alpha_{3,2} + (9p^2 T_{23} - EU_{23} + gK_{23}) \alpha_{3,3} - \\ & = 2p^2 \lambda g (K_{21} \alpha_{5,1} + K_{22} \alpha_{5,2} + K_{23} \alpha_{5,3}) + 9p^2 E_2 A_3 \\ & (9p^2 T_{31} - EU_{31} + gK_{31}) \alpha_{3,1} + (9p^2 T_{32} - EU_{32} + gK_{32}) \alpha_{3,2} + (9p^2 T_{33} - EU_{33} + gK_{33}) \alpha_{3,3} - \\ & = 2p^2 \lambda g (K_{31} \alpha_{5,1} + K_{32} \alpha_{5,2} + K_{33} \alpha_{5,3}) + 9p^2 E_3 A_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (25p^2 T_{11} - EU_{11} + gK_{11}) \alpha_{5,1} + (25p^2 T_{12} - EU_{12} + gK_{12}) \alpha_{5,2} + (25p^2 T_{13} - EU_{13} + gK_{13}) \alpha_{5,3} = 25p^2 E_1 A_5 \\ & (25p^2 T_{21} - EU_{21} + gK_{21}) \alpha_{5,1} + (25p^2 T_{22} - EU_{22} + gK_{22}) \alpha_{5,2} + (25p^2 T_{23} - EU_{23} + gK_{23}) \alpha_{5,3} = 25p^2 E_2 A_5 \\ & (25p^2 T_{31} - EU_{31} + gK_{31}) \alpha_{5,1} + (25p^2 T_{32} - EU_{32} + gK_{32}) \alpha_{5,2} + (25p^2 T_{33} - EU_{33} + gK_{33}) \alpha_{5,3} = 25p^2 E_3 A_5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [p^2 + \omega_0^2]A_1 = \omega_0^2 N_n \sigma_n A_1^{\frac{1}{n-1}} \left[1 + \frac{1}{(n-1)\sigma_n A_1} (\delta_3 A_3 + \delta_5 A_5) \right] - 2p^2 \lambda \omega_0^2 (A_1 + \gamma_n N_n A_1^{\frac{1}{n-1}} - A_3 + \\ + \frac{2}{n-1} \frac{N_n}{A_1^{\frac{n-2}{n-1}}} (\beta_{n,3} A_3 + \beta_{n,5} A_5)) \left. \right) + \frac{p^2}{M_z + M} (E_1 \alpha_{1,1} + E_2 \alpha_{1,2} + E_3 \alpha_{1,3}) \end{aligned} \quad (23)$$

$$A_3 = \frac{\delta_3}{9p^2 + \omega_0^2} \omega_0^2 N_n A_1^{\frac{1}{n-1}} - \frac{2p^2 \lambda \omega_0^2}{9p^2 + \omega_0^2} (2\beta_{n,3} A_1^{\frac{1}{n-1}} - A_5) + \frac{1}{(M_z + M)} \frac{9p^2}{[9p^2 + \omega_0^2]} (E_1 \alpha_{3,1} + E_2 \alpha_{3,2} + E_3 \alpha_{3,3}) \quad (24)$$

$$A_5 = \frac{\delta_5}{25p^2 + \omega_0^2} \omega_0^2 N_n A_1^{\frac{1}{n-1}} - \frac{2p^2 \lambda \omega_0^2}{25p^2 + \omega_0^2} (2\beta_{n,5} A_1^{\frac{1}{n-1}}) + \frac{1}{(M_z + M)} \frac{25p^2}{[25p^2 + \omega_0^2]} (E_1 \alpha_{5,1} + E_2 \alpha_{5,2} + E_3 \alpha_{5,3}) \quad (25)$$

(20-25) өрнектері $\alpha_{1,1}, \alpha_{1,2}, \alpha_{1,3}, \alpha_{3,1}, \alpha_{3,2}, \alpha_{3,3}, \alpha_{5,1}, \alpha_{5,2}, \alpha_{5,3}, A_1, A_3, A_5$ параметрлерін анықтайтын теңдеулер жүйесін береді (8) шекаралық шарттарды қанағаттандыратын базалық функциялардан құрылған минимизациялайтын форма мынадай түрде болады

$$\begin{aligned} \varphi_1(z) = (\alpha_{1,1}\psi_1 + \alpha_{1,2}\psi_2 + \alpha_{1,3}\psi_3), \varphi_3(z) = (\alpha_{3,1}\psi_1 + \alpha_{3,2}\psi_2 + \alpha_{3,3}\psi_3), \\ \varphi_5(z) = (\alpha_{5,1}\psi_1 + \alpha_{5,2}\psi_2 + \alpha_{5,3}\psi_3), \end{aligned} \quad (26)$$

ал T_{ij}, U_{ij}, K_{ij} и E_i шамалары (14) формуласымен анықталады

Түзетілетін беттермен шектелген дірілтірекке орнатылған көлденең қимасы айнымалы серпімді құрылғының параметрлік қозу кзіндегі динамикалық қасиеттеріне талдау

Енді (16-18) алгебралық теңдеулер жүйесін Г. Крамер әдісімен шешуге көшейік.

Бірінші жуықтау үшін, $A_1 \neq 0, A_3 = 0, A_5 = 0$ ұйғарым жасап, (20) және (23) теңдеулерді мынадай түрге түрлендірейік

$$\begin{aligned} (p^2 T_{11} - EU_{11} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{11}) \alpha_{1,1} + (p^2 T_{12} - EU_{12} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{12}) \alpha_{1,2} + \\ + (p^2 T_{13} - EU_{13} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{13}) \alpha_{1,3} = p^2 E_1 A_1 \\ (p^2 T_{21} - EU_{21} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{21}) \alpha_{1,1} + (p^2 T_{22} - EU_{22} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{22}) \alpha_{1,2} + \\ + (p^2 T_{23} - EU_{23} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{23}) \alpha_{1,3} = p^2 E_2 A_1 \\ (p^2 T_{31} - EU_{31} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{31}) \alpha_{1,1} + (p^2 T_{32} - EU_{32} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{32}) \alpha_{1,2} + \\ + (p^2 T_{33} - EU_{33} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{33}) \alpha_{1,3} = p^2 E_3 A_1 \end{aligned} \quad (27)$$

$$[p^2 + \omega_0^2]A_1 = \omega_0^2 N_n \sigma_n A_1^{\frac{1}{n-1}} - 2p^2 \lambda \omega_0^2 (A_1 + \gamma_n N_n A_1^{\frac{1}{n-1}}) + \frac{p^2}{M_z + M} (E_1 \alpha_{1,1} + E_2 \alpha_{1,2} + E_3 \alpha_{1,3}) \quad (28)$$

Бірінші жуықтауда бойынша есептің шешімі мынадай түрде болады:

$$\alpha_{1,1} = \frac{\Delta_{1,1}}{\Delta_1} p^2 A_1, \alpha_{1,2} = \frac{\Delta_{1,2}}{\Delta_1} p^2 A_1, \alpha_{1,3} = \frac{\Delta_{1,3}}{\Delta_1} p^2 A_1 \quad (29)$$

$$\varphi_1(z) = \left(\frac{\Delta_{1,1}}{\Delta_1} + \frac{\Delta_{1,2}}{\Delta_1} \frac{z}{h} + \frac{\Delta_{1,3}}{\Delta_1} \frac{z^2}{h^2} \right) \left(1 - \frac{z}{h} \right)^2 p^2 A_1 \quad (30)$$

$$u_1(z,t) = \left(\frac{\Delta_{1,1}}{\Delta_1} + \frac{\Delta_{1,2}}{\Delta_1} \frac{z}{h} + \frac{\Delta_{1,3}}{\Delta_1} \frac{z^2}{h^2} \right) \left(1 - \frac{z}{h} \right)^2 p^2 A_1 \sin pt \quad (31)$$

мұндағы $\Delta_1, \Delta_{1,1}, \Delta_{1,2}, \Delta_{1,3}$

$$\Delta_1 = \left\| \begin{pmatrix} p^2 T_{11} - EU_{11} + g(1+2p^2\lambda)K_{11} \\ p^2 T_{21} - EU_{21} + g(1+2p^2\lambda)K_{21} \\ p^2 T_{31} - EU_{31} + g(1+2p^2\lambda)K_{31} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p^2 T_{12} - EU_{12} + g(1+2p^2\lambda)K_{12} \\ p^2 T_{22} - EU_{22} + g(1+2p^2\lambda)K_{22} \\ p^2 T_{32} - EU_{32} + g(1+2p^2\lambda)K_{32} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p^2 T_{13} - EU_{13} + g(1+2p^2\lambda)K_{13} \\ p^2 T_{23} - EU_{23} + g(1+2p^2\lambda)K_{23} \\ p^2 T_{33} - EU_{33} + g(1+2p^2\lambda)K_{33} \end{pmatrix} \right\|$$

$$\Delta_{1,1} = \left\| \begin{pmatrix} E_1 (p^2 T_{12} - EU_{12} + g(1+2p^2\lambda)K_{12}) \\ E_2 (p^2 T_{22} - EU_{22} + g(1+2p^2\lambda)K_{22}) \\ E_3 (p^2 T_{32} - EU_{32} + g(1+2p^2\lambda)K_{32}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p^2 T_{13} - EU_{13} + g(1+2p^2\lambda)K_{13} \\ p^2 T_{23} - EU_{23} + g(1+2p^2\lambda)K_{23} \\ p^2 T_{33} - EU_{33} + g(1+2p^2\lambda)K_{33} \end{pmatrix} \right\|,$$

$$\Delta_{1,2} = \left\| \begin{pmatrix} (p^2 T_{11} - EU_{11} + g(1+2p^2\lambda)K_{11}) E_1 \\ (p^2 T_{21} - EU_{21} + g(1+2p^2\lambda)K_{21}) E_2 \\ (p^2 T_{31} - EU_{31} + g(1+2p^2\lambda)K_{31}) E_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p^2 T_{13} - EU_{13} + g(1+2p^2\lambda)K_{13} \\ p^2 T_{23} - EU_{23} + g(1+2p^2\lambda)K_{23} \\ p^2 T_{33} - EU_{33} + g(1+2p^2\lambda)K_{33} \end{pmatrix} \right\|,$$

$$\Delta_{1,3} = \left\| \begin{pmatrix} (p^2 T_{11} - EU_{11} + g(1+2p^2\lambda)K_{11}) \\ (p^2 T_{21} - EU_{21} + g(1+2p^2\lambda)K_{21}) \\ (p^2 T_{31} - EU_{31} + g(1+2p^2\lambda)K_{31}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p^2 T_{12} - EU_{12} + g(1+2p^2\lambda)K_{12} \\ p^2 T_{22} - EU_{22} + g(1+2p^2\lambda)K_{22} \\ p^2 T_{32} - EU_{32} + g(1+2p^2\lambda)K_{32} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{pmatrix} \right\|,$$

Бұдан да дәлірек шешімдерін табу үшін $A_1 \neq 0, A_3 \neq 0, A_5 = 0$, ұйғарым жасаймыз, сондықтан (20),(21),(23) және (24) теңдеулер мынадай түрге ие болады.

$$\begin{aligned} & (p^2 T_{11} - EU_{11} + g(1+2p^2\lambda)K_{11})\alpha_{1,1} + (p^2 T_{12} - EU_{12} + g(1+2p^2\lambda)K_{12})\alpha_{1,2} + \\ & + (p^2 T_{13} - EU_{13} + g(1+2p^2\lambda)K_{13})\alpha_{1,3} = 2p^2\lambda g (K_{11}\alpha_{3,1} + K_{12}\alpha_{3,2} + K_{13}\alpha_{3,3}) + p^2 E_1 A_1 \\ & (p^2 T_{21} - EU_{21} + g(1+2p^2\lambda)K_{21})\alpha_{1,1} + (p^2 T_{22} - EU_{22} + g(1+2p^2\lambda)K_{22})\alpha_{1,2} + \\ & + (p^2 T_{23} - EU_{23} + g(1+2p^2\lambda)K_{23})\alpha_{1,3} = 2p^2\lambda g (K_{21}\alpha_{3,1} + K_{22}\alpha_{3,2} + K_{23}\alpha_{3,3}) + p^2 E_2 A_1 \\ & (p^2 T_{31} - EU_{31} + g(1+2p^2\lambda)K_{31})\alpha_{1,1} + (p^2 T_{32} - EU_{32} + g(1+2p^2\lambda)K_{32})\alpha_{1,2} + \\ & + (p^2 T_{33} - EU_{33} + g(1+2p^2\lambda)K_{33})\alpha_{1,3} = 2p^2\lambda g (K_{31}\alpha_{3,1} + K_{32}\alpha_{3,2} + K_{33}\alpha_{3,3}) + p^2 E_3 A_1 \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} & (9p^2 T_{11} - EU_{11} + gK_{11})\alpha_{3,1} + (9p^2 T_{12} - EU_{12} + gK_{12})\alpha_{3,2} + (9p^2 T_{13} - EU_{13} + gK_{13})\alpha_{3,3} = 9p^2 E_1 A_3 \\ & (9p^2 T_{21} - EU_{21} + gK_{21})\alpha_{3,1} + (9p^2 T_{22} - EU_{22} + gK_{22})\alpha_{3,2} + (9p^2 T_{23} - EU_{23} + gK_{23})\alpha_{3,3} = 9p^2 E_2 A_3 \\ & (9p^2 T_{31} - EU_{31} + gK_{31})\alpha_{3,1} + (9p^2 T_{32} - EU_{32} + gK_{32})\alpha_{3,2} + (9p^2 T_{33} - EU_{33} + gK_{33})\alpha_{3,3} = 9p^2 E_3 A_3 \end{aligned} \quad (33)$$

$$\begin{aligned} & \left[p^2 + \omega_0^2 \right] A_1 = \omega_0^2 N_n \sigma_n A_1^{\frac{1}{n-1}} \left[1 + \frac{1}{(n-1)\sigma_n A_1} \delta_3 A_3 \right] - 2p^2 \lambda \omega_0^2 \left(A_1 + \gamma_n N_n A_1^{\frac{1}{n-1}} - A_3 + \frac{2}{n-1} \frac{N_n}{A_1^{\frac{n-2}{n-1}}} \beta_{n,3} A_3 \right) + \\ & + \frac{p^2}{M_z + M} (E_1 \alpha_{1,1} + E_2 \alpha_{1,2} + E_3 \alpha_{1,3}) \end{aligned} \quad (34)$$

$$A_3 = \frac{\delta_3}{9p^2 + \omega_0^2} \omega_0^2 N_n A_1^{\frac{1}{n-1}} - \frac{2p^2 \lambda \omega_0^2}{9p^2 + \omega_0^2} 2\beta_{n,3} A_1^{\frac{1}{n-1}} + \frac{1}{(M_z + M)} \frac{9p^2}{[9p^2 + \omega_0^2]} (E_1 \alpha_{3,1} + E_2 \alpha_{3,2} + E_3 \alpha_{3,3}) \quad (35)$$

Есептің шешімен екінші жуықтауда мынадай түрде жазамыз:

$$\alpha_{1,1} = \frac{\tilde{\Delta}_{1,1}}{\tilde{\Delta}_1}, \alpha_{1,2} = \frac{\tilde{\Delta}_{1,2}}{\tilde{\Delta}_1}, \alpha_{1,3} = \frac{\tilde{\Delta}_{1,3}}{\tilde{\Delta}_1} \quad (36)$$

$$\alpha_{3,1} = \frac{\Delta_{3,1}}{\Delta_3} 9p^2 A_3, \alpha_{3,2} = \frac{\Delta_{3,2}}{\Delta_3} 9p^2 A_3, \alpha_{3,3} = \frac{\Delta_{3,3}}{\Delta_3} 9p^2 A_3 \quad (37)$$

$$\begin{aligned} [p^2 + \omega_0^2] A_1 = & \omega_0^2 N_n \sigma_n A_1^{\frac{1}{n-1}} \left[1 + \frac{1}{(n-1)\sigma_n A_1} \delta_3 A_3 \right] - \\ & - 2p^2 \lambda \omega_0^2 \left(A_1 + \gamma_n N_n A_1^{\frac{1}{n-1}} - A_3 + \frac{2}{n-1} \frac{N_n}{A_1^{\frac{n-2}{n-1}}} \beta_{n,3} A_3 \right) + \frac{p^2}{M_z + M} \left(E_1 \frac{\tilde{\Delta}_{1,1}}{\tilde{\Delta}_1} + E_2 \frac{\tilde{\Delta}_{1,2}}{\tilde{\Delta}_1} + E_3 \frac{\tilde{\Delta}_{1,3}}{\tilde{\Delta}_1} \right) \end{aligned} \quad (38)$$

$$A_3 = \left(1 - \frac{1}{(M_z + M)} \frac{81p^4}{[9p^2 + \omega_0^2] \Delta_3} (E_1 \Delta_{3,1} + E_2 \Delta_{3,2} + E_3 \Delta_{3,3}) \right)^{-1} \frac{\delta_3}{9p^2 + \omega_0^2} \omega_0^2 N_n A_1^{\frac{1}{n-1}} - \frac{2p^2 \lambda \omega_0^2}{9p^2 + \omega_0^2} 2\beta_{n,3} A_1^{\frac{1}{n-1}} \quad (39)$$

$$\varphi_3(z) = \left(\frac{\Delta_{3,1}}{\Delta_3} + \frac{\Delta_{3,2}}{\Delta_3} \frac{z}{h} + \frac{\Delta_{3,3}}{\Delta_3} \frac{z^2}{h^2} \right) \left(1 - \frac{z}{h} \right)^2 9p^2 A_3 \quad (40)$$

$$u_1(z, t) = \left(\frac{\tilde{\Delta}_{1,1}}{\tilde{\Delta}_1} + \frac{\tilde{\Delta}_{1,2}}{\tilde{\Delta}_1} \frac{z}{h} + \frac{\tilde{\Delta}_{1,3}}{\tilde{\Delta}_1} \frac{z^2}{h^2} \right) \left(1 - \frac{z}{h} \right)^2 \sin pt + \left(\frac{\Delta_{3,1}}{\Delta_3} + \frac{\Delta_{3,2}}{\Delta_3} \frac{z}{h} + \frac{\Delta_{3,3}}{\Delta_3} \frac{z^2}{h^2} \right) \left(1 - \frac{z}{h} \right)^2 9p^2 A_3 \sin 3pt \quad (41)$$

мұндағы $\Delta_1, \tilde{\Delta}_{1,1}, \tilde{\Delta}_{1,2}, \tilde{\Delta}_{1,3}$

$$\tilde{\Delta}_1 = \left\| \begin{aligned} & (p^2 T_{11} - EU_{11} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{11}) (p^2 T_{12} - EU_{12} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{12}) (p^2 T_{13} - EU_{13} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{13}) \\ & (p^2 T_{21} - EU_{21} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{21}) (p^2 T_{22} - EU_{22} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{22}) (p^2 T_{23} - EU_{23} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{23}) \\ & (p^2 T_{31} - EU_{31} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{31}) (p^2 T_{32} - EU_{32} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{32}) (p^2 T_{33} - EU_{33} + g(1 + 2p^2 \lambda) K_{33}) \end{aligned} \right\|$$

$$\tilde{\Delta}_{1,1} = \left\| \begin{aligned} & [2p^2 \lambda g (K_{11} \alpha_{3,1} + K_{12} \alpha_{3,2} + K_{13} \alpha_{3,3}) + p^2 E_1 A_1] [p^2 T_{12} - EU_{12} + gK_{12}] [p^2 T_{13} - EU_{13} + gK_{13}] \\ & [2p^2 \lambda g (K_{21} \alpha_{3,1} + K_{22} \alpha_{3,2} + K_{23} \alpha_{3,3}) + p^2 E_2 A_1] [p^2 T_{22} - EU_{22} + gK_{22}] [p^2 T_{23} - EU_{23} + gK_{23}] \\ & [2p^2 \lambda g (K_{31} \alpha_{3,1} + K_{32} \alpha_{3,2} + K_{33} \alpha_{3,3}) + p^2 E_3 A_1] [p^2 T_{32} - EU_{32} + gK_{32}] [p^2 T_{33} - EU_{33} + gK_{33}] \end{aligned} \right\|$$

$$\tilde{\Delta}_{1,2} = \left\| \begin{aligned} & [p^2 T_{11} - EU_{11} + gK_{11}] [2p^2 \lambda g (K_{11} \alpha_{3,1} + K_{12} \alpha_{3,2} + K_{13} \alpha_{3,3}) + p^2 E_1 A_1] [p^2 T_{13} - EU_{13} + gK_{13}] \\ & [p^2 T_{21} - EU_{21} + gK_{21}] [2p^2 \lambda g (K_{21} \alpha_{3,1} + K_{22} \alpha_{3,2} + K_{23} \alpha_{3,3}) + p^2 E_2 A_1] [p^2 T_{23} - EU_{23} + gK_{23}] \\ & [p^2 T_{31} - EU_{31} + gK_{31}] [2p^2 \lambda g (K_{31} \alpha_{3,1} + K_{32} \alpha_{3,2} + K_{33} \alpha_{3,3}) + p^2 E_3 A_1] [p^2 T_{33} - EU_{33} + gK_{33}] \end{aligned} \right\|$$

$$\tilde{\Delta}_{1,3} = \left\| \begin{array}{l} \left[p^2 T_{11} - EU_{11} + gK_{11} \right] \left[p^2 T_{12} - EU_{12} + gK_{12} \right] \left[2p^2 \lambda g (K_{11} \alpha_{3,1} + K_{12} \alpha_{3,2} + K_{13} \alpha_{3,3}) + p^2 E_1 A_1 \right] \\ \left[p^2 T_{21} - EU_{21} + gK_{21} \right] \left[p^2 T_{22} - EU_{22} + gK_{22} \right] \left[2p^2 \lambda g (K_{21} \alpha_{3,1} + K_{22} \alpha_{3,2} + K_{23} \alpha_{3,3}) + p^2 E_2 A_1 \right] \\ \left[p^2 T_{31} - EU_{31} + gK_{31} \right] \left[p^2 T_{32} - EU_{32} + gK_{32} \right] \left[2p^2 \lambda g (K_{31} \alpha_{3,1} + K_{32} \alpha_{3,2} + K_{33} \alpha_{3,3}) + p^2 E_3 A_1 \right] \end{array} \right\|$$

Нәтижелер және талдау

(8) геометриялық шарттарды қанағаттандыратын базистік функциялар мынадай түрде болады

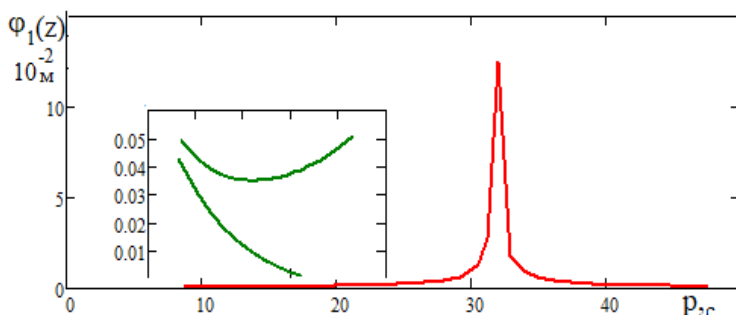
$$\psi_1(z) = \left(1 - \frac{z}{l}\right)^2, \quad \psi_2(z) = \left(1 - \frac{z}{l}\right)^2 \frac{z}{l}, \quad \psi_3(z) = \left(1 - \frac{z}{l}\right)^2 \frac{z^2}{l^2}. \quad (42)$$

Жүйе параметрлерінің келесі $a = 10\text{м}, b = 10\text{м}, h = 60\text{м}$ $E = 21.6 \cdot 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}, \rho = 7.7 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ мәндері үшін (29) және (30) формула бойынша сырық, сына, пирамида және конус тәрізді серпімді құрылымдардың тербелмелі қозғалысының резонанстық қисықтарын құру үшін есептеу жүргізілді.

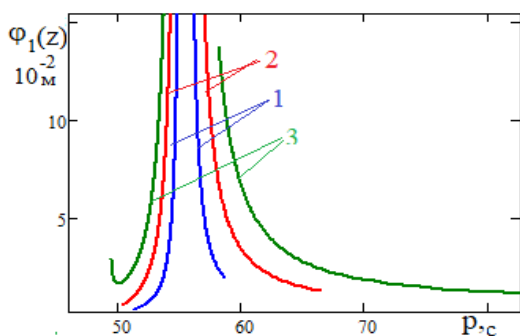
3-суретте ауыр табаны бар сына тәрізді серпімді құрылымның резонанстық қисықтары көрсетілген. Суреттен көрініп тұрғандай, табанның тербелмелі қозғалыстарының резонанстық аймағында серпімді құрылғының қозғалысы аз болады, ал серпімді құрылғының меншікті жиіліктері қоздыру жиілігімен сәйкес келсе, резонанс құбылысы пайда болады.

Параметрлік қозудың амплитудасы өскен сайын серпімді құрылғының иілмелі тербелісінің резонанстық зонасы кеңиді (4 сурет, $1 - \lambda = 0,003; 2 - \lambda = 0,006; 3 - \lambda = 0,009$).

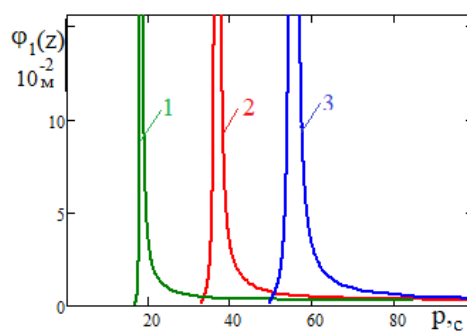
Параметрлік тербелістердің амплитудалық-жиіліктік сипаттамалары құрылғының параметрлеріне байланысты. Сына тәрізді серпімді құрылғының табанының параметрлерінің артуы резонанстық қисықтардың қозу жиіліктерінің өсуіне қарай ығысуына әкеледі (5 сурет, $1 - a = 5\text{м}, b = 5\text{м}; 2 - a = 10\text{м}, b = 10\text{м}; 3 - a = 15\text{м}, b = 15\text{м}$).



3 сурет. Көлденең қимасы айнымалы ауыр табаны серпімді құрылғының резонанстық қисықтары



4 сурет. Параметрлік қозудың λ амплитудасының әртүрлі мәндері кезіндегі сына тәрізді серпімді құрылғының $\Phi_1(z)$ ығысуының p жиілікке тәуелділігі



5 сурет. Табанның a, b параметрлерінің әртүрлі мәндері кезіндегі сына тәрізді серпімді құрылғының $\Phi_1(z)$ ығысуының p жиілікке тәуелділігі

Қорытынды

Жоғары дәрежелі беттермен шектелген теңселмелі тірекке орнатылған көлденең қимасы айнымалы серпімді құрылғының параметрлік тербелісінің стационар режимін зерттеудің аналитикалық әдістемесі жасалды. Гармоникалық вертикаль қозу болған жағыдайда түзетілетін беттермен шектелген теңселмелі тірекке орнатылған көлденең қимасы айнымалы серпімді құрылғының тербелмелі қозғалысы Ритцтің вариациялық әдісі бойынша зерттелген. Қозғалыс теңдеуінің шешімдері базистік функциялардың қатарларына жіктеу ретінде ұсынылған.

Жүргізілген зерттеу нәтижесінде анықталды: көлденең қимасы айнымалы серпімді құрылғының иілу тербелісі кезінде резонанс құбылысы байқалады; серпімділік коэффициентінің мәндеріне байланысты табанның резонанстық жиіліктер аймағында серпімді құрылымның бірнеше формаларының резонанстық тербелістері пайда болады.

Дірілден қорғайтын қондырғының табанының тербелмелі қозғалысының резонанстық зонасында серпімді құрылғы аз ығысу жасайды, ал серпімді құрылғының меншікті жиелігі тербелісті қоздырушының жиелігімен сәйкес келгенде резонанс құбылысы пайда болады. Параметрлік қоздырушының амплитудасы артқан сайын серпімді құрылғының иілмелі тербелісінің резонанстық зонасы кеңейеді. Серпімді құрылғының параметрлік тербелістің амплитуда-жиеліктік сипаттамасы, құрылғының параметрлеріне тәуелді болады. Серпімді құрылғының табанының параметрлерін арттырғанда, резонанстық қисық, тербелісті қоздырушы жиелігінің өсу жағыны қарай ығысады.

Алғыс хаттар. Бұл жұмыс Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігінің гранттық қаржыландыруымен орындалды (ИРН АР08856744 «Түзетілетін беттері бар теңселмелі дірілтіректен тұратын дірілден қорғайтын қондырғының стохастикалық моделін жасау», 2020-2022 жж.)

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 Зелинский Г.А., Шевляков Ю.А. Сейсмоизоляция зданий // Основания, фундаменты и механика грунтов, - 1976. - №4. - С.19-21.

2 Бисембаев К., Сманов А. Исследование вынужденных колебаний упругих конструкций переменного сечения с тяжелым основанием на виброопорах // Вестник КазНПУ им. Абая, «серия физ.-мат. науки.- Алматы, 2019.- №4(68).- С.126-137.

3 Бисембаев К., Сманов А. Математическое моделирование колебательных движений упругих конструкций с переменными сечениями на виброопорах // Вестник КазНПУ им. Абая, Сер. физ.- мат. науки.- Алматы, 2019.- №3(67).- С.156-164.

4 Бисембаев К., Sultanova K., Study of forced vibrations transition processes of vibration protection devices with rolling-contact bearings // Journal of Mathematics, Mechanics, Computer Science Al-Farabi Kazakh National University, 2020.- №1(105).- p.129-144.

5 Bissembayev, K., Jomartov, A., Tuleshov, A., Dikambay, T., Analysis of the oscillating motion of a solid body on vibrating bearers // Machines, 2019, p.1-21.

6 Goel R.P. Transverse vibration of tapered beams // Journal of Sound and Vibration. 1976. - V. 47. - № 1. P. 1-7.

7 Conway H.D., Becker E.C.H., Dobil J.F. Vibration frequencies of tapered bars and circular plates // Journal of Applied Mechanics. - 1964. - P. 329-331.

8 Rosa M.A. De, Auciello N.M. Free vibrations of tapered beams with flexible ends // Computers & Structures. 1996. - V. 60. - № 2. - P. 197-202.

9 Naguleswaran S. Vibration in the two principal planes of a nonuniform beam of rectangular cross-section, one side of which varies as the square root of the axial co- ordinate // Journal of Sound and Vibration. 1994. V. 172, № 3. pp. 305-319.

10 Naguleswaran S. A direct solution for the transverse vibration of Euler- Bernoulli wedge and cone beams // Journal of Sound and Vibration. - 1994. - V. 172. - № 3. - P. 289-304.

11 Chaudhari T.D., Maiti S.K. Modelling of transverse vibration of beam of linearly variable depth with edge crack // Engineering Fracture Mechanics. - 1999. - V. 63. - P. 425-445.

12 Olhoff N., Parbery R. Designing vibrating beams and rotating shafts for maximum difference between adjacent natural frequencies // International Journal of Solids and Structures. - 1984. - V. 20. - P. 63-75.

13 Jategaonkar R., Chehil D.S. Natural frequencies of a beam with varying section properties // Journal of Sound and Vibration. - 1989. - V. 133. - P. 303-322.

14 Gupta A. Vibration of tapered beams // Journal of Structural Engineering. -1985. -V. 111. -№ 1. - P. 19-36.

15 Bissembayev K., Omyrzhanova O., Sultanova K., *Oscillations specific for the homogeneous rod like elastic structure on the kinematic absorber basis with rolling bearers having straightened surfaces, Mechanisms and Machine Science*, 2019, 68, pp.187-195.

References

- 1 Zelinsky Zelinskij G.A., Shevljakov Ju.A. (1976.) *Sejsmoizoljacija zdanij [Seismic isolation of buildings]. Osnovaniya, fundamente i mehanika gruntov, №4. 19-21. (In Russian)*
- 2 Bissembaev K., Smanov A. (2019) *Issledovanie vynuzhdennyh kolebanij uprugih konstrukcij peremennogo sechenija s tjazhelym osnovaniem na vibrooporah [Investigation of forced vibrations of elastic structures of variable cross-section with a heavy foundation on vibration supports]. Vestnik KazNPU im. Abaja, «serija fiz.-mat. nauki.-Almaty, 2019. №4(68).126-137. (In Kazakh)*
- 3 Bissembaev K., Smanov A. (2019) *Matematicheskoe modelirovanie kolebatel'nyh dvizhenij uprugih konstrukcij s peremennymi sechenijami na vibrooporah [Mathematical modeling of oscillatory motions of elastic structures with variable sections on vibration supports]. Vestnik KazNPU im. Abaja, Ser. fiz.- mat. nauki. Almaty, №3(67).156-164. (In Kazakh)*
- 4 Бисембаев К., Sultanova K., (2020) *Study of forced vibrations transition processes of vibration protection devices with rolling-contact bearings // Journal of Mathematics, Mechanics, Computer Science Al-Farabi Kazakh National University, №1(105), 129-144.*
- 5 Bissembayev, K., Jomartov, A., Tuleshov, A., (2019) *Dikambay, T., Analysis of the oscillating motion of a solid body on vibrating bearers. Machines, 1-21.*
- 6 Goel R.P. (1976) *Transverse vibration of tapered beams. Journal of Sound and Vibration. V. 47. № 1. 1-7.*
- 7 Conway H.D., Becker E.C.H., Dubil J.F. (1964) *Vibration frequencies of tapered bars and circular plates. Journal of Applied Mechanics. 329-331.*
- 8 Rosa M.A. De, Auciello N.M. *Free vibrations of tapered beams with flexible ends // Computers & Structures. 1996. - V. 60. - № 2. - P. 197-202.*
- 9 Naguleswaran S. (1994) *Vibration in the two principal planes of a nonuniform beam of rectangular cross-section, one side of which varies as the square root of the axial co- ordinate. Journal of Sound and Vibration. V. 172, № 3. pp. 305-319.*
- 10 Naguleswaran S. (1994) *A direct solution for the transverse vibration of Euler- Bernoulli wedge and cone beams // Journal of Sound and Vibration. V. 172. № 3. 289-304.*
- 11 Chaudhari T.D., Maiti S.K. (1999) *Modelling of transverse vibration of beam of linearly variable depth with edge crack // Engineering Fracture Mechanics. V. 63. 425-445.*
- 12 Olhoff N., Parbery R. (1984) *Designing vibrating beams and rotating shafts for maximum difference between adjacent natural frequencies. International Journal of Solids and Structures. V. 20. 63-75.*
- 13 Jategaonkar R., Chehil D.S. (1989) *Natural frequencies of a beam with varying section properties. Journal of Sound and Vibration. V. 133. 303-322.*
- 14 Gupta A. (1985) *Vibration of tapered beams // Journal of Structural Engineering. V. 111. № 1. 19-36.*
- 15 Bissembayev K., Omyrzhanova O., Sultanova K., (2019) *Oscillations specific for the homogeneous rod like elastic structure on the kinematic absorber basis with rolling bearers having straightened surfaces, Mechanisms and Machine Science*, 68, pp.187-195.

МРНТИ 29.05.01, 29.05.27
УДК 539.12

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.07>

К.М. Мукашев^{1,3*}, А.В. Степанов², Т.Х. Садыков¹, А.Х. Аргынова¹,
В.В. Жуков^{1,2}, Ф.Ф. Умаров⁴, Б.А. Искаков¹

¹ *Казахский Национальный исследовательский технический университет им. Сатбаева,
г. Алматы, Казахстан*

² *Тянь-Шаньская высокогорная научная станция в РК, филиал Физического института РАН,
г. Алматы, Казахстан*

³ *Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан*

⁴ *Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы, Казахстан*

*e-mail: mukashev.kms@gmail.com; turlan43@mail.ru

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ОРГАНИЗАЦИИ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Аннотация

В настоящее время на высокогорной научной станции для исследования физики космических лучей используются различные, независимо действующие уникальные экспериментальные установки. В статье рассматриваются пути и методы объединения этих установок в единую систему, включающую в себе сети сцинтилляционных детекторов типа «ковер» для регистрации электронно-фотонной компоненты, мониторы наземного и подземного базирования для регистрации нейтронных составляющих, калориметры, черенковские детекторы, сцинтилляционный спектрометр и еще ряд подсистем. Вновь созданная единая система регистрации космических лучей на основе достижений современной технологии и научной мысли будет обладать высокой разрешающей способностью, с общим банком данных с обеспечением синхронизации по времени работы отдельных, независимо действующих экспериментальных установок. Решение этой проблемы позволит выполнение детального анализа регистрируемых событий с единой позиции, проведение сложных расчетов пространственного распределения, массового состава, а также энергетической структуры космических лучей с высокой степенью точности.

Ключевые слова: космические лучи, сцинтилляционный детектор, нейтронные мониторы, волоконная оптика, локальная сеть, сервер, широкие атмосферные ливни, единая база данных.

Аңдатпа

Қ.М. Мұқашев^{1,3*}, А.В. Степанов², Т.Х. Садыков¹, А.Х. Аргынова¹, В.В. Жуков^{1,2}, Ф.Ф. Умаров⁴, Б.А. Искаков¹

ҒАРЫШ СӘУЛЕСІН ТІРКЕУШІ БІРЕГЕЙ ЖҮЙЕНІ ҚҰРУДЫҢ БІР ӘДІСІ ТУРАЛЫ

¹ *Сәтбаев атындағы университет, Физика-техникалық институт, Алматы қ., Қазақстан*

² *Тянь-Шань биік таулы ғылыми станциясы, РФА Физика институтының филиалы, Алматы қ., Қазақстан*

³ *Әл Фараби ат-ы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

⁴ *Қазақ-Британ техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

Жоғары энергия физикасын зерттеу проблемасының көкейкестілігі ғарыштық сәулелер туралы мағлұматтардың ақпараттық құндылығы мен нақтылығы арқылы бағаланады. Және бұл мағлұматтарды ғарыш сәулелерінің құрамындағы зарядталған бөлшектерді тіркеудің кешенді тәсілдерін пайдалану арқылы ғана өндіруге болады. Бүгінгі күні ғарыш сәулелерінің биік таулы ғылыми станциясының кеңістігінде баламасы жоқ, бірақ әрқайсысы өз алдына дербес жұмыс істейтін әртүрлі мақсаттағы көптеген эксперименталдық қондырғылар пайдаланылуда. Олардың құрамында сцинтилляциялық детекторлардың «кілемі», жер асты және жер үсті нейтрондық мониторлар, гамма-блокпен жабдықталған ионизацияланушы нейтрондық детекторы бар калориметр, черенков сәулесінің детекторлары, сцинтилляциялық спектрометр, алшақ орналасқан арнайы мақсаттағы детекторлар мен толып жатқан жабдықтаушы қосалқы құрылымдар бар.

Мақалада аталмыш құрылымдарды өндірілетін мағлұматтардың ортақ қоры бар бірегей тіркеу жүйесіне біріктірудің жаңа технологияға негізделген, шешуші қабілеті жоғары әдістері мен тәсілдері қарастырылады. Айрықша маңызды бұл мәселенің оңтайлы шешілуі нәтижесінде күрделі есептеулерді орындай отырып, тіркелген процестерді жүйелі түрде талдауға қол жеткізіледі. Соның арқасында ауқымды атмосфералық нөсердің кеңістіктегі үлестірілуін және энергетикалық құрылымдық сапасын жоғары дәлдікпен анықтаудың мүмкіндігі жүзеге асырылады. Сонымен қатар, мақалада желілік инфрақұрылым мен мағлұматтардың бірегей қорын басқарушы және жабдықтаушы программалары бар орталық серверді ұйымдастырудың жолдары талдаудан өткізіледі. Нәтижесінде дербес жұмыс істейтін эксперименталдық қондырғылардың жұмысын уақытқа байланысты синхронизациялау әрекеті іске қосылады.

Түйін сөздер: ғарыш сәулесі, кең ауқымды атмосфералық нөсер, сцинтилляциялық детектор, нейтрондық мониторлар, талшықты оптика, жергілікті желі, сервер, бірегей мағлұматтар қоры.

Abstract

ABOUT ONE WAY OF ORGANIZATION UNIFIED SYSTEM FOR REGISTRATION OF SPACE RAYS

Mukashev K.M.^{1,3}, Stepanov A.V.², Sadykov T.Kh.¹, Argynova K.A.¹, Zhukov V.V.^{1,2}, Umarov F.F.⁴, Iskakov B.A.¹

¹Satbayev University, Institute of Physics and Technology, Almaty, Kazakhstan

²Tien Shan high-mountain scientific station in the Republic of Kazakhstan, Branch of the Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Almaty, Kazakhstan

³Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

⁴Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

At present, at the high-mountain scientific station for the study of the physics of cosmic rays, various, independently operating unique experimental installations are used. The article discusses the ways and methods of combining these installations into a single system, which includes networks of scintillation detectors of the "carpet" type for registration of the electron-photon component, ground and underground monitors for registration of neutron components, calorimeters, Cherenkov detectors, a scintillation spectrometer and a number of other subsystems. The newly created unified system for registering cosmic rays based on the achievements of modern technology and scientific thought will have a high resolution, with a common databank with synchronization in time of operation of separate, independently operating experimental installations. The solution to this problem will make it possible to perform a detailed analysis of the recorded events from a single position, to carry out complex calculations of the spatial distribution, mass composition, and also the energy structure of cosmic rays with a high degree of accuracy.

Keywords: cosmic rays, scintillation detector, neutron monitors, fiber optics, local area network, server, extensive air showers, unified database.

Введение

Физика космических лучей -это физика элементарных частиц, одна из ее граней, которая через развитие математического формализма крепко связана со многими более «практическими» областями физики, да и естественных наук в целом. Под космическими лучами (КЛ) обыкновенно понимают потоки заряженных релятивистских частиц, начиная от протонов и ядер гелия и кончая ядрами более тяжёлых элементов вплоть до урана, рождённых и ускоренных до высоких и предельно высоких (вплоть до 10^{20} эВ) энергий вне пределов Земли [1-4].

Разумеется, далеко не все физические процессы, объясняющие происхождение космических лучей, понятны, и не всё ясно с их воздействием на окружающее Землю пространство, на биологические и технологические системы. Каждый день приносит новые факты, рождает новые гипотезы, заставляет по-новому взглянуть на, казалось бы, уже известные физические явления [5]. Наука за последние десятилетия шагнула далеко вперед в познании окружающего нас космоса, и учёные стараются и, порой безуспешно, объяснить и связать в единую цепочку, казалось бы, несовместимое. Теории происхождения ГКЛ, которую можно было бы назвать вполне завершённой, в настоящее время отсутствует, в особенности, если иметь в виду происхождение ГКЛ сверхвысоких энергий ($> 10^{15}$ эВ), хотя в течение последних 10-15 лет в понимании общего характера процессов, в которых появляются и ускоряются космические лучи, и был достигнут существенный прогресс. Законченная теория происхождения ГКЛ должна объяснить их основные характеристики: степенную форму энергетического спектра, величину плотности энергии, массовый (химический) состав первичных КЛ, включая данные о потоках антипротонов, электронов, позитронов, гамма-квантов, практическое постоянство во времени интенсивности ГКЛ и очень слабую их анизотропию [5-7].

Имеющиеся на сегодняшний день в мире экспериментальные установки, предназначенные для регистрации КЛ, ориентированы, в основном, на решение отдельных частных задач. Так, например, созданная в долине реки Лены Якутская комплексная установка ШАЛ позволяет анализировать космическое излучение по энергиям, показатель которых превышает 10^{17} эВ, оценивать его воздействие на атмосферу Земли. Расположенная в Японии установка AGASA была запущена практически одновременно с установкой в Якутии. Эти две станции служат сходным целям. Главной особенностью станции AGASA считается огромный масштаб, она занимает площадь порядка 100 кв. километров и представляет собой комплекс из 111 поверхностных детекторов и 27 мюонных детекторов. Действующая в Карлсруэ установка KASCADE-Grande представляет собой крупную наземную сеть, состоящую из 252 детекторных станций, предназначенных для изучения широких атмосферных ливней. Самая большая в мире установка Pierre Auger Observatory находится в Аргентине, занимает площадь в 3000 квадратных километров и состоит из 1600 приемников. Основное ее назначение – регистрация ШАЛ, порожденных частицами ультравысоких энергий. Тем не менее, несмотря на сложность и достигнутый уровень эффективности регистрации КЛ, ни одна из

перечисленных выше установок не является в полной мере комплексной, способной решать если не всю, то хотя бы наиболее важнейшие из совокупностей задач и проблем, стоящих перед исследователями в области физики и астрофизики космических лучей.

В связи с этим в данной работе описаны достигнутые на сегодня результаты объединения в единую комплексную систему отдельные, независимо действующие базовые экспериментальные установки и подсистемы Физико-технического института (ФТИ) и Тянь-Шаньской высокогорной научной станции (ТШВНС). В состав этого уникального комплекса вошли ливневая часть, наземный и подземный нейтронные мониторы, подземные мюонные детекторы, нейтронные детекторы, ионизационный калориметр с гамма-блоком, толчковые установки, сцинтилляционные спектрометры, детекторы радиоизлучения ШАЛ, детекторы черенковского света, средства регистрации и анализа формы импульса переднего фронта ШАЛ, а также ряд других подсистем и средств [11]. Кроме того, создание единой базы экспериментальных результатов и данных, извлекаемых комплексной установкой, дает возможность учитывать все нюансы, возникающие при обращении к разнообразным источникам информации и последующей их обработке.

Единая комплексная система ФТИ и ТШВНС

С начала шестидесятых годов прошлого века в окрестностях города Алматы в горах Заилийского Алатау на высоте 3340 м над уровнем моря на экспериментальной площадке «Космостанция» Физико-техническим институтом МОН РК и Физическим институтом им. П.Н. Лебедева РАН проводятся совместные эксперименты по изучению физики космических лучей. За это время получены фундаментальные результаты мирового уровня при исследовании энергетического спектра КЛ, измерения массового состава, поиск анизотропии первичных космических лучей в различных областях энергий. Существенно более надежные данные о КЛ можно получать, используя комплексные методы одновременной регистрации заряженных частиц сцинтилляторами, наблюдений черенковского света и радиоизлучения. Достоинства этих методов обусловлены тем, что при генерации адронной, электронно-фотонной и мюонной компонент, а также черенковского и радиоизлучения, атмосфера играет роль гигантского калориметра, при этом существенно сглаживаются флуктуации, характерные для заряженной компоненты ШАЛ. Большой разброс экспериментальных данных в области энергий 10^{16} - 10^{19} эВ связан с тем, что для ее исследования нужны установки площадью не менее квадратного километра при минимальных расстояниях между детекторами. Благодаря низкой стоимости детекторов радиоизлучения в отличие от черенковских и сцинтилляционных, можно разместить на той же площади большее количество таких детекторов и на более близких расстояниях друг от друга, что обеспечивает более детальное изучение пространственной и энергетической структуры ШАЛ. Решение этой проблемы позволяет вести практически круглосуточные измерения независимо от метеоусловий с высокой степенью точности, надежности и информативности.

Действующие в настоящее время на станции экспериментальные установки типа «Адрон-55», «Ливневая установка», «Горизонт-Т», «Радиоизлучение ШАЛ», «Гроза», «МАС2» (установка по регистрации землетрясений) и другие, содержащие в себе ковер сцинтилляционных детекторов, наземный и подземный нейтронные мониторы, калориметр с гамма-блоком и нейтронными детекторами, детекторы черенковского света, удаленные сцинтилляционные детекторы, сцинтилляционный спектрометр и еще ряд других подсистем, объединены в следующие пункты, для которых разработана общая схема сетевой инфраструктуры с возможностью подключения их к единой выделенной локальной сети (рис. 1):

- Пункт «Общежитие», здесь расположен центр локальной сети: сетевое и серверное оборудование. Координаты пункта:

43.043335N, 76.943078E.

- Пункт «Эллинг», центр ливневой установки. Координаты пункта:

43.042556N, 76.944330E.

- Пункт «ФТИ», центр установки «Адрон-55» с калориметром, гамма-блоком и нейтронными детекторами. Координаты пункта:

43.044078N, 76.943458E.

- Пункт «Горизонт», центр регистрации установки «Горизонт-Т». Координаты пункта: 43.047177N, 76.945417E.

▪ Пункт «Бункер», здесь расположены удаленные детекторы установки «Горизонт-Т» с автономной системой регистрации.

Координаты пункта: 43.049165N, 76.957369E.

▪ Пункт «Каменный цветок». Удаленные детекторы установки «Горизонт-Т» с автономной системой регистрации. Координаты пункта:

43.050650N, 76.946487E.



Рисунок 1. Оптоволоконные линии – основа локальной вычислительной сети

Связь между подсистемами выполнена объединением в сеть оптоволоконных линий, что повысило надежность связи и скорость передачи данных по сети. Применение оптоволоконной линии повысило устойчивость локальной сети к неблагоприятным воздействиям окружающей среды, как атмосферные осадки, грозовые разряды и статическое электричество.

Оптоволоконные линии построены на базе самонесущего восьмиволоконного одномодового кабеля Sterlite Aerial Fig-8 Fiber Optic Cable (<https://www.fiberoptic.kz/>).

Концы кабеля заводятся и оконцовываются в оптических кроссах, затем посредством оптических патч-кордов соединяются с медиаконвертерами. Оптоволоконный медиаконвертер серии FH-MS100 позволяет преобразовывать соединения 10/100Base-TX в соединения 100Base-FX и наоборот. Порт 10/100Base-TX имеет функции автосогласования скорости 10/100 Мбит/с. Устройство поддерживает одномодовые и многомодовые SC соединения. Данный конвертер позволяет осуществлять оптиковолоконные соединения на дистанции до 20 км по двум волокнам. К локальной сети медиаконвертеры подключаются патч-кордами 10/100Base-TX.

Для повышения производительности локальная вычислительная сеть была разделена на два сегмента. Первый сегмент с диапазоном адресов 192.168.11.1 – 192.168.11.254 (сеть класса С 192.168.11.0/24) включает в себя компьютеры систем регистрации, два сервера баз данных, файловый и интернет-сервер и систему резервного копирования данных NAS. Второй сегмент с адресами 192.168.12.1 – 192.168.12.254 (сеть класса С 192.168.12.0/24) предназначен для доступа из локальной сети к серверам, компьютерам систем регистрации и сети интернет всем заинтересованным пользователям. Сегменты сети соединяются между собой посредством маршрутизатора Ubiquiti EdgeRouter ER-X. Для выхода в сеть интернет используются шлюзы на базе маршрутизаторов Cisco 1760 и Cisco 2620.

Кроме того, было принято решение включить в состав локальной вычислительной сети часть удаленных подсистем, ранее работавших автономно, которые будут подключены к локальной вычислительной сети посредством радиоканалов. Радиоканалы для подключения дальних пунктов построены на основе оборудования Ubiquiti AirMAX [12], работающего на частотах 5,470-5,825 ГГц.

Этот диапазон, в отличие от WiFi-диапазона 2.4 ГГц, менее загружен и менее подвержен помехам. В центральном пункте радиосети планируется разместить точку доступа Ubiquiti Rocket M5 с присоединенной к ней всенаправленной антенной Ubiquiti AirMAX Omni 5G10. В удаленных пунктах будут размещены радиомосты Ubiquiti Nanobeam M5-16 (wifi.kz/catalog/bridges/ubiquiti-nanobeam-16/)

Установка сервера базы данных и системы резервного копи.

1 При моделировании сервера базы данных, совмещенного с интернет-сервером, в качестве макета используется сервер стоечного исполнения HUAWEI RH2285V2 (<http://pulser.kz/?card=153107>).

2 В состав сервера входят два CPU Intel Xeon E5-2400 4-core, 16GB RAM DDR3, два жестких диска объемом по 1ТВ, объединенные в зеркальный дисковый массив RAID 1. Сетевое оборудование представлено двумя интерфейсами Ethernet 10/100/1000 Мбит/с (NAS-сервер Synology RS816 4xHDD 1U NAS-сервер «All-in-1», <https://serverworks.kz>); Дисковая СХД Synology RS217 (Rack).(<https://www.apltech.kz>).

3 Сервер работает под управлением операционной системы Scientific Linux версии 7.8. Для работы с базами данных на сервере развернута свободная объектно-реляционная система управления базами данных PostgreSQL версии 11.9. На сервере запущен NTP демон версии 4, обеспечивающий синхронизацию с мировым временем с точностью не хуже 10 мс (1/100 с) при работе через Интернет, и до 0,2 мс (1/5000 с) внутри локальных сетей (NTP: The Network Time Protocol (<http://www.ntp.org/>; <https://ru.wikipedia.org/wiki/NTP>), NTP серверы точного времени (<https://www.ntp-servers.net/ntp.html>).

Пакет прикладных программ

Пакет прикладных программ для работы из локальной сети – это программы, которые, используя разработанные библиотеки, формируют запросы к базам данных, переносят затребованные записи в контент программы и обрабатывают их в соответствии с заданными критериями. Обработанные данные будут представлены в текстовом или графическом виде. Используя операционную систему Linux, языки программирования C, C++, Python, Java, Java script, были разработаны и отлажены программные интерфейсы и модули, позволяющие переносить записи базы данных в программный контент.

Заключение

Объединение всех экспериментальных установок в единую систему регистрации с общим банком данных дает возможность выполнения детального анализа событий, сложных расчетов пространственной и энергетической структуры ШАЛ при высокой степени точности и надежности извлекаемых результатов. Созданы сетевая инфраструктура и центральный сервер для организации единой базы всей системы с подключением отдельных экспериментальных установок к единой выделенной локальной сети. Обеспечена организация синхронизации по времени работы отдельных экспериментальных установок между собой. Разработано и отлажено программное сопровождение, обеспечивающее нормальное функционирование всей инфраструктуры и бесперебойного клиентского доступа к базе данных объединенной системы.

Данная работа выполнена при поддержке грантового финансирования КН МОН РК, № AP08855641.

Список использованной литературы:

- 1 Зацепин Г.Т., Кучай С.А., Розенталь И.Л. Проникающие частицы в широких атмосферных ливнях // ДАН СССР. – 1948.-Т.61.-С.47-49.
- 2 Зацепин Г.Т. Ядерно-каскадный процесс и его роль в развитии широких атмосферных ливней // ДАН СССР.-1949.-Т.67.-С.993-997.
- 3 Зацепин Г.Т. К вопросу о кривой поглощения «первичных» частиц космического излучения // ЖЭТФ.-1949.-Т.19.-С.1104-1107.
- 4 Зацепин Г.Т., Розенталь И.Л., Сарычева Л.И. и др. Ядерное взаимодействие частиц высокой энергии и широкие атмосферные ливни // Известия АН СССР.- сер..физ.-1953.-Т.17.-С.39-50.
- 5 Егоров Т.А., Ефимов Н.Н., Красильников Д.Д. К вопросу о конструкции больших сцинтилляционных счетчиков с одним ФЭУ // Известия АН СССР.- сер..физ.-1965.-Т.24.-С.1788-1790.
- 6 Gunningham G. The energy spectrum and arrival direction distributions of cosmic rays with energies above 10^{19} eV // Aph.J. -1980. –Vol.71. - P.236-239.

7 Suga K. Scintillation detector of 4 m² area and transistorized amplifier with logarithmic response // *Rev. Sc. Instruments*, -1961. –Vol. 32. -P.1187-1189.

8 Shinozaki K., Teshima M. for AGASA Colaboration. AGASA Results. // *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)*. – 2004.Vol.136. - P. 18-27.

9 Tomson G. New Results from the HiRes Experiment. // *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)*, 2004. – Vol.136. – P. 28-39.

10 Beisembaev R.U., Beisembaeva E.A., Dalkarov O.D., Mosunov V.D, et al. Spatial and Temporal Characteristics of EAS with Delayed Particles // 36th International Cosmic Ray Conference -ICRC2019- July 24th - August 1st, 2019. - Madison, WI, U.S.A. https://www.icrc2019.org/uploads/1/1/9/0/119067782/-cri15g_spatial_and_temporal_characteristics_of_eas_with_delayed_particles.pdf.

11 Argynova A.Kh., Iskakov B., Jukov V.V., Mukashev K.M. Muradov A.D, Piskal V.V., Saduyev N.O., Sadykov T.X., Salihov N.M., Serikkanov A.S, Tautaeв E.M., Umarov F.F. The perspective fundamental cosmic rays physics and astrophysics investigations in the Tien-Shan high-mountain scientific station. // *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan - Series of geology and technical sciences*. 2019. Vol.6, No. 438. P. 121-138. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.163>

12 Ubiquiti AirMAX — технология от Ubiquiti Networks. - URL: <https://wifi.kz/brands/ubiquiti/airmax/>.

Reference:

1 Zacepin G.T., Kuchaj S.A., Rozental' I.L. (1948) Pronikajushhie chasticy v shirokih atmosferynyh livnjah [Penetrating particles in extensive air showers]. *DAN SSSR*, T.61. 47-49.

2 Zacepin G.T. (1949) Jaderno-kaskadnyj process i ego rol' v razvittii shirokih atmosferynyh livnej [Nuclear cascade process and its role in the development of extensive air showers]. *DAN SSSR*, T.67, 993-997.

3 Zacepin G.T. (1949) K voprosu o krivoj pogloshhenija «pervichnyh» chastic kosmicheskogo izluchenija [To the question of the absorption curve of "primary" particles of cosmic radiation]. *ZhJeTF*. T.19. 1104-1107.

4 Zacepin G.T., Rozental' I.L., Sarycheva L.I. i dr. (1953) Jadernoe vzaimodejstvie chastic vysokoj jenerгии i shirokie atmosferynye livni [Nuclear Interaction of High Energy Particles and Extensive Air Showers]. *Izvestija AN SSSR. ser.fiz.*T.17. 39-50.

5 Egorov T.A., Efimov N.N., Krasil'nikov D.D. (1965) K voprosu o konstrukcii bol'shih scintilljacionnyh schetchikov s odnim FJeU [On the design of large scintillation counters with one photomultiplier]. *Izvestija AN SSSR. ser.fiz.* T.24., 1788-1790.

6 Gunningham G. The energy spectrum and arrival direction distributions of cosmic rays with energies above 10¹⁹ eV // *Aph.J.* -1980. –Vol.71. - P.236-239.

7 Suga K. (1961) Scintillation detector of 4 m² area and transistorized amplifier with logarithmic response. *Rev. Sc. Instruments*, Vol. 32. 1187-1189.

8 Shinozaki K., Teshima M. (2004) for AGASA Colaboration. AGASA Results. *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)* Vol.136. 18-27.

9 Tomson G. (2004) New Results from the HiRes Experiment. *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)*, Vol.136. 28-39.

10 Beisembaev R.U., Beisembaeva E.A., Dalkarov O.D., Mosunov V.D, (2019) et al. Spatial and Temporal Characteristics of EAS with Delayed Particles. 36th International Cosmic Ray Conference, ICRC2019 July 24th - August 1st, Madison, WI, U.S.A. https://www.icrc2019.org/uploads/1/1/9/0/119067782/-cri15g_spatial_and_temporal_characteristics_of_eas_with_delayed_particles.pdf.

11 Argynova A.Kh., Iskakov B., Jukov V.V., Mukashev K.M. Muradov A.D, Piskal V.V., Saduyev N.O., Sadykov T.X., Salihov N.M., Serikkanov A.S, Tautaeв E.M., Umarov F.F. (2019) The perspective fundamental cosmic rays physics and astrophysics investigations in the Tien-Shan high-mountain scientific station. // *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan - Series of geology and technical sciences*. Vol.6, No. 438. 121-138. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.163>

12 Ubiquiti AirMAX — tehnologija ot Ubiquiti Networks [12 Ubiquiti AirMAX - Technology from the Ubiquiti Network]. URL: <https://wifi.kz/brands/ubiquiti/airmax/>.

ИНФОРМАТИКА COMPUTER SCIENCE

МРНТИ 28.23.29
УДК 004.33(035)

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.08>

Б.Б. Ахметов¹, В.А. Лахно², Б.Е. Ягалиева^{1*}, Г.С. Жилкишбаева¹

¹Есенов университеті, Ақтау қ., Қазақстан

²Украина биоресурсстар және табиғатты пайдалану Ұлттық университеті, Киев қ., Украина

*e-mail: bagdat.yagaliyeva@yu.edu.kz

КӨПФАКТОРЛЫҒЫ ЕСКЕРІЛЕТІН КИБЕРҚАУІПСІЗДІККЕ ИНВЕСТИЦИЯЛАУ ПРОЦЕСІН БАСҚАРУҒА АРНАЛҒАН ШЕШІМДЕРДІ ҚАБЫЛДАУДЫ ҚОЛДАУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ МОДЕЛІН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа

Берілген процесстің көпфакторлы сипатын ескере отырып, ұлттық ауқымдағы ақпараттандыру объектілерінің киберқауіпсіздігіне инвестициялау мысалында инвестициялық процесті басқарудың моделі ұсынылған. Бұл модельдің бұрын жасалған модельдерден айырмашылығы, біріншіден, ол инвестициялық процесті күрделі құрылым ретінде қарастырады, ол үшін оны бір факторлы категория ретінде модельдеу жеткіліксіз. Екіншіден, біздің модель бірнеше терминалды беттері бар қоссызқты көп қадамды сапалы ойынның шешіміне негізделген. Шешім көп өлшемді кеңістіктегі объектілердің өзара әрекеттесуін сипаттайтын қоссызқты көп қадамды ойындардың жаңа класы схемасы шеңберінде алынады. Инвестициялық процесті осындай жағдайда қарастыру ақпараттық технологияларға инвестициялау барысында ойыншылардың ұтымды стратегияларын іздеу процесін жеткілікті сипаттауға мүмкіндік береді. Зерттеу модельдің бағдарламалық кодын MatLab имитациялық модельдеу ортасында жүзеге асыруға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: оңтайлы инвестициялық стратегиялар, шешімді қолдау, көп қадамды ойын, бағдарламалық өнім.

Аннотация

Б.Б. Ахметов¹, В.А. Лахно², Б.Е. Ягалиева¹, Г.С. Жилкишбаева¹

¹Университет Есенова, г.Ақтау, Казахстан

²Национального университета биоресурсов и природопользования, г.Киев, Украина

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДЛЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССОМ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ С УЧЕТОМ МНОГОФАКТОРНОСТИ

Предложена модель управления инвестиционным процессом, на примере инвестирования в кибербезопасность объектов информатизации национального масштаба с учетом многофакторности данного процесса. Отличие данной модели от ранее разработанных заключается в том, что, во-первых, она рассматривает инвестиционный процесс как сложную структуру, для которой недостаточно ее моделирования как однофакторной категории. Во-вторых, наша модель основана на решении билинейной многошаговой игры качества с несколькими терминальными поверхностями. Решение получено в рамках схемы нового класса билинейных многошаговых игр, описывающих взаимодействие объектов в многомерном пространстве. Рассмотрение инвестиционного процесса в такой постановке дает возможность адекватно описать процесс поиска рациональных стратегий игроков в ходе инвестирования в информационные технологии. Проведенное исследование позволило реализовать программный код модели в среде имитационного моделирования MatLab.

Ключевые слова: оптимальные стратегии инвестирования, поддержка решений, многошаговая игра, программный продукт.

Abstract

DEVELOPMENT OF A MODEL FOR DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR MANAGING THE PROCESS OF INVESTING IN CYBERSECURITY TAKING INTO ACCOUNT MULTIFACTORIALITY

Akhmetov B.B.¹, Lakhno V.A.², Yagaliyeva B.E.¹, Zhilkishbayeva G.S.¹

¹Yessenov University, Aktau, Kazakhstan

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

A model for managing the investment process is proposed, based on the example of investing in cybersecurity of national scale informatization objects, taking into account the multifactorial nature of this process. The difference between this model and those previously developed is that, firstly, it considers the investment process as a complex

structure, for which it is not enough to model it as a one-factor category. Second, our model is based on the solution of a bilinear multi-step quality game with several terminal surfaces. The solution is obtained within the framework of the scheme of a new class of bilinear multistage games describing the interaction of objects in a multidimensional space. Consideration of the investment process in such a setting makes it possible to adequately describe the process of searching for rational strategies of players in the course of investing in information technologies. The study made it possible to implement the program code of the model in the MatLab simulation environment.

Keywords: optimal investment strategies, decision support, multi-step game, software product.

Кіріспе

Қазіргі кезде ақпараттық технологиялар (АТ) кез-келген елдің экономикасын әлемдегі жетекші орынға шығару тұрғысынан алдыңғы қатарға шығады деген тұжырым дәлелдеуді қажет етпейді. Бұл фактіні түсіну АТ әр түрлі салаларына, мысалы, бұлтты есептеу, киберқауіпсіздік (КрҚ), Data Mining, Big Data-ға үнемі өсіп келе жатқан инвестициялар проблемасын тудырады. Бұл жағдайды елемей [1, 2] басқа елдерден едәуір экономикалық артта қалуға әкелуі мүмкін. Сонымен бірге АТ (атап айтқанда, КрҚ) дамыту жолында инвестициялық процесті басқару стратегиясының болмауынан тәуекелдер туындауы мүмкін екенін ескеру қажет. Бұл ұлттық ауқымдағы ақпараттандыру объектілерінің (бұдан әрі – ҰААО) КрҚ инвестициялар саласына арналған модельдер мен олардың негізінде бағдарламалық өнімдерді [3, 4] әзірлеуді өзекті етеді.

Инвестициялық стратегияларды анықтау мәселелерін шешу кезінде қиындықтар өңделген модельдер мен тәсілдердің күрделілігіне, сондай-ақ тәуекелдерді бағалау кезінде нақты мәндерді анықтауға арналған құралдардың болмауына байланысты туындайды.

Модельдердің күрделілігі алгоритмдердің дамуы мен шешімдерді қабылдауды қолдау жүйелері (ШҚҚЖ) [4, 5] сияқты бағдарламалық өнімдерге енгізілуін едәуір қиындататынын көреміз.

Инвестициялық мәселелерде [4, 6] ШҚҚЖ жасау кезінде қолданылатын бағдарламалық өнімдер ҰААО үшін КрҚ қамтамасыз ететін ұтымды ұсыныстар мен инвестициялық стратегияларды анықтауға мүмкіндік бермейтінін ескеріңіз.

Біздің ойымызша, ШҚҚЖ бірнеше терминалды беткейлері бар көп сатылы ойындар теориясын қолдануға негізделген модельдерді қолдану арқылы бұл кемшілікті жоюға көмектесуге болады [7].

Ақпараттық технологияларға инвестициялау мәселелерінде ШҚҚЖ үшін, атап айтқанда ойын теориясы негізінде модельдерді одан әрі дамыту проблемасы өзекті болып қала береді.

Осы саладағы [7-15] зерттеулерге талдау көрсеткендей, осы жұмыстарда келтірілген модельдер мен алгоритмдердің көпшілігінде ҰААО КрҚ қатысты жобалардағы инвесторларға нақты ұсыныстар жоқ. Бұл әсіресе осындай жобаларға өзара қаржылық инвестициялаудың ұтымды стратегияларын іздеу аспектілеріне қатысты. Бұл жағдай қолданыстағы ШҚҚЖ ескерілмейді.

Бұл жағдай ақылға қонымды инвестициялық стратегияларды іздеу кезінде шешімдерді қолдау процедураларын қолдай алатын жаңа модельдер мен бағдарламалық өнімдерді әзірлеу бойынша зерттеулерді дәлелдеуге мүмкіндік береді. Атап айтқанда, бұл проблема ҰААО КрҚ саласында, мысалы, нақты инвесторлық стратегияның орындылығы үшін болжамдық бағалауды алу аясында шешілмеген күйінде қалып отыр.

Зерттеу мақсаты

Мақаланың мақсаты – бұл процесстің көпфакторлық сипатын ескере отырып, ҰААО КрҚ инвестициялаудың ұтымды стратегияларын таңдау бойынша шешімдерді қолдау жүйелерінің моделін әзірлеу.

Негізгі мақала материалы

Кез-келген саланы қаржыландыру (инвестициялау) проблемасы оны ақылға қонымды түрде жүзеге асыруды талап етеді, өйткені кез-келген қаржы ресурстарының (ҚР) қалаған нәтижесіз жұмсалуды мүмкін. Міне, ақылға қонымды қаржыландыру мәселесін шешуге көмектесу үшін осы мәселеге шешім табудың дәлелденген әдістеріне жүгінуіңіз керек. Бұл әдістерге ойын теориясы, басқарудың оңтайлы әдістері, оңтайландыру әдістері және басқалары жатады. Тиімді тәсілдердің бірі – ойын теориясының әдістерін, атап айтқанда, көп сатылы ойындар әдістерін қолдану, оның шеңберінде АТ қаржыландыру және инвесторлардың қаржылық ресурстарын (*FinR*) тарту проблемасы жақсы шешіледі. Көп сатылы сапалы ойындар аппаратын қолдану барлық факторларды ескере отырып қаржыландыруға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, ҰААО тиімді КрҚ құруға деген көзқарастардың көптігін ескеру. Бұл ойын модельдеріне негізделген шешімдерді қолдау жүйесін

дамытуға мүмкіндік береді, мысалы, осындай технологияларды дамытуға қаражат салу туралы ұтымды шешім қабылдауға мүмкіндік беретін бағдарламалық өнімдер (БӨ).

Осы жұмыста ұсынылған модель ақпараттық технологиялардағы инвесторларды олардың көпфакторлы сипатына байланысты қаржыландыру процесін талдауға негізделген.

Модель біздің жұмысымыздың жалғасы болып табылады [7, 15] және бірнеше терминалды беттері бар қоссыздықты көп қадамды сапалы ойын шешуге негізделген. Есеп бірнеше терминалды беттері бар көп қадамды сапалы ойын үшін стандартты жағдайда қарастырылады.

Көпөлшемді кеңістікте екі ойыншы (инвестор) басқаратын динамикалық жүйе бар. Жүйе тәуелді қозғалысы бар көп сатылы тең сызбалы тендеулер жүйесімен анықталады. S_0, F_0 терминал беттері көрсетілген және ойыншылардың (U) және (V) стратегияларының жиынтығы анықталған. Бірінші ойыншының (бұдан әрі $Inv1$) мақсаты – екінші ойыншы (бұдан әрі $Inv2$) қалай әрекет етсе де, динамикалық жүйені өзінің басқару стратегиясының көмегімен S_0 терминал бетіне шығару. $Inv2$ мақсаты симметриялы. Тұжырымдалған есеп бірінші одақтас-ойыншы тұрғысынан және екінші одақтас-ойыншы тұрғысынан екі есеп туғызады [15].

Жұмыста есепті бірінші одақтас ойыншының тұрғысынан қарастырады. Екінші одақтас-ойыншының көзқарасы бойынша есеп қарастырылмайды, өйткені оның шешімі симметрияға байланысты. Шешім W_1 және W_2 ойыншыларының, яғни объектілердің жүйені сол немесе басқа бетке шығаруға мүмкіндік беретін бастапқы күйлерінің жиынтықтары мен олардың стратегияларының жиынтықтарын табудан тұрады.

1-есепте арналған $Inv1$ одақтас-ойыншыюқға, $Inv2$ арналған қарсылас-ойыншыға қолданылады. Керісінше, 2-есепте $Inv2$ арналған одақтас-ойыншыға, ал $Inv1$ арналған қарсылас-ойыншыға қолданылады. Екі ойыншы да өздерінің қаржылық ресурстарын киберқауіпсіздікке салуға тырысуда.

Берілген уақыт аралығында $[0, T]$ (T - оң натурал сан) $Inv1$ -де $h(0)=(h_1(0), \dots, h_n(0))$ қаржылық ресурстар жиынтығы болады деп есептейміз ($h_i(0)$ – КрҚ i -жүйесін дамытуға арналған КР). Сәйкесінше, $Inv2$ -де $f(0)=(f_1(0), \dots, f_n(0))$ ($f_i(0)$ – КрҚ i -жүйесін дамытуға арналған КР). Бұл жиынтықтар $t=0$ сәтте әр ақпараттық технология ойыншыларының $FinR$ мәнін болжайды).

Ойыншылар үшін $FinR$ -дегі өзгерістер динамикасын келесідей сипаттайық:

$$h(t+1) = B_1 \times h(t) + [(A_1 + R_1) - E] \times U(t) \times h(t) - [(A_2 + R_2) - E] \times V(t) \times B_2 \times f(t); \quad (1)$$

$$f(t+1) = B_2 \times f(t) + [(A_2 + R_2) - E] \times V(t) \times B_2 \times f(t) - [(A_1 + R_1) - E] \times U(t) \times B_1 \times h(t); \quad (2)$$

мұнда

$h(t) \in R^n, f(t) \in R^n, U(t), V(t) - u_i(t), v_i(t) \in [0, 1]$ оң элементтерімен n ретті квадрат матрицалар, сәйкесінше $U(t), V(t)$ диагональды матрицалар;

B_1, B_2 – сәйкесінше g_1^{ij}, g_2^{ij} , оң элементтері бар n ретті квадрат матрицалар болып табылатын, КрҚ ҰААО-де сәтті жүзеге асырылған жағдайда $КР Inv1$ және $Inv2$ матрицаларының түрлендірулері;

A_1, R_2 – $Inv2$ қаржылық инвестицияларға пайыздық төлемді және КрҚ ҰААО-де $Inv1$ инвестицияларға қатысты $Inv2$ инвестиция кірісінің үлесін сипаттайтын оң элементтері бар диагональды матрицалар;

A_2, R_2 – $Inv1$ қаржылық инвестицияларға пайыздық төлемді және КрҚ ҰААО-де $Inv2$ инвестицияларға қатысты $Inv1$ салынған инвестициялар кірісінің үлесін сипаттайтын оң элементтері бар диагональды матрицалар;

E – бірлік матрица.

Өзара әрекеттесу келесі шарттар орындалған кезде аяқталады:

$$(h(t), f(t)) \in S_0, \quad (3)$$

$$(h(t), f(t)) \in F_0, \quad (4)$$

онда

$$S_0 = \bigcup_{i=1}^n \{(h; f): (h; f) \in R^{2n}, h \geq 0, f_i < 0\},$$

$$F_0 = \bigcup_{i=1}^n \{(h; f): (h; f) \in R^{2n}, f \geq 0, h_i < 0\}.$$

Егер (3) шарт орындалса, КрҚ ҰААО инвестициялық процедурасы аяқталған деп санаймыз. Яғни, *Inv1*-де ақпараттық технологиялардың ең болмағанда біреуіне инвестициялық процедураны жалғастыру үшін қаржылық ресурстар жеткіліксіз болды.

Егер (4) шарт орындалса, сондай-ақ КрҚ ҰААО инвестициялық процедурасы аяқталған деп санаймыз. Яғни, *Inv1*-де ақпараттық технологиялардың ең болмағанда біреуіне инвестициялық процедураны жалғастыру үшін қаржылық ресурстар жеткіліксіз болды.

Егер (3) және (4) екі шарт орындалмаса, біз инвестициялау процедурасы жалғасуда деп ойлаймыз.

$(h(T), f(t))$ мәндері жоспарланған аралықтағы $[0, T]$ инвестициялық процедураның нәтижесін көрсетеді.

Жоғарыда аталған процесс толық ақпаратпен позициялық көп сатылы ойын шеңберінде қарастырылады [12].

Жоғарыда айтылғандай, симметрияға байланысты *Inv1* позициясынан есептерді қарастырумен шектелеміз. Екінші мәселе де осылай шешіледі. Жұмыстарда [12, 15] бірінші ойыншының таңдаулы жиынтықтары және таза стратегия анықтау ұсынылды.

1-есепті шешу *Inv1* «артықшылықтарының» жиынтықтарын және оның оңтайлы стратегияларын табудан тұрады. Есеп *Inv2* тұрғысынан дәл осылай қойылған.

Ойынның шешімі табылған шарттарды, яғни *W1* «артықшылықтарының» жиынтықтарын және *Inv1* оңтайлы стратегияларын берейік. Бұл шарттар матрицалық теңсіздіктермен анықталады.

- 1) $(A_1 + R_1) - E > 0, (A_2 + R_2) - E > 0;$
- 2) $(A_1 + R_1) - E > 0, (A_2 + R_2) - E \leq 0;$
- 3) $(A_1 + R_1) - E \leq 0, (A_2 + R_2) - E > 0;$
- 4) $(A_1 + R_1) - E \leq 0, (A_2 + R_2) - E \leq 0.$

Матрица элементтерінің қатынастарының барлық басқа нұсқалары.

Белгілерді енгізейік.

$$\begin{aligned} Q_1 &= (A_1 + R_1) \times B_1, & D_1 &= [(A_2 + R_2) - E] \times B_1; \\ F_1 &= (A_2 + R_2) \times B_2, & S_1 &= [(A_1 + R_1) - E] \times B_1; \\ Q_{k+1} &= Q_k \times \{Q_k + D_k \times S_k\} \times B_1, & D_{k+1} &= D_k \times \{F_k + Q_k \times D_k\} \times B_2; \\ F_{k+1} &= F_k^2 + S_k \times D_k, & S_{k+1} &= S_k \times Q_k + F_k \times S_k. \end{aligned}$$

Осы белгілер шеңберінде 1) жағдай үшін W_1 артықшылықтар жиынтығы келесідей анықталады.

$$W_1 = \bigcup_{T=1}^{\infty} W_1^T; \tag{5}$$

$$W_1^T = \bigcup_{i=1}^T \left\{ \begin{aligned} &((h(0), f(0)): (h(0), f(0)) \in R_+^{2n}), Q_1 \times h(0) \geq \\ &\geq D_1 \times f(0), \dots, Q_T \times h(0) \geq D_T \times f(0), \\ &\{F_T \times f(0) < S_T h(0)\}_i \end{aligned} \right\} / W_1^{T-1}. \tag{6}$$

Бірінші ойыншының оңтайлы стратегиясы $U^*(j)=E$ үшін $j=1, \dots, T$ болады.

2) - 5) жағдайлары үшін бірінші ойыншының таңдаулы жиынтығы және оның оңтайлы стратегиялары ұқсас болып табылады. Дәл сол сияқты, мәселенің шешімі екінші одақтас-ойыншыдан табылады.

MatLab ортасында есептеу тәжірибелері жасалды.

Жұмыс ИРН АР08855887 «Кибернетикалық қауіпсіздік жүйелеріне инвестициялау процесінде интеллектуалды шешімдерді қабылдауды қолдау жүйесін әзірлеу» гранты шеңберінде есептеулер үшін алынған бастапқы мәліметтер негізінде жүзеге асырылды. (ҚР БҒЖМ Ғылым комитетінің гранттық қаржыландыруы).

1-суретте КрҚ ҰААО инвесторлардың артықшылықтарын модельдеу нәтижелерінің мысалы келтірілген. 1-суретте бірінші ойыншының артықшылық саласы көрсетілген, яғни егер инвестициялық процесс олардан басталса, онда инвестициялық процесс келесідей аяқталатын

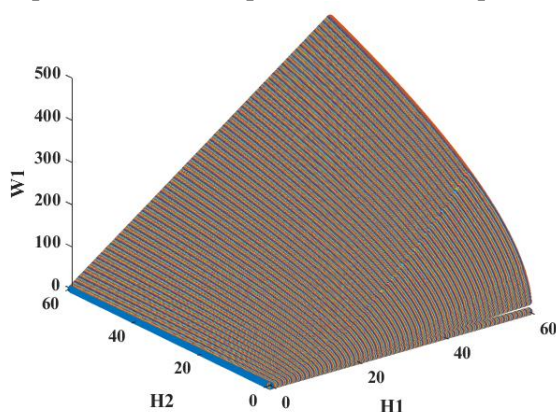
қасиетке ие бастапқы қаржы ресурстарының жиынтығы: бірінші ойыншы әлі де болады инвестициялау үшін қаржылық ресурстар, ал екіншісінде қалмайды. 1-суретте x (суреттерде $H1$ ретінде көрсетілген), y ($H2$ ретінде көрсетілген) мәндері бірінші инвестордың қаржылық ресурстары болып табылады. z айнымалысы (W_1 деп белгіленеді) екінші инвестордың қаржылық ресурстары болып табылады.

1-суретте бірінші жағдайда бірінші инвестор үшін W_1 артықшылығы жиыны көрсетілген. Алынған нәтиже, есептің осы қойылымында [15] келтірілген нәтижеге жақын. Бұл осы мақалада қарастырылған есепті қою кезінде шешімнің дұрыстығын растайды.

1-жағдай.

Келесі болжамдар орындалсын:

- бірінші инвестор екі өлшемді қаржылық ресурстармен ұсынылған;
- екінші инвестор бір өлшемді қаржылық ресурстармен сипатталады;
- бірінші инвестор өзінің стратегиясының барлық компоненттерін оңтайлы түрде таңдайды.



Сурет 1. 1-жағдайдағы бірінші инвестордың артықшылықтар жиынтығы.

1-суретте бірінші инвестордың артықшылық аймағы оң ортантта ($H1$, $H2$, F) кішірейтілген беттің астында орналасқан.

Есептің тұжырымына сәйкес, бірінші инвестор үшін кеңістіктің R_2^+ ортантқа іргелес бөлігі жақсырақ. Бұл жағдай 1-суретте айқын көрсетілген.

Жасалған модель есепті анықтайтын параметрлердің байланысына байланысты есептің шешімін сындарлы түрде табуға мүмкіндік беретін осындай модельдер класына жатады. Болашақта бұл КрҚ ҰААО инвестициялар саласындағы ШҚҚЖ бағдарламалық түрде енгізуге мүмкіндік береді.

Зерттеу процесінде алынған нәтижелердің ғылыми-тәжірибелік жаңалығы мынада: алғаш рет жаңа классты қоссызқты дифференциалды ойындарды қолдануға негізделген модель жасалды.

Бұл инвесторларға процесті жеткілікті түрде сипаттауға және КрҚ ҰААО немесе ірі жобаларды тәжірибелік қаржыландырудың басқа салаларында инвесторлар үшін оңтайлы стратегияларды табуға мүмкіндік береді.

Қорытынды

Бұл мәселенің көпфакторлық сипатын ескере отырып, инвесторлардың ұтымды стратегияларын таңдауға арналған математикалық модель жасалды. Мысал ретінде зерттеу нысаны ретінде ұлттық ауқымдағы ақпараттандыру объектілерінің киберқауіпсіздігін қаржыландыру міндеті таңдалды. Модель ШҚҚЖ бағдарламалық-алгоритмдік блогында тәжірибелік қолдануға бағытталған. Ұсынылған ШҚҚЖ инвесторлардың рационалды стратегияларды іздеу барысында пайдалы болады. ШҚҚЖ математикалық ядросында қолданылатын модель бірнеше терминалды беткейлері бар қос сызқты көп кадамды ойындар құралдарына негізделген. Мақалада, қолданыстағы ойындардан айырмашылығы, қос сызқты көп кадамды ойындар алғаш рет жаңа класста қарастырылады.

Осы ойындар класы үшін алынған шешім көп факторлы кеңістікті ескере отырып, көп өлшемді кеңістіктегі КрҚ ҰААО саласындағы жобаларға инвестициялау процесінде инвесторлардың артықшылықтарының жиынтығын барабар түрде графикалық түрде көрсетуге мүмкіндік берді.

Көрсетілгендей, бұл тәсіл компьютерлік модельдеуді және ШҚҚЖ-ді қолдана отырып, инвесторға ұтымды қаржылық стратегияларды талдауға және таңдауға кең мүмкіндіктер береді.

Компьютерлік модельдеу MatLab жүйесінде КрҚ ҰААО инвесторлар стратегиялары және жасалған модель негізінде артықшылығы болады. Компьютерлік модель инвесторлар үшін стратегияны болжамды бағалау нәтижелері мен олардың әрекеттерінің нұсқалары арасындағы сәйкессіздіктерді азайтуға мүмкіндік берді. Алынған шешім болжамдық деректермен сәйкессіздік пен КрҚ ҰААО салынған инвестициялардың нақты кірістілігін азайтуға мүмкіндік беретіні көрсетіледі.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 Zuboff S. (2015). *Big other: surveillance capitalism and the prospects of an information civilization* // *Journal of Information Technology*, №30(1). - C.75-89.

2 McArthur, D. (2002). *Investing in digital resources. New Directions for Higher Education*, 119, 77-86. <https://doi.org/10.1002/he.74>

3 Madon, S., & Krishna, S. (2018). *The Digital Challenge: Information Technology in the Development Context: Information Technology in the Development Context*. Routledge, 370 p.

4 Woodard, C. J., Ramasubbu, N., Tschang, F. T., & Sambamurthy, V. (2013). *Design capital and design moves: The logic of digital business strategy. Mis Quarterly*, 537-564. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37.2.10>

5 Bai, C., & Sarkis, J. (2016). *Supplier development investment strategies: a game theoretic evaluation. Annals of Operations Research*, 240(2), 583-615. doi: 10.1007/s10479-014-1737-9

6 Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., Zorzi, M. (2014). *Internet of things for smart cities. IEEE Internet of Things journal*, 1(1), 22–32. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328>

7 Akhmetov, B.S., Akhmetov, B.B. et al. (2019). *Adaptive model of mutual financial investment procedure control in cybersecurity systems of situational transport centers. // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. №3(435). - C.159-172. https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.82*

8 Mithas, S., Tafti, A., Mitchell, W. (2013). *How a Firm's Competitive Environment and Digital Strategic Posture Influence Digital Business Strategy. Mis Quarterly*, 37(2), 511-536. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37.2.09>

9 Tiwana, A., Ramesh, B. (2001, January). *E-services: Problems, opportunities, and digital platforms. In System Sciences, 2001. Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on (pp. 8-pp). IEEE. doi: https://doi.org/10.1109/HICSS.2001.926311*

10 Mazzarol, T. (2015). *SMEs engagement with e-commerce, e-business and e-marketing. Small enterprise research*, 22(1), 79–90. <https://doi.org/10.1080/13215906.2015.1018400>

11 Sedera, D., Lokuge, S., Grover, V., Sarker, S., Sarker, S. (2016). *Innovating with enterprise systems and digital platforms: A contingent resource-based theory view. Information & Management*, 53(3), 366-379. <https://doi.org/10.1016/j.im.2016.01.001>

12 Mohammadzadeh, A. K., Ghafoori, S., Mohammadian, A., Mohammadkazemi, R., Mahbanooui, B., Ghasemi, R. (2018). *A Fuzzy Analytic Network Process (FANP) approach for prioritizing internet of things challenges in Iran. Technology in Societ. №53, 124-134. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.01.007*

13 Selçuk, A. L. P., Özkan, T. K. (2015). *Job choice with multi-criteria decision making approach in a fuzzy environment. International Review of Management and Marketing*, 5(3), 165-172.

14 Kache, F., Seuring, S. (2017). *Challenges and opportunities of digital information at the intersection of Big Data Analytics and supply chain management // International Journal of Operations & Production Management*, 37(1), 10-36. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2015-0078>

15 Akhmetov, B. B., Lakhno, V. A., Akhmetov, B. S., Malyukov, V. P. *The Choice of Protection Strategies During the Bilinear Quality Game On Cyber Security Financing // Bulletin of National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. - 2018, №3 (373). - C. 6-14.*

BIG DATA PROCESSING IN THE DIGITALIZATION OF ENTERPRISE ACTIVITIES

Balakayeva G.T.¹, Darkenbayev D.K.¹, Turdaliyev M.¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

**e-mail: dauren.kadyrovich@gmail.com*

Abstract

The growth rate of these enterprises has increased significantly in the last decade. Research has shown that over the past two decades, the amount of data has increased approximately tenfold every two years - this exceeded Moore's Law, which doubles the power of processors. About thirty thousand gigabytes of data are accumulated every second, and their processing requires an increase in the efficiency of data processing. Uploading videos, photos and letters from users on social networks leads to the accumulation of a large amount of data, including unstructured ones. This leads to the need for enterprises to work with big data of different formats, which must be prepared in a certain way for further work in order to obtain the results of modeling and calculations. In connection with the above, the research carried out in the article on processing and storing large data of an enterprise, developing a model and algorithms, as well as using new technologies is relevant. Undoubtedly, every year the information flows of enterprises will increase and in this regard, it is important to solve the issues of storing and processing large amounts of data. The relevance of the article is due to the growing digitalization, the increasing transition to professional activities online in many areas of modern society. The article provides a detailed analysis and research of these new technologies.

Keywords: MongoDB, data, technology, processing, analysis.

Аннотация

Г.Т. Балакаева¹, Д.К. Даркенбаев¹, М. Турдалиев¹

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

ОБРАБОТКА БОЛЬШИХ ДАННЫХ ПРИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Темпы роста данных предприятий значительно возросли в последнее десятилетие. Исследования показали, что за последние два десятилетия объем данных увеличивается примерно в десять раз каждые два года – это превысило закон Мура, который удваивает мощность процессоров. Каждую секунду накапливается около тридцати тысяч гигабайт данных, и их обработка требует увеличения эффективности обработки данных. Загрузка видео, фотографий и писем пользователей в социальных сетях приводит к накоплению большого объема данных, в том числе неструктурированных. Это приводит к необходимости работать предприятиям с большими данными разных форматов, которые должны быть определенным образом подготовлены к дальнейшей работе в целях получения результатов моделирования и вычислений. В связи с вышеизложенным проведенные в статье исследования обработки и хранения больших данных предприятия, разработка модели и алгоритмов, а также использование новых технологий является актуальным. Несомненно, с каждым годом информационные потоки предприятий будут нарастать и в связи с этим важно решать вопросы хранения и обработки больших объемов данных. Актуальность статьи обусловлена растущей цифровизацией, возрастающим переходом на профессиональную деятельность в режиме онлайн во многих сферах жизни современного общества. В статье проводится подробный анализ и исследование этих новых технологий.

Ключевые слова: MongoDB, большие данные, технологии, обработка, хранение, анализ.

Аңдатпа

Г.Т. Балақаева¹, Д.Қ. Даркенбаев¹, М. Тұрдалиев¹

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

КӘСІПОРЫНДАРДЫҢ ҚЫЗМЕТТЕРІН ЦИФРЛАНДЫРУДА ҮЛКЕН КӨЛЕМДІ ДЕРЕКТЕРДІ ӨНДЕУ

Соңғы онжылдықта кәсіпорындардың деректерінің өсу қарқыны айтарлықтай біліне бастады. Зерттеулер көрсеткендей, соңғы екі онжылдықта мәліметтер саны әр екі жыл сайын он есеге көбейіп, процессорлардың қуатын екі есе арттыратын Мур заңынан да асып түсті. Әр секунд сайын шамамен отыз мың гигабайт деректер жинақталады және оларды өңдеу тиімділігін арттыруды қажеттілігі туындады. Әлеуметтік желілерде қолданушылардан бейнелерді, фотосуреттер мен хаттарды жүктеу көптеген деректердің, соның ішінде құрылымданбаған деректердің жиналуына әкеледі. Бұл кәсіпорындардың әр түрлі форматтағы үлкен деректермен жұмыс жасау қажеттілігіне әкеледі, оларды модельдеу мен есептеу нәтижелерін алу үшін одан әрі

жұмыс істеу үшін белгілі бір жолмен дайындау керек. Жоғарыда айтылғандарға байланысты мақалада ірі кәсіпорын деректерін өңдеу және сақтау, модель мен алгоритмдер құру, сондай-ақ жаңа технологияларды қолдану бойынша жүргізілген зерттеулердің өзектілігі зерттелген. Жыл сайын кәсіпорындардың ақпараттық ағындары арта түсетіні сөзсіз, осыған байланысты үлкен көлемдегі деректерді сақтау және өңдеу мәселелерін шешу маңызды. Мақаланың өзектілігі цифрландырудың өсуіне, қазіргі қоғамның көптеген салалары кәсіби қызметтердің онлайн режимге ауысуына байланысты болып отыр. Мақалада осы жаңа технологияларға кеңінен зерттеулер жүргізілген.

Түйін сөздер: MongoDB, деректер, технологиялар, өңдеу, талдау.

1. INTRODUCTION

Big data is defined as aggregated datasets that include structured and unstructured data that are important in size and vary in structure. Usually, big data refers to the process of constant accumulation of various unstructured data [1]. The rapidly growing volume of data presents us with new and challenging storage and processing challenges. Large amounts of data pose complex challenges for traditional systems. According to IDC, the digital universe in 2020 will be 40 zeta bytes, and since 2010 the amount of data has increased 50 times [2].

Large-scale data processing challenges the development of business processes and the transformation of information flows into intelligent digital resources. The concept of big data does not require very strict definitions. This concept describes an exponentially growing set of data that is large, raw, and unstructured for analysis using relational database techniques. It is important to understand not the size of the increase, such as terabytes or pet bytes, but how to handle it. Big data was introduced on September 3, 2008 by Clifford Lynch, editor of the journal Nature. In his article "The Impact of Large-Scale Data Processing Technologies on the Future of Science", he showed that data is growing rapidly, and their processing is one of the most pressing problems in the future [3].

The informational value of big data is clear. The tasks that are solved when analyzing the information flow of big data are as follows:

- Traffic forecasting based on traffic analysis from call centers, technical support services and the site;
- Creation of forecast models;
- Fraud detection in real time;
- Risk analysis;
- Operational analytical processing, etc. [4].

The move from analog to digital has led to an increase in the volume of business data on a daily basis. There were 1 trillion gigabytes of data recorded in 2010, according to IDC. This data is driving the use of billions of phones, tens of billions of social media posts, an increase in the number of sensors connected to the Internet in cars, the growth of POS terminals, and more. can be directly related to the increase in the number of devices [5]. In many cases, data analysis is perceived as large-scale data processing. In fact, if you are faced with different unstructured data, you don't need to pay much attention to their size. Today, there is no one-size-fits-all method or algorithm for large-scale data processing that is suitable for every situation. Every time we get the necessary knowledge from raw data, it becomes necessary to create a specific method and algorithms for each task. Experts from all over the world are studying the development of large-scale data processing methods and how this will affect the prospects of enterprises. Long-term storage of data in a warehouse can not only cause various difficulties, but can also be beneficial if properly stored and processed. By 2020, data is projected to reach 5,200 GB per capita, including seniors and babies, of which only 15% will be written to the cloud.

The volume of data is expected to double each year. When IDC analyzes data for 2020, 33% believe it is valuable data. A person studying big data should pay special attention to 3 questions for data processing. These are issues of collecting, processing and storing data. Thus, we can say that Big Data is a complex system. Each system has its own function and can be easily integrated with other systems.

NoSQL is a generic description that differs significantly from traditional models of accessing information through the SQL language, aimed at implementing database management mechanisms. NoSQL has flexible state that can change over time and is available for every request. NoSQL database can be used for all information models - text, graphics, documents using a key value pair. There are different databases for the term NoSQL, but they all have the same characteristics. Depending on the nature of working with data, you can choose databases and work with them at your discretion.

A document database associates each key with a complex data structure called a document. A document key is a collection of value pairs. MongoDB is a sample document storage database. A MongoDB document group is called a collection. This is the equivalent of a DBMS schedule.

Graphical storages are used to store information about data transmission networks such as social networks. Graphic stores include Neo4J and Giraph.

Database key-value store stores each individual item in the database as a key along with its value. Examples of key-value storage include Riak and Berkeley DB. Some key and value repositories, such as Redis, allow each value to be in integer form, which adds functionality.

2. EXISTING PRODUCTS FOR STORING AND PROCESSING LARGE AMOUNTS OF DATA

Oracle Big Data Appliance is used to solve problems of processing, collecting and structuring data. It is a tool that Oracle NoSQL Database can integrate with the pre-installed Hadoop cluster and other data stores. Oracle Big Data Appliance is based on the processing and storage of unstructured or slightly unstructured data. This indicates that these tasks perform well in the Hadoop database [6].



Figure 1. Example of data storage in Oracle Big Data Appliance [7]

Gartner, an IT research and analysis company, has written three key characteristics of large data in its articles and labeled them as "three V's" [8, 9]:

- volume (translated from English "volume") - the physical volume of stored data;
- speed (translated from English "velocity") - the rate of change of data and subsequent analysis of these changes;
- Versatility (translated from English "variety") - a variety of processed data, structured and unstructured data.

The work of the model with large data is becoming more and more popular. It was implemented by the Apache Software Foundation in the Apache Hadoop project. Apache Hadoop consists of 2 components: the Hadoop Distributed File System (HDFS) distributed cluster system and the Map Reduce software interface.

Hadoop is a software platform for creating distributed applications for mass processing of parallel (MPP) data. The Hadoop platform can be divided into two main components:

Hadoop Distribution File System (HDFS) - a distributed file system that provides high-speed access to application data;

MapReduce is a software platform for distributing and processing large amounts of data in a computing cluster [10].

A special type of NoSQL database was created to solve the problem of large-scale data processing. A comparison of the relational database and NoSQL properties is given in Table 1.

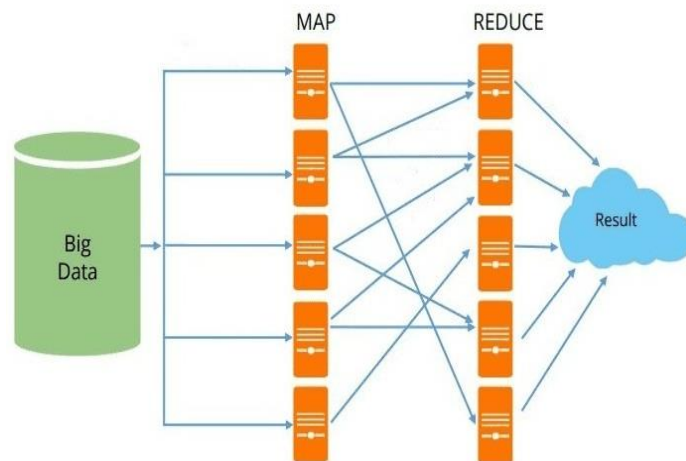


Figure 2. Map-Reduce technology map [10]

The comparison of relational database and NoSQL properties is tabulated:

Table 1. Comparison of database properties

<i>Relational data fund</i>	<i>NoSQL data fund</i>
<i>Complex data relationships</i>	<i>Very simple relationship</i>
<i>Centralization of drawings</i>	<i>Optional scheme: Unstructured data</i>
<i>Scalability</i>	<i>Allocated edits</i>
<i>Static memory</i>	<i>Memory is scaled with computing resources</i>
<i>Universal functions and properties</i>	<i>The system is aimed at applications and developers</i>

NoSQL technology (for example, Cassandra) is not designed to replace a relational database, but rather to help solve problems when the amount of data is too large. NoSQL often uses clusters of inexpensive standard servers. This solution allows you to reduce the cost of one gigabyte per second several times [11].

3. ANALYTICAL TECHNOLOGIES FOR LARGE-SCALE DATA PROCESSING

Today, many organizations have a large amount of data. Depending on the task at hand, different methods and techniques must be used to process this data. There is a wide range of data storage equipment, some of which use special storage technologies for the convenience of their further processing and analysis: multiprocessor systems [12].

Multiprocessing (Multiprocessing, Multiprocessing, Eng. Multiprocessing) - the use of a pair or more physical processors in one computer system. It also means the system's ability to support multiple processors or distribute tasks between them. There are many variations of this concept, and the definition of multiprocessing can vary depending on the context, mainly how the processors are defined.

During the years of development of computer technology, multiprocessor systems have gone through a number of stages of development. Historically, SIMD technology was the first to be mastered. However, now there is a constant interest in MIMD architecture. This interest is mainly determined by two factors:

SISD processing means: one processor sequentially processes instructions on a computer with a single instruction stream and a single data stream; one data element is processed on each machine.

The MIMD architecture provides great flexibility: with the appropriate hardware and software, MIMD can work for a single user, processing high-performance data from a single application, as a multi-tasking machine that performs multiple tasks in parallel, and as some combination of these features. The MIMD architecture is able to take full advantage of modern microprocessor technologies based on strict cost and performance requirements. Virtually all modern multiprocessor systems are built on the same microprocessors that are available on personal computers, workstations and small single-processor servers [13]. When working with a SIMD on a computer with multiple streams and multiple streams at the same time, a single processor processes a stream of instructions, each of which can perform parallel calculations on the data set. This processing is widely used in computer modeling, but it is rarely used for business

processes and is not recommended. In order to take advantage of all the features of the architecture, programs must be written and defined individually for each task. The third existing multiprocessor architecture is MISD. It is recommended that a processor with multiple instruction streams and a single data stream often maintain the advantage, as multiprogramming modules perform the same task on the same data, reducing the chances of getting a result if one of the modules fails. The MISD architecture allows you to compare the results of calculations to determine the defect.

Working with large amounts of data within databases is a topical issue. As the amount of data increases, our hard drives may experience some problems and, most importantly, have time to access the required data. You can use cache, but that doesn't help in the end. You can divide the database by placing information of each class in its own database. As the amount of data increases, the speed of the system decreases significantly. One way to reduce data access time is to place the database in random access memory. This method allows you to increase the speed up to 100 times. Memory Databases - IMDB is a database that uses a computer's main memory to store data. Random access memory is the main data warehouse in such systems. As the cost of memory decreases day by day, its use as storage can be effective in increasing the speed of data processing. There are new types of databases for working with large data, such as analytical databases. Today, this concept is used in almost all databases [14]. However, the developers of Terradata were the first to perform an embedded analysis in the database [15]. In addition, one type of database is column data storage. In recent years, a number of column databases have emerged, including MonetDB and C-Store. The developers of these systems claim that this approach increases the results of analytical workloads, which are in high demand for reading data similar to certain loads, especially applications in the data warehouse [16]. Unlike a set of Data Mining algorithms and a database, analytics platforms are initially focused on data analysis and are designed to create ready-made analytical solutions.

Analytical platform is an information-analytical system, as well as a specialized software solution that includes all the tools for obtaining templates from "raw" data, the process of obtaining some templates from the entire data array: means of consolidating information in one source, data acquisition, conversion, storage, information extraction algorithms, visualization, switching of simple and complex methods and models [17]. There is no single method or algorithm for properly processing large amounts of data. Accordingly, each task has its own execution algorithm, data analysis algorithm. There are many algorithms for processing large data, but new algorithms need to be developed to achieve certain goals.

4. DOCUMENT PROCESSING FOR THE ENTERPRISE DIGITALIZATION SYSTEM BASED ON MONGODB

Documents related to one documentation system have general rules for working with them - preparation, agreement, approval, registration, execution. The general rules for working with documents included in one documentation system are determined by typical management functions. Combining documents into documentation systems reduces the number of local regulations governing the work with documents.

When collecting and sorting documents for the administrative module, a number of differences and rules were taken into account. Collected and put in order various types of documents in the administrative and personnel modules. Particular attention was paid to literacy: there were no spelling, punctuation and other errors. When writing all types of letters, the standard rules of business correspondence were used, the official business style of speech was applied, which did not include colloquial expressions in the text.

The system under development uses database technology to organize data catalogs. To implement the data catalog management complex, the document-oriented MongoDB database was chosen.

A study of methods of interaction with documents stored in the MongoDB was carried out. Typical queries to the MongoDB database are considered.

To add an object to the database in MongoDB, use the insert () function. This function can only be called on a collection, for example: db.collection.insert (). Where, db is the name of the database containing the required collection; collection is the name of the collection into which you want to insert the document. If documents are added to a collection that does not exist, then such a collection is created with the documents inserted into it. When adding a new document to a collection, MongoDB automatically adds an _id field to it with a random Objected (...) value, unless this field is explicitly specified when adding it. Objected () is a function that creates a 12 byte id object. As a rule, a specially generated string of 12 characters is fed into it. All collections are located in one database called rmsDB (Researches Management Systems Database). The following are methods for adding objects to each collection using the standard 25 mongo shell, with a description of the correct sequence for adding and the reasons for this sequence of adding objects [18].

To remove documents in MongoDB, there is the `db.collection.remove ()` function. But, in the presence of a large number of documents and many links between them, such an operation can be quite complicated and, in case of an error, can lead to the formation of false links to already deleted documents. In addition, there is always the possibility that the document was deleted by mistake, and no one is ever safe from this. To change, add and remove fields and arrays in documents, in MongoDB, the `db.collection.update ()` function was used. This function has many operators to provide the desired operations.

5. USING MONGODB FOR BIG DATA STORAGE

MongoDB is the leading enterprise NoSQL technology database written in the C ++ programming language. Integrates with any software application written in Python. Let's take a look at the difference between SQL and NoSQL. SQL databases use Structured Query Language (SQL) to identify and manipulate data. When using SQL, we need a relational database management system (DBMS) such as SQL Server, MySQL Server, or MS Access. In a DBMS, data is stored in database objects called tables [19].

A table is a collection of related data records made up of columns and rows.

NoSQL database has a dynamic schema for unstructured data. In NoSQL, data is stored in several ways: it can be based on a column, document, graph, or a key and value store. NoSQL database has the following advantages:

- documents can be created without prior definition of the structure;
- each document can have its own unique structure;
- Differences in database syntax from other databases may be;
- large-scale structured, semi-structured and can store unstructured data;
- object-oriented programming is simple and compact to use;
- horizontal scaling.

To create a database in MongoDB, we use the `MongoClient` instance, and after specifying the name of the database, MongoDB creates and works with the database:

```
db = client [datacampdb]
```

It should be noted that databases and collections are created slowly in MongoDB. This means that collections and databases are created only when the first document is entered. MongoDB data is presented and stored using JSON-style documents. At PyMongo, we use dictionaries to present documents. Here is an example of a PyMongo document:

```
article = {"authors": "Darkenbayev D., Balakayeva G",  
"About": "MongoDB and Python", "Tags": ["mongodb", "python", "pymongo"]}
```

When managing a MongoDB database, you can name the collection, add additional information, and delete it. We can fully manage and use our large amount of unstructured data in the non-relational database MongoDB, which also covers security issues.

CONCLUSION

This article examines the topical issues of large-scale data processing of enterprises and data storage and processing technologies of giant companies in the field of information technology. The works of leading foreign and domestic scientists were reviewed, the topicality of the issue was revealed. Along with the growth of the world's population, the volume of data is growing rapidly. Obviously, because of the different formats of data, it is difficult to process them. NoSQL technology for storing and processing unstructured data has shown positive results in solving non-relational data processing. According to Chris Phillips, a professor at the University of Newcastle (UK), there is no set of rules for processing large data, so there is a lot of debate about how to process it. He expressed his opinion that good results can be achieved by using machine learning algorithms to solve the problem. In future articles we plan to publish an article on the integration of research and technology in DataMining and NoSQL technologies.

References:

- 1 *Big Data. Explanatory dictionary on Academician.* 2014. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1422719>. (Date of the application: 18.04.2019).
- 2 Rubanov V.A. *Between management standards and the information element // Technological Forecast.* – 2010. – No. 3.

- 3 Tom White *Hadoop: The Definitive Guide, 3rd Edition*. O'Reilly Media, 2012, – 688 p.
- 4 Artemov C. *Big Data: New Opportunities for Growing Business* // *Jet Infosystems*. URL: <http://www.pcweek.ru>. (Date of the application: 20.08.2018).
- 5 Doug L. *3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety* // *Meta Delta*. – 2001. – P. 949-951.
- 6 Pettey C., Goasduff L. *Gartner Says Solving Big Data Challenge Involves More Than Just Managing Volumes of Data*. URL: <http://www.gartner.com>. (Date of the application: 11/21/2019).
- 7 Doug L. *3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety* // *Meta Delta*. 2001. P. 949-951.
- 8 Pettey C., Goasduff L. *Gartner Says Solving Big Data Challenge Involves More Than Just Managing Volumes of Data*. URL: <http://www.gartner.com>. (Date of the application: 06/27/2020).
- 9 *HDFS Architecture Guide*. URL: https://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/hdfs_design.html. (Date of the application: 15.04.2019).
- 10 *Apache Cassandra*. URL: <http://cassandra.apache.org>. (Date of the application: 15.04.2019).
- 11 Semenov Yu.A. *Large amounts of data (big data)*. URL: <http://book.itep.ru>. (Date of the application: 21.04.2020).
- 12 Jacobs A. *The pathologies of big data* // *Communications of the ACM*. 2009. Vol. 52. Iss. 8. R. 36-44.
- 13 Tsvetkov V.Ya., Lobanov A.A. *Big Data as Information Barrier* // *European researcher. Series A*. 2014. Vol. 78. – Iss. 7-1. – R. 1237-1242.
- 14 Lockwood G.K. *Conceptual Overview of Map / Reduce and Hadoop*. URL: <http://www.glennklockwood.com>. (Date of the application: 06/28/2020).
- 15 Anshina M. *Methods of working with big data and their effectiveness* // *Big Data Conference: Opportunity or Necessity*, March 26. – Moscow, 2013. – 312 p.
- 16 Abadi D.J., Madden S., Hachem N. *ColumnStores vs. RowStores: How Different Are They Really?* // *Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*. – Vancouver. – 2008. – 475 p.
- 17 Fernández A, Río S, López V, Bawakid A, del Jesus M, Benítez J, Herrera F. *Big data with cloud computing: an insight on the computing environment, MapReduce and programming framework*. *WIREs Data Min KnowlDiscov* 4 (5). – P. 380-409.
- 18 Balakayeva G.T., Phillips C., Darkenbayev D.K., Turdaliyev M. *Using NoSQL for processing unstructured Big Data*. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. ISSN 2224-5278. – Volume 6, Number 438, 2019. – P.12-21. URL: <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.151>
- 19 Balakayeva G.T., Darkenbayev D.K., Chris Phillips. *Investigation of technologies of processing of Big Data*. *International Journal of Mathematics and Physics* 8, – No. 2, (13) 2017. – P.13-18. URL: <https://doi.org/10.26577/ijmph.v8i2>

МРНТИ 28.23.15
УДК 004.8

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.10>

Ж. А. Бурибаев^{1*}, Ж. Е. Амиргалиева², А. С. Атанязова¹,
З. М. Меліс¹, Д. Д. Даулетия¹

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

² *Институт информационных и вычислительных технологий, г. Алматы, Казахстан*

*e-mail: zholdas_87@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ РАЗНОВИДНОСТЕЙ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

Аннотация

В статье рассматривается актуальность внедрения интеллектуальных систем обнаружения сорных растений, в целях экономии гербицидов и пестицидов, также получения экологически чистых продуктов. Проведен краткий обзор научных работ исследователей, в которых описываются разработанные ими методы идентификации, классификации и дискриминации сорняков на основе алгоритмов машинного обучения, сверточных нейронных сетей и алгоритмов глубокого обучения. В данной исследовательской работе представлена программа обнаружения вредителей сельскохозяйственных угодий с использованием алгоритмов K-Nearest Neighbors, Random Forest и Decision Tree. Набор данных собран из 4 видов сорных растений, такие как ширица, амброзия, вьюнок и костер. По итогам проведенной оценки, точность обнаружения сорняков классификаторами K-Nearest Neighbors, Random Forest и Decision Tree составила 83.3%, 87.5%, и 80%. Количественные результаты, полученные на реальных данных, демонстрируют, что предлагаемый подход может обеспечить хорошие результаты классификации изображений сорняков с низким разрешением.

Ключевые слова: сельское хозяйство, сорные растения, машинное обучение, сегментация, метод Оцу, классификация, оценка алгоритмов.

Аңдатпа

Ж. А. Бурибаев¹, Ж. Е. Амиргалиева², А. С. Атанязова¹, З. М. Меліс¹, Д. Д. Даулетия¹

АРАМШӨП ТҮРЛЕРІН ЖІКТЕУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІН ҚОЛДАНУ

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

² *Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан*

Мақалада гербицидтер мен пестицидтерді үнемдеу, сондай-ақ экологиялық таза өнімдер алу мақсатында арамшөптерді анықтаудың зияткерлік жүйелерін енгізудің өзектілігі қарастырылады. Зерттеушілердің ғылыми жұмыстарына қысқаша шолу жасалды, онда машиналық оқыту алгоритмдері, орама нейрондық желілер және терең оқыту алгоритмдері негізінде арамшөптерді анықтау, жіктеу және ажырату әдістері сипатталған. Бұл зерттеу жұмысында k-Nearest Neighbors, Random Forest және Decision Tree алгоритмдерін қолдана отырып, ауыл шаруашылығы алқаптарының зиянкестерін анықтау бағдарламасы ұсынылған. Деректер жиынтығы *amaranthus*, *ambrosia*, *bindweed* және *bromus* сияқты арамшөптердің 4 түрінен жиналды. Жүргізілген бағалау қорытындысы бойынша K-Nearest Neighbors, Random Forest және Decision Tree классификаторларының арамшөптерді анықтау дәлдігі 83.3%, 87.5% және 80% құрады. Нақты деректерден алынған сандық нәтижелер, ұсынылған тәсіл арамшөптердің төмен рұқсаттағы суреттерін жіктеудің жақсы нәтижелерін бере алатындығын көрсетеді.

Түйін сөздер: ауыл шаруашылығы, арамшөптер, машиналық оқыту, сегментация, Оцу әдісі, жіктеу, алгоритмдерді бағалау.

Abstract

Zh. A. Buribaev¹, Zh. E. Amirgalieva², A. S. Ataniyazova¹, Z. M. Melis¹, D. D. Dauletiya¹

APPLICATION OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR THE CLASSIFICATION OF WEEDS

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

² *Institute of Information and Computing Technologies, Almaty, Kazakhstan*

The article considers the relevance of the introduction of intelligent weed detection systems, in order to save herbicides and pesticides, as well as to obtain environmentally friendly products. A brief review of the researchers' scientific works is carried out, which describes the methods of identification, classification and discrimination of weeds developed by them based on machine learning algorithms, convolutional neural networks and deep learning algorithms.

This research paper presents a program for detecting pests of agricultural land using the algorithms K-Nearest Neighbors, Random Forest and Decision Tree. The data set is collected from 4 types of weeds, such as amaranthus, ambrosia, bindweed and bromus. According to the results of the assessment, the accuracy of weed detection by the classifiers K-Nearest Neighbors, Random Forest and Decision Tree was 83.3%, 87.5%, and 80%. Quantitative results obtained on real data demonstrate that the proposed approach can provide good results in classifying low-resolution images of weeds.

Keywords: agriculture, weeds, machine learning, segmentation, Otsu method, classification, evaluation of algorithms.

Введение

Сельскохозяйственная отрасль является одной из главных отраслей экономики нашей страны, поскольку данная отрасль ежегодно дает в бюджет государства 35-40% дохода, также 15% всей рабочей силы страны трудоустроено именно в этом секторе. Борьба с сорняками и мониторинг заболеваний сельскохозяйственных культур стала актуальной задачей при роботизации сельского хозяйства [1]. Мониторинг заболеваний и сорняков на этапах выращивания очень важен для выявления и предотвращения болезни и устранения значительных потерь урожая, а традиционные методы выполнения этого процесса требуют больших затрат и человеческих ресурсов, к тому же подвергают работников опасности загрязнения вредными химическими веществами. Поэтому разработка системы борьбы с вредителями, которая выполняет обнаружение и удаление сорняков является основной областью исследований в сельскохозяйственной отрасли.

В нынешнее время наиболее оптимальным средством для борьбы с вредителями является масштабное применение гербицидов, но не учитывается факт неравномерного роста сорных растений. В результате, посевы также попадают под обработку химикатами, применяемые для уничтожения сорняков, что может нанести вред окружающей среде. Ранее используемые технологии могли различать лишь наличие или отсутствие растений, они не были способны на разделение их на сорняки и сельскохозяйственные культуры. Новые технологии позволяют более эффективное распыление гербицидов, применяя их только в нужных площадках, чтобы сохранить урожай и защитить окружающую среду [3, 9]. Внедрение интеллектуальных систем обнаружения сорняков также решит проблему экономии гербицидов и пестицидов, которые являются востребованными средствами для борьбы с болезнями растения, различными сорняками и переносчиками опасных заболеваний в промышленном сельскохозяйственном производстве.

Применение автономных роботов и автоматизированных систем в сельском хозяйстве может привести к существенной минимизации человеческих усилий, необходимых для выполнения нескольких сельскохозяйственных задач. В целях решений этих задач, были предложены новые системы классификации, способные идентифицировать сельскохозяйственные культуры, отличая их от нежелательных вредоносных растительностей [8, 13]. Целью нашей работы является идентификация и классификация сорных растений за счет разработки системы обнаружения и различения сорняков на основе алгоритмов машинного обучения. Для достижения этой цели сформулированы такие задачи, как анализ существующих методов к решению проблем роботизации сельского хозяйства, формирование датасета изображений сорных растений, встречающихся на полевых площадях нашей страны и разработка программного обеспечения, которое выполняет функцию обнаружения сорняков, отличая их от зерновых и овощных культур.

Обзор литературы

Авторы научной работы [1] провели исследования в целях разработки метода на основе машинного обучения, позволяющий роботу выполнять точную классификацию сорных растений. Предложенный подход основан на трехэтапной процедуре: сначала осуществляется сегментация по пикселям, удаление фона, а в следующем этапе выполняется процесс извлечения участка изображения, содержащие сорные растения. На последнем этапе проводится классификация сорняков с помощью сверточных нейронных сетей. Результаты данной работы имеют хорошие показатели на сложных данных, но для повышения точности, требуются улучшения между этапами сегментации и классификации.

В статье [2] предложен алгоритм обработки изображения для классификации сорных растений на узкие и широкие сорняки. Научная работа [3] направлена на исследование проблем загрязнения окружающей среды из-за распыления химических гербицидов на больших полевых площадках. В связи с этим, была разработана система идентификации разновидностей сорняков с помощью технологии цифровой обработки изображений и машинного зрения. Авторы этой работы утверждают, что предложенный им метод эффективен для классификации сорных растений, что позволит сэкономить время и затраты удаления сорняков с полей.

В исследовательской работе [4] рассмотрена проблема семантической сегментации на основе сверточных нейронных сетей, которая разделяет растения сахарной свеклы и сорняков от фона. Разработанная авторами система была оценена на сельскохозяйственном роботе в трех городах Германии и Швейцарии. Результаты данной работы являются хорошими и сама система нашла применение в полевых условиях в режиме реального времени.

Авторами научной работы [5] была разработана программа, которая выполняет обнаружение сорняков в посевах сельскохозяйственных культур, а также различение сорных растений травянистого и

широколиственного вида. Применяя сверточных сетей, исследователи получили результаты с высокой точностью при классификации всех классов сорных растений. Но авторы не провели оценку алгоритмов, которые они использовали для классификации сорняков, что позволила бы определить лучший алгоритм по качеству, производительности и скорости работы.

В статье [6] сделан обобщенный обзор на достижения в области обнаружения сорняков с помощью машинного зрения и методов обработки изображений. Представлено подробное описание процедур, таких как предварительная обработка, сегментация, извлечение признаков и классификация. Также авторами были обсуждены проблемы, возникающие при обнаружении сорняков и решения, которые позволяют распознавать в различных условиях освещения и в различных стадиях роста сорняков.

Новая система, предложенная в статье [7] основана на сверточной сети со структурой кодер-декодер, а также содержит пространственную информацию путем рассмотрения последовательностей изображений. По экспериментальным оценкам, точность классификации сельскохозяйственных культур и сорняков превышает точность других современных подходов, так как представленная система хорошо подходит для невидимых полей в различных условиях окружающей среды.

В исследовательской работе [8] предложен новый подход, направленный на минимизирование человеческих ресурсов, которые требуются для обучения алгоритмов классификации и на генерацию больших наборов данных сельскохозяйственных культур.

Авторы статьи [9] разработали новый алгоритм обобщения неконтролируемых наборов данных, который позволяет выбирать автоматически из большого набора данных наиболее информативные подмножества. Этот подход эффективен для ускорения и упрощения процесса маркировки пикселей для семантической сегментации зеленых растительностей. Для реализации предложенного метода были использованы конвейеры, включающие в себя двух разных сверточных нейронных сетей.

В исследовательской работе [10] рассматриваются решения проблемы фенотипирования, то есть процесса наблюдения физических характеристик растений. Эксперименты проводились в целях различения морковей, находящихся на ранней стадии роста листьев от сорняков. Также представлен базовый набор данных для дискриминации сельскохозяйственных культур и сорных растений для дальнейшего стимулирования исследований в области земледелия, так как отсутствие общедоступных наборов данных является одним из препятствий для развития систем автоматического обнаружения сорняков.

Предлагаемый метод на основе полностью сверточной сети в статье [11] обеспечивает более высокую точность классификации и может эффективно классифицировать пиксели рисовых саженцев, фона и сорняков на изображениях рисовых полей и определять положение их областей. Этот подход был сравнен с классическими моделями семантической сегментации FCN и U-Net и превосходит их по некоторым параметрам.

Методология, представленная в статье [12] состоит из двух этапов. На первом этапе выполняется сегментация фона с использованием максимального правдоподобия, а второй этап посвящен на ручную разметку сорняков. Проведен сравнительный анализ архитектур глубокого обучения SegNet и UNET, и по оценке методологии выявлены результаты и преимущества использованных архитектур.

В научной работе [13] для различения сельскохозяйственных культур и сорных растений была использована сегментация на основе метода 3D-Otsu, а классификация выполнена путем сжатия трехмерных векторов изображения с помощью метода анализа основных компонент(PCA). Комбинируя два метода, авторы предложили программу обнаружения сорняков, работающую в реальном времени.

Исследователи научной работы [14] провели анализ морфологических признаков для классификации сельскохозяйственных культур и сорных растений в отраслях сельскохозяйственного производства. На основе дескрипторов особых точек, таких как Гистограмма направленных градиентов и Локальные бинарные шаблоны, авторы представили метод извлечения признаков с наименьшей вычислительной сложностью и с более высоким разрешением.

В статье [15] авторы рассматривают проблему автоматизации процесса удаления сорняков с использованием алгоритмов машинного обучения. Собранный набор данных состоит из 4 видов коммерческих сельскохозяйственных культур и 2 видов сорных растений. В данной работе выполнено сравнение производительности алгоритмов классификации, искусственных нейронных сетей и сверточных нейронных сетей. Проанализировав вышеперечисленные исследовательские работы, рассмотрены проблемы прополки с помощью выборочного опрыскивания или механического удаления обнаруженных сорняков. Определены преимущества представленных алгоритмов, методов и технологий идентификации сорных растений, на основе результатов сравнительного анализа производительности алгоритмов для классификации сельскохозяйственных культур и сорняков, была представлена программа обнаружения вредителей с использованием классических алгоритмов машинного обучения.

Методология исследований

Сегментация. Для сегментации изображений выбран метод Оцу, являющийся адаптивным алгоритмом на основе бинаризации. Алгоритм использует максимальное значение дисперсии, то есть отклонения от средней яркости между фоном и выбранным изображением в качестве правила выбора порога. Сперва идет процесс

деления изображения на передний и задний план в соответствии с его характеристиками серой шкалы. Если выбрать наилучшее пороговое значение, разница между двумя частями увеличится. Вероятность неправильной классификации сводится к минимуму, когда разница между фоном и целевым изображением имеет максимальное значение. Сегментация изображений методом Оцу осуществляется следующим образом:

1. Исходное изображение делится на $l = [0, 1, \dots, l-1]$ уровни. Количество пикселей на определенном уровне i обозначается p_i , а общее число пикселей обозначается суммой всех p_i , то есть $n = p_1 + p_2 + \dots + p_l$.
2. Пиксели изображения разделяются на классы с уровнями серого без порога и с порогом. Вычисляется вероятность серого уровня для распределения их на классы.
3. Среднее значение серого рассчитывается с помощью формулы

$$u_i = \sum_{i=0}^t \frac{iP_i}{w_i} \quad (1)$$

где P_i – вероятность серого уровня, w_i – вероятность распределения серых уровней на классы. Общее среднее обозначается u и определяется суммой всех u_i .

4. Нахождение дисперсии каждого класса, межклассовой дисперсии, общей дисперсии уровней серых является ключевым этапом метода Оцу, так как с помощью максимизации межклассовой дисперсии, выбирается оптимальный порог и реализуется идеальная сегментация изображения.

Классификация. Для классификации сорных растений использованы три классических алгоритмов машинного обучения, такие как K-Nearest Neighbors, Random Forest, Decision Tree. Поскольку классификатор должен использовать обучающий набор, сбалансированный по классам, чтобы быть эффективным [16], был реализован процесс случайной выборки, чтобы выбрать одинаковое количество объектов для каждого класса во всем изображении. Затем значения NIR/G (Near-Infrared/Green), средний красный, средний зеленый, средний NIR, яркость, стандартное отклонение NIR были извлечены для каждого объекта, составляющего обучающий набор, и использовались в качестве признаков для различения сорняков, сельскохозяйственных культур и голой почвы, используя RF. В процессе обучения было использовано 400 деревьев решений, так как это значение оказалось приемлемым при использовании RF-классификатора. Чтобы избежать какой-либо неправильной классификации крупных сорняков между рядами или внутри них, высота объекта не была включена в качестве классификационного параметра.

Оценка алгоритмов. Для оценки качества работы алгоритмов машинного обучения было разработано множество метрик. Все метрики рассчитываются с помощью комбинаций матрицы ошибок, которые предоставляют информацию о количествах истинно-положительных, истинно-отрицательных, ложно-положительных и ложно-отрицательных решений классификатора. Функции FPR, FNR, recall, precision, accuracy, индекс Жаккарда используют два или три комбинации матрицы неточностей и не дают объективной оценки результатов классификации [17]. А метрики F1, каппа Коэна, коэффициент корреляции Мэтьюса, используя все элементы матрицы ошибок, оценивают результаты классификатора при несбалансированных данных. Ниже представлены формулы нахождения этих метрик:

1. Долю ошибок, сделанных классификатором при отнесении одного или другого объекта к выбранному классу демонстрирует метрика FPR, ложно-положительный показатель. Значение данной метрики зависит от количества ложно-положительных и истинно-отрицательных решений.

$$FPR = \frac{FP}{FP+TN} \quad (2)$$

2. Ложно-отрицательный показатель демонстрирует ошибку второго рода, когда модель машинного обучения предсказывает отрицательное решение, но на самом деле он является объектом выбранного класса.

$$FNR = \frac{FN}{FN+TP} \quad (3)$$

3. Метрика recall показывает сколько примеров из положительных решений было потеряно в результате классификации. Она отвечает за способность обнаруживать объекты определенного класса, поэтому определяется с помощью истинно-положительных и ложно-отрицательных решений.

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (4)$$

4. Precision демонстрирует способность алгоритма отличать выбранный класс от других классов, но в отличие от recall, учитывает ложно-положительные результаты.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (5)$$

5. Accuracy рассчитывает долю правильных классификаций, и определяется как соотношение всех истинных результатов и суммы всех комбинаций матрицы ошибок.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \quad (6)$$

6. F1-measure является метрикой, которая сводит к одному числу две основных метрики оценки: precision и recall. Она нужна для сбалансирования, когда максимальное значение precision и recall не достижимы одновременно.

$$F1 = \frac{2*Precision*Recall}{Precision+Recall} \quad (7)$$

7. Индекс Жаккарда используется для обнаружения граней с изображения, так как он способен количественно оценить сходство между идентификацией граней компьютера с идентификацией тренировочных данных. Поэтому, этот индекс является важным при семантической сегментации изображения.

$$Jaccard\ index = \frac{TP}{TP+FN+FP} \quad (8)$$

8. Каппа Коэна, как и другие показатели оценки, рассчитывается на основе матрицы ошибок. В отличие от расчета общей точности, каппа Коэна учитывает дисбаланс в распределении классов. Поэтому, как показано в формуле, он исключает возможность совпадения классификатора и случайного предположения и измеряет количество предсказаний, который он делает.

$$Cohen's\ kappa = \frac{(TP+FP)(TP+FN)+(FN+TN)(FP+TN)}{(TP+FP+FN+TN)^2} \quad (9)$$

9. Коэффициент корреляции Мэтьюса используется в тех случаях, где размеры классов сильно различаются, и набор данных отрицательных и положительных являются несбалансированными. Показатель этой метрики зависит от произведения истинных и ложных решений классификатора по отдельности, так же от вычитания этих двух чисел.

$$MCC = \frac{(TP*TN-FP*FN)}{\sqrt{(TP+FP)(TP+FN)(TN+FP)(TN+FN)}} \quad (10)$$

10. Специфичность или истинно-отрицательный показатель отвечает за вероятность того, насколько классификатор правильно не относит объекты к выбранному классу, игнорируя ошибку второго рода, то есть количество ложно-отрицательных решений.

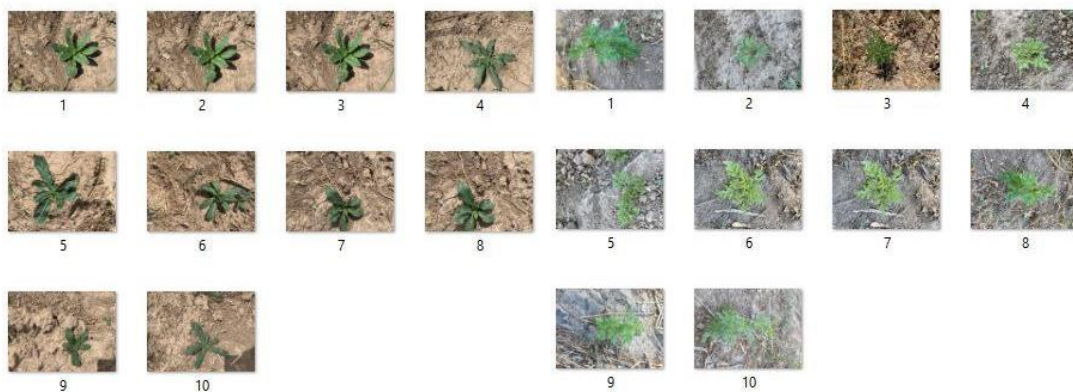
$$Spс = \frac{TN}{TN+FP} \quad (11)$$

11. Индекс Юдена определяется разницей между долей истинно-положительных результатов и долей ложноположительных решений.

$$Youden's\ index = Recall + Specificity - 1 \quad (12)$$

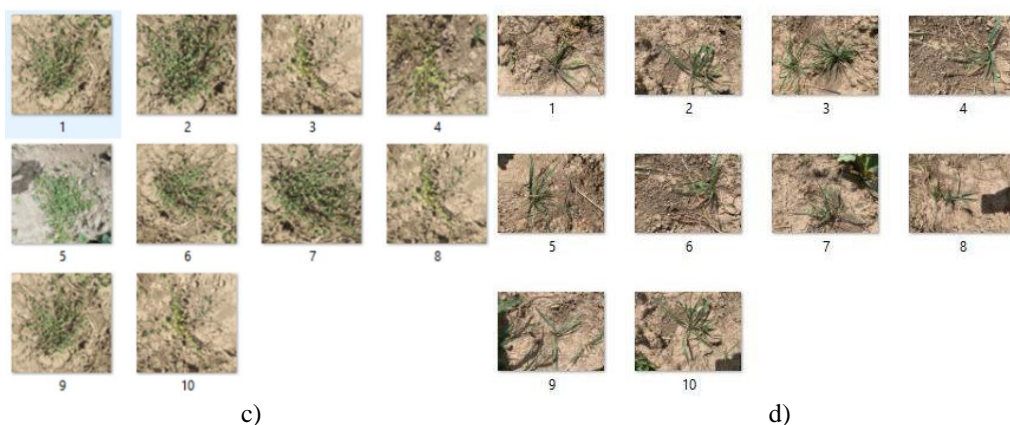
Результаты исследований

1. Формирование датасета. Как показано на рисунке 1, набор данных содержит 4 типа сорняков с 10 примерами. Каждый рассматриваемый класс был сегментирован и сохранен в наборе данных в виде массива.



a)

b)



с) d)

Рисунок 1. Формирование датасета:

a) *Amaranthus* - щирица, b) *Ambrosia*- амброзия, c) *Bindweed*- вьюнок, d) *Bromus* - костер

2. Сегментация

Процесс сегментации состоит из нескольких этапов. Первый этап связан преобразованием изображения (рис. 2a) в оттенки серого, от 0 (чёрный) до 255 (белый). Изображение после обработки выглядит следующим образом (рис. 2b).

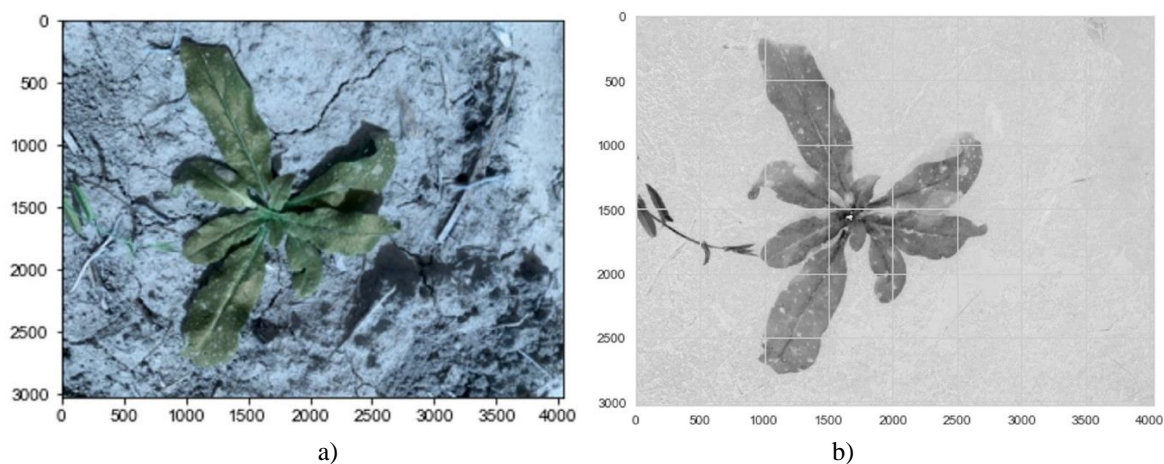


Рисунок 2. Изображение сорняка: a) исходное изображение, b) преобразование в оттенки серого

Следующим этапом является бинаризация. Его основная цель-уменьшить объем информации в изображении. Здесь был использован популярный метод бинаризации изображения - метод Оцу. После бинаризации методом Оцу на изображении можно увидеть небольшой шум (рис. 3a). Поэтому выполняется заключительный этап удаления шума. Обработанное изображение показано на рисунке 3b.

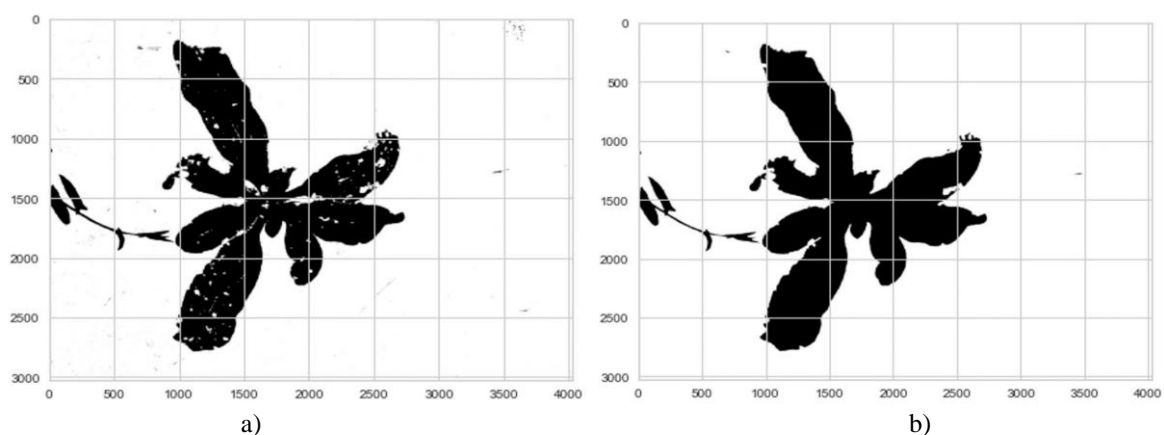


Рисунок 3. Сегментация изображения: a) фильтрация методом Оцу, b) сегментация с шумоподавлением

3. Оценка алгоритмов.

Следующий этап – оценивание качества работы классификаторов с помощью элементов матрицы неточностей.

На рисунке 4 показана общая матрица ошибок алгоритма KNN для всех классов сорных растений. Количество истинно-положительных решений (TP), предсказанных классификатором KNN – 8, а число истинно-отрицательных комбинаций (TN), которые не принадлежат к выбранному классу и были классифицированы как отрицательные правильно – 32. Ложно-отрицательная комбинация отвечает за количество ошибочно предсказанных решений, то есть классификатор предсказал их как отрицательные объекты, но в действительности они являются положительными, принадлежащими к выбранному классу объектами, количество FN - 4. С помощью этих комбинаций матрицы ошибок вычисляются метрики, которые определяют качество работы классификатора. Численные показатели оценок алгоритма для каждого класса представлены в таблице 1.

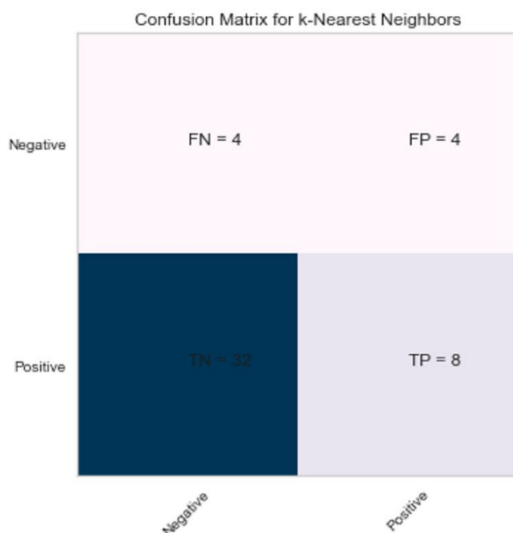


Рисунок 4. Матрица ошибок для K-Nearest Neighbors

Таблица 1. Оценки для каждого класса алгоритма K-Nearest Neighbors

Класс/Метрика	Precision	Recall	F1	Accuracy
Amaranthus	0.67	0.50	0.57	0.75
Ambrosia	1.00	0.75	0.86	0.92
Bindweed	1.00	1.00	1.00	1.00
Bromus	0.40	0.67	0.50	0.67

Согласно формуле (5), precision класса растений «Amaranthus» равна 0.67, классов «Ambrosia» и «Bindweed» равны 1, что показывают точную классификацию объектов этих классов, а для сорняков «Bromus» равна 0.4. Среднее значение precision составило 0.67, так как классификатор ошибочно предсказал объекты класса «Bromus» как объекты других классов, и это повлияло на общее качество. Следующая метрика, recall вычисляется по формуле (6). Для объектов класса «Amaranthus» значение данной метрики составляет 0.5, для сорных растений вида «Ambrosia» - 0.75, для класса «Bindweed» оценка recall достигла максимума, то есть 1, для сорняков класса «Bromus» равна 0.67. Общая оценка метрики recall тоже равна 0.67, как и precision. Поэтому, значение метрики F1, которая является гармоническим средним этих двух метрик, будет равно 0.67. По результатам проведенной оценки, можно сделать вывод о том, что алгоритм KNN неправильно классифицирует 1/3 часть от всех объектов.

Матрица неточностей классификационной модели Random Forest показана на рисунке 5. Количество корректно предсказанных объектов – 9, а количество истинно-отрицательных комбинаций составило 33. А количество ошибок, которые классификатор сделал при распознавании сорных растений равно 3. По сравнению с алгоритмом KNN, Random Forest выполнил классификацию лучше, поэтому показатели метрик оценки тоже являются выше, чем у предыдущего алгоритма (таблица 2).

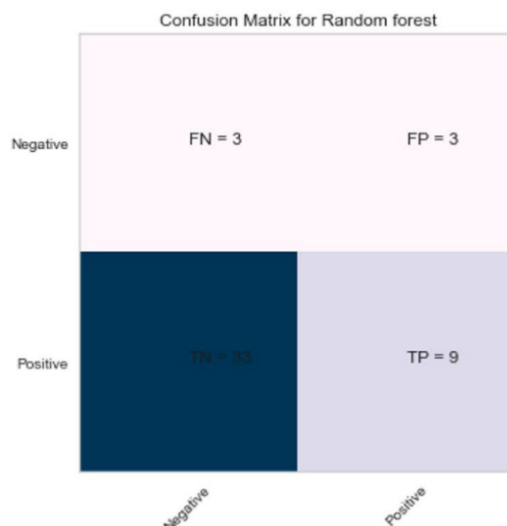


Рисунок 5. Матрица ошибок для Random Forest

Таблица 2. Оценки для каждого класса алгоритма Random Forest

Класс/Метрика	Precision	Recall	F1	Accuracy
<i>Amaranthus</i>	1.00	0.50	0.67	0.83
<i>Ambrosia</i>	1.00	0.75	0.86	0.92
<i>Bindweed</i>	0.33	1.00	0.50	0.83
<i>Bromus</i>	0.75	1.00	0.86	0.92

Значение метрики precision для объектов «Amaranthus» и «Ambrosia» равно 1, для объектов класса «Bindweed» - 0.33, для «Bromus» - 0.75, а общая оценка precision составила 0.75, это связано с тем что, множество объектов вида «Bindweed» были ошибочно классифицировано как объекты класса «Bromus» и снизило среднее значение данной метрики. А показатель recall классов «Bindweed» и «Bromus» является высоким, чем значение этой метрики класса «Amaranthus», так как при классификации объектов первого класса было потеряно больше долей правильных предсказаний. Accuracy классификатора Random Forest по двум классам, кроме «Amaranthus» и «Bindweed» составила 0.92, из-за низкой оценки recall класса «Amaranthus» и precision класса «Bindweed», их точность распознавания составила всего 0.83.

По матрице ошибок алгоритма Decision Tree (рис. 6), можно увидеть, что количество истинно-положительных решений классификатора равно 7. Число TN-комбинаций составляет 31, а количество ошибок первого и второго рода, сделанных моделью машинного обучения – 5. Так как правильно предсказанных объектов меньше чем, у KNN и RF, ассугасу имеет низкий показатель.

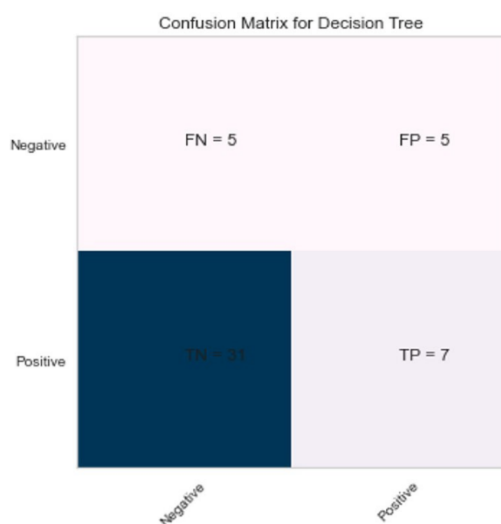


Рисунок 6. Матрица ошибок для Decision Tree

Больше всего ошибочных предсказаний сделаны при классификации сорных растений вида «Amaranthus», поэтому precision, recall и accuracy этого класса имеют значение ниже, чем остальные классы. Численные показатели представлены в таблице 3. С использованием метрики F1, уравнивается баланс между precision и recall, таким образом, для классификатора Decision Tree, их значение составило 0.8, 1.0 и 0.5 соответственно для «Ambrosia», «Bindweed» и «Bromus».

Таблица 3. Оценки для каждого класса алгоритма Decision Tree

Класс/Метрика	Precision	Recall	F1	Accuracy
Amaranthus	0.00	0.00	0.00	0.67
Ambrosia	0.67	1.00	0.80	0.83
Bindweed	1.00	1.00	1.00	1.00
Bromus	0.40	0.67	0.50	0.67

В таблице 4 представлены численные показатели всех метрик оценки алгоритмов, которые применялись для классификации сорняков.

Таблица 4. Метрики качества алгоритмов

	KNN	RF	DT
Confusion matrix	[8, 4 4, 32]	[9, 3 3, 33]	[7, 5 5, 31]
FPR	0,11	0,08	0,14
FNR	0,33	0,25	0,42
Recall	0,67	0,75	0,70
Precision	0,67	0,75	0,70
Accuracy	0,83	0,88	0,79
F1-measure	0,67	0,75	0,70
Jaccard index	0,50	0,60	0,41
Cohen's kappa	0,63	0,63	0,63
MCC	0,56	0,67	0,44
Specificity	0,89	0,92	0,86
Youden's index	0,56	0,67	0,56
Cross-validation	0,58	0,68	0,45

Доля ошибок, сделанных при отнесении объектов к определенному классу классификатором K-Nearest Neighbors – 0.11, алгоритмом Random Forest – 0.08, а Decision Tree ошибочно классифицировал 14% долю от всех объектов. Индекс Жаккарда, который является важным показателем при различении фона и целевого изображения для K-Nearest Neighbors равен 0.50, для Random Forest равен 0.60, для Decision Tree равен 0.41. Коэффициент корреляции Мэтьюса полезен при работе с несбалансированными данными, в случаях, где количество объектов каждого класса бывают разными. Количество изображений классов сорных растений в нашем датасете одинаковые, поэтому этот коэффициент имеет средний показатель. Функции индекс Юдена и AUC зависят только от суммарного процента ошибок в обоих классах и не меняются при разном распределении ошибок между классами даже в случае дисбаланса. По таблице можно увидеть, что индекс Юдена для K-Nearest Neighbors и Decision Tree имеет одинаковую оценку, а классификатор Random Forest превосходит их по этому индексу.

Оценивание качества работы классификатора проводилось в целях определения алгоритма с высокой точностью обнаружения сорных растений. По численным показателям, можно сделать вывод о том, что Random Forest лучше всех подходит для классификации объектов.

Заключение

В представленной исследовательской работе описывается процесс сегментации, различения сорных растений, так же проведена оценка алгоритмов, которые применялись для классификации. Сформирована собственная база с изображениями распространенных типов сорных растений, такие как ширица, амброзия, вьюнок и костер. Собранный датасет может быть использован другими исследователями для проведения дальнейших исследований, связанных с обнаружением вредителей сельскохозяйственных угодий. В процессе сегментации, сделана очистка изображения от шума для предоставления изображений хорошего качества. По итогам проведенной оценки, точность обнаружения сорняков классификаторами K-Nearest Neighbors, Random

Forest и Decision Tree составила 83.3%, 87.5%, и 80%. Средний показатель перекрестной валидации, являющаяся методом оценки моделей машинного обучения составила 0.68.

Количественные результаты, полученные на реальных данных, демонстрируют, что предлагаемый подход может обеспечить хорошие результаты классификации изображений сорняков с низким разрешением. В будущем планируется расширить набор данных, добавляя изображения других видов сорных растений, также улучшить результаты точности обнаружения с применением алгоритмов обучения нейронных сетей.

Благодарность

Данная работа поддержана грантом Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках проекта №AP08857573 «Разработка интеллектуальных информационных технологий на основе машинного зрения и распознавания образов с построением мобильного робота по обслуживанию сельхоз угодий».

Список использованной литературы

- 1 Fawakherji, M., Youssef, A., Bloisi, D., Pretto, A., & Nardi, D. (2019). *Crop and Weeds Classification for Precision Agriculture Using Context-Independent Pixel-Wise Segmentation*. 2019 Third IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC). doi:10.1109/irc.2019.00029
- 2 Siddiqi, M. H., Ahmad, W., & Ahmad, I. (n.d.). *Weed Classification Using Erosion and Watershed Segmentation Algorithm*. *Innovations and Advanced Techniques in Systems, Computing Sciences and Software Engineering*, 366–369. doi:10.1007/978-1-4020-8735-6_69
- 3 Zhang, S., Huang, W., & Wang, Z. (2021). *Combing modified Grabcut, K-means clustering and sparse representation classification for weed recognition in wheat field*. *Neurocomputing*, 452, 665–674. doi:10.1016/j.neucom.2020.06.140
- 4 Milioto, A., Lottes, P., & Stachniss, C. (2018). *Real-Time Semantic Segmentation of Crop and Weed for Precision Agriculture Robots Leveraging Background Knowledge in CNNs*. 2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). doi:10.1109/icra.2018.8460962
- 5 Dos Santos Ferreira, A., Matte Freitas, D., Gonçalves da Silva, G., Pistori, H., & Theophilo Folhes, M. (2017). *Weed detection in soybean crops using ConvNets*. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 314–324. doi:10.1016/j.compag.2017.10.027
- 6 Wang, A., Zhang, W., & Wei, X. (2019). *A review on weed detection using ground-based machine vision and image processing techniques*. *Computers and Electronics in Agriculture*, 158, 226–240. doi:10.1016/j.compag.2019.02.005
- 7 Di Cicco, M., Potena, C., Grisetti, G., & Pretto, A. (2017). *Automatic model based dataset generation for fast and accurate crop and weeds detection*. 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). doi:10.1109/iros.2017.8206408
- 8 Di Cicco, M., Potena, C., Grisetti, G., & Pretto, A. (2017). *Automatic model based dataset generation for fast and accurate crop and weeds detection*. 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). doi:10.1109/iros.2017.8206408
- 9 Potena, C., Nardi, D., & Pretto, A. (2017). *Fast and Accurate Crop and Weed Identification with Summarized Train Sets for Precision Agriculture*. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 105–121. doi:10.1007/978-3-319-48036-7_9
- 10 Haug, S., & Ostermann, J. (2015). *A Crop/Weed Field Image Dataset for the Evaluation of Computer Vision Based Precision Agriculture Tasks*. *Lecture Notes in Computer Science*, 105–116. doi:10.1007/978-3-319-16220-1_8
- 11 Ma, X., Deng, X., Qi, L., Jiang, Y., Li, H., Wang, Y., & Xing, X. (2019). *Fully convolutional network for rice seedling and weed image segmentation at the seedling stage in paddy fields*. *PLOS ONE*, 14(4), e0215676. doi:10.1371/journal.pone.0215676
- 12 Asad, M. H., & Bais, A. (2020). *Weed detection in canola fields using maximum likelihood classification and deep convolutional neural network*. *Information Processing in Agriculture*, 7(4), 535–545. doi:10.1016/j.inpa.2019.12.002
- 13 Lavania, S., & Matey, P. S. (2015). *Novel Method for Weed Classification in Maize Field Using Otsu and PCA Implementation*. 2015 IEEE International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology. doi:10.1109/cict.2015.71
- 14 Bosilj, P., Duckett, T., & Cielniak, G. (2018). *Analysis of Morphology-Based Features for Classification of Crop and Weeds in Precision Agriculture*. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3(4), 2950–2956. doi:10.1109/ra.2018.2848305
- 15 Sarvini, T., Sneha, T., Sukanya Gowthami, G. S., Sushmitha, S., Kumaraswamy, R. (2019). *Performance Comparison of Weed Detection Algorithms*. 2019 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP). doi:10.1109/iccsp.2019.8698094
- 16 Belgiu, M.; Drăguț, L. *Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions*. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 2016, 114, 24–31

17 Старовойтов, В. В. Сравнительный анализ оценок качества бинарной классификации / В. В. Старовойтов, Ю. И. Голуб // Информатика. – 2020. – Т. 17, № 1. – С. 87–101. <https://doi.org/10.37661/1816-0301-2020-17-1-87-101>

References

- 1 Fawakherji, M., Youssef, A., Bloisi, D., Pretto, A., & Nardi, D. (2019). Crop and Weeds Classification for Precision Agriculture Using Context-Independent Pixel-Wise Segmentation. 2019 Third IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC). doi:10.1109/irc.2019.00029
- 2 Siddiqi, M. H., Ahmad, W., & Ahmad, I. (n.d.). Weed Classification Using Erosion and Watershed Segmentation Algorithm. *Innovations and Advanced Techniques in Systems, Computing Sciences and Software Engineering*, 366–369. doi:10.1007/978-1-4020-8735-6_69
- 3 Zhang, S., Huang, W., & Wang, Z. (2021). Combing modified Grabcut, K-means clustering and sparse representation classification for weed recognition in wheat field. *Neurocomputing*, 452, 665–674. doi:10.1016/j.neucom.2020.06.140
- 4 Milioto, A., Lottes, P., & Stachniss, C. (2018). Real-Time Semantic Segmentation of Crop and Weed for Precision Agriculture Robots Leveraging Background Knowledge in CNNs. 2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). doi:10.1109/icra.2018.8460962
- 5 Dos Santos Ferreira, A., Matte Freitas, D., Gonçalves da Silva, G., Pistori, H., & Theophilo Folhes, M. (2017). Weed detection in soybean crops using ConvNets. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 314–324. doi:10.1016/j.compag.2017.10.027
- 6 Wang, A., Zhang, W., & Wei, X. (2019). A review on weed detection using ground-based machine vision and image processing techniques. *Computers and Electronics in Agriculture*, 158, 226–240. doi:10.1016/j.compag.2019.02.005
- 7 Di Cicco, M., Potena, C., Grisetti, G., & Pretto, A. (2017). Automatic model based dataset generation for fast and accurate crop and weeds detection. 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). doi:10.1109/iros.2017.8206408
- 8 Di Cicco, M., Potena, C., Grisetti, G., & Pretto, A. (2017). Automatic model based dataset generation for fast and accurate crop and weeds detection. 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). doi:10.1109/iros.2017.8206408
- 9 Potena, C., Nardi, D., & Pretto, A. (2017). Fast and Accurate Crop and Weed Identification with Summarized Train Sets for Precision Agriculture. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 105–121. doi:10.1007/978-3-319-48036-7_9
- 10 Haug, S., & Ostermann, J. (2015). A Crop/Weed Field Image Dataset for the Evaluation of Computer Vision Based Precision Agriculture Tasks. *Lecture Notes in Computer Science*, 105–116. doi:10.1007/978-3-319-16220-1_8
- 11 Ma, X., Deng, X., Qi, L., Jiang, Y., Li, H., Wang, Y., & Xing, X. (2019). Fully convolutional network for rice seedling and weed image segmentation at the seedling stage in paddy fields. *PLOS ONE*, 14(4), e0215676. doi:10.1371/journal.pone.0215676
- 12 Asad, M. H., & Bais, A. (2020). Weed detection in canola fields using maximum likelihood classification and deep convolutional neural network. *Information Processing in Agriculture*, 7(4), 535–545. doi:10.1016/j.inpa.2019.12.002
- 13 Lavania, S., & Matey, P. S. (2015). Novel Method for Weed Classification in Maize Field Using Otsu and PCA Implementation. 2015 IEEE International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology. doi:10.1109/cict.2015.71
- 14 Bosilj, P., Duckett, T., & Cielniak, G. (2018). Analysis of Morphology-Based Features for Classification of Crop and Weeds in Precision Agriculture. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3(4), 2950–2956. doi:10.1109/ra.2018.2848305
- 15 Sarvini, T., Sneha, T., Sukanya Gowthami, G. S., Sushmitha, S., Kumaraswamy, R. (2019). Performance Comparison of Weed Detection Algorithms. 2019 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP). doi:10.1109/iccsp.2019.8698094
- 16 Belgiu, M.; Drăguț, L. Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 2016, 114, 24–31
- 17 Starovoitov V.V. (2020) Sravnitel'nyj analiz ocenok kachestva binarnoj klassifikacii [Comparative analysis of quality assessments of binary classification]. *Informatics. T. 17, No. 1.* 87–101. (In Russian) <https://doi.org/10.37661/1816-0301-2020-17-1-87-101>

SCIENTIFIC NAMED ENTITY RECOGNITION WITH THE HELP OF MODERN METHODS

Yelenov A.M.^{1,3}, Jaxylykova A.B.^{1,2*}

¹*Institute of Information and Computing Technologies, Almaty, Kazakhstan*

²*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

³*Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan*

*email: aselya17.89@mail.ru

Abstract

This research focuses on a comparative study of the Named Entity Recognition task for scientific article texts. Natural language processing could be considered as one of the cornerstones in the machine learning area which devotes its attention to the problems connected with the understanding of different natural languages and linguistic analysis. It was already shown that current deep learning techniques have a good performance and accuracy in such areas as image recognition, pattern recognition, computer vision, that could mean that such technology probably would be successful in the neuro-linguistic programming area too and lead to a dramatic increase on the research interest on this topic. For a very long time, quite trivial algorithms have been used in this area, such as support vector machines or various types of regression, basic encoding on text data was also used, which did not provide high results. The following dataset was used to process the experiment models: Dataset Scientific Entity Relation Core. The algorithms used were Long short-term memory, Random Forest Classifier with Conditional Random Fields, and Named-entity recognition with Bidirectional Encoder Representations from Transformers. In the findings, the metrics scores of all models were compared to each other to make a comparison. This research is devoted to the processing of scientific articles, concerning the machine learning area, because the subject is not investigated on enough properly level. The consideration of this task can help machines to understand natural languages better, so that they can solve other neuro-linguistic programming tasks better, enhancing scores in common sense.

Keywords: scientometrics, Bidirectional Encoder Representations from Transformers, transformers, Named-entity recognition, Neuro-linguistic programming, Random Forest Classifier.

Аннотация

А.М. Еленов^{1,3}, А.Б. Джаксылыкова^{1,2*}

¹*Институт информационных и вычислительных технологий, г. Алматы, Казахстан*

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

³*Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы, Казахстан*

РАСПОЗНАВАНИЕ ИМЕНОВАННЫХ СУЩНОСТЕЙ В НАУКЕ ПРИ ПОМОЩИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ

Данное исследование посвящено сравнительному изучению задачи распознавания именованных сущностей для текстов научных статей. Обработка естественного языка может рассматриваться как один из краеугольных камней в области машинного обучения, которая уделяет внимание проблемам, связанным с пониманием различных естественных языков и лингвистическим анализом. Уже было показано, что современные методы глубокого обучения обладают хорошей производительностью и точностью в таких областях, как распознавание изображений, распознавание образов, компьютерное зрение и так далее. Что может означать, что такая технология, вероятно, будет успешной и в области нейро-лингвистического программирования и приведет к резкому увеличению исследовательского интереса к этой теме. В течение очень долгого времени в этой области использовались довольно тривиальные алгоритмы, такие как поддержка векторных машин или различные типы регрессии, также использовалось базовое кодирование текстовых данных, что не давало высоких результатов.

Для обработки экспериментальных моделей использовался следующий набор данных: Набор данных ядро связи с научными объектами. Используемые алгоритмы: Долгая краткосрочная память, Классификатор случайного леса с условными случайными полями и распознавание именованных сущностей с двунаправленным отображением энкодера из трансформеров. В выводах оценки показателей всех моделей сравнивались друг с другом для сравнения. Исследование посвящено обработке научных статей, в области машинного обучения, поскольку данная тема не исследована на достаточном уровне. Рассмотрение этой задачи может помочь машинам лучше понимать естественные языки, чтобы они могли лучше решать другие задачи нейро-лингвистического программирования, повышая оценки в здравом смысле.

Ключевые слова: наукометрия, двунаправленные отображения энкодера из трансформеров, преобразователи, распознавание именованных сущностей, нейро-лингвистическое программирование, классификатор случайных лесов.

Аңдатпа

А.М. Еленов¹, А.Б. Жақсылықова^{2*}

¹Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институт, Алматы қ., Қазақстан

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

³Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ӘДІСТЕРДІ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ҒЫЛЫМДАҒЫ АТАЛҒАН ЗАТТЫҢ МАҒЫНАЛАРЫН ТАҢУ

Бұл зерттеу ғылыми мақалалар мәтіндері үшін аты аталған тұлғаны тану тапсырмасын салыстырмалы зерттеуге бағытталған. Табиғи тілді өңдеуді әр түрлі табиғи тілдерді түсінуге және лингвистикалық анализге байланысты мәселелерге назар аударатын машиналық оқыту аймағының негізінің бірі ретінде қарастыруға болады. Қазіргі заманғы терең оқыту әдістері суретті тану, үлгіні тану, компьютерлік көру және тағы басқа

Да салаларда жақсы өнімділік пен дәлдікке ие екендігі көрсетілген, бұл мұндай технология нейро-лингвистикалық бағдарламалау саласында да сәтті болуы мүмкін және осы тақырыпқа деген қызығушылықтың күрт артуына әкелуі мүмкін. Ұзақ уақыт бойы бұл салада өте маңызды емес алгоритмдер қолданылды, мысалы, векторлық машиналар немесе регрессияның әртүрлі түрлері, сонымен қатар жоғары нәтиже бермейтін мәтіндік деректердің негізгі кодтауы қолданылды. Эксперименттік модельдерді өңдеу үшін келесі мәліметтер жиынтығы қолданылды: ғылыми объектілермен байланыстың өзегі болып табылатын деректер базасы. Келесі алгоритмдер қолданылды: ұзақ қысқа мерзімді жады, шартты кездейсоқ өрістері бар кездейсоқ орман классификаторы және трансформерлерден энкодерді екі бағытты бейнелеу мен аталған нысандарды тану кездейсоқ орман классификаторы. Алынған нәтижелерде салыстыру үшін барлық модельдердің көрсеткіштерін бағалау бір-бірімен салыстырылды. Бұл зерттеу машиналық оқыту саласына қатысты ғылыми мақалаларды өңдеуге арналған, өйткені бұл тақырып тиісті деңгейде жеткілікті зерттелмеген. Бұл мәселені қарастыру машиналарға табиғи тілдерді жақсы түсінуге көмектеседі, осылайша олар басқа нейро-лингвистикалық бағдарламалау мәселелерін жақсы шеше алады, жалпы бағалауды жоғарылатады.

Түйін сөздер: ғылымиметрия, трансформерлерден энкодерді екі бағытты бейнелеу, трансформерлер, аталған нысандарды тану, нейро-лингвистикалық бағдарламалау, кездейсоқ орман классификаторы.

Introduction

Purpose: The general purpose of this research is to analyze the data in scientific papers in the area of machine learning alongside processing the information from those papers to get a better understanding of natural languages and specifics in this particular area for neural networks. In general, this type of approach could lead us towards improvement and development of the problem-solving capabilities of existing algorithms, thus providing ground for solving other problems that exist in the NLP area and improving their performance.

Relevance: Natural language processing could be considered as one of the cornerstones in the machine learning area which devotes its attention to the problems connected with the understanding of different natural languages and linguistic analysis. It was already shown that current deep learning techniques have a good performance and accuracy in such areas as image recognition, pattern recognition, computer vision, etc., that could mean that such technology probably would be successful in the NLP area too and lead to a dramatic increase on the research interest on this topic. For a very long time, quite trivial algorithms have been used in this area, such as support vector machines or various types of regression, basic encoding on text data was also used, which did not provide high results [1]. Better techniques would be useful for a variety of practical applications, ranging from parsing to question answering tasks or sentiment analysis. In a nutshell, text processing techniques are divided into two categories: statistical and accurate. The accuracy-related approach entails information extraction, which is made up of Part-of-Speech Tagging, Text Segmentation, and Named Entity Recognition. The second technique is based on the estimation of statistics of words in contexts. For example, frequency of occurrence, reverse frequency, word lengths, and what-not [2]. The mentioned rapid growth in the deep learning area created a huge boost to NLP which could be categorized into several parts, the first of them being speech recognition where the main goal is to convert speech to text; next part is devoted to understanding the meaning of the given texts; final part being the text generation, where the neural network could generate different texts on a given topic or a certain keyword. Moreover, you could classify different approaches in NLP, namely syntactic and semantic, where the first approach is about the different construction rules, grammar, and general structure of a sentence, whilst the second approach is about meaning, the general gist of the text.

Significance of the study: Natural language processing task solutions are divided into three categories: first, rule-based, which are thought to be the early ones. However, this kind is still utilized since their proof is reliable. Pattern-matching and parsing, as well as embeddings, are their main major appeals. Typically, these

methods exhibit good performance in restricted tasks; nevertheless, it is impacted by deterioration throughout the generalization phase. As a result, they have a poor degree of accuracy while having a high level of recall metrics. It employs models such as the Linear Classifier, Probability Models, and Likelihood Maximization [3]. These solutions are distinguished by training data using markups, feature engineering, and fitting the model to test data; third, neural networks are analogous to the preceding kind. The difference is that they only learn key characteristics and on raw data, which is original data converted into vector form. RNNs and CNNs are the most frequent examples.

Knowing that people dislike it when someone or something strikes them or that the road might be extremely wet after a rainstorm helps individuals avoid numerous issues in everyday life. This is known as commonsense knowledge, and it is a benefit that individuals have. For many years, however, supplying and teaching this capacity and skill machines was an unfathomable goal. Despite this, for the time being, common sense thinking has become one of the most important jobs, as developers have begun to pay more attention to it. There has recently been a plethora of divergent methods in the field of automation of common sense understanding. One of the most recent efforts was linked to extraction strategies, such that individuals now have enormous graphs of reasoning. Furthermore, many papers were completed that included assimilation to this topic, so that systems such as smart dialogues and agents for answering questions are now more advanced and intelligent. In recent years, developments such as preliminary language training models have led to tools for performing the understanding of human skills. This evolution has to raise the question of whether they must grasp and directly model a good sense from our writings, which are provided in a symbol style. On the other hand, this invention did not give a strong undeniable guarantee that this type of model may create difficult interpretations or that machines can analyze the sophisticated superficial interplay of standards in a simple method. As a result, individuals were faced with the challenge of assessing the correctness and progress of a good sense interpretation. Knowing that people dislike it when someone or something strikes them or that the road might be extremely wet after a rainstorm helps individuals avoid numerous issues in everyday life. This is known as commonsense knowledge, and it is a benefit that individuals have. However, giving and teaching these competence and skill machines was an unfathomable goal for many years. Despite this, common sense thinking has recently become one of the most important jobs, as developers have begun to pay greater attention to it. Nowadays, there have been a plethora of divergent methods in the field of automation of common-sense comprehension. One of the most recent efforts was linked to extraction strategies, such that individuals now have enormous graphs of reasoning. Furthermore, many papers were completed that included assimilation to this issue, so that such systems as smart dialogues and agents for answering questions are now more advanced and intelligent. In recent years, developments such as preliminary language training models have led to tools for performing the understanding of human skills. This evolution has to raise the question of whether they must grasp and directly model a good sense from our writings, which are provided in a symbol style. Contrary, this invention did not give a strong undeniable guarantee that this type of model may create difficult interpretations or that machines can analyze the sophisticated superficial interplay of standards in a simple method. As a result, individuals were faced with the challenge of assessing the correctness and progress of a good sense interpretation. As a result, the necessity for the development of trustworthy texts for testing the machine's skills for modeling good judgment in diverse settings has arisen in activities such as public communications and real-world situations [4]. At the time, there are twelve benchmarks engaged in sound judgment initiatives. The first article represents the strategy for the question-answering systems. The authors suggested a methodology that, in the first phase, transforms each query dedicated to the train so that it has a basic text view. The encoding approach, which may also be utilized in other formats, is employed to carry out the transformation. The collection created as a consequence of this conversion comprises all potential training materials. Following that, the collection of objects with their probabilities is divided into batches. As a result, each batch has the same number of items for each group of the train, regardless of its size [5]. The following method is based on the complicated interplay of two models: the masked language algorithm and the semantic correspondence algorithm. They both contribute to the encoder used in BERT, but the difference is that the entering and outgoing layers are distinct. The authors suggested a solution to the Winograd architectural problem. There is a sequence on the entering layer that comprises a pronoun and a preceding candidate. As a result, the phrase passes through both of the aforementioned levels at the same time. The output of both of them to the encoder, which transforms each word into vectors of embeddings format. The vectors are routed through the same two masking and semantic layers. As a result, there are two data outputs. The first describes the candidate's resemblance to the selected pronoun, while the second illustrates their

connection [6]. Another algorithm is based on transformers as well. The approach's distinguishing characteristic is that the developers offer two types of vectors for the word I in the sequence. The first denotes its meaning, while the second denotes its conditional location, which is reliant on another token j . The authors next present the formula for estimating the value of attention, which falls between these two tokens I and j . As a result, they show the weight of attention between two words as the total of four attention markers in the form of matrices, which take into account content subject-to-subject, subject-to-location, location-to-subject, and location-to-location. This is regarded as a model feature because, in existing techniques, individual matrices of embeddings are used to calculate the bias of the relational location in the process of computing weights of consideration, which is the same as the use of subject-to-subject and subject-to location. The authors argue that all four types of weights are relevant, although competing models only utilize two of them.

The named entity is a physical thing having identifying names, such as persons, geographical locations, businesses, and products. NER aims to classify and assign these name entities in any type of unstructured text to preset categories of entities, which is linked to the information extraction job. The extraction can be useful for a variety of activities, some of which are described below: - Because NER can read messages and provide suitable responses and suggestions, it is essential for developments such as chatbots. This sort of recognition is beneficial for text classification. For instance, consider the development of a news article hierarchy utilizing elements such as entertainment, politics, and sports. - Furthermore, NER enhances text processing semantic methods. Semantic text search engines can be more efficient and precise if they become acquainted with a larger corpus, including its concepts and meaning. - NER extraction is utilized in bigger tasks such as machine translation and question answering [7]. The NER-based method presented by members of the University of Quebec is one example of how this sort of recognition might be useful for modeling good judgment for machines. They offer a method that incorporates common sense information into the named entities, therefore improving NER's capabilities and performance. The effort is connected to the previous solution, which involved the generation of embeddings in the strong collection format. It shows the distributive embeddings of tokens from contexts and ConceptNet research. The collection of embeddings exhibits disparate areas of knowledge and interdependence power. The authors employ architecture, which consists of two major levels. They are Bidirectional Long Short-Term Memory layers and Conditional Random Field layers, which are strengthened by features such as preliminarily learned token embedding layers and dropout layers. Another aspect of the work is the use of representation in the form of characters as well as representation in the form of words. The investigation's major objective is to compare embeddings of words, giving relative information, and the correlation of them with embeddings of words. The investigation's major objective is to compare embeddings of words that offer information in a relative format and their relationship with embeddings of words that present knowledge in a distributive format.

Materials and methodology

There are several datasets linked to NER in various areas: Wikipedia articles, news stories, biomedicine, media, and so on. The dataset utilized in this study is unique in that it comprises 500 abstracts from 12 AI conferences and workshops. SciERC is a new dataset for SemEval 2017 Task 10 and SemEval 2018 Task 7. It adds more coreference connections for cross-sentence linkages, as well as other sorts of entities and relations. Annotations are classified into seven types: Material, Scientific Terms, Method, Task, Metric, and Generic. The developers built a single framework SCIE to make entity determination and categorization.

The Google Team proposed the following method. It is classified into many kinds based on the size of the vocabulary. BERT, in general, comprises two tasks: masking and next-sentence prediction (NSP). The method in the first task is that the developers attach masks for a specified proportion of tokens and then forecast them. It is required to create a pretrain of the model in such a way that it may examine both sides left to right and right to left. It aids the model in making predictions by considering prior and subsequent data. The authors masked 15% of each sequence randomly throughout their studies. When the i -th word is picked, they replace it with the i -th token appended with the [MASK] token; this happens in 80% in all situations, another 10% for accidental tokens, and the remaining 10% for tokens that remain unmodified. Following that, T_i is used to forecast the true token using the loss of cross-entropy. The drawback of this technique is that the mismatch is generated with pre-trained and fine-tuned information because there is no occurrence of the [MASK] during the second step. To circumvent this problem, the authors do not usually use masking [8].

Another recommended technique, Ours: cross-sentence, was tested on the SciERC dataset. The authors stated the issue in such a way that there is a phrase X composed of n tokens x_1, x_2, \dots, x_n . Assuming that $S = s_1, s_2, \dots, s_n$ represents all potential spans that are involved in X based on its length L. Extra markers are indicating the beginning and conclusion of each sequence s_i , which are $START_i$ and END_i . Furthermore, there is an option for establishing a more wonderful depiction by combining the lay across phrases in the text [9].

The next method is being developed to combine many ways into one called SCIIE. The authors attempted to identify and classify scientific items, as well as to establish relationships and resolve coreference across sequences. The model benefits from span products that are placed in a specific context, such as the classifier's characteristics. The activities of sequence level can be quite beneficial by transmitting presentations of span. Specifically, they obtain it from data of coreference across sequence resolution, but without increasing the complexity of the interference [10].

Results and their discussion

As stated at the outset of this study, the primary aim is to conduct research, analyze, and compare the data collected. The models and their scores achieved on the SciERC dataset are shown in Table 2.

Table 2 - The results of training on the SciERC dataset

	Name of the model	F1
Exist	Ours: Cross-sentence	71.32
	BERT Base	70.11
	SCIIE	69.51
Experimental	LSTM	79.54
	RANDOM FOREST CLASSIFIER	73.46
	RF + CONDITIONAL RANDOM FIELDS CLASSIFIER	81.06

The algorithms used to handle the dataset in this study are not the same. They all utilized different approaches. To create a comparison, BERT and Bi - LSTM employ a similar approach of searching for prior and subsequent data to forecast the tag of the present one [11]. However, the characteristics of these approaches vary. The first model employs it during the masking process, whereas the second employs it during the cell state. However, the results vary in that LSTM performed better, suggesting that BERT requires fine-tuning for use on this dataset. The BERT, on the other hand, is utilized in the first model from the table to create a particular representation for the following layer. As a result, BERT and Ours: cross-sentence rely on transformers. Despite this, the outcomes of forecasts varied slightly. BERT had a higher prediction score. Except for RF + CRF and LSTM, RFC had a greater level of score than the other models. Despite this, the results might be regarded as good in comparison to the models studied in this work. RFC employs an algorithm that is distinct from all others. It made use of decision tree ideas. However, the identical one was used in the previous model. Consequently, such a combination received the highest score among the models in the thesis. It denotes the use of decision trees in the development of a prediction process based on the modeling of relationships between goal and input variables. As can be seen, the final model, which is a mixture of two techniques, Random Forest, and Conditional Random Fields Classifier, produces the best results. While the single RF model did not fare well in comparison to the prior one. However, the Long-Short Term Memory network performed well, scoring better than the RFC network.

Conclusion

The research in the field of natural language processing for the job of sound judgment reasoning was conducted in this work. Furthermore, a diverse range of models and their performance in the aforementioned job were investigated. The dataset for this work, which consisted of scientific article texts, was discovered. It is made up of 500 abstracts from 12 different AI conferences. Data tokenization and tagging were applied. On this data, several models were trained and evaluated. More specifically, the three of them, which include LSTM, Random Forest, Random Forest with Conditional Random Fields Classifier, and Random Forest with Conditional Random Fields Classifier. The metric scores were achieved. The outcomes were contrasted and examined.

Acknowledgment

We gratefully acknowledge financial support of Institute of Information and Computational Technologies. (Grant AP09260670, Kazakhstan).

References

1. Luan, Yi, Luheng He, Mari Ostendorf, and Hannaneh Hajishirzi. (2018) Multi-Task Identification of Entities, Relations, and Coreference for Scientific Knowledge Graph Construction. *Proceedings of the 2018 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. <https://doi.org/10.18653/v1/d18-1360>.
2. C. Olah. (2015) *Understanding Lstm Networks*, 1–19.
3. Atanassova I., Bertin M., Philipp M, (2019), *Mining Scientific Papers: Nlp-Enhanced Bibliometrics*. *Frontiers Research Topics*. <https://doi.org/10.3389/978-2-88945-964-3>.
4. Maarten S., Rashkin H., Chen D., Le Bras R., and Choi Y. (2019) *Social Iqa: Commonsense Reasoning about Social Interactions*. *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP)*. <https://doi.org/10.18653/v1/d19-1454>.
5. Khashab, Daniel, Sewon Min, Tushar Khot, Ashish Sabharwal, Oyvind Tafford, Peter Clark, and Hannaneh Hajishirzi (2020). *UNIFIEDQA: Crossing Format Boundaries with a SINGLE QA System*. *Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2020*, <https://doi.org/10.18653/v1/2020.findings-emnlp.171>.
6. Pilault, Jonathan, Amine El hattami, and Christopher Pal. (2021) *Conditionally Adaptive Multi-Task Learning: Improving Transfer Learning in NLP Using Fewer Parameters & Less Data*. *ICLR 2021*.
7. Kurama, Vihar (2021). *Named Entity RECOGNITION: NLP with NLTK & SPACY*. *AI Machine Learning Blog*. *AI & Machine Learning Blog*.
8. Hong, Zhi, Roselyne Tchoua, Kyle Chard, and Ian Foster. (2020) *Sciner: Extracting Named Entities from Scientific Literature*. *Lecture Notes in Computer Science*, 308–21. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50417-5_23.
9. Färber, Michael, Alexander Albers, and Felix Schüber. (2021) *Identifying Used Methods and Datasets in Scientific Publications*. *SDU@ AAAI*.
10. Beltagy, Iz, Kyle Lo, and Arman Cohan. (2019) *SciBERT: A Pretrained Language Model for Scientific Text*. *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP)*. <https://doi.org/10.18653/v1/d19-1371>.
11. Brownlee, Jason. (2021) *A Gentle Introduction to Long Short-Term Memory Networks by the Experts*. *Machine Learning Mastery*.

МРНТИ 89.25.21
УДК 629.7.05.001

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.12>

*Б.-Б.С. Есмагамбетов**

Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

**email: bulatbatyr@mail.ru*

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ СО СЖАТИЕМ ДАННЫХ

Аннотация

При обработке в информационных системах огромных потоков данных отдельные их измерения или целые группы измерений могут быть искажены или утеряны вследствие разных причин. Восстановление сжатых данных при передаче по каналам связи сопровождается погрешностями, связанными с искажением информационной и служебной частей сообщений из-за наличия помех в канале передачи. К этим погрешностям добавляются ошибки, обусловленные квантованием передаваемых реализаций по уровню и дискретизацией по времени. Исследования методов повышения помехоустойчивости как при передаче, так и при восстановлении измеряемых данных является актуальной задачей при проектировании информационно-измерительных систем.

В статье рассмотрены непараметрические методы оценивания вероятностных характеристик случайных процессов. Отличительной особенностью непараметрических методов является ранжирование данных, измеряемых на интервале наблюдения. Показано, что ранжирование данных на передающей стороне информационно-измерительной системы дает возможность коррекции ошибок и сбоев основанной на строгой монотонности ранжированного ряда кодов. Также проведено исследование погрешности восстановления непрерывных реализаций с учетом искажений сжатых данных в канале связи. Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение сложных алгоритмов сжатия нецелесообразно, так как разница в погрешности восстановления нестационарных сообщений между простейшим алгоритмом и достаточно сложным становится пренебрежимо малой. В статье приведены результаты оценки погрешностей восстановления для различных методов сжатия данных.

Ключевые слова: сжатие данных, помехоустойчивость, случайный процесс, существенные отсчеты, избыточность, непараметрические статистики.

Аңдатпа

Б.С. Есмагамбетов

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

ДЕРЕКТЕРДІ СЫҒУ АҚПАРАТТЫҚ-ӨЛШЕУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ БӨГЕУЛ ОРНЫҚТЫЛЫҚ

Ақпараттық жүйелерде деректердің орасан зор ағындарын өңдеу кезінде олардың жекелеген өлшемдері немесе тұтас өлшеу топтары әртүрлі себептердің салдарынан бұрмалануы немесе жоғалуы мүмкін. Байланыс арналары арқылы беру кезінде сығылған деректерді қалпына келтіру хабарлардың ақпараттық және қызметтік бөліктерін бұрмалаумен байланысты қателіктермен қоса беріледі. Бұл қателіктерге берілетін сатуларды деңгей бойынша кванттаумен және уақыт бойынша дискреттеумен негізделген қателер қосылады. Өлшенетін деректерді беру кезінде де, қалпына келтіру кезінде де кедергіге төзімділікті арттыру әдістерін зерттеу ақпараттық-өлшеу жүйелерін жобалау кезіндегі өзекті міндет болып табылады.

Мақалада кездейсоқ процестердің ықтимал сипаттамаларын бағалаудың параметрлік емес әдістері қаралды. Параметрлік емес әдістердің ерекшелігі бақылау аралығында өлшенетін деректерді саралау болып табылады. Ақпараттық-өлшеу жүйесінің таратушы жағындағы деректерді саралау сараланған бірқатар кодтардың қатаң монотондылығына негізделген қателер мен іркілістерді түзетуге мүмкіндік беретіні көрсетілген. Сонымен қатар, байланыс арнасындағы сығылған деректердің бұрмалануын ескере отырып, үздіксіз іске асыруды қалпына келтіру қателіктеріне зерттеу жүргізілді. Алынған нәтижелер сығымдаудың күрделі алгоритмдерін қолдану орынсыз екенін көрсетеді, себебі қарапайым алгоритм мен айтарлықтай күрделі арасындағы стационарлық емес хабарламаларды қалпына келтіру қателіктеріндегі айырмашылық елеусіз болады. Мақалада деректерді қысудың әртүрлі әдістері үшін қалпына келтіру қателіктерін бағалау нәтижелері келтірілген.

Түйін сөздер: деректерді сығу, бөгеул орнықтылық, кездейсоқ процесс, елеулі есептеулер, артықтық параметрлік емес статистикалар.

Abstract

NOISE IMMUNITY IN DATA COMPRESSION INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEMS

Yesmagambetov B.-B.S.

South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

When processing huge data streams in information systems, individual measurements or whole groups of measurements can be distorted or lost due to various reasons. Recovery of compressed data during transmission on communication channels is accompanied by errors related to distortion of information and service parts of messages due to presence of interference in transmission channel. To these errors are added errors caused by quantization of the transmitted implementations by level and time sampling. Research on methods of increasing noise immunity both during transmission and during recovery of measured data is an urgent task in the design of information and measurement systems.

The article considers non-parametric methods of estimating probabilistic characteristics of random processes. A distinctive feature of non-parametric methods is the ranking of data measured at the observation interval. It is shown that ranking of data on transmitting side of information-measuring system enables correction of errors and failures based on strict monotony of ranked number of codes. Also, the error of recovery of continuous implementations taking into account distortions of compressed data in the communication channel was investigated. The obtained results indicate that the use of complex compression algorithms is impractical, since the difference in the error in the restoration of non-stationary messages between the simplest algorithm and the rather difficult one becomes negligible. The article presents the results of estimating recovery errors for various data compression methods.

Keywords: data compression, noise immunity, random process, significant counts, redundancy, non-parametric statistics.

Введение

В информационно-измерительных системах исследования, связанные с оценкой действия помех, являются чрезвычайно актуальными ввиду влияния последних на качество передаваемой и принимаемой информации. В системах со сжатием данных, особенно в бортовых телеметрических системах летательных аппаратов, актуальность вопросов помехоустойчивости передаваемых сообщений еще более усиливается в связи с наличием погрешностей, накладываемых самими методами сжатия.

Апертурные методы сжатия данных не эффективны при наличии помех, так как практически все сбои фиксируются в качестве существенных отсчетов, что приводит к существенным искажениям результатов при их восстановлении. По сравнению с ними необратимые методы сжатия с использованием непараметрических методов теории решений дают существенно лучшие результаты как по коэффициенту сжатия, так и по точностным характеристикам восстановления и трудоемкости вычислительных операций. Главное их достоинство заключается в устойчивости методов к различного рода шумам.

Методология исследования

Простейшая модель нестационарного процесса имеет вид

$$y(t) = x(t) + h(t),$$

где $y(t)$ - измеряемый процесс, $x(t)$ - случайная стационарная составляющая, $h(t)$ - нестационарный тренд (сигнал) [1].

Процедура обработки заключается в разделении исходной реализации $y(t)$ на две составляющие в соответствии с выше приведенным выражением. Основные этапы алгоритма следующие. Исходная реализация делится на последовательность отрезков $\tau_{ст}$, на которых она стационарна по математическому ожиданию. Степень стационарности на отрезке регулируется априори задаваемым уровнем значимости α , величина которого показывает, что на данном отрезке математическое ожидание меняется не более, чем на ϵ - отклонение. Выход его за границы ϵ -отклонения соответствует концу текущего отрезка стационарности и началу нового отрезка стационарности $\tau_{ст}$. Оценка среднего значения процесса на каждом отрезке стационарности получается путем присвоения ему значения процесса в середине отрезка стационарности [2].

Таким образом, получаем оценку тренда $h^*(t)$. Случайный стационарный остаток $x^*(t)$ может быть получен как $x^*(t) = y(t) - h^*(t)$.

Для исследования процедуры использовались нестационарные модели вида

$$y(t) = \exp(i/100) + x(t),$$

$$y(t) = 5 \sin(0.05i) + x(t),$$

где $x(t)$ – стационарная составляющая, имеющая нормальное распределение. Составляющие, взятые в качестве тренда в этих моделях, описываются монотонными и колебательными функциями. На рис.1 приведены результаты операции выделения нестационарной составляющей для монотонного тренда.

Пользуясь терминами сжатия данных, за существенные точки можно принять номера отсчетов, соответствующие серединам отрезков стационарности (иногда за существенные точки принимают номера отсчетов, соответствующие границам отрезков – правым или левым).

Таким образом, сокращение избыточности происходит за счет передачи существенных точек исходного процесса $y(t)$, характеризующих тренд. В случае, если необходимо иметь информацию о стационарном остатке, то передаются его статистические характеристики.

Для этого достаточно проранжировать полученные на интервале квазистационарности данные в порядке их возрастания или убывания. Для оценивания среднеквадратического отклонения можно использовать крайние порядковые статистики [3]:

$$\sigma = \gamma(X^{(N)} - X^{(1)})$$

или, с учетом сбойных наблюдений:

$$\sigma = \gamma(X^{(N-1)} - X^{(2)}),$$

где γ – коэффициент, зависящий от объема наблюдений на интервале квазистационарности. Рекомендуется выбирать $\gamma = 1/3$ при $n < 12$ и $\gamma = 1/4$ при $n > 12$ [4].

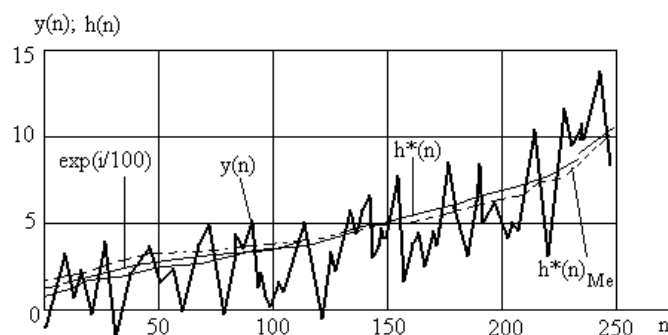


Рисунок 1. Выделение нестационарной составляющей

Для оценивания функции распределения и корреляционной функции можно применить формулы использующие ранговые статистики [5,6]:

$$F(x) = R/(N + 1),$$

$$\rho_k(j) = K(N) \sum R_i - 1.$$

Здесь R – ранг элемента, K – постоянная Кендалла, N – объем наблюдений на интервале квазистационарности.

Существенный выигрыш в вычислительных затратах получается, если на одном интервале стационарности оценивать несколько вероятностных характеристик, так как при их вычислении используется один и тот же ряд ранжированных наблюдений.

Ранжированные на передающей стороне данные дают возможность коррекции ошибок и сбоев на приемной стороне информационно-измерительной системы основанной на строгой монотонности ранжированного в (пределах пакета) ряда $x_1, x_2, \dots, x_R, \dots, x_N$ кодов.

Ее можно пояснить с помощью примера, приведенного на рис.2. Здесь через x^*_R обозначен код (ранга R) с ошибкой передачи, а через \bar{x}_R – его исправленное значение (рис. 2).

При этом очевидно, что максимальное значение погрешности передачи с применением коррекции не превосходит в каждом одиночном случае величины $\Delta_R = X_R - X_{R-1}$, а среднеквадратическая погрешность – величины

$$\varepsilon_R = \sqrt{0,5} \sum \Delta_R^2.$$

Отметим, что передача порядковых статистик, несущих информацию о различных характеристиках процесса, при их расположении в пакете в порядке возрастания или убывания рангов представляет частный случай предложенного способа.

Другой важной характеристикой работы алгоритмов является их помехоустойчивость не только к наличию шумовой составляющей, но и к сбойным точкам. Этот вопрос исследовался экспериментально путем добавления к вышеприведенным моделям сбойных точек, число и значения которых менялись случайным образом по соответствующей программе.

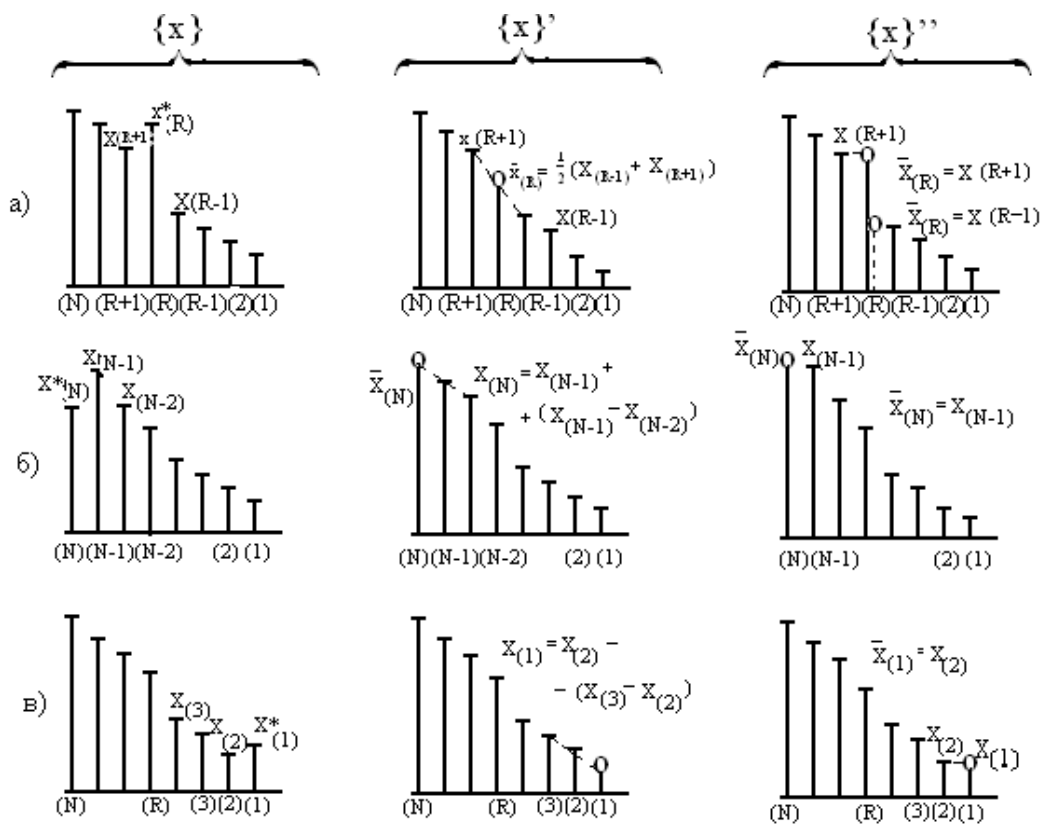


Рисунок 2. Коррекция ошибок на приемной стороне

Не приводя здесь количественные и качественные характеристики, отметим лишь, что апертурные методы сжатия данных оказались абсолютно непригодными для обработки при наличии в измерениях помех сбойного характера. При использовании же необратимых методов сжатия точность восстановления тренда практически не зависела от сбойных точек, тогда как зависимость от них оценок статистических характеристик стационарной составляющей была достаточно сильной.

Для исследования погрешности восстановления непрерывных реализаций с учетом искажений сжатых данных в канале связи моделировались процессы для разных способов передачи информации в стационарных и нестационарных каналах. При моделировании генерировались сигналы в виде суммы экспоненциального тренда и стационарной составляющей не дифференцируемого случайного процесса. Для сжатия использовались апертурные алгоритмы и алгоритмы, ограничивающие дисперсию ошибки восстановления. Учитывались искажения как информационной, так и случайной части сообщения. Адресная информация формировалась с каждым существенным отсчетом.

Результаты исследования

Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение сложных алгоритмов сжатия целесообразно лишь для гладких, слабо зашумленных нестационарных сигналов и в стационарных каналах очень высокого качества (рис. 3).

При вероятностях ошибки приема символа сообщения $p > 10^{-2}$ и относительной мощности стационарной составляющей $h=1,0$ разница в погрешности восстановления нестационарных сообщений между простейшим алгоритмом ПО (предсказатель нулевого порядка) и достаточно сложным А0 – А1 (интерполяторы нулевого и первого порядка) становится пренебрежимо малой. Наличие искажений адресной информации в стационарном канале (рис. 4) почти на порядок повышает погрешность восстановления при апертуре $\epsilon > 3\%$, но мало влияет на нее при незначительных апертурах ($\epsilon < 1\%$).

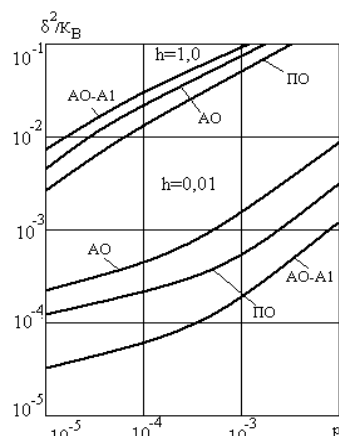


Рисунок 3. Погрешности восстановления для различных алгоритмов сжатия данных

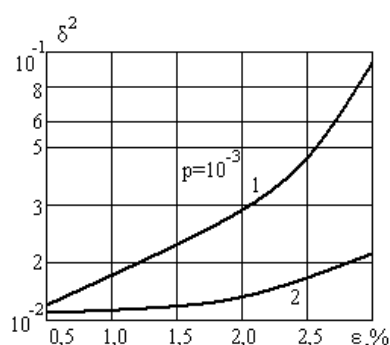


Рисунок 4. Погрешности восстановления нестационарных сообщений

Применение алгоритмов сжатия с контролем среднеквадратической погрешности восстановления (рис. 5) в нестационарном канале целесообразно лишь при очень малых апертурах (менее 1%) и малой относительной мощности стационарной составляющей сигнала ($h=0,1$). Для сильно зашумленных сигналов ($h=1,0$) погрешность восстановления практически не зависит от апертуры, а значит, и от коэффициента сжатия. При сжатии алгоритмом ПО эта тенденция проявляется еще резче.

На погрешность восстановления увеличение числа r проверочных символов корректирующего кода слабо влияет после $r=4$ (рис. 6) в плохом канале ($p=10^{-1}$).

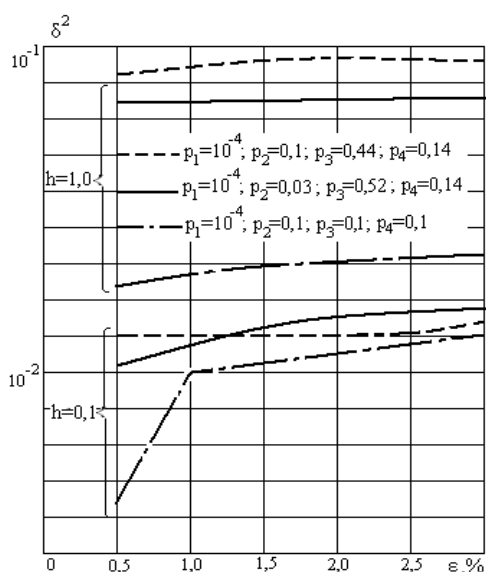


Рисунок 5. Погрешности восстановления в нестационарном канале

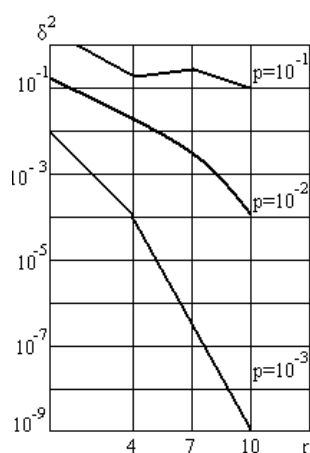


Рисунок 6. Погрешность восстановления при использовании корректирующего кода

В хорошем канале ($p < 10^{-4}$) погрешность оказывается приемлемой и без кодирования, поэтому можно рекомендовать применение для защиты адресной, временной и информационной частей сообщения коротких простейших циклических кодов Хэмминга. Этот вывод является следствием того, что группирование ошибок при передаче сжатых данных в каналах с памятью существенно (на 1-2 порядка) снижает погрешность восстановления сообщений по сравнению с передачей их в каналах с независимыми ошибками. В каналах с памятью исследовалось также влияние на погрешность восстановления нестационарных сигналов способов повышения достоверности передачи, таких, как использование обратного канала (с решающей и управляющей обратной связью) и отбраковка недостоверных измерений на приемной стороне системы.

Дискуссия

В литературных источниках проводились исследования погрешностей восстановления сжатых данных для стационарных каналов с нормальной помехой и стационарных передаваемых процессов [7,8]. При формировании служебной информации с каждым существенным отсчетом погрешность восстановления сигналов, вызванная искажениями служебной информации, оказалась на 2-3 порядка ниже, чем погрешность из-за искажения информационной части. Однако, реальные каналы связи часто оказываются нестационарными с наличием помех, коррелированных с полезным сигналом [9,10]. Такие каналы вносят существенные искажения при восстановлении сигналов на приемной стороне. Поэтому возникает необходимость обеспечения достоверности данных измерений на всех этапах преобразования данных, в том числе на этапе сжатия.

Как показали результаты имитационного моделирования, применение решающей обратной связи с переспросом ошибочно принятых сообщений уменьшает погрешность восстановления в среднем на 1 - 2 порядка при использовании простейшего кода с одним проверочным символом и на 2-3 порядка при 10 проверочных символов. При этом снижение коэффициента сжатия полосы частот прямого канала за счет переспросов не превышает 20%.

Однако применение решающей обратной связи в телеметрии имеет ограничения в связи с трудностью организации обратного канала и большими задержками в приеме ответов на значительных удалениях источника от приемника [11,12]. Поэтому были рассмотрены также возможности повышения точности восстановления при передаче сжатых данных по каналам с памятью путем отбраковки недостоверных измерений на приемной стороне. Изучалось влияние как параметрических методов (использование текущих разностей), так и непараметрических (с помощью статистики Диксона).

Результаты исследований свидетельствуют о том, что погрешность восстановления непрерывных процессов существенно зависит от выбора порога решающего правила, характера процесса и состояния канала передачи. Существует экстремум относительной погрешности восстановления (рис. 7), однако при гладких процессах ($h=0,1$) ошибка в выборе положения порога при недостатке априорной информации приводит к росту погрешности на 4-5 порядков по сравнению с минимальной (при использовании для отбраковки первых разностей).

Эффективность отбраковки для таких процессов также резко падает при средней длине пакетов ошибок $l_{cp} > 30$. Погрешность восстановления сильно зашумленных нестационарных сообщений (рис. 7, а) может быть снижена за счет исключения недостоверных данных примерно на порядок в каналах с большим уровнем помех ($p_e > 10^{-2}$, рис. 7, б); в каналах же высокого качества ($p_e < 10^{-3}$) этот выигрыш оказывается незначительным (рис. 7, в).

Лучшие результаты для обнаружения недостоверных измерений достигаются применением непараметрической статистики Диксона, которая за счет непараметричности обеспечивает примерно одинаковую эффективность и для гладких, и для зашумленных сигналов в каналах передачи разного качества.

Использование обратного канала с управляющей обратной связью показало, что ее применение позволяют существенно улучшить адаптацию системы к изменению помеховой обстановки в канале.

Таким образом, при передаче сжатых данных по стационарным каналам связи необходимости в помехоустойчивом кодировании не возникает даже при высоком уровне помех с вероятностью искажения одиночных символов сообщения порядка 10^{-2} .

И лишь в нестационарных каналах с памятью целесообразно применение коротких циклических кодов с 3-4 проверочными символами или сверточных кодов (при средней длине пакетов ошибочных измерений 2-20).

Более эффективным в этих случаях оказывается исключение недостоверных измерений с помощью непараметрических статистик вместе приема или использования обратного канала с решающей обратной связью.

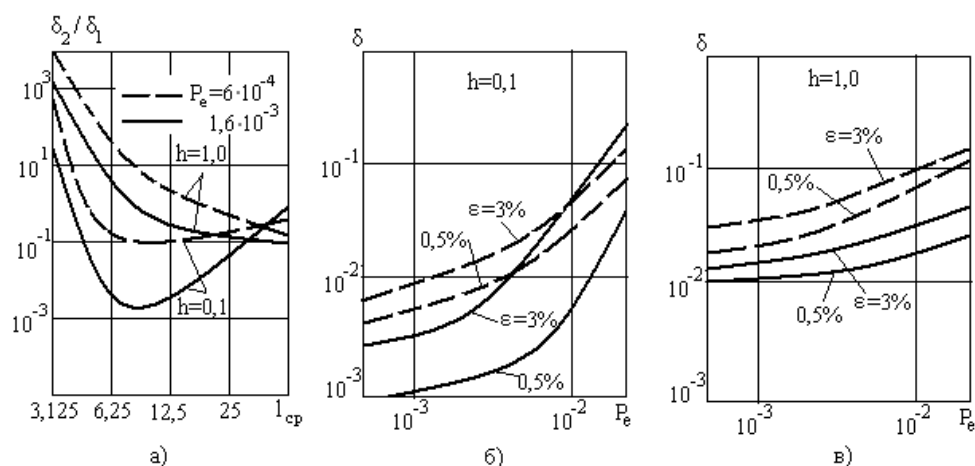


Рисунок 7. Эффективность отбраковки недостоверных данных

Заключение

Из проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. При передаче сжатых данных по стационарным каналам связи необходимость в помехоустойчивом кодировании не возникает.
2. В нестационарных каналах с памятью целесообразно применение коротких циклических кодов с 3-4 проверочными символами или сверточных кодов.
3. Исключение недостоверных данных эффективно с помощью непараметрических статистик в месте приема или использование обратного канала с решающей обратной связью.

Список использованной литературы:

- 1 Yesmagambetov B.-B.S., Inkov A.M. Fast changing processes in radiotelemetry systems of space vehicles. *Journal of Systems Engineering and Electronics*. Vol. 26, No. 5. Beijing, October 2015, pp.941 – 945
- 2 Yesmagambetov B.-B.S., Ajmenov Zh., Inkov A. Ismailov S., Saribaev A. Statistical data processing in rocket-space technology. *Modern Applied Science*, Vol.9, №8. Canadian Center of Science and Education, 2015. P317-334.
- 3 Sprent P., Smeeton N.C. *Applied Nonparametric Statistical Methods*. Chapman and Hall/CRC, 2001, 462 pages.
- 4 Есмагамбетов Б.-Б.С. Статистическая обработка данных в радиотелеметрических системах. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*. №1.- М., 2015. С.13-21
- 5 Paul H. Kvam, Brani Vidakovic. *Nonparametric Statistics with Applications to Science and Engineering*. John Wiley & Sons, Inc, 2007
- 6 Gamiz M.L. et al *Applied Nonparametric Statistics in Reliability*. Springer, 2011, 230 pages.
- 7 Ю.Б. Ольховский, О.Н. Новоселов, А.П. Мановцев. *Сжатие данных при телеизмерениях*. – М.: Советское радио, 1971. – 303 с.
- 8 В.А. Свириденко. *Анализ систем со сжатием данных*. – М.: Связь, 1977. – 184 с.
- 9 А.Н. Дядюнов, Ю.А. Онищенко, А.И. Сенин. *Адаптивные системы сбора и передачи аналоговой информации*. – М.: Машиностроение, 1988. – 287 с.
- 10 Назаров А.В., Козырев Г.И., Шитов И.В. и др. *Современная телеметрия в теории и на практике. Учебный курс*. – Санкт-Петербург: Наука и техника, 2007. – 667 с.
- 11 Б.Я.Авдеев, Е.М. Антонюк, С.Н. Долинов и др.. *Адаптивные телеизмерительные системы*. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 248 с.
- 12 Победоносцев В.А. *Основы инфомметрии*. – М.: «Радио и связь», 2000. – 192 с.

References:

- 1 Yesmagambetov B.-B.S., Inkov A.M. (2015) Fast changing processes in radiotelemetry systems of space vehicles. *Journal of Systems Engineering and Electronics*. Vol. 26, No. 5. Beijing, October, pp.941 – 945
- 2 Yesmagambetov B.-B.S., Ajmenov Zh., Inkov A. Ismailov S., Saribaev A. (2015) Statistical data processing in rocket-space technology. *Modern Applied Science*, Vol.9, №8. Canadian Center of Science and Education, P317-334.
- 3 Sprent P., Smeeton N.C. *Applied Nonparametric Statistical Methods*. Chapman and Hall/CRC, 2001, 462 pages.

- 4 Yesmagambetov B.-B.S. (2015) *Statisticheskaja obrabotka dannyh v radiotelemetricheskih sistemah*. [Statistical processing of data in radiotelemetry systems]. *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Priborostroenie*. No. 1. M., 13-21). (In Russian).
- 5 Paul H. Kvam, Brani Vidakovic. (2007) *Nonparametric Statistics with Applications to Science and Engineering*. John Wiley & Sons, Inc.
- 6 Gamiz M.L. (2011) *et al Applied Nonparametric Statistics in Reliability*. Springer, 230.
- 7 Yu. B. Olhovski, O.N. Novoselov, A.P. Manovtcev. (1971) *Szhatie dannyh pri teleizmereniih* [Data Compression for Tele-Measurements]. *Sovetskoe radio*. M., 303. (in Russian).
- 8 V.A. Sviridenko. *Analiz system so szhatiem dannyh* (1977) [Data Compression System Analysis]. *Sviaz*. – M., 184. (In Russian).
- 9 A.N. Diadyunov, Yu. A. Onishenko, A.I. Senin. (1988) *Adaptivnye sistemy sbora i peredachi analogovoi informatsii* [Adaptive analog data collection and transmission systems]. *Mashinostroenie*. M., 287. (In Russian).
- 10 Nazarov A.V., Kozyrev G.I., Shitov I.V. I dr. (2007) *Sovremennaja telemetriia v teorii i na praktike. Uchebnyi kurs* [Modern telemetry in theory and practice. Training course]. *Nauka i tehnika*. St. Petersburg, 667. (In Russian).
- 11 B. Ia. Avdeev, E.M. Antonyuk, S.N. Dolinov I dr. (1981) *Adaptivnye teleizmeritelnye sistemy* [Adaptive Telemetry Systems]. *Energoizdat*. L, 248. (In Russian).
- 12 Pobedonostcev V.A. *Osnovy informmetrii* (2000) [Fundamentals of Information Metrics]. *Radio i sviaz*. M., 192. (In Russian).

THE ALGORITHM OF BLOCK ENCRYPTION "AL03" AND THE RESULTS OF ITS ANALYSIS

Kapalova N.¹, Algazy K.^{1,2}, Sakan K.^{1,2}, Dyussenbayev D.¹*

¹*Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan*

²*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

*email: kunbolat@mail.ru

Abstract

This paper provides a brief description of the developed block cipher algorithm "AL03" and the results of checking the avalanche effect. This algorithm has the structure of a substitution-permutation network. The check consisted of two stages. At the first stage, the avalanche effect was tested separately for each transformation used in the algorithm. At the second stage, each round of encryption was analyzed. To characterize the degree of the avalanche effect in a transformation, the avalanche parameter is determined and used - the numerical value of the deviation of the probability of changing a bit in the output sequence when a bit in the input sequence changes from the required probability value equal to 0.5. The article presents the results after the 1st, 2nd, 3rd, and 24th rounds in the form of a table. Based on the round results obtained, comparative tests were carried out, as a result of which a positive conclusion was given on further research of this encryption algorithm.

Keywords: encryption algorithm, substitution S-boxes, avalanche effect, cryptographic conversions, encryption key, encryption round.

Аңдатпа

Н. Капалова¹, К. Алгазы^{1,2}, Қ. Сақан^{1,2}, Д. Дюсенбаев¹*

¹*Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан*

²*әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

«AL03» БЛОКТЫ ШИФРЛАУ АЛГОРИТМІ ЖӘНЕ ОНЫ ТАЛДАУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Бұл жұмыста құрылымы ауыстыру-ауыстыру желісінің нұсқасы бойынша жасалған «AL03» блоктық шифрлау алгоритмінің қысқаша сипаттамасы мен оның лавиндік әсерін тексерудің нәтижелері келтірілген. Мақалада зерттеу екі кезеңнен тұрады. Бірінші кезеңде алгоритмде қолданылатын әр түрлендіру және ол үшін талдау жеке жүргізілді. Екінші кезеңде талдау шифрлаудың бүтіндей әрбір раунды бойынша жүргізілді. Түрлендіру жүру барысында оның лавиндік әсерінің дәрежесін сипаттау үшін лавиндік параметрі –0,5-ке тең қажетті ықтималдық мәнінен кіріс тізбегіндегі бір ғана бит өзгерген кезде шығу тізбегіндегі барлық өзгеру ықтималдығының ауытқуының сандық мәні – анықталды және зерделенді. Мақалада кесте түрінде 1-ші, 2-ші, 3-ші және 24-ші раундтан кейінгі нәтижелер келтірілген. Алынған раундтық нәтижелер бойынша салыстырмалы тесттер жүргізілді, олардың нәтижелері бойынша осы шифрлау алгоритмін одан әрі зерттеулерді жалғастыру бойынша оң қорытынды берілді.

Түйін сөздер: шифрлау алгоритмдері, S-блок ауыстыру кестелері, лавиндік әсер, криптографиялық түрлендірулер, шифрлау кілті, шифрлау раунды.

Аннотация

Н. Капалова¹, К. Алгазы^{1,2}, К. Сақан^{1,2}, Д. Дюсенбаев¹*

¹*Институт информационных и вычислительных технологий, г. Алматы, Казахстан*

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

АЛГОРИТМ БЛОЧНОГО ШИФРОВАНИЯ «AL03» И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГО АНАЛИЗА

В данной работе приводятся краткое описание разработанного алгоритма блочного шифрования «AL03» и результаты проверки лавинного эффекта, данный алгоритм имеет структуру подстановочно-перестановочной сети. Исследование состоит из двух этапов. На первом этапе анализ проводился отдельно для каждого преобразования, применяемого в алгоритме. На втором этапе проводился по каждому раундам шифрования. Для характеристики степени лавинного эффекта в преобразовании определен и использован лавинный параметр – численное значение отклонения вероятности изменения бита в выходной последовательности при изменении бита во входной последовательности от требуемого значения вероятности, равной 0,5. В статье представлены результаты после 1-го, 2-го, 3-го и 24-го раунда в виде таблицы. По полученным раундовым результатам проводились сравнительные тесты, по итогам которых, дано положительное заключение по дальнейшему исследованию данного алгоритма шифрования.

Ключевые слова: алгоритм шифрования, таблицы S-блок замены, лавинный эффект, криптографическое преобразование, ключ шифрования, раунд шифрования.

Introduction

Cryptography is divided into theoretical and applied science. To study theoretical issues of cryptography, familiarity with various mathematical disciplines (e.g., probability theory and statistics, algebra, number theory, etc.), the theory of communication and coding is required. Applied cryptography deals with the application of theoretical cryptographic results in practice for solving specific problems.

Encryption algorithms fall into two categories: symmetric and asymmetric algorithms. The fundamental difference between them is that symmetric encryption algorithms use one key, while asymmetric ciphers use two different, but related keys. Symmetric encryption algorithms are faster and require less processing power. Due to its high encryption speed, symmetric algorithms are widely used to protect the information in many modern computer systems. Their main drawback is the key distribution problem, which is successfully solved for key pairs in asymmetric ciphers.

In turn, symmetric algorithms are divided into two types: block and stream ciphers. Block algorithms accept plain text in blocks of several characters, and stream algorithms sequentially convert the plain text character by character or bit by bit. In block ciphers, the source text is divided into blocks of fixed length, and all transformations are performed separately on each block [1-3]. Block ciphers are widely used in practice due to the long-term use of one short key without decreasing the cryptographic strength and high encryption speed, and also have other advantages.

During development, general requirements are imposed on the specified type of ciphers, such as [4-6]:

- Ensuring the required level of cryptographic strength;
- Simplicity, availability, and cost, as well as providing high performance and flexibility in various ways of implementation.

To ensure a high level of information security and data protection, in addition to the above requirements, the algorithms being developed are subject to basic requirements, which are given in [5, 6].

Thus, taking into account the general and basic requirements in the design of block ciphers, we proposed the new symmetric block cipher algorithm AL03, which is one of the modifications of the symmetric block cipher algorithm AL01 [7, 8].

Research results

Brief description of the encryption algorithm

The encryption algorithm AL03, developed by workers of the Institute's Information Security Laboratory, uses blocks and keys with a length of 128 bits. The structure of the cipher is a variant of a substitution-permutation network (SP-network). Encryption is carried out in 24 rounds. The algorithm includes transformations such as key addition using bitwise addition (XOR), substitution boxes (S-boxes), and bitwise shifts.

The encryption process in one round is performed in 5 stages and ends with the addition of the round keys modulo 2 to the results obtained.

At **Stage 1**, the input block of 16 bytes (128 bits) is divided into 4 subblocks of 4 bytes (32 bits) each: $a_0^0, a_1^0, a_2^0, a_3^0, a_0^1, a_1^1, a_2^1, a_3^1, a_0^2, a_1^2, a_2^2, a_3^2, a_0^3, a_1^3, a_2^3, a_3^3$, where the superscript represents the subblock number and the subscript is the byte number in the subblock. The internal transformation for subblocks is performed as follows: 1st and 2nd bytes, 2nd and 3rd bytes, 3rd and 4th bytes are summed modulo 2 and form new 1st, 2nd, and 3rd bytes, respectively. Further, the new 1st byte after the non-linear transformation of the S-box is added modulo 2 to the 4th byte to obtain a new 4th byte.

This transformation is performed for the other three subblocks as well. That is,

$$b_i^j = a_i^j \oplus a_{i+1}^j, b_3^j = S_1(b_1^j) \oplus a_3^j, \quad i = 0, 1, 2, j = 0, 1, 2, 3.$$

At **Stage 2**, all the results obtained in Stage 1 go through the substitution S-box. The S-box is shown in Table 1.

$$c_i^j = S_1(b_i^j), \quad i = 0, 1, 2, 3; j = 0, 1, 2, 3.$$

Stage 3. In each subblock, a concatenation operation is performed over its 4 bytes at the bit level, followed by a rotate left by a predetermined number of steps L^j ($L^j=1, 3, 5, 9$) for each subblock, respectively:

$$c_0^j \parallel c_1^j \parallel c_2^j \parallel c_3^j = (c_0^j \parallel c_1^j \parallel c_2^j \parallel c_3^j) \lll L^j, \quad j = 0, 1, 2, 3.$$

At **Stage 4**, the transformation is carried out similarly to Stage 1, but regarding neighboring subblocks. The corresponding values of the 1st and 2nd subblocks, the 2nd and 3rd subblocks, and the 3rd and 4th subblocks are summed modulo 2 and give the new values of the 1st, 2nd, and 3rd subblocks. The new values of the 4th subblock are the sum modulo 2 of the obtained values of the 1st subblock after passing another substitution S-box with the values of the 4th subblock:

$$d_i^j = c_i^j \oplus c_i^{j+1}, d_i^3 = S_2(d_i^0) \oplus c_i^3, \quad i = 0, 1, 2, 3; \quad j = 0, 1, 2.$$

At **Stage 5**, all the values of the four sub-blocks obtained in Stage 4 pass through the substitution S-box, according to Table 2.

$$e_i^j = S_2(d_i^j), \quad i = 0, 1, 2, 3; \quad j = 0, 1, 2, 3.$$

One round of encryption is completed by summing modulo 2 the values of e_i^j with the round key.

The above-described six-step encryption process is repeated k times depending on the number of rounds.

Analysis results

Multi-round transformations provide the diffusion and confusion properties that strong ciphers should have. Diffusion is the spread of the influence of one plaintext character over a significant number of ciphertext characters. The presence of this property in a cipher allows hiding the statistical dependence between the elements of the original text and does not allow recovering the key in parts. The essence of the confusion is to make the statistical relationship between the ciphertext and the key as complex as possible to resist attempts to determine the key. The cryptanalyst, based on a statistical analysis of the mixed text, should not obtain information about the key [9].

The avalanche effect in the basic transformation is manifested in a significant - "avalanche" - change of bits in the output sequence of the transformation with a small change in the bits in the input sequence. The high degree of the avalanche effect in the encryption algorithm significantly complicates attacks when using the method of differential cryptanalysis because of the impossibility of identifying the underlying differential characteristics of the transformation. If a cryptographic algorithm does not have a sufficient avalanche effect, then an adversary can make certain assumptions about the original text based on the ciphertext. Thus, the achievement of the avalanche effect is an important goal in the development of a cryptographic algorithm. In multi-round block ciphers, the avalanche effect is usually achieved due to the fact that in each round, a change in one input bit leads to changes in several output bits. To check the presence of a good avalanche effect in a particular algorithm, several criteria can be used [10-12].

We will use the notation given in the description of the algorithm. Let $a_0^0, a_1^0, a_2^0, a_3^0, a_0^1, a_1^1, a_2^1, a_3^1, a_0^2, a_1^2, a_2^2, a_3^2, a_0^3, a_1^3, a_2^3, a_3^3$ be the elements of the block for encryption.

In order to find out how each transformation used in the algorithm affects the avalanche effect, two plaintexts are considered that are minimally different from each other. Next, the differences in the values obtained during encryption at each step are investigated. For convenience, key values, encryption results, and their differences are considered in hexadecimal form.

As an example, let's take the following two plaintexts, differing only by one bit in the last byte a_3^3 :

- 1) AA AA AA AA AA AA AA AA AA AA AA AA AA AA AA AA;
- 2) AA AA AA AA AA AA AA AA AA AA AA AA AA AA AA AB.

Let the master key K_0 be common for both plaintexts: 46 84 1A 41 6E D2 D2 81 79 AA E5 E4 1C 70 72 90. To begin with, according to the algorithm for generating round keys, we derive three round keys required for the first three rounds:

$K_1=2A 75 2B C3 8F 13 6F E2 5C 8C 0A 11 C2 81 50 6A$

$K_2=6F A9 5B AC 8F 55 55 2D 27 BC 0F CA 77 1A 7D 47$

$K_3=0A F2 61 26 DB A2 C2 34 77 C4 3F 5D 96 78 BD 78$

Obviously, modulo two addition (XOR operation) of plaintext with a key does not lead to an avalanche effect, since changes do not affect other bytes.

According to the encryption scheme, as a result of the Step-1 transformation, the change is propagated to the last two bytes (a_2^3, a_3^3):

32 3F 9F 17 38 62 3B A2 EF 92 E9 04 D0 10 24 68

32 3F 9F 17 38 62 3B A2 EF 92 E9 04 D0 10 6C ED

After the Step-2 transformation, the last three bytes will change a_1^3, a_2^3, a_3^3 :

64 7F 3E 2E C3 11 DD 11 F2 5D 20 9D 80 81 23 46

64 7F 3E 2E C3 11 DD 11 F2 5D 20 9D 80 83 67 6E

In the next Step-3 transformation, we observe changes in six bytes $a_1^3, a_2^3, a_3^3, a_1^2, a_2^2, a_3^2$:

AE D1 C8 05 D5 56 04 0C CA 90 6B 67 30 C2 E9 E3

AE D1 C8 05 D5 56 04 0C CA D9 42 F8 30 51 18 C7

As mentioned above, modulo 2 addition of the round key with the result of encryption will not propagate the changes to bytes located elsewhere. Consider propagating changes to byte locations after the second round. As shown in Table 1, after round encryption, changes are observed in the following bytes: $a_0^1, a_1^1, a_2^1, a_3^1, a_0^2, a_1^2, a_2^2, a_3^2, a_0^3, a_1^3, a_2^3, a_3^3$. Likewise, we can compare the values after three rounds (Table 2).

Table 1. Propagation of changes after the second round

Steps	Code of values after the second round
Step-1	A5 89 09 81 F5 21 AF A4 <u>AA 30 E8 03 39 CC B7 23</u> A5 89 09 81 F5 21 AF A4 <u>DD 65 04 A1 73 AE 5C 45</u>
Step-2	<u>4B 12 13 03 A9 0D 7D 27 46 1D 00 75 CE 65 B9 19</u> 4B 12 13 03 A9 0D 7D 27 <u>AC A0 94 3B 9D 72 E2 2B</u>
Step-3	<u>B5 A1 D1 53 41 3B 97 51 71 3C FD 4B 06 8F 62 D6</u> B5 A1 D1 53 <u>63 40 5D 24 D5 96 F2 3B 54 29 23 3C</u>
Round key addition	DA 08 8A FF <u>CE 6E C2 7C 56 80 F2 81 71 95 1F 91</u> DA 08 8A FF <u>EC 15 08 09 F2 2A FD F1 23 33 5E 7B</u>

Table 2. Propagation of changes after the third round

Steps	Code of values after the third round
Step-1	<u>47 01 1D 78 11 65 E9 52 88 35 13 B0 4D A3 09 AC</u> 30 <u>DE CE 06 57 74 9A 2C 1B 04 F8 8B 18 C6 70 20</u>
Step-2	<u>8E 02 3A F0 8B 2F 4A 90 06 A2 76 11 6D 18 4D 62</u> <u>61 BD 9C 0C BB A4 D1 62 60 9F 11 63 C6 33 81 00</u>
Step-3	<u>63 E0 FB D3 F1 F1 4E AD C7 48 F0 4D E6 E8 68 13</u> <u>12 98 BB D1 67 F0 CE B0 3A 39 77 A5 3E CD E5 6A</u>
Round key addition	<u>69 12 9A F5 2A 53 8C 99 B0 8C CF 10 70 90 D5 6B</u> <u>18 6A DA F7 BC 52 0C 84 4D FD 48 F8 A8 B5 58 12</u>

Thus, when even only one bit in the plaintext changes, the ciphertext undergoes a complete change after Step-1 in the third round. Consequently, the requirement of the avalanche effect on the ciphertext is fulfilled after passing through three rounds of the encryption algorithm. In particular, this example showed the impact of each transformation used in the algorithm.

In the general case, it is necessary to check the avalanche effect for each position of the plaintext. To do this, we select a random plaintext with a length of 128 bits and get 128 plaintexts from this text, which differ only in one position. Further, to study the propagation of the avalanche effect, we encrypt these 128 plaintexts. Now, separately, we compare each of the obtained 128 ciphertexts with the original ciphertext obtained from the selected plaintext, i.e. calculate the probabilities $k_{AVAL}(i, X)$ between the obtained ciphertext and the original ciphertext. $k_{AVAL}(i, X)$ is the probability of changing half of the bits in the output value when changing the i th bit in the input value compared to the output value at the original input value; X is a fixed input value of the transformation, for which the avalanche index is calculated [11].

The values of the avalanche index ε_A in the “input value - output value” pair are determined by the formula:

$$\varepsilon_A(i, X) = |2k_{AVAL}(i, X) - 1|$$

It can be seen from the formula that the extremality ε can take values from 0 to 1 inclusive. The closer the value of ε is to zero, the “better” the algorithm is. Conversely, the closer the value of ε is to 1, the “worse” the algorithm is. Tables 3-6 show the specific ε values relative to the first, second, third, and twenty-fourth rounds with an indication of their average value of 0.561, 0.142, 0.061, and 0.062, respectively. Based on these values, it can be seen that the avalanche effect of the algorithm reaches a good indicator after the third round. Comparative data of the avalanche effect of the encryption algorithm for the first three rounds are shown in Figure 1, where the abscissa axis contains i – ordinal numbers of the changed bits in the input text, and the ordinate axis contains the values of $\varepsilon_A(i, X)$.

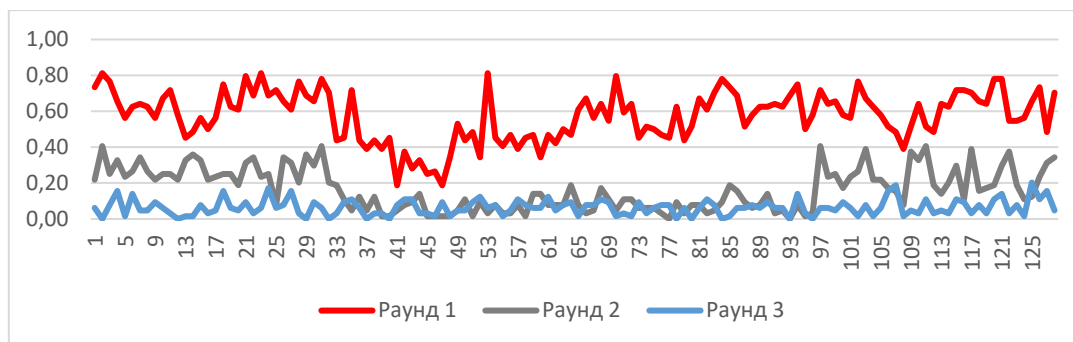


Figure 1. Comparative data of the avalanche effect from 1 to 3 rounds

Table 3. Analysis of the avalanche effect of the AL03 algorithm after the first round

i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i
1	0,73	17	0,56	33	0,44	49	0,53	65	0,61	81	0,67	97	0,72	113	0,64
2	0,81	18	0,75	34	0,45	50	0,44	66	0,67	82	0,61	98	0,64	114	0,63
3	0,77	19	0,63	35	0,72	51	0,48	67	0,56	83	0,70	99	0,66	115	0,72
4	0,66	20	0,61	36	0,44	52	0,34	68	0,64	84	0,78	100	0,58	116	0,72
5	0,56	21	0,80	37	0,39	53	0,81	69	0,55	85	0,73	101	0,56	117	0,70
6	0,63	22	0,69	38	0,44	54	0,45	70	0,80	86	0,69	102	0,77	118	0,66
7	0,64	23	0,81	39	0,39	55	0,41	71	0,59	87	0,52	103	0,67	119	0,64
8	0,63	24	0,69	40	0,45	56	0,47	72	0,64	88	0,58	104	0,63	120	0,78
9	0,56	25	0,72	41	0,19	57	0,39	73	0,45	89	0,63	105	0,58	121	0,78
10	0,67	26	0,66	42	0,38	58	0,45	74	0,52	90	0,63	106	0,52	122	0,55
11	0,72	27	0,61	43	0,28	59	0,47	75	0,50	91	0,64	107	0,48	123	0,55
12	0,58	28	0,77	44	0,33	60	0,34	76	0,47	92	0,63	108	0,39	124	0,56
13	0,45	29	0,69	45	0,25	61	0,47	77	0,45	93	0,69	109	0,52	125	0,66
14	0,48	30	0,66	46	0,27	62	0,42	78	0,63	94	0,75	110	0,64	126	0,73
15	0,56	31	0,78	47	0,19	63	0,50	79	0,44	95	0,50	111	0,52	127	0,48
16	0,50	32	0,70	48	0,34	64	0,47	80	0,52	96	0,58	112	0,48	128	0,70

Table 4. Analysis of the avalanche effect of the AL03 algorithm after the second round

i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i
1	0,22	17	0,23	33	0,19	49	0,05	65	0,08	81	0,08	97	0,41	113	0,14
2	0,41	18	0,25	34	0,11	50	0,11	66	0,03	82	0,03	98	0,23	114	0,20
3	0,25	19	0,25	35	0,05	51	0,02	67	0,05	83	0,05	99	0,25	115	0,30
4	0,33	20	0,19	36	0,13	52	0,09	68	0,17	84	0,09	100	0,17	116	0,11
5	0,23	21	0,31	37	0,05	53	0,03	69	0,11	85	0,19	101	0,23	117	0,39
6	0,27	22	0,34	38	0,13	54	0,08	70	0,05	86	0,16	102	0,27	118	0,16
7	0,34	23	0,23	39	0,02	55	0,03	71	0,11	87	0,09	103	0,39	119	0,17
8	0,27	24	0,25	40	0,02	56	0,03	72	0,11	88	0,06	104	0,22	120	0,19

9	0,22	25	0,08	41	0,05	57	0,08	73	0,06	89	0,08	105	0,22	121	0,30
10	0,25	26	0,34	42	0,08	58	0,02	74	0,06	90	0,14	106	0,17	122	0,38
11	0,25	27	0,31	43	0,09	59	0,14	75	0,06	91	0,03	107	0,16	123	0,19
12	0,22	28	0,20	44	0,14	60	0,14	76	0,03	92	0,05	108	0,08	124	0,11
13	0,33	29	0,36	45	0,02	61	0,08	77	0,00	93	0,00	109	0,38	125	0,13
14	0,36	30	0,30	46	0,02	62	0,08	78	0,09	94	0,08	110	0,33	126	0,23
15	0,33	31	0,41	47	0,02	63	0,08	79	0,03	95	0,02	111	0,41	127	0,31
16	0,22	32	0,20	48	0,02	64	0,19	80	0,08	96	0,03	112	0,19	128	0,34

Table 5. Analysis of the avalanche effect of the AL03 algorithm after the third round

i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i
1	0,06	17	0,05	33	0,03	49	0,05	65	0,02	81	0,06	97	0,06	113	0,05
2	0,00	18	0,16	34	0,09	50	0,05	66	0,08	82	0,11	98	0,06	114	0,03
3	0,08	19	0,06	35	0,11	51	0,09	67	0,08	83	0,08	99	0,05	115	0,11
4	0,16	20	0,05	36	0,06	52	0,13	68	0,11	84	0,00	100	0,09	116	0,09
5	0,02	21	0,09	37	0,00	53	0,06	69	0,09	85	0,02	101	0,06	117	0,03
6	0,14	22	0,03	38	0,03	54	0,08	70	0,02	86	0,06	102	0,02	118	0,08
7	0,05	23	0,06	39	0,03	55	0,02	71	0,03	87	0,06	103	0,08	119	0,03
8	0,05	24	0,17	40	0,00	56	0,05	72	0,02	88	0,08	104	0,02	120	0,11
9	0,09	25	0,06	41	0,08	57	0,11	73	0,09	89	0,06	105	0,06	121	0,14
10	0,06	26	0,08	42	0,11	58	0,08	74	0,03	90	0,09	106	0,16	122	0,03
11	0,03	27	0,16	43	0,11	59	0,06	75	0,06	91	0,06	107	0,19	123	0,08
12	0,00	28	0,03	44	0,03	60	0,06	76	0,08	92	0,06	108	0,02	124	0,02
13	0,02	29	0,00	45	0,03	61	0,13	77	0,08	93	0,00	109	0,05	125	0,20
14	0,02	30	0,09	46	0,02	62	0,05	78	0,00	94	0,14	110	0,03	126	0,11
15	0,08	31	0,06	47	0,09	63	0,08	79	0,06	95	0,03	111	0,11	127	0,16
16	0,03	32	0,00	48	0,02	64	0,09	80	0,00	96	0,00	112	0,03	128	0,05

Table 6. Analysis of the avalanche effect of the AL03 algorithm after the 24th round

i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i	i	ε_i
1	0,11	17	0,05	33	0,02	49	0,05	65	0,02	81	0,16	97	0,09	113	0,06
2	0,13	18	0,14	34	0,06	50	0,03	66	0,05	82	0,09	98	0,03	114	0,09
3	0,02	19	0,17	35	0,03	51	0,08	67	0,03	83	0,02	99	0,16	115	0,09
4	0,02	20	0,11	36	0,17	52	0,03	68	0,03	84	0,13	100	0,08	116	0,03
5	0,14	21	0,05	37	0,09	53	0,06	69	0,02	85	0,05	101	0,03	117	0,05
6	0,03	22	0,08	38	0,03	54	0,03	70	0,06	86	0,08	102	0,20	118	0,03
7	0,08	23	0,02	39	0,13	55	0,09	71	0,09	87	0,05	103	0,13	119	0,20
8	0,05	24	0,03	40	0,02	56	0,05	72	0,03	88	0,08	104	0,09	120	0,02
9	0,02	25	0,06	41	0,00	57	0,06	73	0,02	89	0,02	105	0,13	121	0,11
10	0,03	26	0,14	42	0,06	58	0,06	74	0,13	90	0,05	106	0,13	122	0,03
11	0,02	27	0,02	43	0,03	59	0,03	75	0,03	91	0,13	107	0,11	123	0,14
12	0,00	28	0,00	44	0,09	60	0,05	76	0,06	92	0,08	108	0,00	124	0,11
13	0,06	29	0,03	45	0,09	61	0,03	77	0,14	93	0,02	109	0,08	125	0,11
14	0,05	30	0,05	46	0,11	62	0,16	78	0,08	94	0,08	110	0,08	126	0,00
15	0,02	31	0,08	47	0,06	63	0,08	79	0,19	95	0,09	111	0,03	127	0,08
16	0,02	32	0,08	48	0,02	64	0,11	80	0,00	96	0,00	112	0,11	128	0,00

Conclusion

The structure of the algorithm uses the XOR operation and a substitution S-box. In one round of encryption, only 56 elementary operations are performed, therefore, for the entire algorithm with the number of rounds of 24, 1344 operations are performed. By the number of elementary operations, when compared with other well-known encryption algorithms, this is considered as an acceptable level of performance for a computer.

For the numerical study of the developed algorithm, software was compiled in the Delphi 7 programming language. With the help of this software, studies were carried out to assess the propagation of the avalanche effect. The paper presents in more detail the results of verification to satisfy the avalanche effect criterion. It was found that good results in diffusion and confusion are observed after the third round of encryption. However, to achieve the maximum degree of nonlinearity and taking into account the optimal distribution of the balance between security and performance of the algorithm, the number of rounds is set to 24.

As is well known, one of the main requirements for an algorithm under development is its cryptographic strength. At the moment, there are preliminary positive research results in this area. The method for obtaining the used S-box in the considered algorithm and the results of other more in-depth analyzes will be published in subsequent articles.

Acknowledgment

The research work was carried out within the framework of the grant funding project AP08856426 "Development and study of an encryption algorithm and the creation of a software-hardware complex for its implementation" of the Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

References

- 1 Varfolomeyev A.A. *Sovremennaya prikladnaya kriptografiya [Modern Applied Cryptography]*, Moscow: PFUR, 2008. – 188 p., [in Russian].
- 2 Keith Martin, *Everyday Cryptography: Fundamental Principles and Applications*. - Oxford University Press, 2012. – 560 p.
- 3 Jonathan Katz and Yehuda Lindell *Introduction to Modern Cryptography: Third Edition Chapman & Hall/CRC Cryptography and Network Security Series*, 2020. – 648 p.
- 4 Gorbenko I. D., Dolgov V., Oleynikov R. V., Ruzhentsev V. I., Mikhaylenko, M. S., Gorbenko, Y. I., "Razrabotka trebovaniy i printsip proektirovaniya perspektivnogo simmetrichnogo blochnogo algoritma shifrovaniya [Development of requirements and design principle perspective symmetrical block encryption algorithm]", *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki*. no. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-trebovaniy-i-printsip-proektirovaniya-perspektivnogo-simmetrichnogo-blochnogo-algoritma-shifrovaniya> (2007), (3.11.2020), [in Russian].
- 5 *Apparatnoe shifrovaniye dlya PK [Hardware encryption for PC]*. Press center Company Active, 2013. URL: <https://www.aktiv-company.ru/press-center/publication/2003-04-10.html> (23.11.2020), [in Russian].
- 6 Znaenko N.S., Kapitanchuk V.V., Petrishchev I.O., Shubovich V.G., "Nekotorye kriterii ocenki kachestva algoritmov shifrovaniya [Some criteria for evaluating the quality of encryption algorithms]", *NovaInfo.Ru. Tekhnicheskie nauki* no. 59 (2017) URL: <https://novainfo.ru/article/11211> (23.11.2020), [in Russian].
- 7 Report on the research work "Development of software and hardware for cryptographic protection of information during its transmission and storage in info communication systems and general-purpose networks" // Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Institute of Information and Computing Technologies, State Registration No. 0118RK01064, 2020.
- 8 Dyusenbaev D.S., Algazy K.T., Sakan K.S. *Issledovaniye algoritmov shifrovaniy "Al01" i "Qamal" na osnove algebraicheskogo kriptanaliza [Research of encryption algorithms "Al01" and "Qamal" on the basis of algebraic cryptanalysis]*, *Bulletin of KazNRTU*, – 2020. - №5. - 620-629p. [in Russian].
- 9 Bruce Schneier *Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code in C*. – 1996. - John Wiley & Sons. – 784 p.
- 10 Rejane Forre, «The Strict Avalanche Criterion: Spectral Properties of Boolean Functions and an Extended Definition», *Proceedings on Advances in cryptology*, Springer-Verlag New York, Inc, 1990, – 450 p.
- 11 Sidorenko A. V., Mulyarchik K. S. *Lavinniiy effekt v algoritmah shifrovaniya na osnove dinamicheskogo haosa [in Russian: Avalanche effect in dynamic chaos-based encryption algorithms]* <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/52134/1/105-109.pdf> [in Russian].
- 12 Vergili I., Yücel M. D. *Avalanche and Bit Independence Properties for the Ensembles of Randomly Chosen S-Boxes*. *Turk J Elec Engin*. – 2001. – T. 9, № 2. – 137-145p.

МРНТИ 81.93.29
УДК 004.056.5

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.14>

Н.А. Капалова¹, А. Хаумен^{1*}

¹Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан

*email: haumen.armanbek@gmail.com

ДИНАМИЧЕСКИЕ ТАБЛИЦЫ ПОДСТАНОВОК СИММЕТРИЧНЫХ БЛОЧНЫХ АЛГОРИТМОВ ШИФРОВАНИЯ

Аннотация

В работе рассматриваются нелинейные преобразования известных симметричных блочных алгоритмов, таких как AES, Кузнечик, SM4, BelT и Калина. Исследуются свойства нелинейности описанных таблиц подстановок с вычислением соответствующих значений. На основе свойства нелинейности предлагается метод генерации динамической таблицы подстановок. Целью данного метода является генерация динамических таблиц подстановок (S-блоков), изменяющихся в зависимости от значений некоторого параметра, получаемых из секретного ключа алгоритма. Учитывая, что при линейном и дифференциальном криптоанализе используются известные таблицы подстановок, главным преимуществом нового метода является то, что S-блоки случайно зависят от ключа и неизвестны. Также были проведены численные эксперименты для реализации данного метода. Полученные динамические таблицы подстановок были исследованы на нелинейность и результаты сравнивались с исходными значениями нелинейности этих же таблиц подстановок.

Ключевые слова: алгоритм шифрования, таблица подстановок, динамический S-блок, нелинейное преобразование.

Аңдатпа

Н.А. Капалова¹, А. Хаумен^{1*}

¹Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан

СИММЕТРИЯЛЫ БЛОКТЫҚ ШИФРЛЕУ АЛГОРИТМДЕРДІҢ ДИНАМИКАЛЫҚ АЛМАСТЫРУ КЕСТЕЛЕРІ

Бұл жұмыста AES, Кузнечик, SM4, BelT және Калина сияқты симметриялық блоктық шифрлеу алгоритмдерінің сызықтық емес түрлендірулері қарастырылады. Аталған алгоритмдердің алмастыру кестелерінің қысқаша түсіндірмесі беріледі. Сондай-ақ, осында сипатталған алмастыру кестелерінің сызықтық емес қасиеті туралы сөз қозғалып, сызықсыздықтың мәні есептелініп көрсетіледі. Алмастыру кестелерінің сызықсыздық қасиеті негізінде динамикалық алмастыру кестелерін жасаудың бір тәсілі құрастырылып, келтірілген. Бұл ұсынылып отырған тәсілдің мақсаты – алгоритмнің құпия кілттің негізінде алынған параметрге байланысты өзгеріп отыратын динамикалық алмастыру кестесін құрастыру болмақ. Сондай-ақ, осы тәсілді жүзеге асыру бойынша зерттеу, тәжірибелік жұмыстар жүргізілді. Тәжірибе барысында жасалынған динамикалық алмастыру кестелері сызықсыздыққа зерттелініп, алынған мәндердің алмастыру кестелерінің бастапқы сызықсыздық мәндерімен салыстырылып, талдау жұмыстары жүргізілді.

Түйін сөздер: шифрлеу алгоритмі, алмастыру кестесі, динамикалық S-блоктар, сызықтық емес түрлендіру.

Abstract

DYNAMIC SUBSTITUTION BOXES OF SYMMETRIC BLOCK ENCRYPTION ALGORITHMS

Kapalova N.A.¹, Haumen A.^{1*}

¹Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan

The paper deals with nonlinear transformations of well-known symmetric block algorithms such as AES, Kuznyechik, SM4, BelT, and Kalyna. A brief description of the substitution boxes for these algorithms is given. The properties of nonlinearity of the described substitution boxes are investigated with the calculation of the corresponding values. Based on the property of nonlinearity, a method for generating a dynamic substitution box is proposed. The purpose of this method is to generate dynamic substitution boxes (S-boxes) that change depending on the values of some parameter obtained from the secret key of the algorithm. Considering that linear and differential cryptanalysis uses known substitution boxes, the main advantage of the new method is that S-boxes are randomly key-dependent and unknown. Experiments were also carried out to implement this method. The resulting dynamic substitution boxes were tested for nonlinearity and the results were compared with the original nonlinearity values of the same substitution boxes.

Keywords: encryption algorithm, substitution box, dynamic S-box, nonlinear transformation.

Введение

В эпоху развития информационных технологий симметричные блочные алгоритмы шифрования являются основным средством обеспечения защиты информации при обработке их в современных информационно-телекоммуникационных системах. Степень надежности криптографической защиты информации и защищенность информационно-телекоммуникационной системы зависят от уровня стойкости и свойства используемого в системах алгоритма шифрования. Благодаря высокой эффективности и низкой сложности реализации, симметричные блочные алгоритмы широко используются для защиты данных [1]. Великий ученый К.Шеннон сформулировал в своих ключевых трудах по теории шифрования, каким условиям должен удовлетворять стойкий блочный шифр [2]. Стойкие шифры должны обладать следующими свойствами:

– рассеивание (diffusion): это свойства алгоритма, при котором влияние одного бита открытого текста распространяется на большое количество битов шифротекста, скрывая статистические характеристики между зашифрованным текстом и исходным текстом.

– перемешивание (confusion): это свойство алгоритма скрывать зависимости между исходным и зашифрованным текстом. Если преобразование достаточно хорошо "перемешивает" биты исходного текста, то получаемый шифртекст не содержит никаких статистических и функциональных закономерностей. Перемешивание обеспечивает как можно более сложную зависимость ключа и зашифрованных текстов и усложняет задачу получения информации о секретном ключе.

Для обеспечения требований к блочным шифрам, сформулированных К.Шенноном, в современных блочных алгоритмах шифрования используются различные преобразования: линейные и нелинейные. В данной работе речь идет о нелинейных преобразованиях, используемых в симметричных блочных алгоритмах.

Нелинейное преобразование в симметричных блочных алгоритмах шифрования

Нелинейное преобразование необходимо для каждого современного алгоритма шифрования. Доказано, что оно является сильным криптографическим примитивом против линейного и дифференциального криптоанализа. Нелинейные преобразования в современных симметричных блочных алгоритмах (СБА) реализованы в виде таблиц подстановки (S-блоков) [3].

Учитывая, что большинство известных алгоритмов шифрования (AES, Кузнечик, Калина, BelT и др.) для добавления раундовых ключей к блоку данных используют единственную линейную операцию – хог (сложение по модулю 2), то табличные подстановки (S-блоки) оказываются единственным примитивом, которые определяют нелинейность преобразования и степень его стойкости к различным видам атак. Количество раундов симметричных алгоритмов шифрования вычисляется на основе исследования стойкости к известным видам криптографических анализов при условии заданных свойств нелинейной табличной замены [4]. Многие поточные алгоритмы, криптографические хэш-функции, генераторы псевдослучайных последовательностей построены на базе блочных шифров или их конструктивных элементов. Таким образом, криптографическая стойкость большинства современных СБА в значительной степени зависит от свойств выбранных S-блоков.

Основными нелинейными преобразованиями современных алгоритмов шифрования являются табличные подстановки. Для определения стойкости алгоритмов шифрования существуют различные критерии для S-блоков. Несмотря на множество существующих решений в области симметричных блочных алгоритмов шифрования, актуальным остаётся вопрос по разработке табличных подстановок (S-блоков), применение которых в криптографических алгоритмах обеспечивает хорошую защиту от всех видов криптоатак [4].

Подстановки, применяемые в криптографических алгоритмах, должны удовлетворять следующим критериям [5]:

- a) максимизация нелинейности подстановки;
- b) минимальная степень должна равняться 3;
- c) минимизация максимального значения таблицы дифференциалов.

В данной работе рассмотрены свойства нелинейности известных алгоритмов шифрования таких, как AES [6], Кузнечик [7], SM4 [8], BelT [9], Калина [10] и другие, были вычислены значения нелинейности S-блоков этих алгоритмов с помощью компьютерной программы. Программа реализована на языке Python 3. С помощью разработанной программы вычислены и

проанализированы значения нелинейности S-блоков известных алгоритмов шифрования (формула (1)).

Пусть $S = (f_0, f_1, \dots, f_{m-1})$ – некоторая $n \times m$ подстановка, где f_i – булева функция от n переменных. Обозначим через g_i множество всех линейных комбинаций f_i . Тогда нелинейность S равна [11]:

$$NL(S) = \min(NL(g_j)), 0 < j < 2^m \quad (1)$$

В таблице 1 приведены результаты вычисления значения нелинейности S-блоков этих алгоритмов.

Таблица 1. Значения нелинейности алгоритмов

Алгоритмы	Значение нелинейности
AES	112
Кузнечик	116
SM4	112
BelT	110
Калина – S0	112
Калина – S1	110
Калина – S2	110
Калина – S3	112

Динамические S-блоки

В последнее время опубликовано ряд научных работ по созданию динамических S-блоков алгоритма шифрования. В работах [3, 12, 13] рассматриваются методы динамического создания S-блоков различными способами. В [3] предложены динамические S-блоки на основе S-блока алгоритма шифрования AES. Динамическое генерирование S-блоков с помощью генераторов псевдослучайных последовательностей описано в публикациях [12, 13].

В данной работе авторами представлен разработанный ими метод создания динамических S-блоков на основе известных и проверенных S-блоков. Идея данного метода заключается в генерации динамических S-блоков, меняющихся при каждом изменении секретного ключа. Основное преимущество данного подхода состоит в том, что S-блоки случайны, зависят от ключа и заранее неизвестны, поскольку как линейный, так и дифференциальный криптоанализ требуют известных S-блоков.

Для начала был выбран S-блок алгоритма AES. Из мастер ключа шифрования с помощью различных преобразований получаем один байт. Например, путем суммирования всех байтов мастер ключа по модулю 2. Этот же байт будет использоваться как константа в следующем аффинном преобразовании:

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \\ b_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \\ c_7 \end{bmatrix}$$

где a_i – биты байта S-блока, c_i – биты константы (полученный байт из мастер ключа), b_i – биты нового байта S-блока.

В итоге данного аффинного преобразования получаем новый S-блок, отличающийся от исходного S-блока. Полученный S-блок и будет использоваться в процессе нелинейного преобразования алгоритма шифрования. В ходе исследования выявлено, что после такого преобразования свойства нелинейности S-блоков сохраняются. Результаты экспериментов приведены в таблице 2.

Также были исследованы различные свойства динамически созданных S-блоков с помощью специальных программ, разработанных в лаборатории информационной безопасности.

В таблице 3 представлены результаты исследования динамического S-блока алгоритма AES, полученный при значениях $C = 36, 109$ и 221 .

Таблица 2. Значения нелинейности алгоритмов после преобразования

Алгоритм	Первоначальное значение нелинейности	Значение нелинейности после преобразования
AES	112	112
Кузнечик	116	116
SM4	112	112
VelT	110	110
Калина-S0	112	112
Калина-S1	110	110
Калина-S2	110	110
Калина-S3	112	112

Таблица 3. Сравнение результатов тестов для S-блоков

Свойства	S-блок-1	S-блок-2	S-блок-3
Значения параметра C	36	109	221
Вес Хэмминга	128	128	128
Сбалансированность	True	True	True
Вес Хэмминга - Минимум	128	128	128
Расстояние Хэмминга	128	128	128
Нелинейность(min)	112	112	112
Нелинейность(max)	144	144	144
Значение корреляции (min)	-32	-32	-32
Значение корреляции (max)	32	32	32
$ AC \min$	-32	-32	-32
$ AC \max$	32	32	32
$ SSI \min$	133120	133120	133120
$ SSI \max$	133120	133120	133120
SAC	False	False	False
Критерий распространения	нет	нет	нет
CI	нет	нет	нет
t-устойчивость	нет	нет	нет

Полученный S-блок будет использоваться при шифровании. Для каждого процесса шифрования будет свой S-блок, значения которого заранее неизвестны. Это свойство, в свою очередь, затрудняет как дифференциальный, так и линейный криптоанализ.

При расшифровании используется обратная таблица замены. Обратный S-блок генерируется тоже динамически из созданного основного S-блока. При этом нет необходимости сохранять обратный S-блок.

Заклучение

Полученные результаты будут использоваться при разработке алгоритма шифрования данных, который разрабатывается в Лаборатории информационной безопасности Института информационных и вычислительных технологий Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстана. В дальнейшем как продолжение данной работы, будут исследованы другие криптографические свойства динамически генерируемых S-блоков.

Благодарность

Научно-исследовательская работа выполнена в рамках проекта № AP09259570 «Разработка и исследование отечественного легковесного алгоритма шифрования при ограниченности ресурсов».

Список использованной литературы:

- 1 Горбенко И.Д., Долгов В., Олейников Р.В., Руженцев В.И., Михайленко М.С., Горбенко Ю.И., Разработка требований и принцип проектирования перспективного симметричного блочного алгоритма шифрования. // Известия южного федерального университета. Технические науки, № 1, том 76, с.183-189, 2007.
- 2 Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике, М., ИЛ, 1963, с. 333–369
- 3 Kazlauskas K. and Kazlauskas J., "Key-dependent S-box generation in AES block cipher system," *Informatica*, vol. 20, pp. 23-34, 2009.
- 4 Олейников Р.В., Казимиров А.В. Выбор S-блоков для симметричных криптографических алгоритмов на основе анализа алгебраических свойств // Вісн. Харк. нац. ун-ту. Сер. Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління.Х., 2010. – № 925. – С. 79–86.
- 5 Горбенко И. Д., Горбенко Ю. И. Прикладна криптологія. – Х. : Форт, 2012. – 870с.
- 6 Specification for the Advanced Encryption Standard (AES) <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips197/fips-197.pdf> (дата обращения 02.05.2021)
- 7 Криптографическая защита информации Блочные шифры – ГОСТ Р 34.12–2015. – URL: https://tc26.ru/standard/gost/GOST_R_3412-2015.pdf (дата обращения: 02.05.2021)
- 8 SMS4 Encryption Algorithm for Wireless Networks. Translated and typeset by Whitfield Diffie of Sun Microsystems and George Ledin of Sonoma State University, 15 May 2008
- 9 Агиевич С.В., Галинский В.А., Микулич Н.Д., Харин Ю.С. Алгоритм блочного шифрования БелТ/ Управление защитой информации, том 6, №4, 2002. – с.407-412.
- 10 Кузнецов О.О., Иваненко Д.В., Колованова Е.П. Моделирование перспективного блочного шифра «Калина» // Прикладна радіоелектроніка: наук.-техн. журнал. – 2014. – Том 13. – № 3. – С. 201–207.
- 11 Казимиров А.И. Методы и средства генерации нелинейных узлов замены для симметричных криптоалгоритмов. // Дисс. ... канд. тех.наук. Харьковский нац. университет радиоэлектроники, 2013.
- 12 В. В. Cassal-Quiroga, E. Campos-Cantón, "Generation of Dynamical S-Boxes for Block Ciphers via Extended Logistic Map", *Mathematical Problems in Engineering*, vol.2020, Article ID2702653,12 pages, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/2702653>
- 13 Jiqiang Lu, Hwajung Seo, "A Key Selected S-Box Mechanism and Its Investigation in Modern Block Cipher Design" *Security and Communication Networks*, vol. Article ID1457419, 26 pages, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/1457419>

References

- 1 Gorbenko I.D., Dolgov V., Olejnikov R.V., Ruzhencev V.I., Mihajlenko M.S., Gorbenko YU.I., (2007) *Razrabotka trebovanij i princip proektirovaniya perspektivnogo simmetrichnogo blochnogo algoritma shifrovaniya* [Development of requirements and the design principle of a promising symmetric block encryption algorithm], *Izvestiya yuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Southern Federal University news, Technical sciences], Vol.76, №1, P.183-189. [in Russian].
- 2 Shannon K. *Raboty po teorii informacii i kibernetike* (1963) [Works on information theory and cybernetics], Moscow., IL, P.333-369 [in Russian].
- 3 Kazlauskas K. and Kazlauskas J., "Key-dependent S-box generation in AES block cipher system," *Informatica*. 2009, vol. 20, pp. 23-34.
- 4 Olejnikov R.V., Kazimirov A.V. (2010). *Vybor S-blokov dlya simmetrichnyh kriptograficheskikh algoritmov na osnove analiza algebraicheskikh svojstv* [Selection of S-blocks for symmetric cryptographic algorithms based on the analysis of algebraic properties], *Vesn. Hark. nac. un-tu. Ser. Matematichne modelyuvannya. informacijni tekhnologii. Avtomatizovani sistemi upravlinnya* [Kharkiv National University news, Mathematical modeling, Information technologies, Automated control systems]. Kharkiv., №925. P.79-86. [in Russian].
- 5 Gorbenko I. D., Gorbenko YU. I. (2012) *Prikladna kriptologiya* [Applied cryptography]. Kharkiv.: Fort., 870. [in Russian].

6 Specification for the Advanced Encryption Standard (AES) [Electronic resource]. Available at: URL: <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips197/fips-197.pdf>. (Accessed 02.05.2021)

7 Kriptograficheskaya zashchita informacii Blochnye shifry GOST R 34.12-2015 [Cryptographic protection of information, Block ciphers] [Electronic resource]. Available at: URL: https://tc26.ru/standard/gost/GOST_R_3412-2015.pdf (Accessed: 02.05.2021) [in Russian].

8 SMS4 Encryption Algorithm for Wireless Networks. (2008) Translated and typeset by Whit field Diffie of Sun Microsystems and George Ledin of Sonoma State University.

9 Agievich S.V., Galinskij V.A., Mikulich N.D., Harin YU.S. (2002) Algoritm blochnogo shifrovaniya BeIT [BeIT Block Encryption Algorithm] Upravlenie zashchitoj informacii [Information security management], Vol. 6, №4, .407-412. [in Russian].

10 Kuznecov O.O., Ivanenko D.V., Kolovanova E.P. (2014). Modelirovanie perspektivnogo blochnogo shifra «Kalina» [Modeling of a promising block cipher «Kalina»], Prikladna radioelektronika: nauk.-tekhn. zhurnal [Applied radioelectronics: scientific and technical journal]. Vol. 13. №3. 201-207. [in Russian].

11 Kazimirov A.I. (2013) Metody i sredstva generacii nelinejnyh uzlov zameny dlya simmetrichnyh kriptotalgoritmov [Methods and means of generating nonlinear replacement nodes for symmetric crypto algorithms]. Dissetraciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidatata tekhnicheskix nauk. Har'kovskij nacional'nyj universitet radioelektroniki [Candidate's thesis. Kharkiv, [in Russian].

12 Cassal-Quiroga B. B., Campos-Cantin E.. (2020) Generation of Dynamical S-Boxes for Block Ciphers via Extended Logistic Map, Mathematical Problems inEngineering, vol., Article ID2702653,12 pages <https://doi.org/10.1155/2020/2702653>

13 Jiqiang Lu, Hwajung Seo. A Key Selected S-Box Mechanism and Its Investigation in Modern Block Cipher Design, Security and Communication Networks, vol.2020, Article ID1457419, 26 pages, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/1457419>

МРНТИ 50.05.03
УДК 004

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.15>

Қартбаев Т.С.^{1,3}, Тұрғынбаева А.А.^{2,3*}, Маликова Ф.У.^{2,3}

¹ Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан

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

³ Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

*email: aliza1979@mail.ru

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ТЕОРИИ ИГР

Аннотация

В работе описаны разработанный программный продукт – система поддержки принятия решений (СППР) «DSS Invest 2020» и его модуль «IT INVESTMENT», который может использоваться как самостоятельно, так и в составе СППР «DSS Invest 2020». СППР предназначена для выработки рекомендаций ЛПР в ходе выбора рациональных финансовых стратегий инвесторами. «DSS Invest 2020» позволяет реализовывать оценку привлекательности инвестиционных проектов в сфере цифровизации предприятий. СППР «DSS Invest 2020» выполнена по модульному принципу. Это дает возможность дополнять СППР другими модулями.

Программа «DSS Invest 2020» позволит сформировать иерархическое представление о качественном вопросе выбора инвестиционных проектов в рамках выбора стратегий инвесторов с помощью СППР в ходе процедуры оценки инвестиционных проектов в сфере цифровизации предприятий с учетом многофакторности.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, лицо принимающее решения, программный продукт, экспертная система, база данных, модуль.

Аңдатпа

Т.С. Қартбаев^{1,3}, А.А.Тұрғынбаева^{2,3*}, Ф.У.Маликова^{2,3}

¹ Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан

² Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

³ Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ОЙЫН ТЕОРИЯСЫ ӘДІСІНІҢ НЕГІЗІНДЕ ИНВЕСТИЦИЯЛЫҚ ЖОБАЛАРДЫ БАҒАЛАУДАҒЫ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ӨНІМДІ ӘЗІРЛЕУ

Жұмыста әзірленген бағдарламалық өнім – «DSS Invest 2020» шешімдерді қабылдауды қолдау жүйесі (ШҚҚЖ) және оның «IT INVESTMENT» модулі сипатталған, оны өз бетінше де, «DSS Invest 2020» ШҚҚЖ құрамында да пайдалануға болады. ШҚҚЖ-гі инвесторлардың ұтымды қаржылық стратегияларын таңдау кезінде шешім қабулдаушы тұлға ұсыныстарын жасауға арналған. «DSS Invest 2020» кәсіпорындарды цифрландыру саласындағы инвестициялық жобалардың тартымдылығын бағалауды іске асыруға мүмкіндік береді. «DSS Invest 2020» ШҚҚЖ модульдік қағидат бойынша орындалған. Бұл ШҚҚЖ-рін басқа модульдермен толықтыруға мүмкіндік береді. «DSS Invest 2020» бағдарламасы көпфакторлықты ескере отырып, кәсіпорындарды цифрландыру саласындағы инвестициялық жобаларды бағалау рәсімі барысында ШҚҚЖ-нің көмегімен инвесторлардың стратегияларын таңдау шеңберінде инвестициялық жобаларды таңдаудың сапалы мәселесі туралы иерархиялық түсінікті қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: шешімдерді қабылдауды қолдау жүйесі, шешім қабылдаушы тұлға, бағдарламалық өнім, сараптама жүйесі, мәліметтер қоры, модуль.

Abstract

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE PRODUCT FOR EVALUATING INVESTMENT PROJECTS BASED ON THE GAME THEORY METHOD

Kartbayev T.S.^{1,3}, Turgynbayeva A.A.^{2,3*}, Malikova F.U.^{2,3}

¹Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

³Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

The paper describes the developed software product-the decision support system (DSS) «DSS Invest 2020» and its module «IT INVESTMENT», which can be used both independently and as part of the DSS «DSS Invest 2020». The DSS is designed to develop recommendations of the LPR during the selection of rational financial strategies by investors. «DSS Invest 2020» allows you to evaluate the attractiveness of investment projects in the field of

digitalization of enterprises. The DSS «DSS Invest 2020» is made according to the modular principle. This makes it possible to supplement the DSS with other modules. The «DSS Invest 2020» program will allow forming a hierarchical view of the qualitative issue of choosing investment projects within the framework of choosing investor strategies using the DSS during the procedure for evaluating investment projects in the field of digitalization of enterprises, taking into account multifactorial factors.

Keywords: decision support system, decision maker, software product, expert system, database, module.

Введение

Проблема эффективного финансового инвестирования в передовые информационные технологии является одной из важнейших в области цифровизации промышленно развитых стран. Такие инвестиционные проекты обычно характеризуются высокой степенью неопределенности и риска. Многие исследователи отмечают, что для повышения эффективности и результативности оценки таких крупных инвестиционных проектов, связанных с цифровизацией предприятий, целесообразно использовать потенциал различных компьютеризированных систем поддержки принятия решений. Это особенно верно для анализа различных вариантов стратегий инвесторов.

Программа «DSS Invest 2020» позволяет формировать иерархическое представление качественной задачи выбора инвестиционных проектов в рамках выбора стратегий инвесторов с помощью СППР в ходе процедуры оценивания инвестиционных проектов в сфере цифровизации предприятий с учетом многофакторности.

Программа позволяет:

1) в соответствии с методом анализа иерархий задавать экспертные оценки сравнения вариантов в виде матрицы парных сравнений. Оценки могут быть заданы не только в числовой форме, но и в графическом представлении, что облегчает работу экспертам. Программа реализует получение итоговых оценок и построение результирующих диаграмм;

2) находить рациональные стратегии инвесторов с визуализацией данных расчета в табличной и графической форме [1].

Методы и исследования

Применение метода анализа иерархий в «DSS Invest 2020», позволяет включить в иерархию все имеющиеся у экспертной группы по рассматриваемой проблеме знания и интуицию. Данный метод отличается простотой и дает хорошее соответствие интуитивным представлениям [2]. Именно эти свойства метода анализа иерархий позволяют рассматривать его в качестве базового метода решения многокритериальных задач экономического анализа различных объектов информатизации. В качестве примера рассматривается задача по выбору объектов инвестирования в проекты цифровизации.

Алгоритм применения СППР «DSS Invest 2020» для принятия выбора проекта инвестирования включает следующие этапы:

1) построение адекватной модели проблемы в виде иерархии, включающей цель, альтернативные варианты достижения цели и критерии для оценки качества альтернатив;

2) определение приоритетов альтернатив путем линейной свертки приоритетов элементов на иерархии;

3) проверка суждений на согласованность;

4) принятие решения на основе полученных результатов;

5) выбор рациональных стратегий инвесторов с визуализацией данных расчета в табличной и графической форме.

Первым этапом в решении задачи принятия решения является декомпозиция проблемы через определение ее компонент и отношений между ними. При работе с СППР «DSS Invest 2020», эксперт должен в диалоговом режиме заполнить формы, предложенные системой. После чего, автоматически будут сформированы, соответствующие иерархии для последующего оценивания инвестиционного проекта, см. рис. 1.

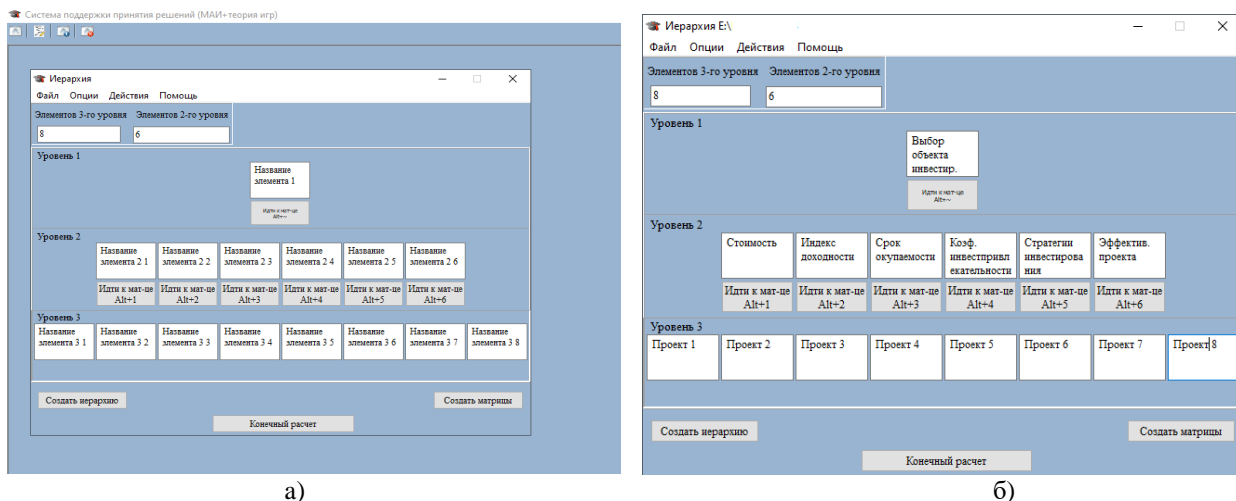


Рисунок 1. Пример формирования иерархий в СИПР «DSS Invest 2020»

Система СИПР «DSS Invest 2020» обладает развитым меню, что делает работу с ней весьма удобной даже для неподготовленного пользователя.

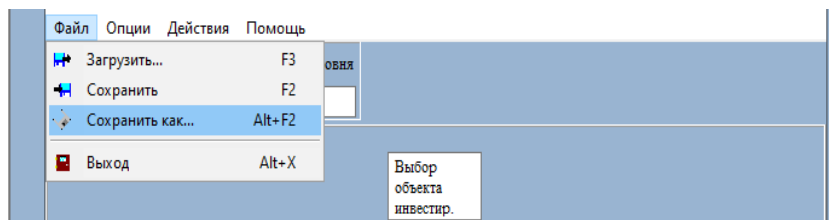


Рисунок 2. Главное меню СИПР «DSS Invest 2020»

СИПР «DSS Invest 2020» включает модуль, позволяющий учитывать степень несопоставимости сравниваемых альтернатив при принятии решений в ходе процесса инвестирования в объекты цифровизации с учетом многофакторности. На рис. 3 более детально рассмотрены этапы заполнения матриц экспертами в контексте решаемой задачи. На рис. 3 а) показаны все матрицы в дочерних формах приложения, при этом критерии были заданы на прошлом шаге оценивания проекта. На рис. 3 б) показан пример уже заполненной экспертом матрицы критерия – «Выбор объекта инвестирования».

В нижней части формы каждого из критериев автоматически идет подсчет и контроль таких показателей как: λ_{\max} (или L_{\max} – собственного значения матрицы); ИС (индекса согласования); ОС (отношения согласованности).

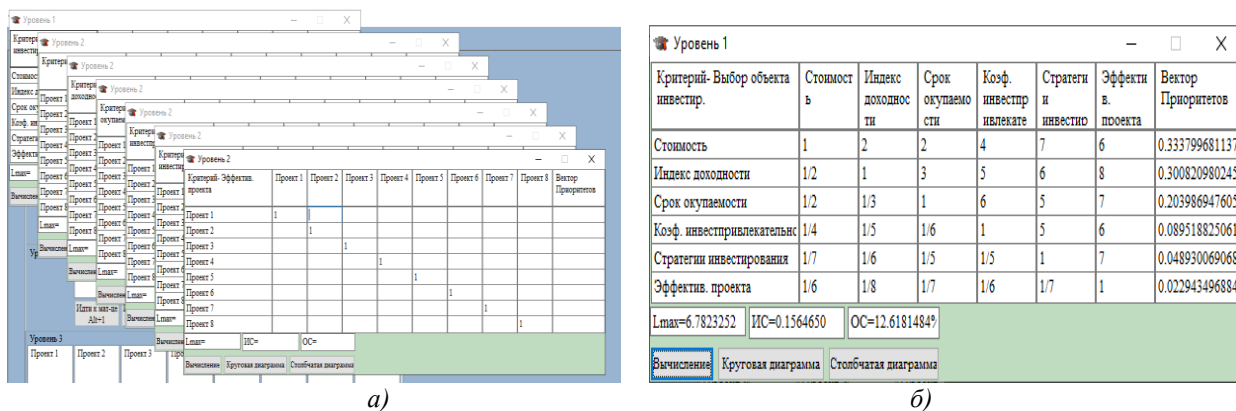


Рисунок 3. Примеры матриц, заполняемых экспертами

Полученные результаты, для наглядности, можно визуализировать, например, в форме круговой, см. рис. 4 а) или столбчатой диаграммы, см. рис. 4 б).

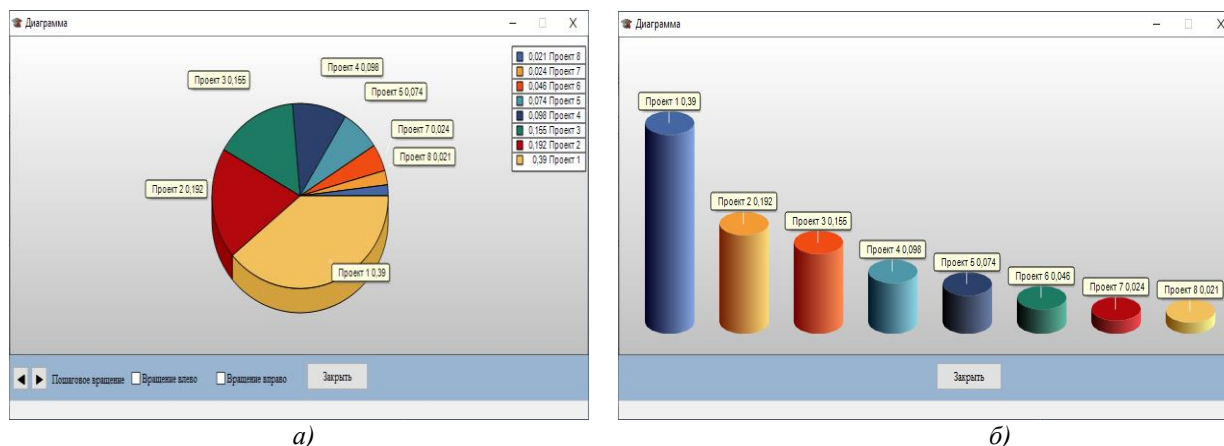


Рисунок 4. Круговая и столбчатая диаграмма, полученные в ходе выбора стратегий инвестирования в объекты цифровизации с учетом многофакторности

Если по каким-либо причинам эксперты не достигли компромисса в процессе отбора факторов по которым первоначально оценивается тот или иной проект, в СППР «DSS Invest 2020» присутствует отдельный модуль для поиска коэффициента конкордации. Данный коэффициент характеризует степень согласованности мнений экспертов (в виде рангов) по совокупности критериев [3]. Интерфейсы модуля «Редактор факторов» для задания или изменения факторов (критериев) показаны ниже на рис. 5, 6.

Figure 5 shows the "Редактор факторов" (Factor Editor) module interface. It features a table with 15 rows, each representing a factor. The first row is selected. Below the table are "Старт" (Start) and "Выход" (Exit) buttons.

Номер фактора	Наименование фактора
1	Инвестиционная привлекательность объекта информатизации
2	Наличие операционного плана выхода продукции на рынки
3	Взаимное инвестирование
4	Наличие кредитов
5	Иновационный продукт или услуга
6	Технологические риски
7	Квалификация сотрудников
8	Финансовые риски
9	Рейтинг инвестиционного проекта
10	Успешность компании объекта инвестирования
11	Успешная бизнес стратегия
12	Учет специфики рынка продукции
13	Адаптируемость к условиям рынка
14	Масштабируемость проекта
15	Масштаб инвестиционного проекта по уровню затрат для инвестора

Рисунок 5. Стартовая форма модуля «Редактор факторов» для задания или изменения факторов (критериев)

Figure 6 shows the "Эксперт №1" (Expert #1) interface. It displays a table with 15 rows, each representing a factor and its assigned rank. Below the table are "Отменить" (Cancel), "Повторить" (Repeat), "Сброс" (Reset), "Помощь" (Help), "Готово" (Done), and "Далее" (Next) buttons.

Номер фактора	Наименование фактора	Ранг
1	Инвестиционная привлекательность объекта информатизации	1
2	Наличие операционного плана выхода продукции на рынки	7
3	Взаимное инвестирование	8
4	Наличие кредитов	2
5	Иновационный продукт или услуга	9
6	Технологические риски	15
7	Квалификация сотрудников	3
8	Финансовые риски	11
9	Рейтинг инвестиционного проекта	10
10	Успешность компании объекта инвестирования	14
11	Успешная бизнес стратегия	4
12	Учет специфики рынка продукции	12
13	Адаптируемость к условиям рынка	5
14	Масштабируемость проекта	13
15	Масштаб инвестиционного проекта по уровню затрат для инвестора	6

Рисунок 6. Интерфейс модуля «Редактор факторов» для задания или изменения факторов (критериев)

Модуль СПИР «IT INVESTMENT» позволяет визуализировать результаты расчетов как в формате текстового вывода для инвестора, что показано в нижней части диалогового окна программы, так и в виде 2D, или 3D графика, см. рис. 7.

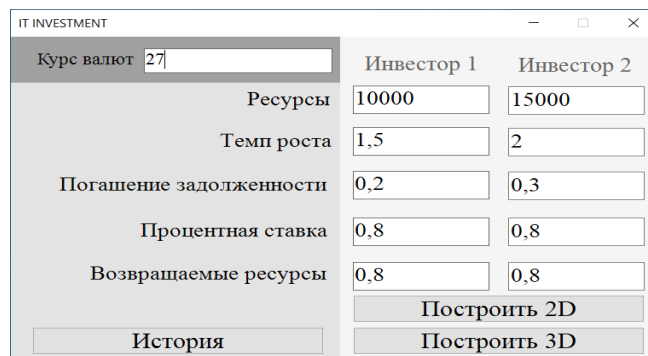
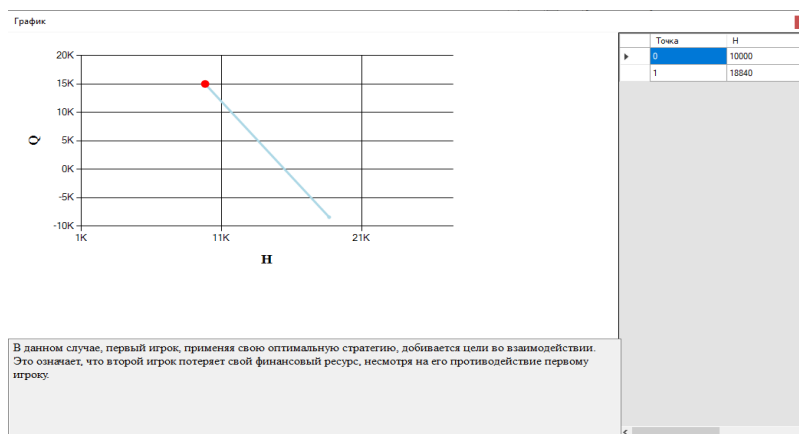


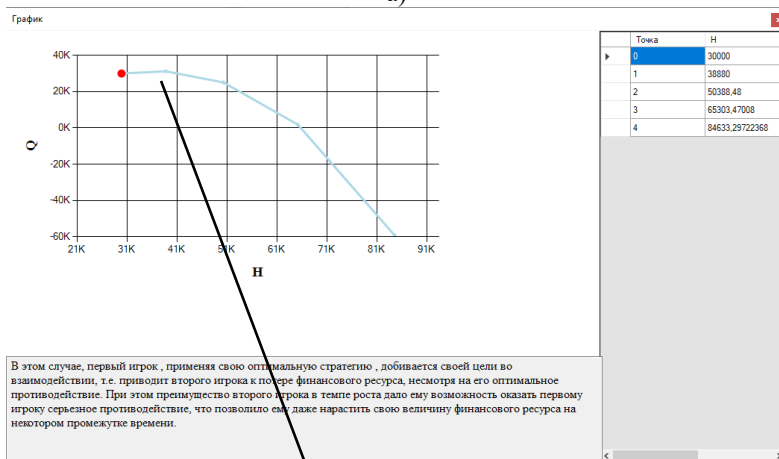
Рисунок 7. Общий вид модуля «IT INVESTMENT»

Все текстовые поля на основной форме служат для задания начальных значений и коэффициентов. По умолчанию пустое поле содержит в себе 0.

Кнопки «Построить 2D» и «Построить 3D» позволяют провести расчеты и построить график опираясь на заданные в основной форме значения, см. рис. 8.



а)



б)

Вывод СПИР

Траектория фин. стратегии инвестора

Рисунок 8. Вывод графика 2D и трактовка решения в модуле «IT INVESTMENT»

Моделировались случаи, когда стратегии игроков выводят их на соответствующие терминальные поверхности. На плоскости ось абсцисс – финансовые ресурсы первого инвестора. Ось ординат – финансовые ресурсы второго инвестора.

В нижней части окна, рис. 8, показан вывод, сгенерированный в модуле «IT INVESTMENT» в процессе поиска рациональных стратегий инвесторами, а также области пересечения множества предпочтительности первого инвестора. Рациональная стратегия инвестора на рисунке 9 а), б) показана серо-голубой линией для графика 2D или плоскостью для графика 3D. Начальная точка показана красным цветом. В правой части формы визуализации показана таблица с расчетными значениями точек, составляющих траекторию оптимальной стратегии инвестора.

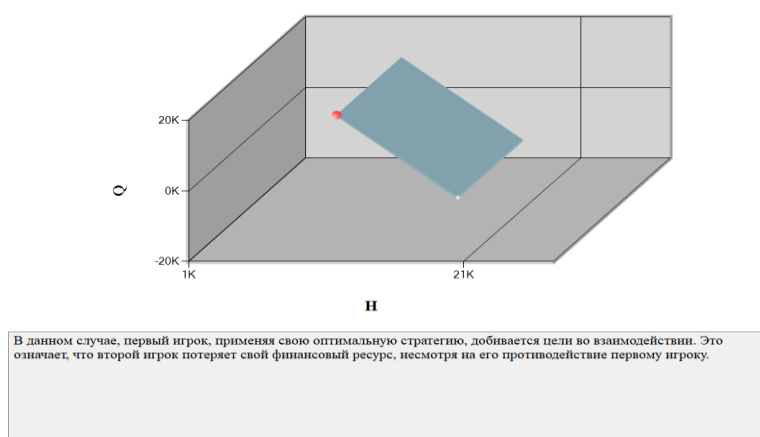


Рисунок 9. Пример трехмерного графика для двух расчетных точек и трактовка решения в модуле «IT INVESTMENT»

На центральной части формы расположен график. Он может быть двумерным и трехмерным, в зависимости от выбора пользователя. Начальная точка графика всегда отмечается красным цветом. Справа находится таблица с координатами каждой точки. Снизу размещается текстовое описание полученного в ходе вычислений результата. Кнопка «История» выводит таблицу содержащую информацию о всех предыдущих расчетах.

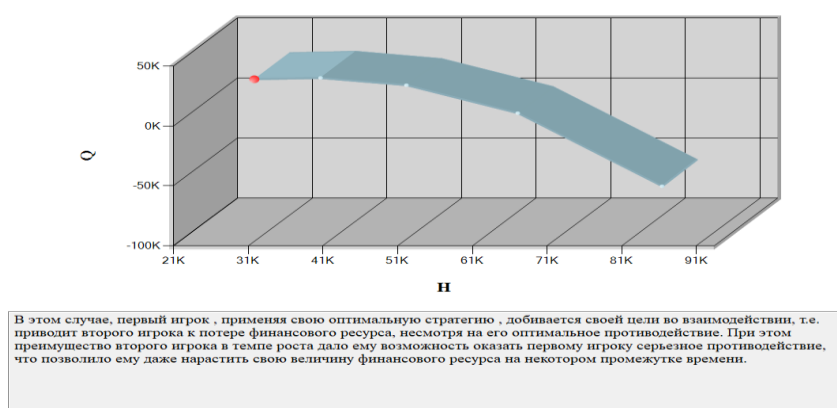


Рисунок 10. Пример трехмерного графика для пяти расчетных точек и трактовка решения в модуле «IT INVESTMENT»

Рис. 9 и 10 иллюстрируют ситуацию, что несмотря на преимущество второго инвестора над первым инвестором в темпе роста его финансовых ресурсов, соотношение параметров таково, что начальные финансовые ресурсы инвесторов находятся в области предпочтительности первого игрока. Следовательно, в соответствии с результатами полученных графиков, у первого инвестора существует его оптимальная стратегия, которая приводит его контрагента-инвестора к потере его финансовых ресурсов. Это наглядно видно, как в двумерном, так и в трехмерном случаях.

Если решение для первого игрока не найдено, то СППР генерирует следующий вывод, см. рис. 11.

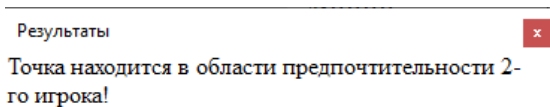


Рисунок 11. Пример генерации вывода СППР, если точка на графике находится в области предпочтительности 2-го игрока

Для того чтобы облегчить работу экспертов или ЛПР на главной форме модуля «IT INVESTMENT» предусмотрена кнопка «История», которая позволяет просматривать историю процедур оценки, моделирования и прогнозирования всех ранее рассматривавшийся проектов, см. рис. 12 а), б).

После нажатия на кнопки построения графика все коэффициенты заносятся в БД, вне зависимости от результата вычислений. Непосредственно для пользователя в таблице видны: идентификатор записи в БД, курс, начальные и конечные ресурсы игроков, статус построения графика и дата.

ID	Курс	Нач. ресурсы 1-го инвестора	Нач. ресурсы 2-го инвестора	Кнч. ресурсы 1-го инвестора	Кнч. ресурсы 2-го инвестора
43	0.0000	0.0000	0.0000	???	???
44	10	10000	15000	18840	-8400
45	10	10000	15000	18840	-8400
46	0.0000	0.0000	0.0000	???	???
47	0.0000	0.0000	0.0000	???	???
48	0.0000	0.0000	0.0000	???	???
49	14	20000	40000	20000	40000
50	14	20000	40000	20000	40000
51	14	20000	40000	20000	40000
52	10	10000	15000	18840	-8400
53	10	10000	15000	18840	-8400
54	10	10000	30000	10000	30000
55	10	10000	30000	10000	30000
56	10	10000	30000	10000	30000
57	10	10000	30000	10000	30000
58	10	10000	30000	10000	30000
59	10	15000	30000	15000	30000
60	10	30000	30000	84633.2972	-59136.4129
61	10	30000	30000	84633.2972	-59136.4129
62	10	30000	30000	84633.2972	-59136.4129

а) история полностью

ID	Курс	Нач. ресурсы 1-го инвестора	Нач. ресурсы 2-го инвестора	Кнч. ресурсы 1-го инвестора	Кнч. ресурсы 2-го инвестора	График	Дата
72	10	10000	15000	18840	-8400	True	23/1/2020
69	10	10000	15000	18840	-8400	True	23/1/2020
74	10	10000	15000	18840	-8400	True	23/1/2020
73	10	10000	15000	18840	-8400	True	23/1/2020
71	0.0000	0.0000	0.0000	???	???	False	23/1/2020
70	0.0000	0.0000	0.0000	???	???	False	23/1/2020

б) сверху только результаты, при которых построение графика возможно

Рисунок 12. История оценивания стратегий инвесторов (с использованием СУБД Access или MS SQL Server)

id	kdf	h	q	g1	g2
43	0	0	0	???	???
44	10	10000	15000	1,5	2
45	10	10000	15000	1,5	2
46	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0
49	14	20000	40000	1	2
50	14	20000	40000	1,5	2
51	14	20000	40000	1,5	2
52	10	10000	15000	1,5	2
53	10	10000	15000	1,5	2
54	10	10000	30000	1,5	2
55	10	10000	30000	1,2	2
56	10	10000	30000	1,2	2
57	10	10000	30000	1,2	2
58	10	10000	30000	1,2	2
59	10	15000	30000	1,2	2
60	10	30000	30000	1,2	2
61	10	30000	30000	1,2	2
62	10	30000	30000	1,2	2
63	10	30000	30000	1,2	2
64	10	30000	30000	1,2	2
65	10	30000	30000	1,2	2
66	10	10000	15000	1,5	2
67	10	10000	15000	1,5	2
68	10	30000	30000	1,2	2

Рисунок 13. История оценивания стратегий инвесторов (с использованием браузера Edge)

Когда конечные ресурсы невозможно посчитать, в таблице отображаются символы «???». Нажатие на заголовок колонки сортирует результаты по возрастанию или по убыванию.

При нажатии на строку, коэффициенты для получения результата показанного в этой строке заносятся в основную форму.

Инвестор 1	Инвестор 2	Инвестор 1	Инвестор 2
		10000	15000
		1,5	2
		0,2	0,3
		0,8	0,8
		0,8	0,8

Рисунок 14. Таблица заполнилась коэффициентами, которые хранятся в БД

Развитый аппарат нахождения оптимальных стратегий игроков с помощью СППР существенно «облегчает» решение задачи выработки рационального поведения инвесторов. В частности, в случае, когда проблема описывается большим количеством параметров, что делает невозможным нахождение решения проблемы без использования СППР. В СППР «DSS Invest 2020» реализована модель, базирующаяся на применении методов теории дифференциальных игр [4-5].

Заключение

Разработан и протестирован программный продукт - система поддержки принятия решений (СППР) «DSS Invest 2020» для выработки рекомендаций в ходе выбора рациональных финансовых стратегий инвесторами. «DSS Invest 2020» позволяет реализовывать оценку привлекательности инвестиционных проектов в сфере цифровизации предприятий. Вычислительное ядро «DSS Invest 2020» базируется на методе анализа иерархий, а также на впервые полученном математическом решении, которое основано на инструментарии билинейных многошаговых игр качества с несколькими терминальными поверхностями.

Реализация программного продукта «DSS Invest 2020» выполнена по модульному принципу, что даст возможность дополнять СППР другими модулями. Предложенный программный продукт является достаточно универсальным и может быть расширен за счет функционала других подзадач.

Список использованной литературы:

- 1 Корняков В.Н. Программирование документов и приложений MS Office в Delphi // БХВ-Петербург. - 2015. - 826 с.
- 2 Novák I. *Beginning Microsoft Visual Studio LightSwitch Development* // John Wiley & Sons. - 2015.
- 3 Karaci A. *Performance Comparison of Managed C# and Delphi Prism in Visual Studio and Unmanaged Delphi 2009 and C++ Builder 2009 Languages* // *International Journal of Computer Applications*, 26(1), - 2016. С.9-15.
- 4 Ромашикина Г.Ф., Татарова, Г.Г. Коэффициент конкордации в анализе социологических данных // *Социология: методология, методы, математическое моделирование (4М)*, 2015. С.31-158.
- 5 Kache F., Seuring S. *Challenges and opportunities of digital information at the intersection of Big Data Analytics and supply chain management* // *International Journal of Operations & Production Management*, 37(1), 2017. С.10-36.

Reference:

- 1 Korniaikov V.N. (2015) *Programmirovanie dokumentov i prilozhenii MS Office v Delphi [Programming MS Office documents and applications in Delphi]*. BKHV-Peterburg. 826. (In Russian)
- 2 Novák I. *Beginning Microsoft Visual Studio LightSwitch Development*. John Wiley & Sons. 2015.
- 3 Karaci A. (2016) *Performance Comparison of Managed C# and Delphi Prism in Visual Studio and Unmanaged Delphi 2009 and C++ Builder 2009 Languages*. *International Journal of Computer Applications*, 26(1), 9-15.
- 4 Romashkina G.F., Tatarova G.G. (2015) *Koeffitsient konkordatsii v analize sotsiologicheskikh dannykh [The coefficient of concordance in the analysis of sociological data]*, *Sotsiologiya metodologiya metody matematicheskoe modelirovanie 4M*, 31-158. (In Russian)
- 5 Kache F., Seuring S. *Challenges and opportunities of digital information at the intersection of Big Data Analytics and supply chain management* // *International Journal of Operations & Production Management*, 37(1), 2017, 10–36.

МРНТИ 20.51.19
УДК 631.362.36:57.087.3

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.16>

М.Е. Мансурова¹, В.Б. Барахнин², Г.А. Тюлепбердинова^{1*}, Ф.Р. Гусманова¹, А.А. Нұраханова¹
¹Ал-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан
²Новосибирск мемлекеттік университеті, Новосибирск, Ресей Федерациясы
*e-mail: tyulepberdinova@mail.ru

ДЕНСАУЛЫҚ JAҒДАЙЫНЫҢ ЖІКТЕМЕСІН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ӘДІСТЕРІМЕН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

Аңдатпа

Ұсынылып отырған мақалада адам денсаулығына қатысты маңыздылығын жоғалтпайтын мәселелердің бірі қарастырылады. Бүгінде ағзалардың әртүрлі функцияларының жұмысын бақылайтын, халықаралық тұрғыдағы жіктемеге сәйкес бағдарламалардың заман талабына сай келмеуі, цифрлық денсаулыққа қатысты жасанды интеллект алгоритмдерінің негізіндегі профиль жасаудың маңызды екені баршаға мәлім. Мақалада халықаралық жіктемемен жұмыс істеудің және оны қолдануға мүмкіндік беретін жасанды интеллект алгоритмдері салыстырылады. Бұл мақалада жіктеме көрсеткіштерін кластарға бөлуге ыңғайлы классификациялық моделдерді дайындау мақсатында Adaboost алгоритмі, XGбуст алгоритмі және SVM алгоритмдеріне салыстырулар жүргізілді.

Мақалада деректерді өңдеудің негізгі әдістерін зерттеу, қарастырып отырған мәліметтер базасынан адам денсаулығының жағдайына байланысты статистика және машиналық оқытудың, ақпаратты іздеу әдістерінің жиынтығы ұсынылған.

Мәліметтерді талдау мәселелері мен алгоритмдері зерттеу және оларды адам денсаулығының жағдайы мәселелерін шешуге қолдану қарастылды.

Түйін сөздер: жасанды интеллект, машиналық оқыту, ақпаратты іздеу, сандық денсаулық профилі, жұмыс істеудің халықаралық жіктемесі, Тензорфло, Байес классификаторы, шешімдер ағашының әдіснамасы, к-жақын көршілер классификациясы, Adaboost алгоритмі, XGбуст алгоритмі, SVM алгоритмі.

Аннотация

М.Е. Мансурова¹, В.Б. Барахнин², Г.А. Тюлепбердинова^{1*}, Ф.Р. Гусманова¹, А.А. Нұраханова¹
¹Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Қазақстан
²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛАССИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ МЕТОДАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В данной статье рассматривается одна из проблем, которая не теряет своей значимости для характеристики состояния здоровья человека. То, что в настоящее время еще не разработано, приложение для работы с алгоритмами искусственного интеллекта с помощью определителей международной классификации функционирования нескольких функций организма, говорит о важности этого проекта по созданию цифрового профиля здоровья. В статье мы изучим Международную классификацию функционирования и алгоритмы искусственного интеллекта, позволяющие ее использовать. Будем рассматривать работу по классификации полученных данных по классам по определителям международной классификации функционирования с использованием алгоритмов искусственного интеллекта и сравнение моделей прогнозов и дальнейшую оптимизацию для создания наиболее подходящей классификационной модели.

В статье представлен комплекс методов исследования основных методов обработки данных, статистики и машинного обучения, поиска информации по состоянию здоровья человека из рассматриваемой базы данных.

Рассмотрены проблемы и алгоритмы анализа данных и их применение для решения проблем состояния здоровья человека.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, поиск информации, цифровой профиль здоровья, международная классификация функционирования, Тензорфло, Байесовский классификатор, методология дерева решений, К-классификация ближайших соседей, алгоритм Adaboost, алгоритм Xgбуста, алгоритм SVM.

Abstract

M. E. Mansurova¹, V.B.Barakhnin², G. A. Tyulepberdinova¹, F. R. Gusmanova¹, A. A. Nurakhanova¹

¹al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan

²Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian federation

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CLASSIFICATION OF HEALTH STATUS
BY ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS**

This article considers one of the problems that does not lose its significance for the characteristics of the state of human health. The fact that an application for working with artificial intelligence algorithms using the determinants of the international classification of the functioning of several body functions has not yet been developed indicates the importance of this project to create a digital health profile. In this article, we will study the International Classification of Functioning and artificial intelligence algorithms that allow it to be used. We will consider the work on classifying the obtained data by classes according to the determinants of the international classification of functioning using artificial intelligence algorithms, comparing forecast models and further optimization to create the most suitable classification model. The article presents the study of the main methods of data processing, statistics related to the state of human health from the database under consideration, and a set of machine learning methods, information search methods. It is planned to study the problems and algorithms of data analysis and their application to solve problems of the state of human health.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, information retrieval, digital health profile, international classification of functioning, Tensorflow, Bayes classifier, decision tree methodology, K-close neighborhood classification, Adaboost algorithm, Xgbust algorithm, SVM algorithm.

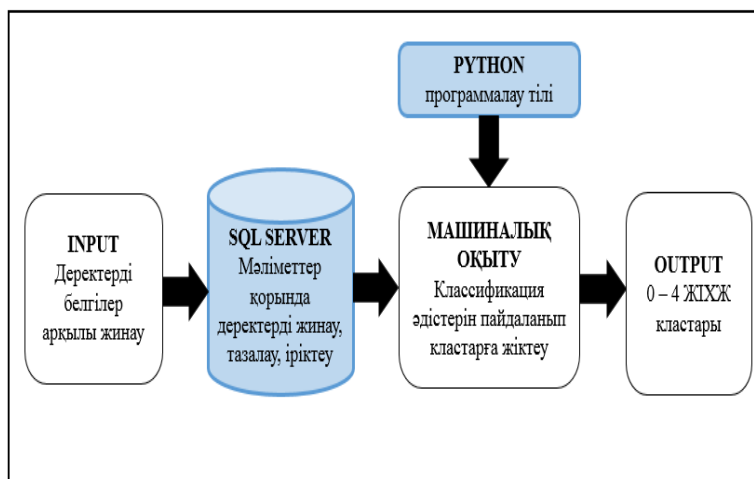
Кіріспе

Бүгінде қаншама ағза функцияларының жұмыс жасауындағы халықаралық тұрғыдағы жіктемесі анықтауыштар бойынша жасанды интеллектің алгоритмдері арқылы жұмыс істейтін бағдарламалар немесе бағдарламалық қамтамалар осы күнге дейін жасалынбаған, ал ол цифрлық денсаулыққа қатысты профиль жасауда маңызды мәселелердің бірі. Ғылыми жұмыстарда адамның денсаулығына қатысты жіктеменің толықтай нұсқасын жасау кезінде халықаралық тұрғыдағы жіктемесін таңдап алдық. Халықаралық тұрғыдағы жіктеме санаттары мүмкіндігімен денсаулықтың жағдайлары бойынша толық ақпарат, яғни жіктемелерге қол жеткізе аламыз.

Адам өзінің денсаулығының нашарлағанына көңіл бөлмеуіне байланысты, ағзасында белгісіз аурулардың асқынып кету мүмкіндігі бәрімізге мәлім. Әркім денсаулығы жайындағы ақпаратқа, қандай дәрежеде немесе емдік іс-әрекеттердің қандай дәрежеде әсер етіп жатқандығы бойынша мәліметтермен таныс болып отыруы медицина бойынша болып жататын әлемдегі қиындықтарды аз да болсын азайтуға көмегін тигізетіндігіне сенімдіміз. Онымен қоса денсаулыққа байланысты автоматты жіктеу дәрігерлерге де, науқастарға да оңтайлы және тиімді болады. Өйткені дәрігердің адамның денсаулығын аз уақытта жіктеуіне, саралай алуына және оған қатысты диагнозды қойып, алдымен әртүрлі іс-шараларды уақытымен бастап кетуіне болар еді. Ауырған адамдар өзінің денсаулық жағдайлары жайында жылдам мәліметтерді қажет кезінде ала отырып, денсаулығының жағдайы бойынша науқас жаңадан пайда болған кезінде дер кезінде іс-әрекет жасауына болар еді.

Зерттеудің әдістемелері

Бұл мақаланың басты тапсырмасы халықаралық тұрғыдағы жіктемесі бойынша зерттеу, жасанды интеллект әдістері бойынша жіктеулерді қарастыру болмақ. Жасанды интеллект бойынша мұндай бөлулер әртүрлі әдістермен ұйымдастырылады. Мысалы, машиналық оқыту - ол оқуға мүмкін алгоритмдерді құру тәсілдеріне зерттеу жасайтын жасанды интеллектің жан-жақты қамтылған бір бөлімі десек болады. Мұндағы негізгі қағида, есептің қағаз бетіне шығарылған нұсқасына бағдарлама құру ғана емес, сонымен қатар «ақпараттық үйрену» әдісін пайдалану болып табылады. 1-сурет бойынша қарасаңыз, енгізілетін ақпарат пен шығатын ақпарат арасындағы байланысты көресіз. Деректерді алдымен студенттердің өздері жинақтайды, халықаралық тұрғыдағы жіктемесімен әртүрлі функцияға қажетті белгілері бойынша сұрыпталады, содан кейін әртүрлі белгілері бойынша сандық түрге ие болады. Осыдан соң ақпараттар деректер қорына жіберіледі. Мұнда дұрыстау, тазалау, бөлу сияқты жұмыстар жүзеге асырылған болатын. Белгілі бір түрге келген мәліметтер машиналық оқыту бойынша іріктелінген модельге сүйеніп кластар бойынша жіктеу жұмысы іске асты. Кейіннен халықаралық тұрғыдағы жіктемесімен жіктелген 0-4 кластары, бес класс алынғанын көресіз.



Сурет 1. Машиналық оқыту бойынша Халықаралық тұрғыдағы жіктемесін жіктеу алгоритмін ұйымдастыру суреті

Ақпаратты жинау бөлімі машиналық оқыту жұмыстарындағы үлкен әрі маңызды істің бірі. Өйткені, 80% жұмыс модель құруға кетпейді, ол ақпаратты жинау және тазалау жұмыстарына кетеді. Бізге қажетті ақпаратты табу, біз білетін ақпаратты толықтыру, қажет ақпаратты табу, деректер жүйесімен интеграция, ақпаратты жіберу, керек түрге келтіру сияқты іс әрекеттер орындалады. Мәліметтердің қол жетімді, көп өлшемді, үйлесімді, толық, дәл, дәйекті және нақты онымен қоса өзекті болуы қажет. Жарамсыз ақпараттың сапасы нашар немесе пайдасы болмай кетуі ықтимал және ол бір жағынан жарамды болғанына қарамастан, қате тұжырымдардың туындауына әкеліп соғуы мүмкін. Зерттелетін жұмыстарда халықаралық тұрғыдағы жіктемесі бойынша функциялар ағзаның бөлімдері санаттарының белгілері бойынша жиналған. Жиналған ақпарат медицина бойынша негізделе келе, қолмен жинақталынған болатын. Алғашқы классификация бойынша: ағзаның функция бөлігі → жүрек және тамыр, иммундық, қан, тыныс алу сияқты жүйелердің функцияларының бөлімі → иммундық жүйе мен қан жүйесінің функциялары бойынша → қан жүйесі бойынша функциялар санаты.

Қан жүйесі бойынша функциялар класын анықтау үшін қажетті белгілерді зерханалық деректерден табуға болады. Халықаралық тұрғыдағы жіктеме бойынша алынатын функциялар қан жүйесі бойынша алынатын функциялармен байланысты. Өйткені, болжам бойынша қан құрамында болатын элементтер әртүрлі басқа жұмыс жасайтын функцияларға әсерін тигізеді. Мысал келтіретін болсақ, ол элементтер тыныс алу сияқты функциялармен байланыста болуы әбден мүмкін. Жіктеу бойынша алгоритмдерді жасап болғаннан кейін корреляцияның бар екендігін немесе оның мүлдем болмайтындығын көруге болады.

Әртүрлі белгілері бойынша қан жүйесі функциясы кластарын анықтайтын анағұрлым көбірек ақпарат алуға мүмкіндігіміз болады. Төмендегі кесте бойынша қалыпты облыстан ауытқып кеткен Халықаралық тұрғыдағы жіктеменің пайыз бойынша мөлшері есептелінді, ол 0 және 4 арасы пайызда қате кетуді жоқ деп айтуға келетін мөлшері, ал 5 және 24 пайыз арасы ол жеңіл тұрғыда қате кету, ал 25 және 49 пайыз ол орташа қате кетуді байқау мөлшері, ал 50 және 95 пайыз арасы ол ауыр қате кету мөлшерін көрсетеді, онымен қоса 96 және 100 пайыздық мөлшер абсолютті қате кетуді сипаттайды және осы белгілер бойынша қорытындылайтын болсақ 0 және 4 класс деңгей мөлшері қойылған еді. Мұндай белгілер 830 сынамалы объектке алынады, 800 алгоритм нысанда үйретуге жіберілетін болса, 30 алгоритм нысаны дұрыс жұмыс жасайтын бағалау мақсаты бойынша тест жасау үшін жинақталынған. Халықаралық тұрғыдағы жіктеме бойынша қан жүйесін жіктеу адамның денсаулығын бағалауда және инфекция немесе анемия, дәл сол сияқты лейкомия ауруларын тауып алдын алу шараларын ұйымдастыру үшін қажет болады. Ал келесі классификация бойынша: ағзаның функция бөлігі → урогениталды немесе репродуктивті функцияларының бөлімі → функция ол зәр шығару бойынша → b610 зәр шығару функциясы бойынша санат.

Ол зәр шығарудың функциялары класстарын анықтайтын қажетті белгілер сияқты зертханалық мәліметтерді қарастыруға болады.

Ал зәр шығарудың функциялары оң жұмыс жасауын қадағалау үшін неше түрлі несеп талдауларын көрсеткіштерімен қоса жүгіну қажет [1].

Зәр шығарудың функциялары жұмыстарын бағалау үшін неше түрлі зертханалық мәліметтерді қан жүйесі бойынша жұмыс жасау функциясын тексергенде 0 және 4 арасында класқа бөліп қарастырдық. Жалпы алғанда 830 сынама әртүрлі нысан бойынша алынды, ал олардың 800-дейі алгоритмді оған үйрету бойынша жіберілді, ал 30 нысаны алгоритмдердің оң жұмыс жасауын бақылау мақсатында тест жасауға жинақталынған болатын.

Келесі үшінші классификация бөлімі үшін: ағзаның функциялары бөлімінің → жүрек және тамыр, иммундық және қан, онымен қоса тыныс алудың жүйелері функцияларының бөлімі → тыныс алудың функциясы → ол *тыныс алудың функциялары бойынша* санат.

Ал тыныс алу функцияларының класстарын анықтау үшін қажетті белгілер, эксперимент нәтижесінде белгілі болады.

Адам тамырының соғуы жылдамдығы 60 соққыны көрсетсе 1/мин, онда тыныс алудың жиілік мөлшері сәйкес мән бойынша, демін шығарған кезінен кейін автоматты үзіліс түріне 4 максималды кідіріске 120 с болатын болса онда науқаста өкпесінің альвеолаларында көмірқышқылының газы мөлшерлемесі 6,5 пайызға жетеді, ал оны тыныс алу функциялары дұрыс жұмыс жасауының көрінісі ретінде қарастыруға болады [2]. Мұндай көрсеткіш көбінесе су спорт түрлерімен айналысқан адамдарда және жеңіл атлетикамен айналысатын адамдарда кездесуі ықтимал. Мұндай көрсеткіштерді көрсету үшін көбінесе уақыт бойынша бақылап іс-әрекеттер жүргізеді [3]. Төмендегі 1-кестеде тыныс алу функциясының белгілері оның бірлігі және қалыпты аумақтарымен берілген. Қаншалықты Халықаралық тұрғыдағы жіктеме бойынша қате кетуі, кластар бойынша анықтау мүмкін. 2-кестеде тыныс алудың функцияларының белгілері бойынша 10 нысанның кіріс және шығыс мәндерінің үлгісі келтірілген.

Кесте 1. Тыныс алу функцияларының белгілері

№	Белгілер	Бірлігі	Қалыпты ауқымы
1	Жынысы	1 – ер 0 – әйел	
2	Тыныс алу жиілігі	Минутына тыныс алу саны	Ер – 12 – 15 Әйел – 14 – 19
3	Пульс жиілігі	соққы / минут	Ер – 60 – 70 Әйел – 65 – 80
4	Автоматты үзіліс	Саны	4
5	Бақылау кідіруі	Секунд	40 – 60
6	Ерікті кідіру	Секунд	40 – 60
7	Максималды кідіру	Секунд	80 – 120
8	Тыныс алу тереңдігі	•	1 – 1,5
9	Ерік индексі	•	1

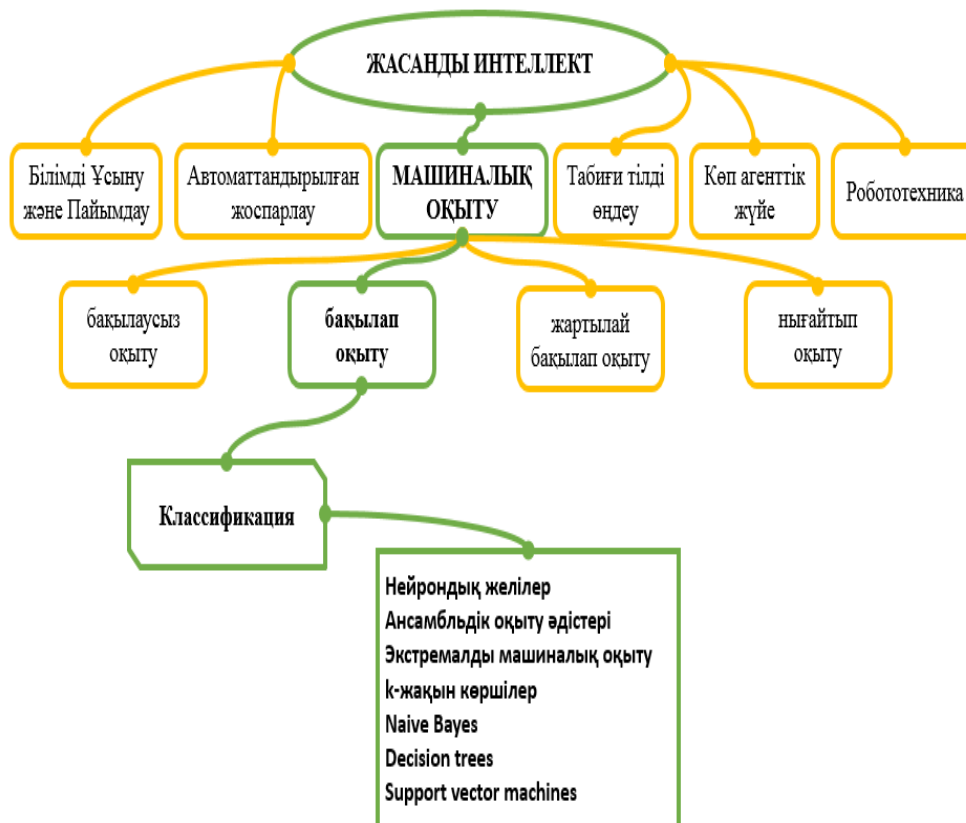
Кесте 2. Тыныс алу функцияларының белгілері бойынша кіріс және шығыс мәндерінің үлгісі

Кіріс мәндері									Шығыс мәндері
Жынысы	Тыныс алу жиілігі	Пульс жиілігі	Автоматты үзіліс	Бақылау кідіруі	Ерікті кідіру	Максималды кідіру	Тыныс алу тереңдігі	Ерік индексі	
0	18	67	4	40	32	72	1,5	0,8	1
0	18	75	4	48	48	96	1,25	1	0
0	16	71	4	50	49	99	1,2	0,98	0
1	14	65	4	58	59	117	1,034	1,017	0
1	13	64	4	63	64	127	0,952	1,015	0
1	27	91	2	15	12	27	4	0,8	4
0	22	75	3	52	38	90	1,153	0,730	2
0	27	101	2	24	11	35	2,5	0,458	3
0	29	98	2	26	11	37	2,30	0,423	3
1	13	60	4	45	38	83	1,33	0,844	1

Тыныс алу функцияларының жұмысын бағалауда әртүрлі эксперименттік көрсеткіштері жоғары. Ал келесі төртінші классификация бойынша тоқталатын болсақ: ағзада функция бөлігі → ас қорыту, метаболика, эндокриндік және басқа функциялар бөлімі → ас қорыту жүйесі бойынша функциялар → салмақты сақтау бойынша функциялардың санаты.

Студенттердің дамуы бойынша деректер салмақ өзгерісі кластарын анықтау үшін қажет белгілер ретінде қарастырылған.

Біздің машиналық оқытудың келесі процесі бөлігі – ол классификация моделдерін оңтайлы анықтау. Халықаралық тұрғыдағы жіктеме бойынша анықтауыштарын сәйкесінше анықтағаннан соң көп класты моделді таңдау болып табылады. Көп класты жіктеу төмендегі 2-суретте келтірілген моделдер біреусін қолдана отырып ұйымдастыруға арналған.



Сурет 2. Моделдерді жіктеу

Тиімді классификация моделін жасауда оларды салыстыру мен кейіннен тиімдісін таңдау үшін ерекшеліктерін қарастыра отырып іс әрекетке көшу керек. Қажетті моделді таңдағанда көп кедергілер де болады. Моделдер есептеу кезінде уақыттың көп кетуі және дәлдігінің аздығы немесе ауытқу мөлшерінің көбейуі ықтимал деп біз де гипотеза жасадық [4].

Тензорфло дегеніміз ол google бойынша терең оқу үшін қосымшалар қажеттігі үшін жасалынған ашық түрдегі кітапхана. Ал ол онымен қоса машиналық оқытуды да қолдайды. Тензорфло ол мәліметтерді тензор атымен айтатын үлкен көлемді өлшемі бар массив деп қарастыратын болады. Үлкен көлемді массив деректерді түрлендіру кезінде қолайлы. Ағза функцияларына әсер ететіндіктен және оның жұмысын бағалауда кейбір ерекшеліктері қарастырылатындықтан мәліметтердің үлкен көлемді массивтері пайдаланылады. Байес классификаторы дегеніміз постериоримен мүмкіндігінің барынша жоғары түріне жоспарланған жіктеудің алгоритмдерінің үлкен сыныбы. Жіктелінген әрбір объектке сыныптың мүмкіндігі жоғары функциялары таңдалынады және оны сыныптардың келесі мүмкіндіктерімен қарастыратын болады.

Белгілеп отырған нысана постериоридің мүмкіндігі жоғары болатын сыныбына қатысты. Шешімдер ағашы әдіснамасы дегеніміз, ол бірнеше ковариаттарға арналған классификация жүйелерін жасауға және мақсатпен белгісіздерді болжау алгоритмдерін жасауға негізделген

мәліметтерді енгізудің көп қолданылып жүрген тәсілі. Мұндай тәсілде популяция тамырдың түйіні бойынша және ішкі түйіндер арқылы жапырақтың түйіндері төңкеріліп ағаштың бұтақ тәрізді етіп жасайтын сегменттеріне жіктеледі. Ал алгоритм ол параметрлік емес немесе күрделі, параметрлік тәрізді құрылымдарды таңдамай-ақ үлкен немесе күрделі ақпараттар жиынын оңтайлы жүргізе алады. k-жақын көршілер әдісінің классификациясы анағұрлы қарапайым және әртүрлі белгілері бойынша олардың жақын көршілер сыныбына қатысты жіктеліп отырады. Көп жағдайда жан-жағындағы көршілерін санап отыру пайдалы, себебі мұндай тәсіл көп жағдайда жақын көршілердің сұраныс жіктелуі деп те аталады.

Мұндағы сыныпты анықтау жағдайында жақын көршілер әдісін пайдаланамыз. Мұндай классификациялар екі кезектен, біріншісі ол жақын көршілер анықтамасы, ал екіншісі ол - көршілерді қолданатын сыныптың анықтамасы [5]. SVM дегеніміз ол регрессия мен жіктеулер үшін пайдаланылатын бақылауда оқытылатын тәсілдерінің жиынтығы. Бұлар жалпы алғанда сызықты классификацияның тобына жатады. SVM қасиеттерінің ерекшелігі ол бір мезгілде эмпирикалық классификация қателіктерін азайтып отырады, ал геометриялық шекті ол барынша жоғарғы мәнге жеткізеді. SVM-ның енгізілетін векторын барынша ең үлкен бөлетін гиперпланның салынылған максималды өлшемі кеңістікте бейнеленеді. Гиперплан жан жағында деректерді бөлуге екі параллель болатын гиперпландар салынған. Ал бөлінетін гиперплан ол екі параллель болатын гиперпландар арасында қашықтығы барынша үлкен мәнге жететін гиперплан. Параллель гиперпландар шекарасын және қашықтық бойынша қаншалықты көп болса, онда ол жіктеуіштің жалпы ерекшелігі соншалықты максималды болмақ [6, 7].

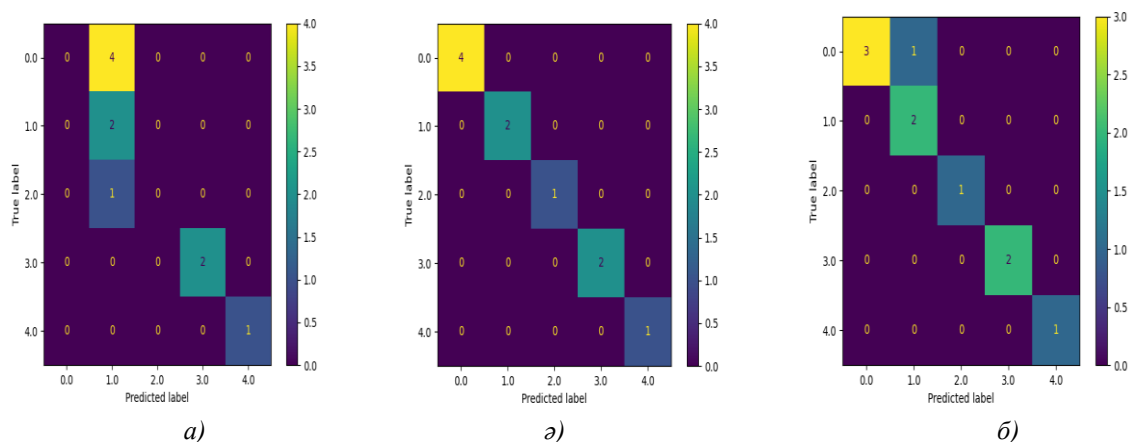
Келесі алгоритм ол – Adaboost, оқу мәліметтері негізінде салмақ жиынтығын өзгертпей және әрбір әлсіз оқудағы циклдан соң бұларды түрге келтіріп жөндеулер арқылы нашар үйретілген жиынтығын жасап отырады.

Зерттеу нәтижелері

Халықаралық тұрғыдағы жіктемесімен топтастырылған деректер ағзадағы функциялар негізінде айрықша классификация жасалынады. Халықаралық тұрғыдағы жіктемесінің өзіндік ерекшелігі бойынша функция басқаша жіктелгеннен кейін, олардың арасында байланыс болуын анықтау керек. Мысал келтіретін болсақ, қан жүйесі функциясының тыныс алу функцияларына қандай дәрежеде әсер етуі мүмкін болатынын анықтау керек. Түрлі болжамдар бойынша гемоглобин көрсеткіштері аз нысандар тыныс алу функцияларының жұмыс жасауына кедергілер жасап жеңіл және орташа қате кетулер болуы мүмкін.

Жинақталған мәліметтерді жоғары жақта көрсетіп өткеніміздей тізімде келтірілген жіктеулер бойынша тексереміз. 1-ші және 2-ші кестелерде көрсетілген деректер бойынша жіктеу алгоритмдері жүргізілді. Басқа да функциялар үшін жіктеу алгоритмдерін таңдау алгоритмдері жүргізілді.

Confusion матрицалары - тыныс алу функциялары жұмыстарын бақылаудағы мәндерін төмендегі 3-ші және 4-ші суреттерде бейнеленген салыстырулардан көруге болады.

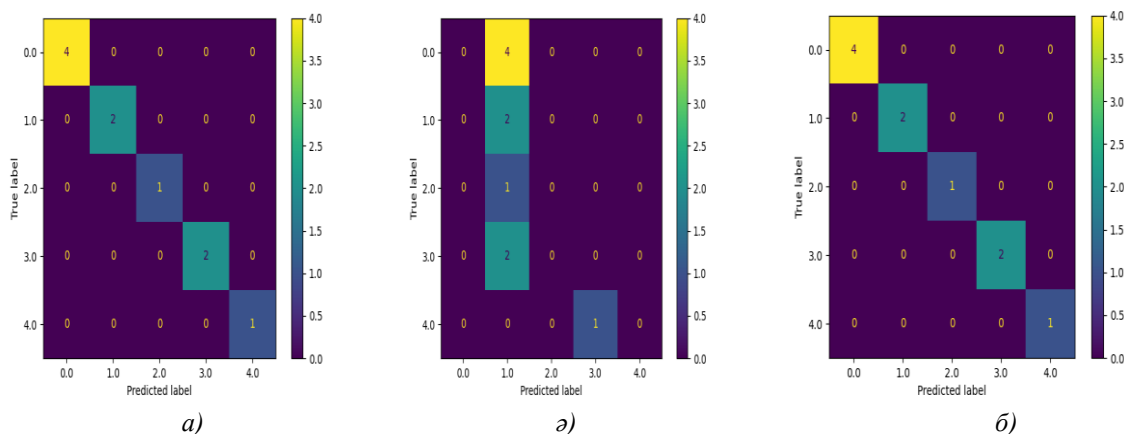


Сурет 3. Confusion матрицалары, мұндағы а) тыныс алу функциясының жіктелуі бойынша алынған шешімдер ағашы бойынша методологиясы, б) бұл k - жақын көршілер, в) бұл SVM алгоритмі

3-суреттегі а) нұсқасы бұл тестілеу кестесіндегі шешімдер ағашы бойынша методологияның жіктелуі қаншалықты оң болжамдарды көрсететіндігінің дәлелі болмақ: болжамдардың көпшілік бөлігі 1 сыныпқа жататын, дегенмен негізгі шығатын сыныптарына сәйкес келмейтін болады.

3- суреттегі ә) нұсқасы тестілеу кестесіндегі k - жақын көрші әдісімен жіктеу алгоритмінің: көпшілік болжамдар бойынша өз сыныбына сәйкес келетін болады.

3- суреттегі б) нұсқасы тестілеудің кестесіндегі SVM жіктеуінің алгоритмін: 0 және 1 сыныптарына болжау кезінде қателік барын көрсетеді.



Сурет 4. тыныс алу функциялары, оның ішінде а) Naive Bayes, ә) Adaboost, б) Xgboost алгоритмдерінің confusion матрицалары бойынша жіктелуі

4 суреттің а) нұсқасында тестілеу кестесі бойынша Naive Bayes жіктеуінің алгоритмі оң және теріс болжамдардың ара-қатынастарын көрсетеді: көпшілік көрсетілген болжамдар негізгі шығыс сыныптарына ұқсас келеді.

4 суреттің ә) нұсқасында Adaboost жіктеуінің алгоритмі қаншалықты оң болжамдар көрсететінінің дәлелін береді: 9 нысанды әртүрлі белгілеріне сүйеніп тестілеу көрсеткіштерін 1 сыныбына жатқызсақ, дегенмен суреттен көргеніміздей екеуі ғана бұл болжамдарға сәйкес екенін көреміз.

4 суреттің б) нұсқасында тестілеу кестесін Xgboost алгоритмі бойынша жіктеуде оң және теріс болжамдардың қатынасын көрсетеді: көпшілік байқайтын болжамдар негізгі шығыс сыныптарына жақындайды.

Дискуссия

Машиналық оқытуда k - жақын көршілер әдісі Naive Bayes ансамблдік оқыту тәсіліне кіретін Xgboost жіктеуі бойынша модельдері арасында тыныс алу функцияларының жұмысын бағалау үшін таңдау болды және бұл жерде үшінші моделге таңдау жасалынды. Енгізілген деректер Naive Bayes моделіне сәйкес өзара тәуелсіз болуы шарт, дегенмен зерттеу жұмыстарында таңдау жасалынған белгілерден өзара тәуелді екені анықталады. Сондықтан бұл моделге таңдау жасау кейінге шегерілді. Әртүрлі тексерулер негізінде он нысанға бақылау көрсеткіштерін жасап, тексерілді. Таңдаулар саны жеткілікті болатын кезде, сауалнаманың мәліметтерін тексеру, оқыту жиынтығына бөліп қарастыруға болады [8].

Шешімдерге ағаш моделі құрылуы үшін, жаттығу жиынтықтары мен тиімді шеткі моделге жету мақсатында қажет болатын ағаш өлшемдеріне таңдау жасау мақсатында тексеру бойынша ақпараттар жиынтығының қажеті айтарлықтай. Басқа аналитика тәсілдері тәрізді қолданушыларға ескертетін шешім ағашы әдісі бойынша шектеулер бар. Кемшілігі – ол аз-маз ақпаратты пайдалған кезде, артық камтуға және айтарлықтай ескермеуге болады.

Мұндай кемшілік нәтижесі бойынша алынған модельдер сенімділігі мен жалпылануына шектеулер болуы мүмкін. Келесі болжанатын кемшілік, ол әртүрлі мүмкін кіретін айнымалылардың арасында болатын үлкен корреляция моделдерінің статистикасын жоғарылататын, дегенмен қызығушылық нәтижесі себептік байланысқа емес айнымалылардың таңдауына әкеліп соғуы ықтимал.

Сонымен шешім ағашы моделдері бойынша түсінік және сол моделдер нәтижелері, себептік гипотезалар жасау кезінде қажет болады [9, 10]. Болашақта сандық денсаулық профилін құрастыру үшін жұмыстар жалғасатын болады.

Қорытынды

Функциялар іс-әрекетін бағалау кезінде машиналық оқыту, ансамбльдік оқыту тәсілдеріне жататын Adaboost алгоритмінің жіктеу моделі таңдалынды. Өйткені басқа моделдермен салыстырғанда оның жоғары дәлдікті көрсететіні анықталды. Зерттеулер барысында он нысан бақылауға алынып, әртүрлі көрсеткіш мәндері енгізіліп және талдаулар жасалынды.

Моделдер классификациясы бойынша дәл өлшеу, машиналық оқыту негізінде бағалайтын моделдер үшін маңызды. Келтірілген суреттер нәтижесі бойынша Adaboost, SVM, XGбуст жоғары дәлдік көрсеткіштеріне ие екендігін көреміз. Бұл мақаладағы бес жіктеу бойынша осы үш моделге таңдау жасалынды. Халықаралық тұрғыдағы жіктеме санаттары мен оны қолдайтын жасанды интеллект алгоритмдерін жан - жақты қарастыра келе біз,

Халықаралық тұрғыдағы жіктеме санаттары жіктеулерінің қолданылуы аймағы өте кең және әртүрлі екеніне тұжырымдама жасадық. Жасанды интеллект негізінде қарастырылған жіктеулер әдістері бойынша, Халықаралық тұрғыдағы жіктеме санаттарын жіктеуде қолданылған зерттеулер аз болса да 0 және 1 жіктеулеріне пайдаланылғаны анықталды.

АЛҒЫС

Бұл мақала Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің гранттық қаржыландыруы есебінен № AP09260767 "Қазақстан студенттерінің денсаулық жағдайын бағалаудың зияткерлік ақпараттық-аналитикалық жүйесін әзірлеу" жобасы аясында орындалды.

Пайдаланылған дереккөздер тізімі:

- 1 Alanjary M., Cano-Prieto C., Gross H., Medema M.H. Computer-aided re-engineering of nonribosomal peptide and polyketide biosynthetic assembly lines. // *Nat., «Prod. Rep.»* - 2019.- №36. –pp. 1249–1261
- 2 Montalbán-López M., et al. New developments in RiPP discovery, enzymology and engineering // *Nat. Prod. Rep.*, 2020, №38, pp. 130–239.
- 3 Hannigan, G. D., et al. A deep learning genome-mining strategy for biosynthetic gene cluster prediction. // *Nucleic Acids Res.* 2019. №47, pp. 110.
- 4 Frontino G., Meschi F., Bonfanti R., Rigamonti A., Battaglino R., Favalli V., Bonura C., Ferro G., Chiumello G. Future perspectives in glucose monitoring sensors.// *European Endocrinology.* 2020, №9(1). Pp 6- 11.
- 5 Villena Gonzales W., Mobashsher A. T., Abbosh A. The Progress of Glucose Monitoring-A Review of Invasive to Minimally and Non-Invasive Techniques, Devices and Sensors. // *Sensors (Basel, Switzerland).* 2020. №19(4), P.800. <https://doi.org/10.3390/s19040800>
- 6 Facchinetti A. Continuous Glucose Monitoring Sensors: Past, Present and Future Algorithmic Challenges. // *Sensors (Basel, Switzerland).* 2016. №16(12). P 2093. <https://doi.org/10.3390/s16122093>
- 7 Salam N. A., Saad Z., Manap F., Salehuddin "The Evolution of Non-invasive Blood Glucose Monitoring System for Personal Application." // *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering.* 2016. №8. pp. 59-65.
- 8 Kumar P. M., Lokesh S., Varatharajan R., Babu G. C., Parthasarathy P. Cloud and IoT based disease prediction and diagnosis system for healthcare using Fuzzy neural classifier. // *Future Generation Computer Systems.* 2016. №86. pp. 527-534.
- 9 Narkhede P., Dhalwar S., Karthikeyan B. NIR Based Non-Invasive Blood Glucose Measurement. // *Indian Journal of Science and Technology.* 2016. №9(41). <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i41/98996>
- 10 Жолдас Н.А., Мансурова М.Е. Информационные технологии для мониторинга юных пациентов с сахарным диабетом. // *Автоматика и программная инженерия.* 2021, №1(35). Стр. 11-20.

References

- 1 Alanjary M., Cano-Prieto C., Gross H., Medema M.H. (2019) Computer-aided re-engineering of nonribosomal peptide and polyketide biosynthetic assembly lines. // *Nat., «Prod. Rep.»* №36. pp. 1249–1261
- 2 Montalbán-López M.,(2020) et al. New developments in RiPP discovery, enzymology and engineering // *Nat. Prod. Rep.*, №38, pp. 130–239.
- 3 Hannigan, G. D., (2019) et al. A deep learning genome-mining strategy for biosynthetic gene cluster prediction. // *Nucleic Acids Res.* №47, pp. 110.
- 4 Frontino G., Meschi F., Bonfanti R., Rigamonti A., Battaglino R., Favalli V., Bonura C., Ferro G., Chiumello G. (2020) Future perspectives in glucose monitoring sensors.// *European Endocrinology.* №9(1). pp 6- 11.

- 5 Villena Gonzales W., Mobashsher A. T., Abbosh A. (2020) *The Progress of Glucose Monitoring-A Review of Invasive to Minimally and Non-Invasive Techniques, Devices and Sensors.* // *Sensors (Basel, Switzerland).* №19(4), P.800. <https://doi.org/10.3390/s19040800>
- 6 Facchinetti A. (2016) *Continuous Glucose Monitoring Sensors: Past, Present and Future Algorithmic Challenges.* // *Sensors (Basel, Switzerland).* 2016. №16(12). P 2093. <https://doi.org/10.3390/s16122093>
- 7 Salam N. A., Saad Z., Manap F., Salehuddin (2016) "The Evolution of Non-invasive Blood Glucose Monitoring System for Personal Application." . *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering.* 2016. №8. pp. 59-65.
- 8 Kumar P. M., Lokesh S., Varatharajan R., Babu G. C., (2016) Parthasarathy P. *Cloud and IoT based disease prediction and diagnosis system for healthcare using Fuzzy neural classifier.* *FutureGeneration Computer Systems.* 2016. №86. pp. 527-534.
- 9 Narkhede P., Dhalwar S., Karthikeyan B. (2016) *NIR Based Non-Invasive Blood Glucose Measurement.* // *Indian Journal of Science and Technology.* 2016. №9(41). <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i41/98996>
- 10 Zholdas N.A., Mansurova M.E. (2021) *Informacionnye tehnologii dlja monitoringa junyh pacientov s saharnym diabetom [Information technologies for monitoring young patients with diabetes mellitus].* *Nauchno-tehnicheskij zhurnal «Avtomatika i programmaja inzhenerija» (Novosibirskij institut programmyh sistem. RINC),* №1(35), 11-20.

МРНТИ 28.17.31
УДК 004.91

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.17>

Ж.К. Нурбекова^{1,2*}, Г.М. Кусаинов³, Р.К. Михалев¹, А.Ш. Танирбергенова³

¹Республиканский научно-практический центр экспертизы содержания образования Министерства образования и науки Республики Казахстан, г.Нур-Султан, Казахстан

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

³АОО «Назарбаев интеллектуальные школы», г.Нур-Султан, Казахстан

* e-mail: zhanat_n@mail.ru

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА СОДЕРЖАНИЯ ПРИ ЭКСПЕРТИЗЕ ТИПОВЫХ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ И ТИПОВЫХ УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ

Аннотация

В данной статье рассматривается информационное моделирование процесса оценивания качества содержания при экспертизе типовых учебных планов и типовых учебных программ. Представлены логико-технологическая карта процесса экспертизы типовых учебных планов и типовых учебных программ. и результаты исследования линейно-концентрически построенных традиционных, и обновленных типовых учебных программ. Показаны проблемы реализации, связанные с метапредметной направленностью типовых учебных программ. Предложена новая форма, которая предусматривает планирование по каждому отдельно взятому предмету. В числе основных содержательных отличий, обновленных типовых учебных программ рассмотрены: ценности среднего образования, построение программ в соответствии с ожидаемыми результатами, спиральное построение предметных учебных программ, таксономия учебных целей, функциональной грамотности адекватность содержания разделов и тематики учебных дисциплин современным трендам и направленности на развитие и формирование общественно значимых компетенций и др. Предложена усовершенствование технологии с новым алгоритмом оценивания типовых учебных планов и типовых учебных программ и и принятию экспертных решений

Данное исследование проведено в Национальной академии образования имени И.Алтынсарина Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках научно-технической программы «Научные основы модернизации системы образования и науки».

Ключевые слова: информационное моделирование, алгоритм, типовые учебные планы (ТУП), типовые учебные программы (ТУПр), качество содержания, технология оценивания качества типовых учебных планов и программ.

Аңдатпа

Ж.К. Нурбекова^{1,2*}, Г.М. Кусаинов³, Р.К. Михалев¹, А.Ш. Танирбергенова³

¹ҚР Білім және ғылым министрлігінің Білім мазмұнын сараптау республикалық ғылыми -практикалық орталығы, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

² Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

³ «Назарбаев Зияткерлік мектептері» ДБҰ, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

ТИПТІК ОҚУ ЖОСПАРЛАРЫН ЖӘНЕ ТИПТІК ОҚЫТУ БАҒДАРЛАМАЛАРЫН САРАПТАУДА МАЗМҰН САПАСЫН БАҒАЛАУ ПРОЦЕССИН АҚПАРАТТЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Бұл мақалада типтік оқу жоспарлары мен типтік оқу бағдарламаларын сараптауда мазмұн сапасын бағалау технологиясы талқыланады. Сызықтық-концентрлі түрде жасалынған дәстүрлі және жаңартылған типтік оқу бағдарламаларын зерттеу нәтижелері ұсынылған. Типтік оқу бағдарламаларының мета-пәндік бағдарлануымен байланысты іске асыру мәселелері көрсетілген. Әрбір жеке пән бойынша жоспарлауды көздейтін жаңа форма ұсынылды. Жаңартылған типтік оқу бағдарламаларының негізгі мазмұнды айырмашылықтарының ішінде орта білімнің құндылықтары, күтілетін нәтижеге сәйкес бағдарламалардың құрылымы, пәндік оқу жоспарларының спиральді құрылымы, білім беру мақсаттарының таксономиясы, функционалдық сауаттылық, білім беру пәндерінің бөлімдері мен тақырыптарының мазмұнының қазіргі тенденцияларға сәйкестігі және әлеуметтік маңызы бар құзыреттілікті дамытуға және қалыптастыруға бағдарлану және т.б. қарастырылды. Типтік оқу жоспарлары мен типтік оқу бағдарламаларын бағалау және сараптамалық шешімдер қабылдау технологиясын жетілдіру ұсынылады.

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі І.Алтынсарин атындағы Ұлттық білім академиясында «Білім мен ғылым жүйесін жаңғыртудың ғылыми негіздері» атты ғылыми -техникалық бағдарламасы аясында жүргізілді.

Түйін сөздер: ақпараттық модельдеу, алгоритм, типтік оқу жоспарлары (ТОЖ), типтік оқу бағдарламасы (ТОБ), мазмұн сапасы, типтік оқу жоспарлары мен бағдарламаларының сапасын бағалау технологиясы

Abstract

INFORMATION MODELING OF THE CONTENT QUALITY ASSESSMENT PROCESS DURING EXPERTISE OF TYPICAL LEARNING PLANS AND TYPICAL LEARNING PROGRAMS (CURRICULA).

Nurbekova Zh.K.^{1,2}, Kussainov G.M.³, Mikhalev R.K.¹, Tanirbergenova A.Sh.³*

¹Republican Scientific and Practical Center for Examination of the Content of Education of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan, Kazakhstan

²Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty, Kazakhstan

³Autonomous Educational Organization "Nazarbayev Intellectual Schools", Nur-Sultan, Kazakhstan

This article discusses the information modeling process of the quality assessment of content in the expertise of typical learning plans and typical learning programs (typical curricula). The results of the study of linear-concentrically constructed traditional and updated standard curricula and logical and technological map of the process of expertise of typical learning plans and typical learning programs (typical curricula) are presented. The problems of implementation associated with the meta-subject orientation of typical curricula are shown. A new form has been proposed, which provides for planning for each individual subject. Among the main substantive differences of the updated standard curricula, the following are considered: the values of secondary education, the construction of programs in accordance with the expected results, the spiral construction of subject curricula, the taxonomy of educational goals, functional literacy, the adequacy of the content of sections and topics of academic disciplines to modern trends and focus on development and the formation of socially significant competences, etc. The improvement of the technology with a new algorithm for evaluating typical learning plans and typical learning programs (typical curricula) and making expert decisions is proposed.

This study was carried out within the framework of the scientific and technical program "Scientific bases of modernization of the education and science system" at the National Academy of Education named after Y. Altynsarin of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

Keywords: information modeling, algorithm, typical learning plans (TLP), typical learning programs (curricula) (TLPr), quality of content, technology for assessing the quality of standard curricula and programs.

Введение

Кардинальное реформирование казахстанского образования. обусловленное необходимостью более тесного сближения и интеграции в международное образовательное пространство. Анализ исследования учебных планов и программ и работ показывает большой опыт внедрения мультидисциплинарных предметов в начальной и основной школе, а также программ, основанных на концепции.[1] – [7]. Ключевые компетенции в рамках школьной программы представлены в работе [8]. Китайский опыт накоплений знаний, педагогическая трансформация в образовании, формирование навыков 21 века показан в работе [9]. Исследования опыта проектирования учебных программ Канады, Англии, Финляндии, Австралии [10-14], новое видение системы образования [8, 15-16] и в целом работы об образовании мирового уровня показывают способы модернизации школьной системы XXI века, успешные реформы и высокие результаты школьного образования и актуализировало проблемы обновления содержания среднего образования в соответствии с инновационными достижениями мировой психолого-педагогической теории и лучшего отечественного и зарубежного опыта.

В условиях глобальной цифровизации внедрение новых технологий в процессы экспертизы типовых учебных планов и программ даст возможность провести реинжиниринг процессов экспертизы, избежать системных ошибок в содержании образования и, как следствие, обеспечит разработку более качественного содержания учебников и УМК. В этой связи требуется разработка технологии экспертизы Типовых учебных планов и Типовых учебных программ.

Методология исследования

В целях решения актуальной проблемы обновления содержания среднего образования с 2013 года в Казахстане подверглись реформированию государственные общеобязательные стандарты образования (ГОСО), типовые учебные планы (ТУП) и типовые учебные программы (ТУПр).

В качестве теоретико-методологической основы этих преобразований выступили деятельностный и социоконструктивистский подходы, предполагающие активизацию деятельности обучающихся.

Оценивание качества содержания ТУП и ТУПр осуществлялось на основе метода сравнения действовавших и обновленных указанных документов.

Результаты исследования

Согласно обновленному ТУП, начальная школа включает 12 предметов. Были добавлены новые предметы: «Естествознание», «Информационно-коммуникационные технологии» и «Художественный труд». Предмет «Художественный труд» в 1-4 классах был обновлен за счет интеграции содержания предметов «Изобразительное искусство» и «Трудовое обучение». С 2021–2022 учебного года вместо «Информационно-коммуникационные технологии» был добавлен предмет «Цифровая грамотность».

В системе образования Казахстана в начальных классах с государственным языком обучения, предмет «Казахский язык и литература» был разделен на два предмета - «Казахский язык» и «Литературное чтение». Идентичные изменения произошли и в классах с русским языком обучения, то есть были введены предметы «Русский язык» и «Литературное чтение» вместо одного предмета «Русский язык и литература».

«Естествознание» в начальных классах как учебный предмет ориентирован на формирование научного мировоззрения и на развитие исследовательской деятельности у младших школьников. Через предмет закладываются основы таких предметов как «Физика», «Химия», «Биология», «География».

Предмет «Цифровая грамотность» направлен на формирование таких навыков как поиск информации в сети интернета, управление финансовыми операциями, создание мультимедийного контента и т.д.

Учебный предмет «Художественный труд» развивает художественно-эстетическое восприятие у обучающихся, формирует базовые знания и практические умения на уроке.

Увеличено время для изучения *английского языка* в каждом классе с 1 до 2 часов [17; 18].

Таблица 1. Количество часов (инвариантная учебная нагрузка)

Класс	1 С ¹	1 Н ²	2 С	2 Н	3 С	3 Н	4 С	4 Н
Каз	21	22	22	23	25	26	25	26
Рус	23	22	24	24	27	27	27	28

¹ С – старый учебный план.

² Н – новый учебный план

Таблица 2. Количество предметов (инвариантный компонент)

Класс	1 С	1 Н	2 С	2 Н	3 С	3 Н	4 С	4 Н
Каз	9	10	10	11	11	12	13	12
Рус	10	10	11	11	11	12	11	12

ТУП начальной школы отличается от ТУП основной школы количеством предметов и включает в себя двадцать предметов.

Особенностью ТУП является то, что предмет «Естествознание» помимо пятого класса, введен в курс шестого класса. Таким образом, изучению естествознания посвящается 6 лет, начиная с начальной школы. На продвинутом этапе предусмотрено не только обучение естественнонаучным знаниям и умениям, но и ориентация на развитие и формирование у учащихся навыков исследовательской работы. Изучение предмета «Естествознание» станет основой для последующего освоения таких фундаментальных дисциплин, как «Физика», «Химия», «Биология», «География». Изменены подходы и к изучению обществоведческих дисциплин. Так, в девятом классе заменен предмет «Человек. Общество. Право» на «Основы права» для понимания и владения всем спектром знаний и навыков учащихся в сфере правовой грамотности. Другие составные части обществознания включены исторические дисциплины и курс самопознания. Обновленный ТУП предусматривает синхронное изучение с пятого класса предметов «История Казахстана» и «Всемирная история».

На уровне основного среднего образования продолжается изучение интегрированного учебного предмета «Художественный труд», в который вошли «Изобразительное искусство» и «Технология».

Таким образом, в обновленных ТУП проявляется логическая последовательность, непрерывность и связь между всеми уровнями школьного образования и содержанием учебных предметов,

сконструированных на спиральной основе, что помогает учителю и учащимся постоянно углублять и расширять знания, совершенствовать свои практические навыки преподавания и учения [19, 20].

Таблица 3. Количество часов (инвариантная учебная нагрузка)

Класс	5 С	5 Н	6 С	6 Н	7 С	7 Н	8 С	8 Н	9 С	9 Н
Каз	27	29	31	29	30	32	32	33	34	34
Рус	28	31	33	31	32	34	34	35	36	36

Таблица 4. Количество предметов (инвариантный компонент)

Класс	5 С	5 Н	6 С	6 Н	7 С	7 Н	8 С	8 Н	9 С	9 Н
Каз	14	13	16	13	16	16	17	16	19	16
Рус	14	13	16	13	16	16	17	16	19	16

Учебные предметы (прежнего содержания)	Учебные предметы (обновлённого содержания)
Язык и литература Казахский/Русский язык Казахская/Русская литература	Язык и литература Казахский /Русский язык Литературное чтение (каз/рус)
Естествознание Естествознание (5 кл) География (с 6 класса) Биология (с 6 класса) Физика Химия (с 8 класса)	Естествознание Естествознание (1-6 кл) География (с 7 класса) Биология (с 7 класса) Физика Химия (с 7 класса)
Человек и общество История Казахстана (5 кл. 1 ч.) Всемирная история (с 6 кл.) Изобразительное искусство Технология Черчение	Человек и общество История Казахстана (5 кл. 2 ч.) Всемирная история (5 кл.) Художественный труд

Как показывает практика реализации ТУП, по своим формальным признакам они являются традиционными и имеют отдельные недостатки, связанные с их метапредметной направленностью. Нами разработана новая форма ТУП, которая предусматривает планирование по каждому отдельно взятому предмету. Серьезному изменению подверглось содержание ТУПр, в отличие от традиционных, построенных линейно-концентрическим способом.

Содержательным отличием обновленных ТУПр являются:

1) *ценности среднего образования*, под которыми подразумеваются направления в выстраивании целей обучения, служащих в определении содержания обучения и являющихся основополагающим источником для развития личности обучающегося. Эти ценности, определенные программой Мәңгілік ел, включают в себя такие понятия, как – казахстанский патриотизм и гражданская ответственность, уважение, сотрудничество, труд и творчество, открытость, образование в течение всей жизни;

2) *построение программ в соответствии с ожидаемыми результатами*, рекомендованные типовой учебной программой каждого предмета в форме долгосрочного плана с системой целей обучения. Они определяются для каждой образовательной области и обеспечивают развитие у обучающихся умений и навыков самостоятельной работы, коммуникации и кооперации, научного поиска;

3) *спиральное построение предметных учебных программ*, согласно которому каждая цель обучения и каждая тема рассматриваются с постепенным углублением, усложнением и наращиванием объема знаний и навыков;

4) *трехязычное обучение* – создание полиязыковой среды с целью развития способности учеников осуществлять коммуникативно-деятельностные операции на трех языках в академических и

жизненных ситуациях. Реализуется через: *изучение казахского, русского и английского языков, как отдельных языковых дисциплин; использование указанных языков при обучении неязыковым дисциплинам; организацию внешкольной работы на основе трехязычия;*

5) *таксономия учебных целей*, составленная по логике когнитивных процессов и основанная на иерархическом принципе значимых видов предметных действий для формирования конкретных навыков мышления. Все цели дифференцированы на когнитивную, аффективную и психомоторную сферы;

б) формирование у учащихся широкого спектра навыков, *функциональной грамотности* через развитие навыков поиска, обработки и анализа информации, проведения экспериментальной работы для решения повседневных задач и проблемных ситуаций;

7) *целеполагание* по периодам обучения на всех уровнях образования для всемерного учета внутрипредметных связей;

8) существование *сквозных тем* между учебными дисциплинами для реализации межпредметных связей;

9) *адекватность содержания разделов и тематики учебных дисциплин* современным трендам и направленности на развитие и формирование общественно значимых компетенций;

10) *представление в ГОСО, типовых учебных программах, методике обучения* долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных планов [см., например, 21].

При этом следует отметить, что в структурной организации учебных программ начального и основного среднего образования существует разница [22].

Интегрированный предмет «*Естествознание*» изучается с 1-го по 6-й классы. Большое внимание в содержании предмета уделяется развитию навыков исследования, которые формируются в процессе обучения предмету уже в начальной школе. На простых примерах учащиеся учатся формулировать вопрос исследования, собирать, обрабатывать и анализировать экспериментальные данные, делать выводы. Особое внимание уделяется вопросам безопасности исследования как для самого учащегося, так и для окружающей среды.

С 7-го класса учащиеся одновременно начинают изучение предметов «*Физика*», «*Химия*», «*Биология*», «*География*». Такое построение содержания естественно-научных дисциплин начиная с начальной школы позволяет на практике реализовать межпредметную интеграцию. Одним из основных подходов к обучению предметов естественных наук является обучение «от практики к теории» через выполнение практических и лабораторных работ осознание теоретических понятий. С целью снижения нагрузки на учащихся учителя могут разрабатывать интегрированные задания для домашних работ.

Выполнение интегрированных проектных работ по естественно-математическим дисциплинам будет способствовать развитию STEM-образования, инженерного, критического и креативного мышления учащихся.

Обновленная программа по *математике* дополнена разделом «Статистика и теория вероятностей», включающего подразделы: «Теория множеств и элементы логики», «Основы комбинаторики», «Статистика и анализ данных» для формирования навыков извлечения информации из графических данных и представления ее с использованием таблиц, диаграмм, графиков.

В начальных классах вновь введены предметы «*Әліппе*» и «*Букварь*» (1 класс) (взамен «Сауат ашу» и «Обучение грамоте»), а также «*Цифровая грамотность*» (1-4 класс) [22] (взамен ИКТ) последний из которых ориентирован на знакомство обучающихся с ключевыми знаниями и компетенциями, связанные с устройством ПК, понимания и обработки информации и т.д. в целях продуктивного применения информационно-коммуникационных технологий в практической деятельности.

Программой по предмету «*Информатика*» предусмотрено раннее развитие алгоритмического мышления, навыков программирования в игровой среде. Формирование у учащихся навыков проектной работы, создание реальных программных продуктов и приложений повышает интерес учащихся к программированию и изучению предмета. Например, 5 класс – Создание анимации в игровой среде программирования (используя языки Logo, Scratch и др.). 7 класс – 3d моделирование объектов и событий. Предусмотрены темы, формирующие академическую честность учащихся, например, 5 класс -рассуждать о незаконности копирования чужой работы, 6 класс - сопровождать информацию ссылками на автора произведения. Умение работать с первоисточниками, правильно цитировать и делать ссылки - навыки необходимые выпускникам при обучении в вузах.

Обучение *трех языковым предметам* (казахскому, русскому и английскому языкам) ориентировано на развитие языковой личности с использованием всех видов речевой деятельности.

Второй язык и литература изучаются интегрировано с сохранением общей недельной нагрузки – три часа. При данном подходе художественные произведения изучаются в соответствии с лексической темой, что способствует более системному и эффективному изучению как лексики, так и грамматики. Темы в программе связаны с реальной жизнью и отражают социально-культурную и учебно-профессиональную сферы общения учащихся.

Добавлен один час на изучение иностранного языка, недельная нагрузка во всех классах основной школы составляет 3 часа. Предусмотрена интеграция содержания предмета с предметами математика, ИКТ, литература, искусство и дизайн, география, биология, химия. Чтение аутентичных текстов, адаптированных под языковой уровень учащихся, позволяет учащимся изучить разные жанры художественной и публицистической литературы.

Предметы «Изобразительное искусство» и «Технология» интегрированы в предмет «Художественный труд», который изучается в 5-9 классах. Учебная программа предусматривает эстетическое воспитание и активную познавательную, практическую деятельность учащихся для создания предметов художественного творчества. На уроках развиваются умения учащихся работать с различными материалами и инструментами, владение различными приемами и техниками работ [23].

Дискуссия

Опыт показывает, что ТУП и ТУПр за последние годы усложнились, появилась перегруженность обязательными учебными предметами. В этой связи возникает необходимость усовершенствования технологии оценивания не только учебных изданий, но и ТУП и ТУПр и принятию экспертных решений. На рисунке 1 показан целостный процесс экспертизы, включающий как процессы менеджмента экспертизы ТУП и ТУПр, так и процессы проведения экспертизы и принятия экспертных решений.

Нами разработана и предлагается следующая *технология оценивания ТУП/ТУПр* (Рисунок 2).

Во-первых, анализ международной теории и практики оценивания содержания образования в целом свидетельствует, что участники экспертных групп должны иметь возможность для изучения и оценивания учебных планов и программ в полном объеме.

Во-вторых, следует принимать решение на основе четко выработанных и сформулированных критериев оценивания.

В-третьих, применять метод шкалирования, в данном случае использовать хорошо зарекомендовавшую 8-и уровневую шкалу оценивания (от 1 - до 8 баллов):

1 шаг оценивания – с помощью дескрипторов проводится изучение соответствия параметров ТУП и ТУПр конкретному критерию. Это исследовательский этап оценивания. Определяется наибольшее соответствие параметров данному дескриптору, берется его балл.

2 шаг оценивания – с помощью нижеприведенных уровней, оценочный балл уточняется. При этом эксперт определяет наибольшее его соответствие одному из четырех вариантов и ставит окончательный балл, который может быть дробным в указанных диапазонах:

1) в случае несоответствия ТУП и ТУПр параметрам критерия выставляется от 1 – до 4 баллов (по степени несоответствия);

2) при частичных и существенных несоответствиях критерию, ставится от 4,1 – до 6 баллов;

3) при соответствии критерию, но при наличии отдельных замечаний ставится от 6,1 – до 7,5 баллов;

4) при полном соответствии ТУП и ТУПр параметрам критерия ставится от 7,6 – до 8 баллов.

В случае выставления по критерию оценки менее 7,5 баллов, в графе «Комментарий» эксперты кратко и лаконично обосновывают причины снижения. В сводке ошибок причины снижения указываются более подробно.

В-четвертых, обработка выставленных оценочных баллов.

Определяется средний балл ТУП и ТУПр. Он рассчитывается по средним баллам каждого из разделов матрицы. Полученное число не округляется. В случае осуществления экспертизы группой экспертов, на основе их средних оценок определяется средний балл, являющийся общей оценкой экспертной группы. После окончания обработки критериев, получения среднего балла ТУП и ТУПр, пишется аналитический отчет.

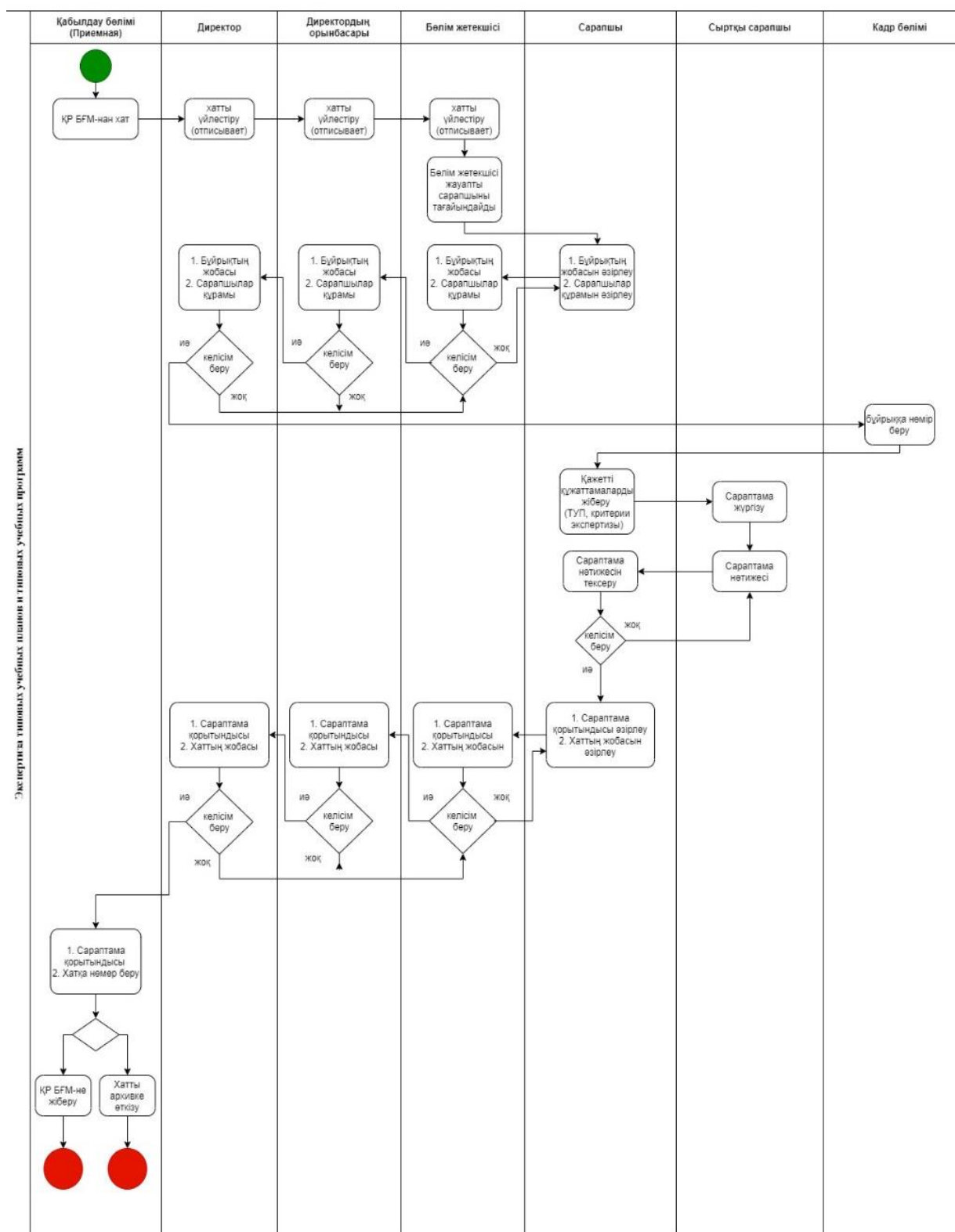


Рисунок 1. Логико-технологическая карта процесса экспертизы ТУП/ТУПр

В аналитическом отчете излагаются результаты экспертизы ТУП и ТУПр по всем критериям. Все замечания излагаются кратко, аргументированно, объективно, лаконично, в академическом стиле (должна быть достоверность аргументов, без экспрессивной лексики (чувственного изложения). При необходимости нужно указывать ссылки на литературу.

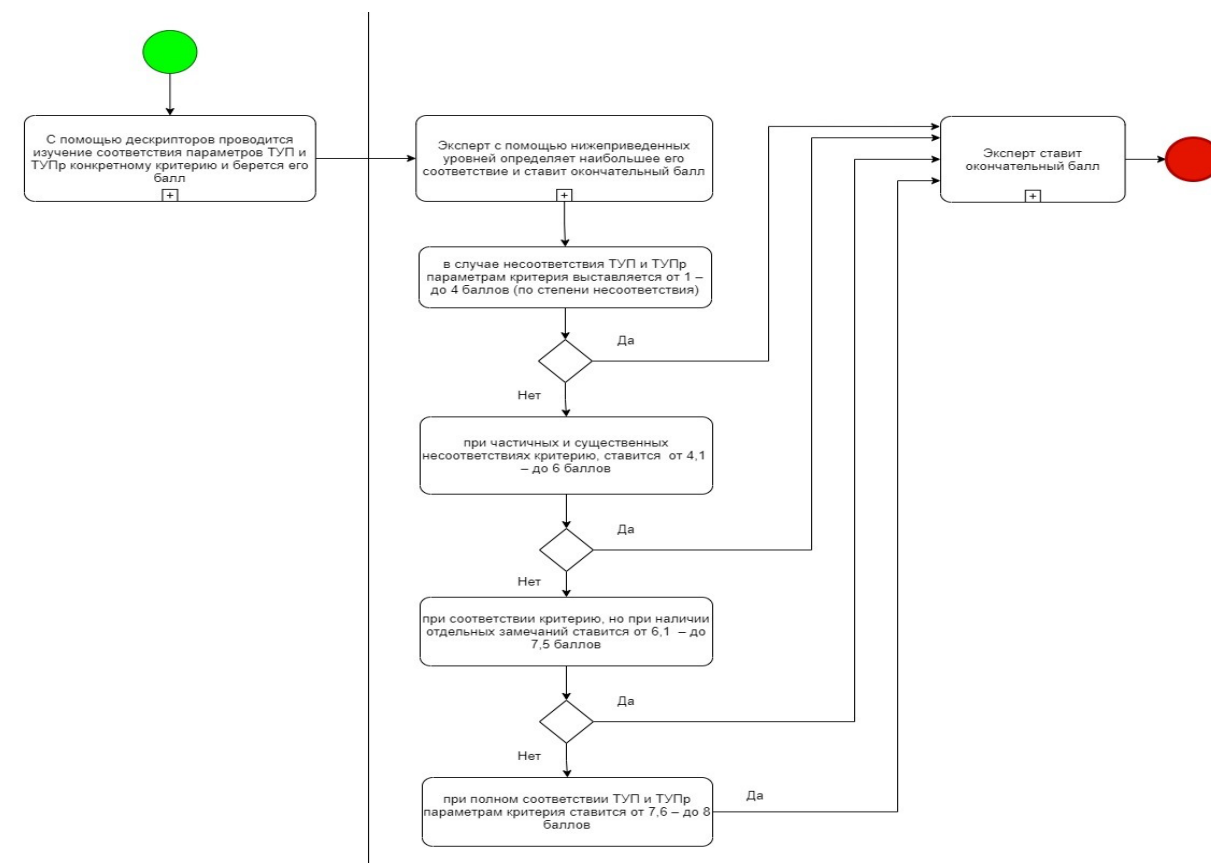


Рисунок 2. Алгоритм оценивания ТУП и ТУПр.

В отчете раскрываются главные концептуальные особенности и недостатки, соответствие ТУП и ТУПр ГОСО, перечню изучаемых видов организованной учебной деятельности/учебных предметов наименованию ТУП, максимальному объему нагрузки и т.д. Формулируются выводы (соответствует современным требованиям или нет), о пригодности ТУП и ТУПр, при необходимости даются рекомендации. На основе полученного среднего балла, выводов и рекомендаций принимается Экспертное решение по ТУП и ТУПр.

Наконец, принятие экспертных решений:

- 1) при полученной средней оценке от 1 – до 4 баллов ТУП и ТУПр отклоняется;
- 2) при средней оценке от 4,1 – до 7,5 баллов, ТУП и ТУПр направляется на доработку;
- 3) при средней оценке от 7,6 – до 8 баллов, ТУП и ТУПр направляется на апробацию.

Заключение

Таким образом, анализ бизнес-процессов и проведенное исследование методологии и технологии оценивания качества содержания ТУП/ТУПр начальной и основной школы показало, что обновленное содержание соответствует современным трендам развития образования и потребностям развивающейся казахстанской школы. Информационное моделирование процесса оценивания качества содержания ТУП/ТУПр необходимо проводить с учетом деятельностного и социоконструктивистского характера обучения, направленность на интеграцию учебных дисциплин, спирального принципа их построения, реализацию полиязычного (трехязычного) обучения.

В результате анализа процесса оценивания качества содержания при экспертизе типовых учебных планов и типовых учебных программ были отмечены ряд негативных моментов, связанных прежде всего с расширением круга предметов, особенно курсов по выбору, что ведет к перегрузке обучающихся. В этой связи предлагаемая технология с алгоритмом оценивания ТУП и ТУПр предполагают объективный подход к оцениванию качества ТУП/ТУПр и способствует эффективности принимаемых экспертных решений.

Список использованных источников:

- 1 Braskén M., Hemmi K., Kurtén B. *Implementing a Multidisciplinary Curriculum in a Finnish Lower Secondary School — The Perspective of Science and Mathematics* // *Scandinavian Journal of Educational Research*. 2019.
- 2 Charles R.I. *Big Ideas and Understandings as the Foundation for Elementary and Middle School Mathematics*. 2015. 7(3), 16.
- 3 Erickson H.L. *Concept-Based Curriculum and Instruction: Teaching Beyond the Facts*. Corwin Press, 2002.
- 4 Erickson H.L. *Concept-based Curriculum and Instruction for the Thinking Classroom (Second edition)*. Thousand Oaks, California, USA. Corwin Press, 2007.
- 5 Erickson H.L. *Stirring the Head, Heart and Soul: Redefining curriculum, instruction, and concept-based learning*. Thousand Oaks, California, USA. Corwin Press, 2008.
- 6 Feldhusen J.F. *Developing units of instruction*. *Comprehensive Curriculum for Gifted Learners*, 1994. P. 91–128.
- 7 Harlen W. (ed.). *Principles and big ideas of science education*. Association for Science Education, 2010.
- 8 *Key competences in Europe: Opening doors for lifelong learners across the school curriculum and teacher education* // CASE Network Reports. No. 87. Warsaw: Center for Social and Economic Research (CASE).
- 9 Chan C. *Pedagogical Transformation and Knowledge-Building for the Chinese Learner* // *Evaluation & Research in Education*. Vol. 21. No. 3. P. 235–251. doi: 10.1080/09500790802485245.
- 10 *The National Curriculum*. Canada Ontario. <http://www.edu.gov.on.ca/eng/curriculum/secondary/index.html>
- 11 *The National Curriculum in England*. Framework document. Department for Education. UK, 2014. <https://www.gov.uk/government/collections/national-curriculum>
- 12 *National Core Curriculum for Basic Education*. Finish National Board of Education. Helsinki, 2016.
- 13 *Australian Curriculum 8.2*. <http://www.australiancurriculum.edu.au/>
- 14 *Secondary Curriculum* www.edu.gov.on.ca
- 15 WEF (2015). *New Vision for Education / World Economic Forum in partnership with Boston Consulting Group*. http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_NewVisionforEducation_Report2015.pdf
- 16 Schleicher, A (2018), *World Class: How to build a 21st-century school system, Strong Performers and Successful Reformers in Education*
- 17 Типовой учебный план (обновленного содержания) начального образования для классов с казахским языком обучения (Приложение 1) // Об утверждении типовых учебных планов начального, основного среднего, общего среднего образования Республики Казахстан. Приказ Министра образования и науки Республики Казахстан от 8 ноября 2012 года №500 (в редакции приказа Министра образования и науки РК от 20.08.2021 №415) // Электронный ресурс: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008170#z58049> (дата обращения 18.09.2021 г.).
- 18 Типовой учебный план (обновленного содержания) начального образования для классов с русским языком обучения (Приложение 2) // Об утверждении типовых учебных планов начального, основного среднего, общего среднего образования Республики Казахстан. Приказ Министра образования и науки Республики Казахстан от 8 ноября 2012 года №500 (в редакции приказа Министра образования и науки РК от 20.08.2021 №415) // Электронный ресурс: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008170#z58051> (дата обращения 18.09.2021 г.).
- 19 Типовой учебный план (обновленного содержания) основного среднего образования для классов с казахским языком обучения (Приложение б) // Об утверждении типовых учебных планов начального, основного среднего, общего среднего образования Республики Казахстан. Приказ Министра образования и науки Республики Казахстан от 8 ноября 2012 года №500 (в редакции приказа Министра образования и науки РК от 20.08.2021 №415) // Электронный ресурс: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008170#z58081> (дата обращения 18.09.2021 г.).
- 20 Типовой учебный план (обновленного содержания) основного среднего образования для классов с русским языком обучения (Приложение 7) // Об утверждении типовых учебных планов начального, основного среднего, общего среднего образования Республики Казахстан. Приказ Министра образования и науки Республики Казахстан от 8 ноября 2012 года №500 (в редакции приказа Министра образования и науки РК от 20.08.2021 №415) // Электронный ресурс: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008170#z58083> (дата обращения 18.09.2021 г.).
- 21 Учебные программы уровня основного среднего образования по обновленному содержанию. Приказ и.о. Министра образования и науки Республики Казахстан от 25 октября 2017 года № 545 // Электронный ресурс: <https://nao.kz/loader/fromorg/2/25> (дата обращения 18.09.2021 г.).
- 22 Типовые учебные программы по общеобразовательным предметам начального образования (Приложения 175-191-2/ Об утверждении типовых учебных программ по общеобразовательным предметам, курсам по выбору и факультативам для общеобразовательных организаций. Приказ Министра образования и науки Республики Казахстан от 3 апреля 2013 года № 115 (в редакции приказа и.о. Министра образования и науки РК от 26.03.2021 № 123 // Электронный ресурс: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1300008424#z540> (дата обращения 18.09.2021 г.).
- 23 *Справочник по обновленному содержанию общего среднего образования Республики Казахстан/ Г.М.Кусаинов, М.А.Тыныбаева. – Астана: АОО «Назарбаев Интеллектуальные школы» Центр педагогического мастерства, 2017. – 50 с.*

References

- 1 Braskén M., Hemmi K., Kurtén B. (2015) *Implementing a Multidisciplinary Curriculum in a Finnish Lower Secondary School The Perspective of Science and Mathematics*. *Scandinavian Journal of Educational Research*. 2019.
- 2 Charles R.I. (2015) *Big Ideas and Understandings as the Foundation for Elementary and Middle School Mathematics*. 7(3), 16.
- 3 Erickson, H.L. (2002) *Concept-Based Curriculum and Instruction: Teaching Beyond the Facts*. Corwin Press.
- 4 Erickson H.L. (2007) *Concept-based Curriculum and Instruction for the Thinking Classroom (Second edition)*. Thousand Oaks, California, USA. Corwin Press.
- 5 Erickson H.L. (2008) *Stirring the Head, Heart and Soul: Redefining curriculum, instruction, and concept-based learning*. Thousand Oaks, California, USA. Corwin Press.
- 6 Feldhusen J.F. (1994) *Developing units of instruction*. *Comprehensive Curriculum for Gifted Learners*, 91–128.
- 7 Harlen W. (ed.). (2010) *Principles and big ideas of science education*. Association for Science Education.
- 8 *Key competences in Europe: Opening doors for lifelong learners across the school curriculum and teacher education // CASE Network Reports*. No. 87. Warsaw: Center for Social and Economic Research (CASE).
- 9 Chan C. *Pedagogical Transformation and Knowledge-Building for the Chinese Learner*. *Evaluation & Research in Education*. Vol. 21. No. 3. P. 235–251. doi: 10.1080/09500790802485245.
- 10 *The National Curriculum*. Canada Ontario. <http://www.edu.gov.on.ca/eng/curriculum/secondary/index.html>
- 11 *The National Curriculum in England*. (2014) Framework document. Department for Education. UK, <https://www.gov.uk/government/collections/national-curriculum>
- 12 *National Core Curriculum for Basic Education*. (2016) Finish National Board of Education. Helsinki.
- 13 *Australian Curriculum 8.2*. <http://www.australiancurriculum.edu.au/>
- 14 *Secondary Curriculum* www.edu.gov.on.ca
- 15 WEF (2015) *New Vision for Education / World Economic Forum in partnership with Boston Consulting Group*. http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_NewVisionforEducation_Report2015.pdf
- 16 Schleicher, A (2018), *World Class: How to build a 21st-century school system, Strong Performers and Successful Reformers in Education*
- 17 *Typical curriculum (updated content) of primary education for classes with the Kazakh language of instruction (Appendix 1). On the approval of standard curricula for primary, basic secondary, general secondary education of the Republic of Kazakhstan. Order of the Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan dated November 8, 2012 No. 500 (as amended by the order of the Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan No. 415 dated 20.08.2021) // Electronic resource: [#https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008170](https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008170) # z58049 (date of treatment 09/18/2021).*
- 18 *Model curriculum (updated content) of primary education for classes with the Russian language of instruction (Appendix 2). On the approval of standard curricula for primary, basic secondary, general secondary education in the Republic of Kazakhstan. Order of the Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan dated November 8, 2012 No. 500 (as amended by the order of the Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan No. 415 dated 20.08.2021). Electronic resource: [#https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008170](https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008170) # z58051 (date of treatment 09/18/2021)*
- 19 *Model curriculum (updated content) of basic secondary education for classes with the Kazakh language of instruction (Appendix 6). On the approval of standard curricula of primary, basic secondary, general secondary education of the Republic of Kazakhstan. Order of the Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan dated November 8, 2012 No. 500 (as amended by the order of the Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan No. 415 dated 20.08.2021). Electronic resource: [#https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008170](https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008170) # z58081 (date of treatment 09/18/2021).*
- 20 *Typical curriculum (updated content) of basic secondary education for classes with the Russian language of instruction (Appendix 7). On the approval of standard curricula of primary, basic secondary, general secondary education in the Republic of Kazakhstan. Order of the Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan dated November 8, 2012 No. 500 (as amended by the order of the Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan No. 415 dated 20.08.2021). Electronic resource: [#https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008170](https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008170) # z58083 (date of treatment 09/18/2021).*
- 21 *Curricula of the level of basic secondary education on the updated content. (2017) Order of the acting Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan dated October 25, No. 545. Electronic resource: <https://nao.kz/loader/fromorg/2/25> (date of treatment 09/18/2021).*
- 22 *Standard curricula in general education subjects of primary education (Appendices 175-191-2. On approval of model curricula in general education subjects, elective courses and electives for general education organizations. Order of the Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan dated April 3, 2013 No. 115 (as amended by the order of the Acting Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan dated 03.26.2021 No. 123. Electronic resource: [#https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1300008424#z540](https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1300008424#z540) (date of circulation 09/18/2021) ...*
- 23 *Reference book on the updated content of general secondary education of the Republic of Kazakhstan. (2017) G.M.Kusainov, M.A.Tynybaeva. - Astana: AOO "Nazarbayev Intellectual Schools" Center for Pedagogical Excellence, 50 p.*

МРНТИ 28.17.33
УДК 004.6

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.18>

А.Т. Тохметов^{1*}, А.Д.Тусупов¹, Л.А.Танченко¹

¹Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, г.Нур-Султан, Казахстан
*email: attohmetov@mail.ru

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПРИ СОЗДАНИИ РАСШИРЕННОЙ ГИГАБИТНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СЕТИ

Аннотация

В статье описывается применение анализа данных, позволяющего на основании обработанных экспериментальных данных получить новые знания о поведении и возможностях гигабитной пассивной оптической сети (GPON-сети). Приводится описание испытательного стенда GPON-сети. В работе были изучены характеристики полупроводниковых оптических усилителей, используемых для увеличения дальности действия GPON-сетей, а также их зависимости от входных мощностей и длины волны сигнала. Для обработки данных были использованы пакет автоматизации математических расчетов MatLab и пакет для численного анализа данных и научной графики OriginLab. Показано, что применение усилителя EDFA (оптического усилителя на волокне, легированном эрбием) в архитектуре гигабитной пассивной оптической сети является наилучшим выбором и позволяет расширить дальность действия GPON-сети с 20 километров до 60 километров.

Ключевые слова: анализ данных, технология GPON, оптические сети, масштабирование сети.

Аңдатпа

А.Т. Тохметов^{1*}, А.Д.Тусупов¹, Л.А.Танченко¹

¹Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

КЕҢЕЙТІЛГЕН ГИГАБИТТІК ОПТИКАЛЫҚ ЖЕЛІНІ ҚҰРУ КЕЗІНДЕГІ ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУ

Мақалада өңделген эксперименттік мәліметтер негізінде гигабиттік пассивті оптикалық желінің (GPON желісі) мінез-құлқы мен мүмкіндіктері туралы жаңа білім алуға мүмкіндік беретін деректерді талдаудың қолдануы сипатталған. GPON желісінің сынақ стендінің сипаттамасы келтірілген. Жұмыста GPON желілерінің ауқымын ұлғайту үшін қолданылатын жартылай өткізгіш оптикалық күшейткіштердің сипаттамалары, сондай-ақ олардың кіріс қуаты мен сигналдың толқын ұзындығына тәуелділігі зерттелді. Деректерді өңдеу үшін MatLab математикалық есептеулерді автоматтандыру пакеті және OriginLab сандық деректерді талдау және ғылыми графика пакеті қолданылды. Гигабиттік пассивті оптикалық желінің архитектурасында EDFA күшейткішін (эрбиймен легіріленген талшықтағы оптикалық күшейткіш) қолдану ең жақсы таңдау болып табылады және GPON желісінің ауқымын 20 шақырымнан 60 шақырымға дейін кеңейтуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: деректерді талдау, GPON технологиясы, оптикалық желілер, желіні масштабтау.

Abstract

DATA ANALYSIS WHEN CREATING AN EXTENDED GIGABIT OPTICAL NETWORK

Tokhmetov A.T.^{1*}, Tusupov A.D.¹, Tanchenko L.A.¹

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

The article describes the application of data analysis, which allows, based on the processed experimental data, to obtain new knowledge about the behavior and capabilities of a gigabit passive optical network (GPON network). The description of the test bench of the GPON network is given. The paper studied the characteristics of semiconductor optical amplifiers used to increase the range of GPON networks, as well as their dependence on the input power and signal wavelength. For data processing, the MatLab mathematical calculation automation package and the OriginLab package for numerical data analysis and scientific graphics were used. It is shown that the use of an EDFA amplifier (an optical amplifier on an erbium-doped fiber) in the architecture of a gigabit passive optical network is the best choice and allows expanding the range of the GPON network from 20 kilometers to 60 kilometers.

Keywords: data analysis, GPON technology, optic networks, scaling the network.

Введение

Передача потока информации по волоконно-оптическим линиям связи - на сегодняшний день самый быстрый и качественный способ передачи данных на большие расстояния. Высокая пропускная способность оптического волокна позволяет передавать информацию на высокой скорости, недостижимой для других систем связи. Одним из путей развития волоконно-оптических

коммуникационных сетей являются технология PON (Passive Optical Network) - технология пассивных оптических сетей [1, 2].

Сущность технологии PON – это использование всего одного приемо-передающего модуля OLT (Optical Line Terminal) для передачи информации множеству абонентских устройств ONT (Optical Network Terminal) и приема информации от них. К одному порту OLT присоединяется целый волоконно-оптический сегмент древовидной архитектуры, охватывающий множество абонентов [3]. В промежуточных узлах дерева устанавливаются пассивные оптические разветвители (сплиттеры), не требующие никакого питания и обслуживания (рисунок 1).



Рисунок 1. Условная архитектура PON-сети

Архитектура сети доступа GPON (Gigabit PON) – гигабитных пассивных оптических сетей – является развитием технологии PON. При этом реализуется как увеличение полосы пропускания сети PON, так и повышение эффективности передачи различных мультисервисных приложений. Согласно рекомендациям Международного союза электросвязи (ITU-T G.984) GPON-сеть поддерживает оптический бюджет мощности в 28 дБ, что на практике приводит к ограничениям фактора разветвления OLT к числу ONU - 1:32 и ограничению дальности действия сети не более 20 км [4].

Гибридная TDM/WDM GPON-сеть является эффективным решением для оптических сетей доступа. Этот метод доступа сочетает преимущества технологий временного мультиплексирования (TDM) и спектрального уплотнения (WDM), что позволяет повысить эффективность сети. Это сочетание технологий позволяет передавать данные, уплотненные во времени, по всем спектрально уплотненным каналам, что приводит к увеличению количества абонентов.

Как уже отмечалось выше, из-за бюджетных потерь сети архитектура GPON имеет ограниченный радиус действия в 20 км. Из-за этого ограничения трудно возникают проблемы с обслуживанием клиентов, расположенных на более дальних расстояниях от центрального узла связи. Поэтому проблема удлинения радиуса действия GPON-сети является актуальной и требует своего решения. Рассмотрим некоторые исследования в этой области.

Проект PIEMAN (Photonic Integrated Extended Metro and Access Network) являлся проектом Европейского Союза [5]. В данном проекте выполнялись исследования на гибридной TDM/WDM GPON-сети с 32 каналами, где каждый канал имеет пропускную способность в 10 Гбит/с прямого и обратного потока до каждого абонента. Для усиления сигнала использовался полупроводниковый оптический усилитель EDFA. Исследователям удалось добиться удлинения радиуса действия сети до 100 км для прямого и обратного потока. Однако вскоре выяснилось, что обратный поток по своим параметрам не соответствует требованиям Международного союза электросвязи (ITU-T). Оказалось, что обратный поток находился в режиме пульсирующего трафика и требовал принятия дополнительных мер по стабилизации потока. Из-за неполного подавления шумом в диапазоне возникали перекрестные помехи, которые накладывали существенные ограничения на фактор разветвления [6]. В работе [7] экспериментально исследовалась GPON-сеть с четырьмя общепринятыми TDM приемо-передатчиками с симметричными трафиками в 2,5 Гбит/с для прямого и обратного потоков. Для усиления сигнала использовался полупроводниковый оптический усилитель (ППОУ) - Рамановский усилитель. Результаты показали достижимость расширения зоны досягаемости сети до 60 км с фактором разветвления 1:128. Однако технология усиления сигнала с помощью Рамановского усилителя оказалась очень дорогой в эксплуатации, так требовал наличия мощного лазера накачки. Кроме того, Рамановский усилитель показал низкий ДДВМ (динамический диапазон для входных мощностей) для обратного потока. В работе [8] для получения расширенной GPON-сети был использован ППОУ на длине волны 1,3 мкм. ППОУ показал умеренный коэффициент шума (7 дБ) и высокий коэффициент усиления (30 дБ). Была показана возможность реализации GPON-сети с расширенной зоной досягаемости до 60 км с одним каналом для прямого и обратного потока с оптическим разветвлением 1:32.

Методология исследования

В ходе исследования определялись основные параметры усилителя оптического сигнала, оказывающие наибольшее влияние на возможности гигабитной оптической сети: коэффициент оптического усиления, мощность насыщения и шум-фактор.

Коэффициент оптического усиления G оптического усилителя равен отношению мощности оптического сигнала на выходе к мощности оптического сигнала на входе этого усилителя [9]:

$$G = \frac{P_{S out}}{P_{S in}}, \quad g = p_{S out} - p_{S in} \quad (1)$$

где $P_{S in}$ и $P_{S out}$ – мощности сигналов на входе и выходе усилителя (маленькие буквы относятся к уровням мощности, выраженным в логарифмических единицах $p = 10 \cdot \lg(P/1 \text{ мВт})$ [дБм]).

Мощность насыщения $P_{out sat}$ определяет максимальную выходную мощность усилителя. Чем больше это значение, тем больше радиус действия сети (расстояние безретрансляционного участка). Этот параметр варьируется в зависимости от модели оптического усилителя.

Шум-фактор NF характеризует качество оптического сигнала и определяется как уменьшение отношения сигнал-шум при прохождении сигнала через тракт обработки сигнала. В применении к оптическому усилителю NF выражается формулой:

$$NF = \frac{OSNR_{in}}{OSNR_{out}} = \frac{\frac{P_{S in}}{P_{N in}}}{\frac{P_{S out}}{P_{N out}}} \quad (2)$$

где $(OSNR_{in})$ - отношение сигнал-шум на входе усилителя, $(OSNR_{out})$ - отношение сигнал-шум на выходе усилителя. В свою очередь, $OSNR$ - это отношение мощности полезного сигнала к мощности шума в спектральном интервале $\Delta\gamma$, определяемом окном фильтра или демультиплексора на приемной стороне [10]. Часто значение шум-фактора, как и значение коэффициента усиления, указывается в децибелах: $nf = 10 \cdot \lg NF$ [дБ].

Работа цифровых систем связи считается нормальной только в том случае, если коэффициент битовых ошибок BER не превышает определенный допустимый уровень, зависящий от используемого сетевого стандарта. В аппаратуре оптических систем измерение коэффициента битовых ошибок необходимо производить в каждом оптическом канале, что занимает много времени. Поэтому для сокращения времени контроля канала без перерыва передачи информации используется метод на основе оценки Q -фактора ($Quality$ – качество). Q -фактор определяется по формуле:

$$Q = \frac{|\mu_1 - \mu_0|}{\sigma_1 - \sigma_0} \quad (3)$$

где μ_1 и μ_0 - графическая зависимость значения сигнала («1» и «0») и дисперсии шума σ_1 и σ_0 относительно уровня принятия решения о передаче логической «1» или «0».

Схема экспериментальной установки для определения досягаемости оптических усилителей для прямого и обратного потока показана на рисунке 2, где два аттенюатора имитируют потери в линиях связи и в ветвях доступа, заданные фильтром WDM и потерями в ветвях соответственно.

Для изучения процессов, происходящих при передаче сигнала в гибридной TDM/WDM GPON-сети, был построен экспериментальный стенд (рисунок 3), на котором моделировалось поведение GPON-сети с заданными потерями в ветвях доступа и в линиях связи. Установка состоит из центрального узла с приемо-передающим модулем OLT, 60-километрового оптического волокна (SMF-28), расширительной коробки для оптических усилителей, устройств мультиплексора/демультиплексора, пассивного оптического разветвителя (1:32) и абонентского узла ONT.

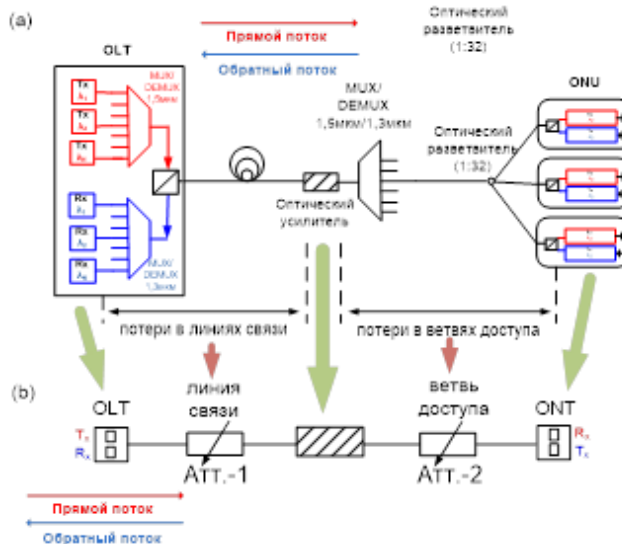


Рисунок 2.

(a) Экспериментальная установка для определения досягаемости усилителей.
 (b) Упрощенная схема установки

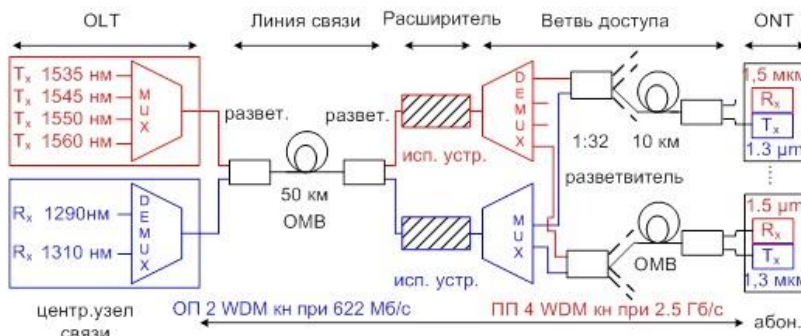


Рисунок 3. Испытательный стенд расширенной WDM/TDM GPON сети

Установка передатчика OLT для прямого потока состоит из четырех лазерных источников, настроенных на длину волны 1535 нм, 1544 нм, 1550 нм и 1560 нм. Все четыре канала объединены через 3 дБ-соединитель и подключены на скорости 2,5 Гбит/с к модулятору. Модулированные каналы усиливаются выходным каскадным операционным усилителем EDFA. Каналы демультиплексируются, рассогласовываются между собой, а затем заново мультиплексируются и подключаются к сети. Установка приемника ONT для прямого потока состоит из предварительного усилителя EDFA, регулируемого фильтра с полосой пропускания 0,6 нм и аттенюатора для управления мощностью принимаемого сигнала, чтобы предотвратить перегрузку на фотодиод анализатора цифровой связи (АЦС). АЦС используется для измерения Q -фактора (коэффициент качества) и визуализации глазковой диаграммы сигнала. Q -фактор 15,6 дБ соответствует частоте появления ошибочных битов – 10^{-9} [11].

Установка передатчика ONU для обратного потока состоит из двух регулируемых лазерных источников, настроенных на длину волны 1290 нм и 1310 нм, объединенных через 3 дБ-соединитель и подключенных к модулятору. Усилитель EDFA используется как выходной каскадный операционный усилитель. Каналы демультиплексируются, рассогласовываются между собой, затем снова мультиплексируются и подключаются к сети. Установка приемника OLT для обратного потока состоит из регулируемого фильтра с полосой пропускания 2 нм и устройства контроля коэффициента ошибочных битов. Частота появления ошибочных битов ниже 10^{-9} считается безошибочной.

В качестве оптических усилителей использовали усилитель EDFA, объемные ППОУ, ППОУ-КТ (полупроводниковые усилители на квантовых точках) для прямого потока, а для обратного потока ППОУ-КЯ (полупроводниковые усилители на квантовых ямах) и ППОУ-КТ. Список оптических усилителей и их основные характеристики приведены в таблице 1 [12].

Таблица 1. Список оптических усилителей, используемых в экспериментальных измерениях для прямого потока (ПП) и обратного потока (ОП).

	Оптический усилитель	Название образца	Рабочий диапазон длин волн [мкм]	Угол наклона волновода [°]	Ширина [мм]	Длина [мм]
ПП	EDFA	AFC SR2384	1,55	–	–	–
	объемный	Alcatel	1,55	7	2	0,7
	ППОУ-КТ	Alcatel	1,55	7	1,75	1
ОП	ППОУ-КЯ	Covega	1,3	7	2	3
	ППОУ-КТ	DO957	1,3	8	2	4

Результаты и обсуждение

Экспериментальные значения оптических сигналов и их зависимости были оцифрованы, выражены в графическом виде и проанализированы в плане расширения дальности действия GPON-сети. Для обработки данных были использованы пакет автоматизации математических расчетов MatLab и пакет для численного анализа данных и научной графики OriginLab.

При построении GPON-сети во главу угла ставится вопрос об оптическом бюджете мощности сети. Оптический бюджет - это величина затухания в сети, при которой полученный сигнал еще достаточно мощный, чтобы приемник сигнала мог его принять без ошибок. Оптический бюджет мощности GPON-сети равен разнице между мощностью передатчика OLT и чувствительностью приёмника в ONU, выраженной в дБ [13].

Поэтому вначале определим оптический бюджет нашей TDM/WDM GPON-сети и измерим величину расширения сети при использовании различных оптических усилителей – на сколько возросла вследствие этого оптическая мощность сети. Полученные результаты расширения оптического бюджета исследуемой GPON-сети показаны на рисунке 4 (красная кривая – сеть с усилителем EDFA, черная кривая - сеть с объемным ППОУ, синяя кривая - сеть с ППОУ-КТ).

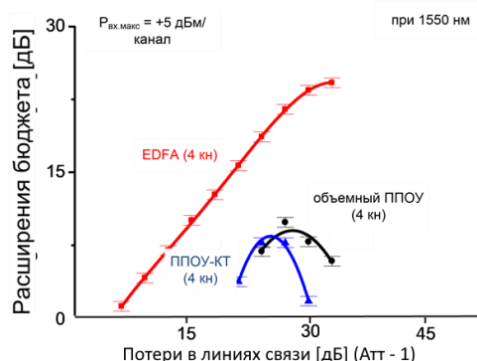


Рисунок 4. Сравнение расширений бюджета для различных усилителей для прямого потока

Для прямого потока оптические усилители работали на длинах волн 1535, 1544, 1550 и 1560 нм, а результаты зафиксированы для Q-факторов больших, чем 15,6 дБ. Расширение бюджета (РБ) рассчитывалось как разница между потерями в линии связи с усилителем и без усилителя:

$$РБ = Att_1|_{Q>15,6}^{с усил.} - Att_1|_{Q>15,6}^{без усил.} \quad (4)$$

Входная мощность в усилитель составляет +5 дБ, при отсутствии потерь в линиях связи. Это соответствует стандарту G.984 ITU-T Международного союза электросвязи для лазерных диодов [14].

Из рисунка 4 видно, что расширение бюджета сети с усилителем EDFA возрастает с увеличением потерь на линии. Таким образом, можно сказать, что расширение бюджета зависит от понижения входных канальных мощностей на усилитель. Это объясняется свойствами коэффициента усиления EDFA, который (как показано на рисунке 5) увеличивается с понижением входных мощностей $P_{вх}$.

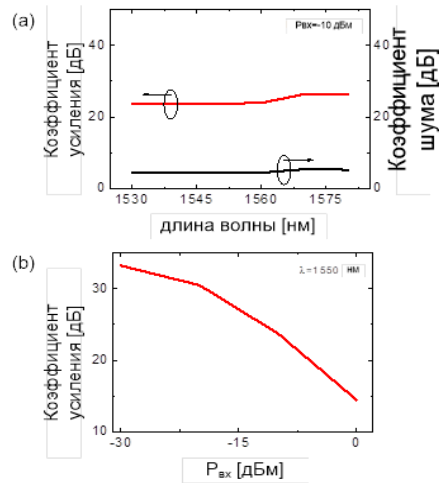


Рисунок 5. Зависимость коэффициента усиления и коэффициента шума усилителя EDFA от длины волны и входных мощностей

Кроме того, на рисунке 4 показаны зависимости расширения бюджета от потерь в линиях связи для объемного ППОУ (кривая черного цвета) и для ППОУ-КТ (кривая синего цвета). Полупроводниковые оптические усилители функционируют одновременно с четырьмя каналами, и результаты измерения показаны для длины волны 1550 нм. Бюджет усилителей увеличивается с увеличением потерь на линии (Атт-1) до тех пор, пока не достигнет максимального значения 8 дБ. Затем с дальнейшим увеличением потерь на линии бюджет усилителя будет уменьшаться.

Для измерения расширения бюджета сети с усилителями ППОУ-КЯ и ППОУ-КТ для обратного потока с двумя каналами на разных длинах волн использовалась та же установка. Показатели расширения бюджета сети в зависимости от потерь в ветвях доступа (Атт-2) показаны на рисунке 6. Потери в ветвях доступа – это потери в фильтре, в оптическом разветвителе и собственные потери в ветвях доступа [13]. Для обратного потока оптические усилители работают одновременно на длинах волн 1290 нм и 1310 нм, результаты получены для частоты появления ошибочных битов (ЧПОБ) не ниже 10^{-9} . Расширение бюджета (РБ) рассчитывалось как разница между потерями в линии связи с усилителем и без усилителя:

$$РБ = Атт_2 \Big|_{BER \leq 10^{-9}}^{с\ усил.} - Атт_2 \Big|_{BER \leq 10^{-9}}^{без\ усил.} \quad (5)$$

Входная мощность в усилитель составляла +5 дБ при отсутствии потерь в ветвях доступа.

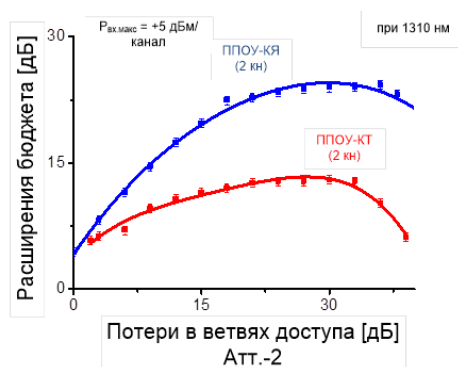


Рисунок 6. Сравнение расширений бюджета для различных усилителей для обратного потока

Зависимость расширения бюджета от потерь в ветвях доступа для сети с ППОУ-КЯ (кривая синего цвета) показана на рисунке 6, и была измерена одновременно с двумя рассогласованными каналами. Расширение бюджета сети с ППОУ-КЯ увеличивается с увеличением потерь в ветви доступа (Атт-2)

до тех пор, пока расширение бюджета не достигнет максимального уровня в 25 дБ. Затем, при дальнейшем увеличении потерь в ветвях доступа величина расширения бюджета понижается. Когда потери в ветвях доступа составляют 0 дБ (канальная входная мощность равна +5 дБм), то расширение бюджета сети с ППОУ-КЯ составляет около 4 дБ. Расширение бюджета увеличивается с увеличением потерь в ветвях (или понижением канальной входной мощности) до тех пор, пока расширение бюджета не достигнет максимального значения в 25 дБ для потерь в ветвях в 30 дБ.

Усилители ППОУ-КЯ устойчивы к высоким входным мощностям и имеют незначительные перекрестные помехи. Импульс сигнала искажается небольшим всплеском импульса и интерференционными эффектами (рисунок 7). Но эти искажения не так сильно влияют на качество сигнала, что позволяет приемнику принимать сигнал при ЧПОБ не выше значения 10^{-9} . Максимальный коэффициент усиления в режиме малого сигнала находится около значения 29 дБ (рисунок 7 (а)), а максимальное расширение бюджета сети составляет около 25 дБ (рисунок б).

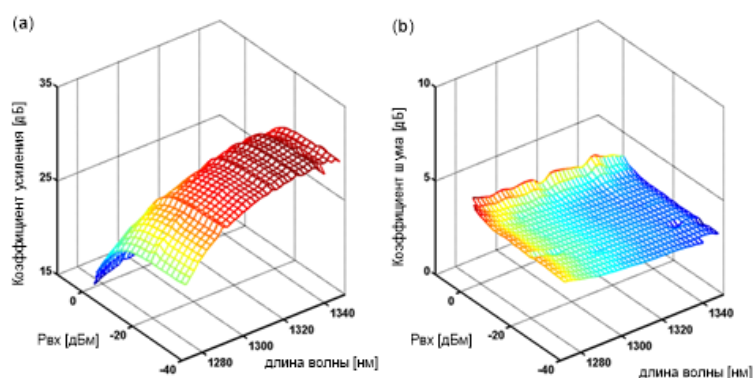


Рисунок 7. Зависимость коэффициента усиления (а) и коэффициента шума (б) ППОУ-КЯ от входных мощностей и от длины волны

Зависимость расширения бюджета сети от потерь в ветвях доступа для ППОУ-КТ на длине волны 1310 нм (кривая красного цвета на рисунке б) была получена при работе усилителя с двумя рассогласованными каналами одновременно. Расширение бюджета сети с усилителем ППОУ-КТ увеличивается с увеличением потерь в ветви доступа ($A_{тг-2}$). При умеренных потерях в ветви доступа расширение бюджета сети достигает максимального значения в 13 дБ. Затем, при дальнейшем увеличении потерь в ветвях доступа, расширение бюджета сохраняется на постоянном уровне до значения потерь в ветвях доступа в 33 дБ.

Максимальный коэффициент усиления для ППОУ-КТ в режиме малого сигнала находится около значения 15 дБ (рисунок 8 (а)). Усилители ППОУ-КТ устойчивы к высоким входным мощностям и имеют незначительные перекрестные помехи. Вследствие шумов импульс сигнала немного искажается (рисунок 8 (б)). Но эти искажения несильно влияют на качество сигнала, что позволяет приемнику принимать сигнал при ЧПОБ не ниже значения 10^{-9} .

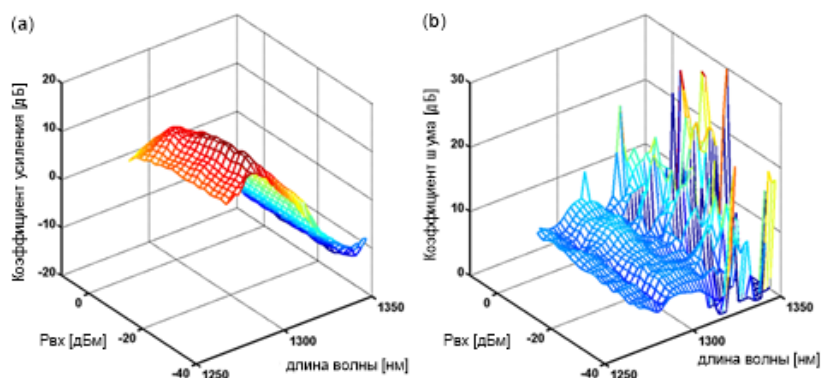


Рисунок 8. Зависимость коэффициента усиления (а) и коэффициента шума (б) ППОУ-КТ от входных мощностей и от длины волны

В приемнике оптического сигнала полученная информация должна быть восстановлена с приемлемой частотой появления ошибочных битов (ЧПОБ). Чувствительность приёмника при подключении передатчика и приемника напрямую (непрерывно) и чувствительность приемника при подсоединении усилителя перед приемником могут различаться, так как усилитель искажает полезный сигнал шумами и интерференционными эффектами. Разница между чувствительностями приёмника с испытываемым усилителем и прямым подключением передатчика и приемника называется расхождением мощностей.

Расхождение мощностей (PM) рассчитывается как разница между мощностями чувствительности приёмника с усилителем и без усилителя при качестве сигнала $Q^2 \geq 15,6$ дБ.

$$PM = P_{\text{чув.прием}}^{\text{с усил}}|_{BER \leq 10^{-9}} - P_{\text{чув.прием}}^{\text{без усил}}|_{BER \leq 10^{-9}} \quad [\text{дБ}] \quad (6)$$

Диапазон расхождения мощностей для Q -фактора выше 15,6 дБ определяется как динамический диапазон входных мощностей (ДДВМ). ДДВМ усилителя показывает полезный диапазон между малыми и большими входными мощностями в усилитель. Чувствительность приёмника для прямого потока составляла около -33,7 дБм. Зависимости расхождения мощностей от канальной входной мощности для усилителей EDFA (кривая красного цвета), объемный ППОУ (кривая черного цвета) и ППОУ-КТ (кривая синего цвета) для прямого потока показаны на рисунке 9.

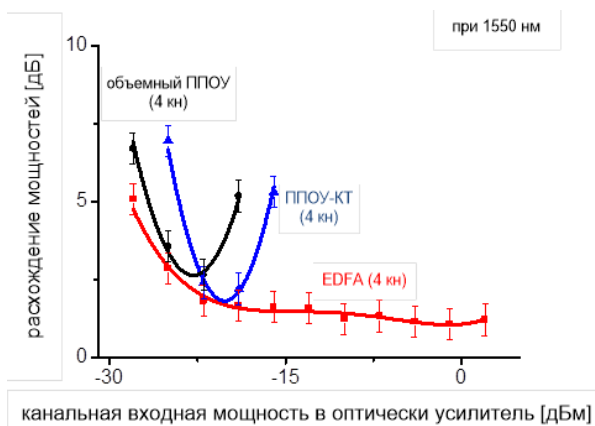


Рисунок 9. Сравнение расхождений мощностей для усилителей EDFA, объемного ППОУ и ППОУ-КТ

Для усилителя EDFA при умеренных уровнях входных мощностей до -22 дБм расхождение мощностей поддерживается на низком значении около 1 дБ. Для малых значений входных мощностей, меньших чем -22 дБм, расхождение мощностей увеличивается до 5 дБ. Усиленный сигнал усилителем EDFA показывает низкий уровень искажения и отсутствие интерференционных эффектов на высоких уровнях входных мощностей, а также отсутствие перекрестных помех при функционировании четырех каналов.

Для объемного ППОУ и ППОУ-КТ зависимость расхождения мощностей от канальной входной мощности при функционирующих четырех каналах показаны для длины волны 1550 нм (рисунк 9). Усиленные сигналы на высоких входных мощностях искажены сильными интерференционными эффектами и перекрестными помехами и не могут превысить качества сигнала выше $Q^2 \geq 15,6$ дБ. ППОУ-КТ достигают этого качества сигнала только при канальной входной мощности ниже -16 дБм, а объемный ППОУ достигает при -19 дБм. Для обеих кривых расхождение мощностей составляет 5 дБ. Высокий уровень расхождения мощностей происходит из-за влияния на качество сигнала интерференционных эффектов и перекрестных помех. На очень низкой канальной входной мощности сигналы в объемных ППОУ и ППОУ-КТ искажаются шумами.

Заключение

Подведем итоги экспериментальных исследований по удлинению оптического бюджета для расширенной сети GPON для прямого потока (таблица 2) и для обратного потока (таблица 3).

Таблица 2. Сравнение результатов экспериментальных измерений характеристик оптических усилителей для прямого потока.

Усилитель	макс. удлинение бюджета [дБ]	при потерях в ветвях [дБ]	среднее расхождение мощности [дБ]	P_{ex} [дБ]	ДДВМ [дБ]	расхождение мощности [дБ]
EDFA	24	32	<1	+2÷-20	30	отсутствует
ППОУ-КТ	9	25	>2	-20	9	<5.5
объем. ППОУ	9	28	>2	-23	9	error-floor

Таблица 3. Сравнение результатов экспериментальных измерений характеристик оптических усилителей для обратного потока.

Усилитель	макс. удлинение бюджета [дБ]	при потерях в ветвях [дБ]	среднее расхождение мощности [дБ]	P_{ex} [дБ]	ДДВМ [дБ]	расхождение мощности [дБ]
ППОУ-КЯ	25	30	<1	-8÷-27	>36	отсутствует
ППОУ-КТ	13	21÷33	<1	+3÷-27	>34	отсутствует

Полученные результаты показали, что применение оптических усилителей в архитектуре GPON-сети позволяет расширить дальность действия такой сети с 20 до 60 километров. При этом усилитель EDFA по сравнению с другими усилителями показал себя как оптимальный вариант для преодоления потерь мощности в сети, т.к. он имеет высокий коэффициент усиления, широкий динамический диапазон, отсутствие интерференционных эффектов при высоких уровнях входных мощностей и отсутствие перекрестных помех.

Методы анализа экспериментальных данных позволили изучить и улучшить возможности существующих коммуникационных сетей, построенных на основе технологии GPON. В данной работе были изучены характеристики полупроводниковых оптических усилителей, используемых для увеличения дальности действия GPON-сетей, а также их зависимости от входных мощностей и длины волны оптического сигнала. Анализ этих зависимостей раскрывает механизмы функционирования промежуточных устройств оптической сети и позволяет получить новые знания о возможностях исследуемой системы. Эти знания, в свою очередь, позволяют решить основную задачу – увеличение дальности действия GPON-сетей.

Список использованной литературы

- 1 Никульский И.Е. Технологии PON: вчера, сегодня, завтра / И.Е. Никульский // Вестник связи – 2009. - № 3. - С. 23-27.
- 2 Меккель А. М. Технологии пассивной оптической сети / А. М. Меккель // Фотон-Экспресс - 2015. - № 7. - С. 28-32.
- 3 Keiser G. Optical Communications Essentials / Georg Keiser. - McGraw-Hill Publishing, 2003. – 348 p.
- 4 ITU-T, Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics, ITU-T Recommendation G.984, 2008.
- 5 Rohde H., Randel S. Project PIEMAN: a European approach to a symmetrical 10 Gbit/s, 100 km, 32 λ and 512 split PON, Proc. SPIE 6353, Optical Transmission, Switching, and Subsystems IV, 635304 (21 September 2006); <https://doi.org/10.1117/12.688820>.
- 6 Baekelandt B., Melange C., Ossieur P., Bauwelinck J., De Ridder T., Qiu X., Vandewege J., Smith D., Davey R. Impact of crosstalk on multi-wavelength high split PON networks // BroadBand Europe. Antwerp, Belgium (3-6 December 2007); <https://doi.org/12.8547/10.229052>.
- 7 Nettet D., Kelly T., Appathurai S. and Davey R. Extended Reach GPON Using High Gain Semiconductor Optical Amplifiers // 33rd European Conference and Exhibition of Optical Communication OFC/NFOEC – 2008. – P. 56-61.

8 Iannone P.P., Lee H.H., Reichmann K.C., Zhou X., Du M., Pálsdóttir B., Feder K., Westbrook P, Brar K., Mann J. and Spiekman L. Hybrid CWDM Amplifier Shared by Multiple TDM PONs // National Fiber Optic Engineers Conference (NFOEC) – 2007. – P.13-19.

9 Connelly M. J. Semiconductor Optical Amplifiers / Michael J. Connelly. - Kluwer Academic, 2002. – 177 p.

10 Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети / Р.Р. Убайдуллаев. - Москва: Экотрендз, 2000. - 268 с.

11 Horvath T., Radil J., Munster P., Bao N. Optical Amplifiers for Access and Optical Networks: A Tutorial. / Tomas Horvath, Jan Radil, Petr Munster, Ning-Hai Bao // Applied Sciences – 2020. - №10(17): 5912; <https://doi.org/10.3390/app10175912>

12 Довольнов Е.А. Кузнецов В.В., Миргород В.Г., Шарангович С.Н. Мультиплексорное и усилительное оборудование многоволновых оптических систем передачи / Е.А. Довольнов, В.В. Кузнецов, В.Г. Миргород, С.Н. Шарангович. – Томск: ТГУ систем упр. и радиоэлектроники, 2016. – 156 с.

13 Гибадуллин Р.Ф., Никитин А.П., Перухин М.Ю. Построение сети на основе GPON / Р.Ф. Гибадуллин, А.П. Никитин, М.Ю. Перухин // Вестник технологического университета – 2017. - Т.20. - №5. - С.104-108.

References

1 Nikul'skij I.E. (2009) Tekhnologii PON: vchera, segodnya, zavtra [PON technologies: yesterday, today, tomorrow]. Vestnik svyazi, № 3, P.23-27. (in Russian)

2 Mekkel' A. M. (2015) Tekhnologii passivnoj opticheskoy seti [Passive optical network technologies]. Foton-Ekspress, № 7, P.28-32. (in Russian)

3 Keiser G. (2003) Optical Communications Essentials / Georg Keiser. - McGraw-Hill Publishing, 348 p.

4 ITU-T, Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics, ITU-T Recommendation G.984, 2008.

5 Rohde H., Randel S. (2006) Project PIEMAN: a European approach to a symmetrical 10 Gbit/s, 100 km, 32 λ and 512 split PON, Proc. SPIE 6353, Optical Transmission, Switching, and Subsystems IV, 635304 (21 September 2006); <https://doi.org/10.1117/12.688820>.

6 Baekelandt B., Melange C., Ossieur P., Bauwelinck J., De Ridder T., Qiu X., Vandewege J., Smith D., Davey R. (2007) Impact of crosstalk on multi-wavelength high split PON networks // BroadBand Europe. Antwerp, Belgium (3-6 December 2007); <https://doi.org/12.8547/10.229052>.

7 Nettet D., Kelly T., (2008) Appathurai S. and Davey R. Extended Reach GPON Using High Gain Semiconductor Optical Amplifiers // 33rd European Conference and Exhibition of Optical Communication OFC/NFOEC. P.56-61.

8 Iannone P.P., Lee H.H., Reichmann K.C., Zhou X., Du M., Pálsdóttir B., Feder K., Westbrook P, Brar K., Mann J. and Spiekman L. (2007) Hybrid CWDM Amplifier Shared by Multiple TDM PONs. National Fiber Optic Engineers Conference (NFOEC), P.13-19.

9 Connelly M. J. (2002) Semiconductor Optical Amplifiers / Michael J. Connelly. - Kluwer Academic, 177 p.

10 Ubajdullaev R.R. (2000) Volokonno-opticheskie seti [Fiber-optic networks]. M.: Ekotrendz, 268. (in Russian)

11 Horvath T., Radil J., Munster P., Bao N. (2020) Optical Amplifiers for Access and Optical Networks: A Tutorial. / Tomas Horvath, Jan Radil, Petr Munster, Ning-Hai Bao // Applied Sciences. №10(17): 5912; <http://doi.org/10.3390/app10175912>

12 Dovol'nov E.A. Kuznecov V.V., Mirgorod V.G., SHarangovich S.N. (2016) Mul'tipleksornoe i usilitel'noe oborudovanie mnogovolnovykh opticheskikh sistem peredachi [Multiplexer and amplifying equipment of multi-wave optical transmission systems]. Tomsk: Publ. of the Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 156. (in Russian)

13 Gibadullin R.F., Nikitin A.P., Peruhin M.YU. (2017) Postroenie seti na osnove GPON [Building a GPON-based network]. Kazan: Bulletin of the Technological University, №5 (20), 104-108. (in Russian)

МРНТИ 28.23.17, 28.23.29, 20.53.19, 20.53.17
УДК 004.01, 004.46/47/48, 004.41/42, 004.43

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.19>

Р.К. Ускенбаева¹, А.К. Болишбаева^{1}, С.Б.Рахметулаева¹*

¹Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

**e-mail: kakim-aigerim@mail.ru*

ОРГАНИЗАЦИЯ БАЗОВОЙ МОДЕЛИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Аннотация

В данной статье обсуждаются вопросы организации общей модели из локальных. При организации моделей в коллектив важна не только структура организации, но и характер связи между моделями и вид протокола (универсальный или уникальный), например тип технологий интеграции данных, информации, знаний и правил на основе: BUS, АНІ, АІІ, так и интерфейсов, например сервиса или агента. Но организация локальных моделей зависит от особенностей локальных моделей. Поэтому перед рассмотрением организации локальных моделей раскрываем сущность локальных моделей. Ясно, что свойства бизнес-процесса одного монолитного модуля полностью невозможно отобразить. Поэтому предлагается понятие базовой модели, которая является интегрированной из так называемых локальных моделей. В работе раскрыты назначения и сущность функций локальных моделей (LM) и вариантов организации базовой модели (GM) из локальных моделей.

Ключевые слова: бизнес-процессы, модель проектирования, локальная модель бизнес-процессов, логистика.

Аңдатпа

Р.К. Ускенбаева¹, А.К. Болишбаева^{1}, С.Б.Рахметулаева¹*

¹Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университеті, Алматы қ., Қазақстан

БИЗНЕС-ПРОЦЕССТЕРІНІҢ БАЗАЛЫҚ МОДЕЛІН ҰЙЫМДАСТЫРУ

Бұл мақалада жергілікті модельдерден жалпы модельді ұйымдастыру мәселелері қарастырылады. Модельдерді командаға біріктіру барысында ұйымның құрылымы ғана емес, сонымен қатар протокол түрінің (эмбебап немесе бірегей) және модельдер арасындағы байланыс сипаты маңызды, мысал келтіретін болсақ, BUS, АНІ, АІІ және қызмет немесе агент сияқты интерфейсстерге негізделген мәліметтердің, білім мен ережелердің, ақпараттарды интеграциялау технологияларының түрлері. Бірақ жергілікті модельдердің ұйымдастырылуы жергілікті модельдердің ерекшеліктеріне байланысты болып келеді. Сондықтан жергілікті модельдерді ұйымдастырудан бұрын, біз жергілікті модельдердің мәнін ашамыз. Бір монолитті модульдің бизнес-процесінің қасиеттерін көрсету мүлдем мүмкін еместігі анық. Сондықтан жергілікті деп аталатын модельдерден интеграцияланған негізгі модель тұжырымдамасы ұсынылады. Мақалада жергілікті модельдер (LM) функциясының мақсаты мен мәні және жергілікті модельдерден базалық модельді (GM) ұйымдастыру нұсқалары ашып көрсетілген.

Түйін сөздер: бизнес-процестер, дизайн моделі, жергілікті бизнес-процесс моделі, логистика.

Abstract

ORGANIZATION OF THE BASIC MODEL OF BUSINESS PROCESSES

Uskenbayeva R.K.¹, Bolshibayeva A.K.^{1}, Rakhmetulayeva S.B.¹*

¹International Information technology university, Almaty, Kazakhstan

This article discusses the issues of organizing a general model from local ones. When organizing models into a team, not only the structure of the organization is important, but also the nature of the relationship between the models and the type of protocol (universal or unique), for example, the type of technologies for integrating data, information, knowledge, and rules based on: BUS, АНІ, АІІ, and interfaces, such as a service or agent. But the organization of local models depends on the peculiarities of the local models. Therefore, before considering the organization of local models, we reveal the essence of local models. It is clear, that the properties of a business process of a single monolithic module cannot be fully displayed. Therefore, the concept of a basic model is proposed, which is integrated from the so-called local models. The work reveals the purpose and essence of the functions of local models (LM) and options for organizing the base model (GM) from local models.

Keywords: business-processes, design model, local business process model, logistics.

Введение

Во всех экономических и производственно-технологических сферах (или процессах) бизнес-процессы являются основными объектами, объединяющие все, что имеет отношения к достижению цели.

Существуют множество моделей бизнес-процессов, которые недостаточно отражают особенности бизнес-процесса и потребности человека в бизнес-процессе. Другими словами, некоторые виды моделей являются функционально неполными.

Анализ бизнес-процессов становится чрезвычайно важным для производственных и логистических систем, поскольку он играет жизненно важную роль для успешного улучшения бизнес-процессов. Целью анализа процессов является открытие новых знаний для решения проблем и оптимизации процессов для создания ключевых компетенций. Большое количество исследований и разработок было проведено для оптимизации производительности бизнес-процессов в этой сложной и динамичной среде. Для анализа и оптимизации бизнес-процессов в области производства и логистики было разработано несколько методологий, методик и инструментов.

В данной статье, предлагается универсальная модель бизнес-процесса, которая названа базовой. Так как, все остальные виды представления бизнес-процессов являются производной от базового представления бизнес-процесса моделью.

В связи с этим в работе [1,2] утверждалась, что базовая модель бизнес-процессов (GM или MBP) создается композицией локальных моделей (LM). Таким образом, свойства целого бизнес-процесса можно отразить и передать с помощью комбинаций локальных моделей.

Таким образом, базовая модель является композиционной из локальных моделей. При этом организация локальных моделей в базовые модели зависит от особенностей локальных моделей и среды, также от особенностей бизнес-процессов и решаемой задачи в бизнес-процессе.

Цель создания базовой модели бизнес-процессов, методы исследования

Бизнес-процесс включает множество объектов и предметов, множества специальных процессов, предметы и средства труда, а также включает методологии, технологии и ответственных исполнителей за выполнение бизнес-процесса. Таким образом, бизнес-процесс имеет сложную структуру и состав, т.е. архитектуру и сложные компоненты этой архитектуры.

Поэтому, наличие модели позволяет упорядочивать и ускорять процесс построения как компонентов бизнес-процесса, так и в целом самого бизнес-процесса, создание которой планируется. Полученная модель сложного бизнес-процесса позволит:

- установить и раскрыть состав, структуру и архитектуру сложного бизнес-процесса выбранного класса,
- построить оптимальные модели бизнес-процесса;
- автоматизировать сложный бизнес-процесс;
- вести эксплуатацию и управление сложным бизнес-процессом.

Особенность базовой модели сложного бизнес-процесса заключается в том, что она представляет сложный бизнес-процесс из множества процессов специального назначения, т.е. специальных процессов. Каждый из которых описывается концептуальной, логической и процедурной моделями базовой модели сложного бизнес-процесса.

Кроме того, она служат основой для всех этапов жизненного цикла бизнес-процесса и системы автоматизации, т.е. модель должна оказывать поддержку проектных процессов: начиная от пред-проектного этапа до списания (или унаследования) как бизнес-процесса, так и системы автоматизации.

Прежде всего, чтобы определить адекватную модель надо отметить основные особенности и состав бизнес-процессов: бизнес-процесс, должен обеспечить достижения определенной цели и критерий качества выходных продуктов бизнес-процесса. Бизнес-процесс включает множество объектов или предметов, множества процессов, которые назовем специальными процессами, а также предметы и средства труда. Кроме того, бизнес-процесс включает ответственных и исполнителей за выполнение бизнес-процесса.

Анализ показывает, что базовая модель бизнес-процесса нужна для построения и методики бизнес-процесса и системы автоматизации. Кроме того, она служит основой для всех этапов жизненного цикла и бизнес-процесса, и системы автоматизации, т.е. модель должна оказывать

поддержку проектных процессов: начиная от пред-проектного этапа до списания (или унаследования) как бизнес-процесса, так и системы автоматизации.

Поэтому модель должна обеспечить выполнения общих требований, которые накладывается на бизнес-процесс. Таким образом, в целом, процесс создания бизнес-процесса и его автоматизации могут быть как на основе модели (т.е. как CASE инструментарии или платформой), так и без модели (или CASE инструментарии или платформой). Таким образом, модель является поддерживающим средством для создания бизнес-процесса и систем, отсюда постановка задачи на процесс построения бизнес-процессов:

- ускорить процесс бизнес-процесса и создания систем по времени $T_{в} \rightarrow \min$ или $\sum_i T_{в}(O_{pi}) \rightarrow \min$;
 - повысить качественные показатели бизнес-процесса и создания систем $K_{п} \rightarrow \max$ или $\sum_i K_{п}(O_{pi}) \rightarrow \max$,
 - уменьшить трудозатрат $T_{р} \rightarrow \min$ или $\sum_i T_{р}(O_{pi}) \rightarrow \min$;
- где $T_{в}$ и $T_{в}(O_{pi})$ – показатель времени: общее время, затраченное на создания бизнес-процесса и время выполнения каждой операции O_{pi} ; $K_{п}$ и $K_{п}(O_{pi})$ – показатели качества: общие по бизнес-процессу (и/или системы) и по выполнению каждой операций O_{pi} .

С другой стороны очень сложно построить универсальную модель для всех отраслей. Поэтому в данной работе рассматривается построение модели для класса бизнес-процессов определенной области, а именно для логистики LP, которая должна обеспечить создание бизнес-процессов логистики и системы автоматизации для данного бизнес-процесса, например, для $LP_i \in LP$ так, чтобы выполнялись общие требования [3].

- Создание модели, которая обеспечивает описания и построения широкого класса бизнес-процессов данного сектора и системы автоматизации, т.е. ($KS \rightarrow \max$). Где KS – количество бизнес-процессов и систем автоматизации
- Перечень реализованных функций по каждому порожденному бизнес-процессу и системе должны быть достаточно широки для выполнения миссий ($KF \rightarrow \max$), т.е. полная функциональность по каждому случаю создания системы. Где KF – количество реализованных функций.
- Уровень завершенности каждой функции должна быть достаточной для выполнения миссий ($ZF \rightarrow \max$) бизнес-процесса и системы. Где ZF – уровень завершенности каждой реализованной функций.

Назначение и принцип действия предложенной базовой модели бизнес-процесса

Из-за сложности и разнообразия свойств бизнес-процесса свойства бизнес-процесса отобразим комбинацией и интеграцией множества отдельных моделей, которые назовем локальными.

Отдельная модель характеризует отдельный аспект и определенное свойство состояния и функционирования (поведения) бизнес-процессов, причем как виртуальные, так и реальные. Но вместе характеризует бизнес-процесс в целом и в зависимости от характера организации общая модель будут иметь различные свойства [4,5].

Определим назначения и функций каждой отдельной локальной модели таким образом. Бизнес-процесс - объект внешнего мира. А любой объект внешнего мира характеризуется концептуальным представлением, т.е. местом в «мире вещей», который занимает данный объект среди других объектов и наоборот отличительным свойством, а также характером связи с другими объектами внешнего мира. Поэтому бизнес-процесс как объект внешнего мира должен характеризоваться концепцией, т.е. концептуальным представлением.

А как известно концептуальные особенности объекта (т.е. бизнес-процесса) надо представить в виде специальной модели – концептуальной модели.

Отметим, что объект является элементом единого информационного пространство (ЕИП), следовательно концептуальная модели бизнес-процесса является элементом ЕИП.

Бизнес-процесс, как объект внешнего мира, надо представить концептуальной моделью (КМ или КМВР – концептуальная модель бизнес-процесса).

Необходимо отметить, что объект концептуально представляется для каждой цели отдельно. Бизнес-процесс предназначен для производства продукции и является управляемым объектом. Поэтому КМ бизнес-процесса характеризуется его миссией, целевым назначениям или целью и критерием, входом и выходом (результатом) данных [6].

Кроме того, состав входа и выхода зависит от того, для чего (для какой цели) мы строим КМ для БР. Надо отметить, что КМ строим для решения задачи интеграции. Поэтому для нас КМ необходимо чтобы он обеспечил интеграция бизнес-процесса логистики с бизнес-процессами других организаций, например,

- на верхнем уровне с партнерами (поставщиками и потребителями товаров и машин и оборудования) логистических процессов;
- на нижнем уровне с бизнес-процессами других, например, соседних локальных проблемных области.

Таким образом, наш бизнес-процесс должен иметь возможность интегрирования с бизнес-процессами других организаций. Соответственно, входы и выходы КМ на уровне логистический бизнес-процесса должны гармонизироваться с бизнес-процессами других организаций [7,8].

А для интеграции нужны нижеперечисленные данные:

- внутренняя структура логистического хозяйства, локальные проблемы области, его состав, мощность;
- предметы труда, источник и сток товаров, виды товаров;
- средства труда, какие средства перевозки товаров между складами и клиентами, перевозка товаров внутри склада;
- какие имеются операции аутсорсинга и т.д.

Поскольку область логистики состоит из двух уровней: общая проблемная область логистики и локальные проблемные области, которые составляют общую проблемную области, при этом у них разная среда и окружение. Поэтому бизнес-процессы логистики имеют разную внешнюю среду:

- для общего логистического бизнес-процесса окружающая внешняя среда это – бизнес-процессы других организаций,
- для локальной проблемной области это бизнес-процесс других локальных областей (или среды), (например, складское хозяйство или хозяйство перевозки т.д.).

Отсюда требуется два вида концептуального представления бизнес-процессов логистики. Для решения проблемы используем две концептуальные модели представления: внешней проблемной области логистики и внутренней локальной проблемной области. Таким образом, чтобы удовлетворить отмеченные требования она должна обладать следующими компонентами, т.е. для выполнения отмеченных требований модель должна организовываться из следующей локальной модели:

1. *Внешняя концептуальная модель* бизнес-процесса общей проблемной области.
2. *Внутренняя концептуальная модель 1* бизнес-процесса k -ой локальной проблемной области, $k=1, K$, которые являются составляющими общей.
3. *Внутренняя концептуальная модель 2* перечень специализированных процессов, входящие в создаваемым бизнес-процесса локальной проблемной области.
4. *Концептуальное представление* специализированного i -ого процесса. $4.i, i=1, n$.
5. *Логическая модель* бизнес-процесса из логической модели специализированных-процессов бизнес-процесса, которые в свою очередь имеют аналогичную модель, т.е. фрактальную модель.
6. *Логическая модель* специализированного-процесса j -ый специализированный процесс, $j=1, J$; бизнес-процесса локальной проблемной области.
7. *Операторная модель* специализированного-процесса бизнес-процесса локальной проблемной области. Для двух производственных ситуаций состав и последовательность операций в составе одной логической модели могут отличаться, в частности в следующем виде:

При производственной ситуации:

$$S_{tek}(i) \in S_{st}: Pr_i = \langle Op_{i1}, Op_{i2}, Op_{i3}, Op_{i4}, \dots, Op_{it}, Op_{it+1}, \dots, Op_{it_m_i} \rangle,$$

При производственной ситуации:

$$S_{tek}(j) \in S_{st}: Pr_j = \langle Op_{j1}, Op_{j2}, Op_{j3}, Op_{j4}, \dots, Op_{jk}, Op_{jk+1}, \dots, Op_{j_m_j} \rangle,$$

где в общем случае $m_i \neq m_j$.

8. *Сервисная модель операторной модели* специализированного-процесса бизнес-процесса локальной проблемной области:

а. Совокупность сервисных моделей специализированного-процесса локальной проблемной области: снабженная признаками предметов и средств труда, а также признаками производственной среды, т.е. единого информационного пространства. Все это составляет онтологическую модель.

в. Пусть $S_{v_{ijk}}$, где i -ая группа сервисов для j – ого специализированного-процесса k – ой локальной проблемной области, где:

- i -ая группа сервисов, $i=1, I$;
- j -ый специализированный процесс, $j=1, J$;
- k -ая локальная проблемная области, $k=1, K$.

Из-за множества моделей специализированных процессов в бизнес-процессе: концептуальной, логической, оперативной, сервисной (сервисными) моделями, некоторые из которых виртуально отражают свойства бизнес-процессов, общая модель будет многомерной, т.е. достигает многомерность.

Таким образом, предложенная модель является многомерной, т.к. каждая локальная модель специализированных процессов отражает одну меру измерения бизнес-процесса.

В связи с тем, что вся конструкция и надстройка, а также теории и практики бизнес-процессов базируется на данной модели, то назовем ее базовая модель бизнес-процесса. Она имеет свойства многоцелевой, иерархической (одно-ранговой), многомерной, семантической, нелинейной, фрактальной, фассетной модели бизнес-процессов.

На основе данной модели с учетом дополнительных конкретных особенностей параметров каждого конкретного процесса (с учетом инфраструктуры БП: предмета и средств труда, метамодель технологий бизнес-процесса), который в будущем должен входить в состав бизнес-процесса порождаются (т.е. создается) такие практические модели (широко применяемые на практике) как диаграммы «as-is» и «to-be». Оба этих вида моделей вытекают из логической модели базовой модели бизнес-процесса (либо она включает эти диаграммы «как есть» и «как должно быть», т.е. является дальнейшим уточнением и конкретизацией с учетом особенностей конкретных бизнес-процессов. Но у этих диаграмм не отражены ни концептуальная структура бизнес-процесса, ни сервисный состав бизнес-процесса. Вообще в практических работах и в моделировании бизнес-процессов для практических задач не применяются ни концептуальная модель (не учитывая интеграции, которая часто происходит на практике), хотя это необходимо для интеграции бизнес-процессов, ни сервисная модель, которая нужна для обеспечения функциональной полноты бизнес-процессов.

Концептуальные модели относятся к виртуальному типу моделирования. В реальном мире концептуальное моделирование объектов не существует, оно (в составе онтологической модели проблемной области) существуют только в голове человека, концептуальная модель составляет его сознания и рассудок, т.е. мышление человека: проектировщика, разработчика, управленца, исполнителя.

Уровень заданности (или уровень развитости и зрелости) модели может быть разным, от инструкций до многомерных динамических математических уравнений. В данной работе предложенная модель имеет один из вариантов зрелости модели. Модель выполняет поддерживающие функции и объединяющей все те идеи (т.е. модели и методы, алгоритмы), которые нужны для создания, эксплуатации бизнес-процессов. И еще следует отметить, что у модели область компетенции ограничена. Она может обеспечить:

- 1) построение технологий бизнес-процесса;
- 2) принятия решений о последовательности этапов или действий «логистики», т.е. бизнес-процесс в житейском понимании;
- 3) в последовательности действий добавляется расчетные значения параметров действий в графе последовательности действий;
- 4) создание системы автоматизации бизнес-процессов.

Бизнес-процесс и система, порожденная моделью, должна функционировать в заданной проблемной области логистического сектора.

Варианты конфигурации структурной организации локальных модели в общую модель

Структура и архитектура модели переменная, она в зависимости от решаемой задачи может имеет разные структуры и архитектуры:

- по концептуальному (логическому) уровню: разное количество специализированных процессов;
 - по логическому уровню разный состав операций, т.е. может имеет разное содержание каждого из них, в зависимости от необходимости для решения которой предназначен бизнес-процесс;
 - на уровне сервисной модели: разное количество исполнительных сервисов и инструментов.
- Этими отличаются модели разных бизнес-процессов между собой.

Для этого следует конфигурировать, т.е. интегрировать и агрегировать общую модель из локальных моделей.

Возможны следующие варианты конфигураций и интеграции:

1. *Вертикальная или иерархический организация.* Иерархический вариант конфигурации локальных моделей в общую модель, т.е. интеграция локальных моделей в общую модель. В данном варианте конфигурации протокола взаимодействия между локальными моделями может быть «диктаторный» или «приказной». Хотя можно образовывать «демократическое» взаимодействие, но это требует подключения другой новой модели, формирующей правила демократий. При этом возможно протокол взаимодействия между локальными моделями сильно-связанной связи и/или слабосвязанная связи.

2. *Горизонтальная или одноранговая организация.* Одно ранговый вариант конфигурации или интеграции, т.е. сетевой (peer-to-peer) вариант локальных моделей в общей модели. В данном варианте конфигурации протокол взаимодействия между локальными моделями может быть «демократичный». Хотя и в данном варианте можно образовывать и/или организовывать «диктаторный» или «приказной» взаимодействие. Для организации «диктаторного» или «приказного» взаимодействия необходима специальная организационная модель.

3. *Смешанный вариант модели.* Возможно, в зависимости от возникаемых производственных ситуаций конфигурация и/или интеграция возможно смешанный вариант (как вертикальный, так и горизонтальный) конфигурации и еще смешанного варианта протокола взаимодействий (сильно-связанный и слабо связанный варианты протоколов взаимодействия).

4. *Связи между локальными моделями.* Тип связи между локальными моделями может быть «жестким» и/или «слабым».

Таким образом, между компонентами связи могут быть различные в зависимости от задачи, для решения которой модель предложена. Покажем один из вариантов иерархической организаций локальных моделей в общую. Данное свойства отражает второе свойства бизнес-процессов, а именно иерархичность свойства бизнес-процессов.

Итак, получили модель типа или со свойством «Многомерная и иерархическая семантическая нелинейная фрактальная фассетная модель бизнес-процессов».

Общая архитектура предлагаемого варианта модели бизнес-процесса в виде иерархический структуры, которую графически можно представить как на рисунке 1.



Рисунок 1. Иерархическая структура (архитектура) основной модели бизнес-процесса.

Таким образом, данная общая модель бизнес-процесса является конфигурации или комбинацией отдельных локальных моделей.

В основной модели логическую модель можно представить в виде, представленном на рисунке 2.

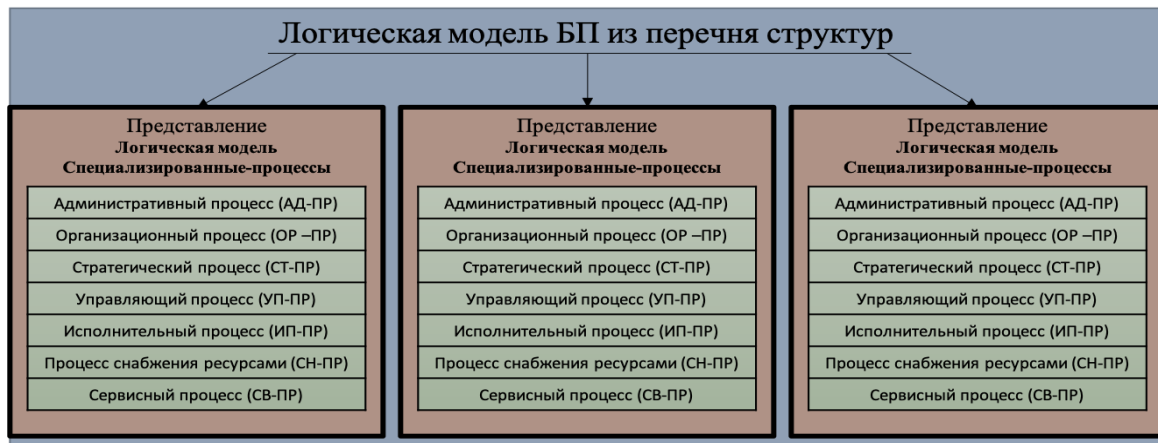


Рисунок 2. Представление логической модели специализированных процессов

В этом случае расширенная иерархическая архитектура модели приобретет вид, представленный на рисунке 3.

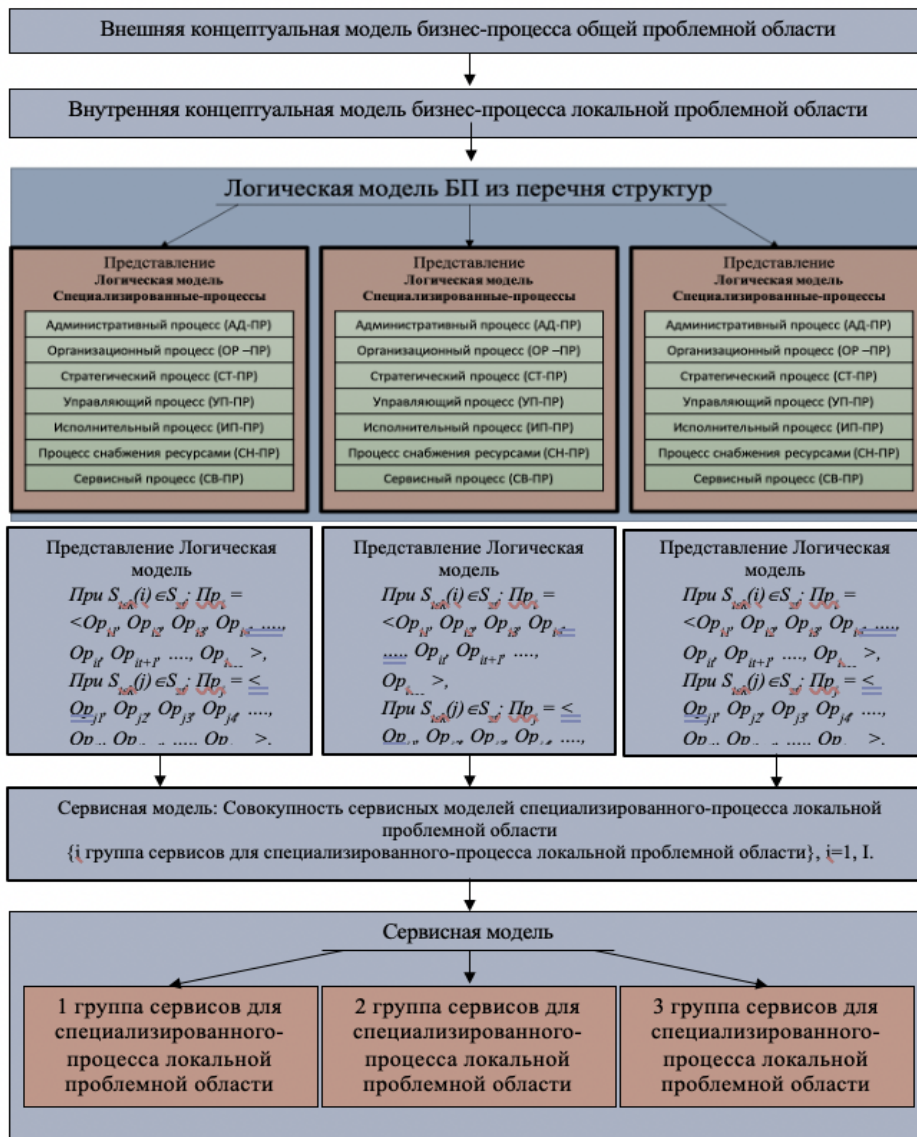


Рисунок 3. Расширенная иерархическая структура (архитектура) основной (многомерной, семантической, нелинейной) модели бизнес-процесса.

Отметим, что базовая (первичная) модель бизнес-процессов, на которой базируется платформа или система имеет следующую особенность: базовая или первичная модель бизнес-процессов (модель первого уровня) задается априорно человеком.

Базовая модель бизнес-процессов (еще назовем модель первого уровня), задаваемой из вне системы разработчиками, на основе которой ведется формирование модели конструкции бизнес-процесса (модель второго уровня) последующих уровней. Модель второго уровня состоит из надстройки в зависимости от предметов, средств труда и окружения производства, которые могут привести к изменению конструкции модели первого уровня, например, исходя из конкретной задачной ситуации. Это конкретизация является под конкретной проблемной ситуаций-производства.

Без специализированных процессов процесса управления (УП) и еще других процессов (например, организационного процесса - ОР) исполнение бизнес-процесса (БП) будет свободным, не управляемым. Присутствие специализированных процессов УП и ОП в составе БП создает необходимое условие (но все-таки недостаточно) для того, чтобы БП был управляемым, а его движения вынужденным. Базовая или первичная модель бизнес-процессов (модель первого уровня) еще раз повторим задается в априорно человеком.

Логистика, т.е. бизнес-процесс логистики состоит из трех потоков:

- Логистика материальных потоков;
- Логистика информационные потоков;
- Логистика финансовых потоков.

В логистике (материальных потоков) главную роль занимает логистика материальных потоков, вторую роль занимает логистика информационных потоков, и третью роль занимает финансовый поток. По данным информации о товарах (об их использовании, о наличии их лицензии) и об запланированных или фактических операциях с товарами оценивается стоимость товаров и стоимость выполняемых или выполненных операций в цепи материальных потоков логистики. Это значит, что эти операции должны выполняться синхронно. Поэтому информационные и финансовые операции выполняются под управлением материальных операций. Для этого эти операции должны быть представлены семантически в виде онтологии, в которой будут указаны в виде ссылок на информацию или информационные операций, на финансовые данные и финансовые операций и т.д.

Заключение

В данной статье определены понятия базовой модели БП, локальной и глобальной моделей БП. Раскрыты сущности локальных моделей. Введено понятие специализированных процессов БП.

Из проведенного анализа процессов предложены варианты конфигурации структурной организации локальных модели в общую модель, чтобы отобразить свойства БП одного монолитного модуля.

Так же была выведена расширенная иерархическая структура (архитектура) основной модели бизнес-процесса.

Список использованной литературы:

- 1 Uskenbayeva R.K., Kuandykov A.A., Rakhmetulayeva S.B., Bolshibayeva A.K. Basics of creating platforms for automation of business processes of logistics// Матер.международ.науч.конф. «International Conference on Control, Automation and Systems», Korea, 2018-October, p. 1265–1271, 8571757
- 2 Uskenbayeva R.K., Kuandykov A.A., Rakhmetulayeva S.B., Bolshibayeva A.K. Properties of platforms for the transformation and automation of business processes // Матер.международ.науч.конф. «International Conference on Control, Automation and Systems». – Korea, 2019-October, p. 29–33, 8971550
- 3 Vlkner P. and Werners B., A decision support system for business process planning, Eur. J. Oper. Res., vol. 125, no. 3, pp. 633647, 2000
- 4 Чернова, И. А. Теоретико-методологические аспекты реинжиниринга бизнес-процессов / И. А. Чернова. Текст : непосредственный // Молодой ученый. 2010. № 12 (23). Т. 2. С. 217-220. URL: <https://moluch.ru/archive/23/2523>
- 5 Моделирование процессов и данных с использованием CASE-технологий : учебное пособие / А. Ф. Похилько, И. В. Горбачев, С. В. Рябов. – Ульяновск : УлГТУ, 2014. – 163 с.
- 6 Абдикеев Н.М., Данько Т.П., Ильдеменов С.В., Киселев А.Д. Реинжиниринг бизнес-процессов: Учебник для МБА. М.: Эксмо, 2005.
- 7 Kulanda Duisebekova, Vassiliy Serbin, Galiya Ukubasova, Zhaniya Kebekpayeva, Skakova Aigul, Sabina Rakhmetulayeva, Aigul Shaikhanova, Turar Duisebekov, Dinara Kozhamzharova, Design and development of

automation system of business processes in educational activity, *Journal of Engineering and Applied Sciences*, (8): pp. 4702-4714, 2017ISSN:86-949X, Medwell Journals

8 Kassymova A, Uskenbayeva R, Kurmangaliyeva B, Yedilkhan D. Principles for achieving the optimal performance of the input tasks flow of a business process and optimal performance of the business process/Proceedings of the 34th SICE Annual Conference 2015, Hangzhou, China. P 909-914

References

1 Uskenbayeva R.K., Kuandykov A.A., Rakhmetulayeva S.B., Bolshibayeva A.K. (2018) Basics of creating platforms for automation of business processes of logistics// Матер.международ.науч.конф. «International Conference on Control, Automation and Systems», Korea, p. 1265–1271, 8571757

2 Uskenbayeva R.K., Kuandykov A.A., Rakhmetulayeva S.B., Bolshibayeva A.K. (2019) Properties of platforms for the transformation and automation of business processes // Матер.международ.науч.конф. «International Conference on Control, Automation and Systems». Korea, October, p. 29–33, 8971550

3 Vlkner P. and Werners B., (2000) A decision support system for business process planning, *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 125, no. 3, pp. 633647.

4 Chernova, I. A. (2010) Theoretical and methodological aspects of business process reengineering [Theoretical and methodological aspects of business process reengineering]. I. A. Chernova. Text: direct. Young scientist. No. 12 (23). T. 2. S. 217-220. (in Russian) URL: <https://moluch.ru/archive/23/2523>

5 A. F. Pokhilko, I. V. Gorbachev, S. V. Ryabov (2014) Modeling of processes and data using CASE technologies [Modeling processes and data using CASE technology]: a tutorial. A. F. Pokhilko, I. V. Gorbachev, S. V. Ryabov. Ulyanovsk: UISTU, 163 p. (in Russian)

6 Abdikeev N.M., Danko T.P., Ildemenov S.V., Kiselev A.D. (2005) Business Process Reengineering [Business process reengineering]: A Textbook for MBA. M.: Eksmo. (in Russian)

7 Kulanda Duisebekova, Vassiliy Serbin, Galiya Ukubasova, Zhaniya Kebekpayeva, Skakova Aigul, Sabina Rakhmetulayeva, Aigul Shaikhanova, Turar Duisebekov, Dinara Kozhamzharova, Design and development of automation system of business processes in educational activity, *Journal of Engineering and Applied Sciences*, (8): pp. 4702-4714, 2017ISSN:86-949X, Medwell Journals

8 Kassymova A, Uskenbayeva R, Kurmangaliyeva B, Yedilkhan D. Principles for achieving the optimal performance of the input tasks flow of a business process and optimal performance of the business process/Proceedings of the 34th SICE Annual Conference 2015, Hangzhou, China. P 909-914

МРНТИ 20.53.01
УДК 332.14

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.20>

Р.К. Ускенбаева¹, Т.С. Картбаев², Д. Байер³, К.О. Тогжанова⁴

¹*Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан*

²*ҚР ПИМ М. Есболатов атындағы Алматы академиясы, Алматы, Қазақстан*

³*Қолдаңбалы ғылымдар университеті, Германия, Шмалькальден*

⁴*Г. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан, Алматы*
**email: togzhanova_kuljan@mail.ru*

ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУДЫҢ ТОПТЫҚ ӘДІСТЕРІ НЕГІЗІНДЕ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖОСПАРЛАУ ЕСЕПТЕРІН ШЕШУ

Аңдатпа

Бұл мақалада Smart City дамуын динамикалық жоспарлау мәселелерін шешу үшін мультимодельдік тәсіл негізінде шешім қабылдаудағы топтық әдістер негізіндегі есептер қарастырылады. Соның ішінде динамикалық жоспарлау процесінде шешім қабылдаудың негізгі құралы-динамикалық жоспардың құрылымын жасауға, жоспарды оңтайландыруға және қалаған шешімді табуға негіз болатын модельдер мен әдістер жүйесі. Жоспарлы шешімдерді ұжымдық әзірлеу кезінде, соның ішінде Smart City дамытуды динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу контекстінде және бірнеше мамандардың келісілген шешімдер қабылдауын талап ететін шешімдерді топтық қабылдау әдістері қолданылады.

Smart city динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу – бұл әртүрлі тәсілдер мен әдіснамаларды жүйелі қолдануды талап ететін және математикалық үлгілеудің қазіргі заманғы әдістерін, адекватты модельдерді әзірлеу үшін, әдістер мен алгоритмдер және олардың негізінде шешімдер қабылдау үшін бағдарламалық құралдарды қолданбай мүмкін болмайтын ғылымды қажет ететін процесс.

Түйін сөздер: Smart City, динамикалық жоспарлау, оңтайландыру әдісі, динамикалық модель шешім қабылдауды қолдау жүйесі.

Аннотация

Р.К. Ускенбаева¹, Т.С. Картбаев², Дитмар Байер³, К.О. Тогжанова⁴

¹*Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан*

²*МИА РК М. Алматинская академия им. Есбулатова, Алматы, Казахстан*

³*Университет прикладных наук, Германия, г. Шмалькальден*

⁴*Алматинский университет энергетики и связи им. Г.Дәукеева, Алматы, Казахстан*

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ДИНАМИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ГРУППОВЫХ РЕШЕНИЙ

В статье рассматриваются задачи, основанные на групповых методах принятия решений на основе мультимодального подхода к решению задач динамического планирования развития Умного города. В частности, основным инструментом принятия решений в процессе динамического планирования является система моделей и методов, которые являются основой для создания структуры динамического плана, оптимизации плана и поиска желаемого решения. Методы коллективного принятия решений используются при коллективной разработке планировочных решений, в том числе в контексте решения задач динамического планирования развития Smart City и принятия решений, требующих согласованных решений нескольких специалистов.

Решение проблемы динамического планирования умного города - это процесс, требующий систематического использования различных подходов и методологий и науки, что невозможно без использования современных методов математического моделирования, адекватных моделей, методов и алгоритмов и программного обеспечения для принятия решений на основе на них.

Ключевые слова: Smart City, динамическое планирование, метод оптимизации, система поддержки принятия решений в динамической модели.

Abstract

R.K. Uskenbaeva¹, T.S. Kartbaev², Dietmar Bayer³, K.O. Togzhanova⁴

¹International University of Information Technology, Kazakhstan, Almaty

²МИА РК М. Алматы Академия Есбулатова, Kazakhstan, Almaty

³University of Applied Sciences, Germany, Schmalkalden

⁴Almaty University of Power Engineering and Communications G. Daukeeva, Kazakhstan, Almaty

SOLVING DYNAMIC PLANNING PROBLEMS ON THE BASIS OF GROUP DECISION METHODS

This article discusses problems based on group methods of decision-making based on a multimodal approach to solving the problems of dynamic planning of Smart City development. In particular, the main tool for decision-making in the process of dynamic planning is a system of models and methods, which are the basis for creating the structure of the dynamic plan, optimizing the plan and finding the desired solution. Collective decision-making methods are used in the collective development of planning decisions, including in the context of solving the problems of dynamic planning of Smart City development and group decision-making, which requires the agreed decisions of several specialists.

Solving the problem of dynamic planning of a smart city is a process that requires the systematic use of various approaches and methodologies and science, which is impossible without the use of modern methods of mathematical modeling, adequate models, methods and algorithms and software for making decisions based on them.

Keywords: Smart City, dynamic planning, optimization method, dynamic model decision support system.

Кіріспе

Шешім қабылдау үшін сыртқы ортаны сипаттау қажет, Smart City жүйесінде жүретін процестердің табиғатты, динамика, критерийлер және т.б. тұрғысынан кем дегенде екі түрлі модельдер класын ажыратуға болады: динамикалық және статикалық. Динамикалық модельдер көптеген себеп-салдар байланыстарын сипаттайды, жүйе күйінің өзгеруі және осы өзгеріске әсер ететін процестер. Статикалық модельдер белгілі бір уақытта жүйенің күйі мен басқа сипаттамалары арасындағы байланысты сипаттайды. Статикалық модельдерде шешім белгілі бір вектормен сипатталады (сызықтық немесе векторлық кеңістіктің элементі) және векторлардың соңғы өлшемді кеңістігінде балама таңдау әдістері қалаған шешімді табу үшін қолданылады. Динамикалық модельдерде шешім уақыт функциясымен сипатталады және ең жақсы шешімдерді таңдау анық емес модельдер, динамикалық Байес желілері және оңтайлы басқару теориясы аясында дамитын әдістерге негізделген. Динамикалық модельдерде статикалық модельдермен салыстырғанда жүйенің күйі туралы түсінік енгізу қажет, яғни жүйенің ең маңызды қасиеттерін көрсететін және оның сипаттамасын анықтайтын параметрлер жиынтығы.

Әдістер

Жоспарлы шешімдерді ұжымдық әзірлеу кезінде, топтық қабылдау әдістері қолданылады. Топтық шешім қабылдау деп сараптамалық топ мүшелерінің жеке преференцияларын (артықшылықтарын) келісу негізінде ортақ шешім қабылдау рәсімін айқындайды [1]. Сараптамалық топтық (ұжымдық) таңдаудың негізгі принциптері мен процедуралары жұмыстарда тұжырымдалған және әзірленген [2, 3]. Ортақ пікірді қалыптастыру рәсімдерін ұйымдастыру және "үздік", келісілген жеке преференцияларды жалпы топтық артықшылыққа үйлестіру құралдарын айқындау орталық міндет болып табылады. Шешім қабылдау процедураларын ұтымды ұйымдастыру, сараптамалық топ мүшелерінің шешімдерін және осы шешімдерге әртүрлі факторлардың әсерін ескеруді талап етеді [3, 9-бет]. Топтық шешім қабылдау кезінде ең маңыздысы жеке преференцияларды теңдестіру және оларды топтық артықшылыққа біріктіру проблемасы болып табылады. Бұл, тиісінше, көп өлшемді таңдау мәселесін қою қажеттілігіне әкеледі. Шешім қабылдау тұлғаның (ШҚТ) топтарының әрекеті жағдайында шешім қабылдау мәселесін шешу сараптамалық бағалау мен эмпирикалық мәліметтердің нәтижелерін, оларды топтастыруды, жіктеуді және маңызды факторларды белуді қамтиды. Ресми тұрғыдан алғанда, оны кортеж түрінде ұсынуға болады:

$$\langle S_0, T, Q, S, F, A, B, Y, F(f), L, K, Y_o \rangle, \quad (1)$$

Мұндағы S_0 – проблемалық жағдай;

T – шешім қабылдау уақыты;

Q – шешім қабылдау үшін қажетті ресурстар;

$S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$ – S_0 проблемалық жағдайды одан әрі анықтайтын көптеген балама жағдайлар;

$A = (A_1, A_2, \dots, A_k)$ – шешім қабылдау кезінде алға қойылған көптеген мақсаттар;

$B = (B_1, B_2, \dots, B_l)$ – көптеген шектеулер;

$Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$ – көптеген балама шешімдер нұсқалары;

$F(f)$ – $f = (f_1, f_2, \dots, f_d)$, сараптамалық топ мүшелерінің топтық преференцияларының

жиынтығына байланысты топтық артықшылық функциясы, мұндағы d – топтағы сарапшылар саны; L – топтық артықшылықты қалыптастыру үшін топ мүшелерінің жеке преференцияларын келісу шарты (бұл ретте қандай да бір қағидатты таңдау үздік келісу ұғымын айқындайды), K – артықшылық берілетін шешімді таңдау өлшемшарттары (немесе өлшемшарттары).

Smart City-ді дамытуды жоспарлау міндеттерін формальды түрде қоюдағы топтық таңдау тапсырмасын келесідей анықтауға болады. S_0 проблемалық жағдай, T қол жетімді уақыт пен Q ресурстар, сондай-ақ d сарапшылардан тұратын топтық ШҚТ жағдайында S_0 жағдайды көптеген балама S жағдайлармен алдын-ала анықтау, көптеген мақсаттарды A , шектеулерді B , балама шешімдерді Y анықтау, ең жақсы шешімді таңдау критерийлерін таңдау, шешімдердің артықшылықтарын жеке бағалау, содан кейін таңдалған L үйлестіру қағидаттары негізінде топтық артықшылық $F(f)$ функциясын құру және сарапшылардың топтық қалауын (артықшылығын) қанағаттандыратын Y_0 оңтайлы шешім табу қажет.

Сараптамалық топтың $F = F(f_1, f_2, \dots, f_d)$ бірыңғай артықшылығын құру үшін жеке преференцияларды теңдестіру қажет. Бұл келісімдер сараптамалық топтық таңдау қағидаттарының негізінде жүзеге асырылады. Көрсетілген қағидаттар, сайып келгенде, теңдестіру және оңтайлы (ұтымды) шешімдерді таңдау қағидаларын айқындайтын болады. Бұл шешімдер Smart City-ді дамытудың қандай да бір жоспарын таңдаудың өлшемі болып табылады.

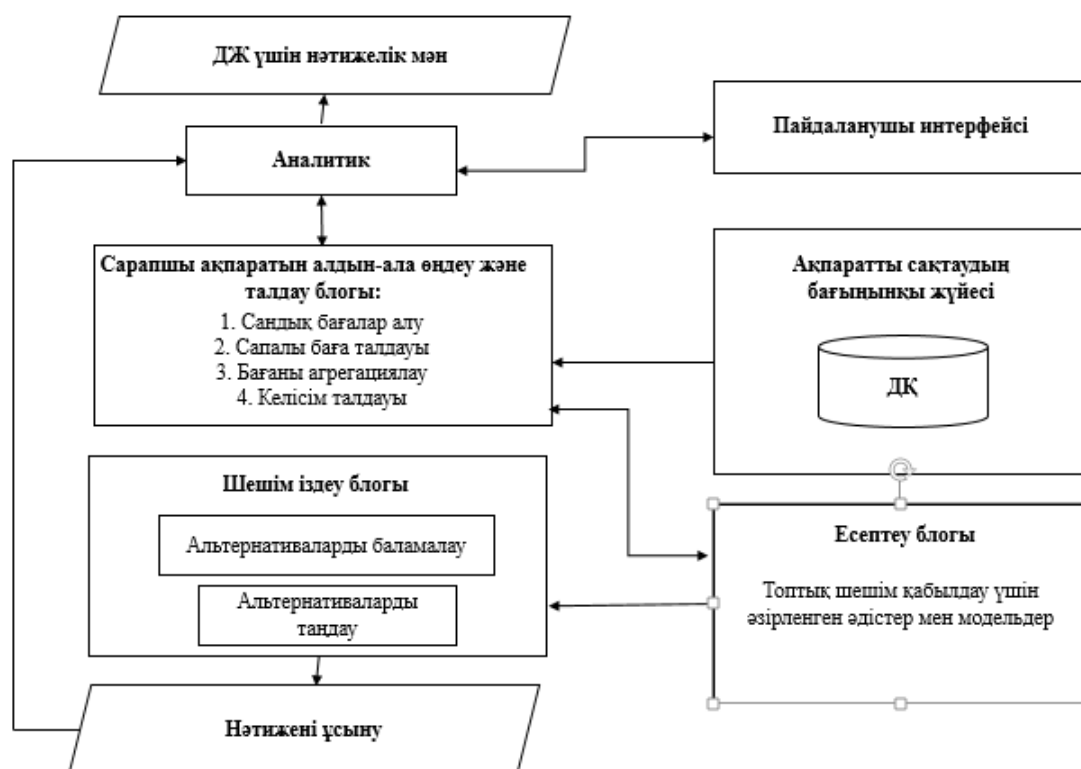
Көп өлшемді шешім қабылдау теориясының бір бағыты - көп мақсатты шешім қабылдау әдістері [4]. Көп мақсатты шешім қабылдау (Multiple objective decision making – MODM) шешім қабылдау теориясы мен операцияларды зерттеудегі қарқынды дамып келе жатқан бағыттардың бірі болып саналады.

Мұндай дамудың басты себебі - шешім қабылдаудың көптеген мәселелерін көп мақсатты міндеттер ретінде тұжырымдауға болады. MODM мақсаты-жүйенің бірқатар шектеулерін ескере отырып, әртүрлі мақсатты функцияларды оңтайландыру. Көп мақсатты шешім қабылдауда қайшылықты мақсаттардың барлық өлшемдерін ескере отырып, ең тиімді нұсқаны таңдау. MODM мәселесінің математикалық тұжырымы векторлық максимизация (немесе минимизация) мәселесі ретінде де белгілі.

Көп мақсатты таңдаудың күрделілігі, ең алдымен, мақсаттарға қайшы келеді. Демек, барлық жергілікті критерийлер мен тиімділік көрсеткіштері бойынша алынған тұжырымдардың сапасын жақсартуға мүмкіндік беретін ақылға қонымды ымыраға келу схемасын қолдану қажет. Сонымен қатар, мәселені әртүрлі әдістермен зерттеп, зерттеу нәтижелерін салыстыра отырып, ұтымды шешімді таңдау қажет. Сондықтан, мұндай зерттеулерді жүргізу үшін көп мақсатты таңдау мәселесін сапалы зерттеуге және шешуге мүмкіндік беретін құрал-саймандар (мысалы, көп модульді интеллектуалды шешім қабылдауды қолдау жүйесі (ШҚҚЖ) болуы керек ШҚҚЖ құрылымдық схемасы және топтық шешім қабылдау әдістері негізінде Smart City дамытуды динамикалық жоспарлау мәселелерін шешу процесінде кезеңдер мен әдістердің арақатынасы 1 - суретте көрсетілген.

Көптеген жұмыстар ШҚҚЖ көмегімен көп мақсатты мәселелерді шешудің ерекшеліктері мен әдістерін зерттеуге арналған. Егжей-тегжейлі талдауға кіріспестен, адам қызметінің әртүрлі салаларында ШҚҚЖ-ні дамыту мен қолдануға арналған ең маңызды іргелі зерттеулерді атап өткен жөн [5-8]. Көп мақсатты таңдау мәселесі, әсіресе Smart City-ді дамытуды динамикалық жоспарлау міндеттерінде өте маңызды. Бұл шешілетін практикалық мәселелердің күрделілігі үнемі өсіп келе жатқандығына байланысты. Операцияларды зерттеу әдістері және дәстүрлі скалярлық (бір реттік) әдістер арқылы бұл мәселені шешу мүмкін емес. Сондықтан, жақында классикалық әдістердің негізгі кемшіліктерін болдырмауға мүмкіндік беретін күрделі оңтайландыру мәселелерін шешу саласындағы

жаңа бағыттарға көбірек көңіл бөлінді [7 Б.46-54]. Мұндай жаңа әдістерге, атап айтқанда, ШҚҚЖ көмегімен жағдайды компьютерлік модельдеу жатады [8 Б.12-21].



Сурет 1. ШҚҚЖ құрылымы және Smart City дамыту ДЖ топтық шешімдер қабылдау әдістері бойынша міндеттерді шешу процесі

Көп мақсатты тапсырманы шешу барысында келесі шарттарды тексеру қажет. Біріншіден тәуелсіз айнымалыларды өзгерту мүмкіндігі болуы керек. Бұл осы айнымалылар Smart City дамытуды динамикалық жоспарлау сапасының критерийлеріне әсер ететіндігіне байланысты. Біз барлық айнымалылардың жиынтығын басқару векторы ретінде қарастырамыз. Екіншіден, мақсаттар кеңістігін (МК) анықтау қажет. МК-бұл кеңістік, оның координаттары барлық қарастырылған сапа критерийлерінің мәндері болып табылады. Мақсат векторларының барлық мүмкін мәндері орналасқан және мақсаттар аймағын (МА) анықтайтын нүктелер жиынтығы. Сапа критерийлерінің басқару айнымалыларына тәуелділігі - бұл басқару кеңістігінің (БК) МК-дегі кейбір көрінісі. Бұл ретте МА-нан әрбір нүктені БК-дегі нүктеге (немесе бірнеше нүктеге) сәйкес қояды. Бұл бірдей нәтижеге әртүрлі мәндер немесе басқару шамаларының комбинациясы арқылы қол жеткізуге болатындығын білдіреді. Егер салыстыру кезінде (мысалы, көп мақсатты оңтайландыру үшін Smart City үшін энергия үнемдеу жүйелерін дамыту) векторлардың жеке компоненттерін салыстыру қажет болса, онда келесі жағдайда біржақты қорытынды жасауға болады. Атап айтқанда, бір вектордың барлық компоненттері басқа вектордың тиісті компоненттерінен өзгеше болған кезде.

Шешім

Smart City дамуын динамикалық жоспарлаудың көп мақсатты мәселелерін шешудің заманауи тәсілдерін талдағаннан кейін [9, 10] MODM мәселелерін төрт түрлі топқа бөлуге болатындығын атап өтуге болады.

MODM міндеттерінің бірінші тобында тиімді шешімді іздеу барысында ШҚТ-дан ақпарат алудың қажеті жоқ. Әдістер мен алгоритмдердің бұл түрлері тек ШҚТ жасаған баламаның артықшылықтары туралы алдыңғы болжамдарға байланысты. Сызықтық бағдарламалау әдістері осы проблемалар тобын шешудің ең танымал әдістерінің бірі болып табылады. Мұнда міндет - мақсатты функциялардың идеалды шешімнен ауытқуын азайту. Әр түрлі мақсаттар табиғатта әр түрлі

болғандықтан, ауытқуларды азайту процесі басталмас бұрын оларды қалыпқа келтіру керек [6, 21-32 бет].

MODM міндеттерінің екінші тобына шешім қабылдау процесі басталмас бұрын саны немесе сапасы бойынша реттелген ақпарат жинау кіреді. Мысалы, көптеген зерттеушілер кеңінен қолданатын мақсатты бағдарламалау әдісінде [6, Б.45-54, 7, б. 26-32], ШҚТ мақсатты функцияның ең аз деңгейін анықтайды. MODA міндеттерінің үшінші тобы тиімді шешімдер жиынтығын ұсынады, онда ШҚТ тиімді шешімдер арасында ең жақсы шешімді таңдай алады. Бұл топтағы көп мақсатты сызықтық бағдарламалау (MILP) және көп өлшемді симплекс әдісі осы топ үшін ең танымал және қолданылатын MODM әдістеріне жатады. MODA-ның төртінші тобы ШҚТ-мен интерактивті үздіксіз өзара әрекеттесуге негізделген шешімдерді ұсынады. Бұл біртіндеп ең жақсы шешімге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл топқа көптеген әдістер кіреді, мысалы [11]:

- жеңілдетілген интерактивті көп мақсатты бағдарламалау (SI MOLP);
- кадамдық әдіс (STEM);
- дәйекті көп мақсатты шешім қабылдау (SEMOPS);
- ойын теориясының әдістері;
- эволюциялық әдістер;
- генетикалық алгоритмдер және т. б.

Стандартты тәсіл көп мақсатты тапсырма бір мақсатқа дейін азайтылатындығын қарастырады. Бұл тәсіл оңтайлы емес, өйткені көп жағдайда тапсырманың тұжырымдамасы өзгереді және бір тапсырманы екіншісіне ауыстыруға болады. Көп өлшемді мақсаттар үшін, мақсаттар келесі қатынастарда болуы мүмкін:

- тәуелсіз мақсаттар;
- мақсаттар біріктіріледі;
- мақсаттар бәсекелеседі.

Бұл жағдайда мақсатқа басқа мақсат арқылы ғана қол жеткізуге болады. 2-суретте Smart City дамытуды динамикалық жоспарлау міндеттерін шешу барысында көп мақсатты оңтайландыру және шешім қабылдау әдістері сұлба түрде көрсетілген. ШҚҚЖ әзірлеген архитектурада қолданылатын әдістер көгілдір тіктөртбұрышпен берілген.



Сурет 2. ШҚҚЖ-де қолданылатын көп мақсатты оңтайландыру және шешім қабылдау әдістері

Қорыта келе, жоғарыда аталған барлық жағдайлар Smart City-дің дамуын динамикалық жоспарлау тапсырмалары үшін көп мақсатты шешімді қабылдауды қолдау жүйесін жасауға мүмкіндік береді.

Бұл көп мақсатты тапсырма екенін ескере отырып, келешекте ұсынылатын жүйемізді көп модульді және ашық сәулет принципіне сәйкес құруға болады. Бұл жаңа модульдер құрылған кезде ШҚҚЖ функционалдығын кеңейтуге болады. Жаңадан қосылған ШҚҚЖ модульдері Smart City динамикалық жоспарлаумен байланысты жалпы алдыға қойған мақсат аясында нақты мәселелерді шешуге арналған. Мысалы, мұндай ерекше міндеттерге: қалалық көлік инфрақұрылымын; қалалық жарықтандыруды; үйлер мен құрылыстардағы энергия үнемдеу жобаларын; Smart City-де денсаулық сақтау міндеттерін қамтамасыз ету шеңберіндегі жобаларды; білім беруді; қауіпсіздік жүйелерін және т.б. дамыту жатуы мүмкін.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Радченко В. И., Рачек С. В., Бельский А. Ю. *Методология согласования управленческих решений. Экономика железных дорог*, 2012. № 3. С. 97-98.
- 2 Смирнов Э. А., *Управленческие решения*. М.: ИНФРА-М, 2001. - 264 с.
- 3 Шевцова С. *Техника принятия управленческих решений*, 1994. № 5. С. 2-11.
- 4 Hwang C. L., Lai, Y. J., & Liu, T. Y. *A new approach for multiple objective decision making. Computers & operations research*, 1993. № 20(8), - 889 p.
- 5 Berner E. S. *Clinical decision support systems* New York: Springer Science+ Business Media, LLC, 2007. Vol. 233. – 22-30 p.
- 6 Sprague R. H., & Watson, H. J. (Eds.). *Decision support systems: putting theory into practice*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1986. 43– 45 p
- 7 Power D. J. *Decision support systems: concepts and resources for managers*. Greenwood Publishing Group, 2002. 205-210 p
- 8 Shimizu T., de Carvalho, M. M., & Laurindo, F. J. B. (Eds.). *Strategic Alignment Process and Decision Support Systems: Theory and Case Studies: Theory and Case Studies*. IGI Global, 2005. 250– 260 p
- 9 Лахно В.А., Картбаев Т.С., Тогжанова К.О., Ахметов Б.Б. *Анализ методов и информационных технологий для динамического планирования сложных систем Вестник КазНПУ им. К.И.Сатпаева*, 2020. №4 (136). С. 251-260
- 10 Lakhno V.A., Kasatkin D.Y., Kartbayev T.S., Alimseitova Zh.K., Tussupova B.B. *Analysis of Methods and Information Technologies for Dynamic Planning of Smart City Development International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2020. № 9(5) P. 7496-7505
- 11 Haksever, C., & Ringuest, J. L. *Computational efficiency and interactive MOLP algorithms: an implementation of the SIMOLP procedure. Computers & operations research*, 1990, № 17(1), P. 39-50.

References:

- 1 Radchenko V. I., Rachek S. V., Belski A. Iy. (2012) *Metodologiya soglasovaniya upravlencheskih resheni. Ekonomika jeleznyh dorog*. [Methodology for coordinating management decisions. Railroad economics]. № 3. 97-98. (in Russian)
- 2 Smirnov, E. A., (2001) *Upravlencheskie resheniia*. [Management decisions] M.: INFRA-M, - 264 s. (in Russian)
- 3 Shevtsova, S. (1994) *Tehnika priniatia upravlencheskih resheni*, [Technique for making management decisions] № 5. 2-11. (in Russian)
- 4 Hwang, C. L., Lai, Y. J., & Liu, T. Y. (1993) *A new approach for multiple objective decision making. Computers & operations research*. № 20(8), 889.
- 5 Berner, E. S. (2007) *Clinical decision support systems* New York: Springer Science+ Business Media, LLC. Vol. 233. P. 22-30.
- 6 Sprague, R. H., & Watson, H. J. (Eds.) (1986) *Decision support systems: putting theory into practice*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. P.43- 45.
- 7 Power, D. J. (2002) *Decision support systems: concepts and resources for managers*. Greenwood Publishing Group. P 205- 210 .
- 8 Shimizu, T., de Carvalho, M. M., & Laurindo, F. J. B. (Eds.). *Strategic Alignment Process and Decision Support Systems: Theory and Case Studies: Theory and Case Studies*. IGI Global, 2005. P. 250- 260.
- 9 Lahno V.A., Kartbaev T.S., Togzanova K.O., Ahmetov B.B. *Analiz metodov i informatsionnyh tehnologii dlia dinamicheskogo planirovaniia slojnyh system*. [Analysis of methods and information technologies for dynamic planning of complex systems] *Vestnik KazNITU im. K.I.Satpaeva*, 2020. №4 (136). P. 251-260 (in Russian)
- 10 Lakhno V.A., Kasatkin D.Y., Kartbayev T.S., Alimseitova Zh.K., Tussupova B.B. *Analysis of Methods and Information Technologies for Dynamic Planning of Smart City Development International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2020. № 9(5) P. 7496-7505
- 11 Haksever, C., & Ringuest, J. L. *Computational efficiency and interactive MOLP algorithms: an implementation of the SIMOLP procedure. Computers & operations research*, 1990, № 17(1), P. 39-50.

МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА ЖӘНЕ ИНФОРМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ, ФИЗИКИ И ИНФОРМАТИКИ METHODS OF TEACHING MATHEMATICS, PHYSICS AND COMPUTER SCIENCE

МРНТИ 14.35.09
УДК 372.8

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.21>

Г. Бегимбетова^{1*}, У. Заурбек¹, А. Сеитова¹

¹Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
*email: Danka-0810@mail.ru

БІЛІМДІК ЦИФРЛЫҚ ІЗ ДЕРЕКТЕРІ НЕГІЗІНДЕ ҚАШЫҚТАН ОҚЫТУДА СТУДЕНТТЕРДІҢ ӨЗІНДІК ЖҰМЫСЫН БАҒАЛАУ

Аңдатпа

Мақалада студенттердің білімдік цифрлық із деректері негізінде қашықтан оқытудағы өзіндік жұмысын бағалау ұсынылады. Қашықтан оқыту кезіндегі өзіндік жұмыс LMS онлайн-платформасында жүргізілуі мүмкін, ал білімдік цифрлық із деректерін пайдалану студенттің курстың оқу материалдарымен өзара әрекеттесу ерекшеліктерін және әртүрлі типтегі тапсырмаларды орындау мүмкіндіктерін барынша ескеруге мүмкіндік береді. Студенттердің өзіндік жұмысының орындалу уақыты мен сапасын бағалау үшін критерийлер мен көрсеткіштердің жиынтығы анықталады, сандық метрика таңдалады және әдістеме ұсынылады, оның көмегімен көрсеткіштердің жиынтық мәндеріне сәйкес әр білім алушының оқу қызметін бағалауға болады. Әдістемеге оқу аналитикасының эмпирикалық деректері негізінде өзіндік жұмыстың сәттілігін бағалау алгоритмдері кіреді. Өзірленген алгоритмдер өздік жұмыстың орындалуы туралы мәліметтерді оның сәттілігін бағалау және білім алушының оқу траекториясын түзету үшін түсіндіруге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: аралас оқыту, өзіндік жұмыс, цифрлық із, онлайн оқыту, оқыту мониторингі, рейтинг, оқытуды ұйымдастыру жүйесі.

Аннотация

Г. Бегимбетова¹, У. Заурбек¹, А. Сеитова¹

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ НА ОСНОВЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦИФРОВОГО ТРЕКА

В статье рассматривается оценка самостоятельной работы студентов в дистанционном обучении на основе цифровых образовательных следа. Самостоятельная работа в дистанционном обучении может выполняться на онлайн-платформе LMS, а использование образовательных цифровых данных позволяет учитывать специфику взаимодействия студента с материалами курса и способность выполнять разные типы задач. Для оценки времени и качества самостоятельной работы студентов определяется набор критериев и показателей, выбираются количественные метрики и предлагается методика, которая может быть использована для оценки успеваемости каждого студента в соответствии с итоговыми значениями. В методику включены алгоритмы оценки успешности самостоятельной работы на основе эмпирических данных образовательной аналитики. Разработанные алгоритмы позволяют интерпретировать информацию о выполнении самостоятельной работы, оценивать ее успешность и корректировать траекторию обучения студента.

Ключевые слова: комбинированное обучение, самостоятельная работа, цифровое отслеживание, онлайн-обучение, мониторинг обучения, рейтинг, система организации обучения.

Abstract

EVALUATION OF INDIVIDUAL WORK OF STUDENTS IN DISTANCE LEARNING BASED ON A DIGITAL EDUCATIONAL TRACK

Begimbetova G.¹, Zaurbek U.¹, Seitova A.¹

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

The article considers the assessment of students' independent work in a distance learning on the basis of digital educational traces. Independent work in a mixed training can be performed on the online platform LMS, and the use of

educational digital data allows you to study the specifics of student interaction with the course materials and the ability to solve the problem. For the assessment of time and the quality of independent work of students is determined by a set of criteria and indicators, selected quantitative metrics and offers a methodology that can be used to assess the progress of each student. The method includes algorithms for assessing the success of independent work on the basis of empirical data educational analytics. The developed algorithms allow to interpret the information on performance of independent work, to evaluate its success and to correct a trajectory of training of the student.

Keywords: combined training, independent work, digital tracking, online training, monitoring training, rating, training organization system.

Кіріспе

Елімізде COVID-19 індетінің таралуына байланысты жоғары оқу орындары қашықтан оқыту, соның ішінде аралас оқыту жүйесіне көшкенімен, жоғары мектептің алдына білімді, ойлауға қабілетті, білімді өзбетімен алуға және практикада қолдана алатын маман даярлау міндетін жүзеге асыру мәселесі тұр. Бірмезетте дерлік бүкіл Ғаламшардағы студенттің бірдей цифрлық оқу платформаларына тәуелді болып қалуы, аралас оқыту немесе аудиториялық және интернет-оқытуды интеграциялау жоғары оқу орындарының оқу процесіне белсенді түрде енгізілуі, жаппай аралас оқытуға көшу бойынша оқыту мәселелерін қайтадан қарауға алғышарт болып отыр. Аралас оқыту "жаңа дәстүрлі модель" деп аталады немесе оқу процесінде "жаңа бағыт", аралас оқыту технологиясын "көптеген білім беру модельдеріне" біріктіруге болатындығын және "инновациялық оқытуды қамтамасыз ету құралы" ретінде қызмет ететінін бірқатар ғалымдар атап өтті және аралас оқыту моделі алдағы бірнеше жылда білім берудің барлық деңгейлерінде басым болады деп болжайды [1-4].

Аралас оқыту кезіндегі білім беру процесінің негізі студенттің "мақсатты, қарқынды және бақыланатын өзіндік жұмысы" болып табылады. Дәл осы кезең аралас оқытудың негізгі мақсаттарының бірін жүзеге асыруға арналған: студенттердің түпкі нәтижеге бағдарлана отырып, өз оқу қызметін жоспарлау және ұйымдастыру қабілетін қалыптастыру [5-6]. Өзіндік жұмысты сапалы орындау студентке өзінің кәсіби қызметінде үздіксіз біліктілігін арттыруға және жаңа білім, білік пен дағдыларды игеруге мүмкіндік береді.

Аралас оқыту тұжырымдамасын қолданудағы негізгі техникалық элемент-оқытуды ұйымдастырудың электрондық жүйесінің болуы. Қазақстан жоғары оқу орындарында осы мақсатта Moodle және Oqulyq, Ms Teams платформалары ең көп таралған болып табылады [7]. Бұл жүйелер оқытушыға оқу процесінің барлық кезеңдерін қолдауға арналған құралдарды ұсынады: дәріс және практикалық сабақтар өткізу, аралық және ағымдағы бақылау, студенттердің өзіндік жұмысын ұйымдастыру [8]. Аралас оқыту кезінде дербес жұмыс пәннің онлайн-құрауышы арқылы толығымен іске асырылады, онда студенттің барлық іс-әрекеттері туралы деректердің үлкен жиыны түріндегі "цифрлық" қалдырады [9, С. 3-4]; [10, С.100]. Мұндай оқу іс-әрекеті деректерін талдау мұғалімге өзіндік жұмыс процесімен нәтижелерін бағалауға және қажет болған жағдайда түзету шараларын жүргізуге мүмкіндік береді.

Цифрлық із мәселелері бүгінгі күні Мәскеу 20.35 университетінде А.Комиссаровтың жетекшілігімен белсенді түрде зерттелуде. Цифрлық із жинауды ұйымдастыру университеттің 2035 платформасын қолдану арқылы жүзеге асырылады. Цифрлық із студенттің білімдік сәйкестендіргішіне (Leader-ID немесе университет платформасымен интеграция кезінде келісілген басқа сәйкестендіргіш 2035 бола алады), цифрлық ізді тіркеу уақытына, сондай-ақ егер цифрлық із іс-шара шеңберіндегі қызметпен байланысты болса, нақты іс-шараға міндетті түрде байланыстырыла отырып тіркеледі. "Цифрлық із - бұл электронды түрде ұсынылған адамның білім беру, кәсіби немесе басқа қызметі туралы мәліметтер". Цифрлық із білім алушы жаңа қызмет тәжірибесін алғанын растау, дамудың келесі қадамы бойынша ұсыныстар дайындау, даму траекториялары туралы мәліметтерді жинақтау, ұсыныстар жүйесін жетілдіру үшін студенттің білімдік дамуын талдау үшін қолданылатындығын айтады [11]. Олай болса, студенттің өзіндік жұмысын цифрлық із негізінде бағалаудың тиімділігін көрсетеді.

Студенттердің өзіндік жұмысын цифрлық із арқылы бағалау үшін бақылау-өлшеу материалдарын әзірлеудегі педагогтың міндеті-пәннің мазмұнын (пәндік және мета-пәндік білім) және оқу-танымдық қызметтің жетекші түрлерін игеру тұрғысынан білім алушының жетістіктерін (оқу, зерттеу, шығармашылық, жеке) бағалаудың барабарлығы мен объективтілігін қамтамасыз ететін бақылау-өлшеу материалдарын әзірлеу болып табылады. Бақылау – өлшеу материалдары көмегімен әр студенттің білім үлгерімі бойынша оқу талданымы жасалады. Анықтама бойынша, оқу талданымы –

бұл оқу процесін және осы процесс жүретін ортаны түсіну және оңтайландыру мақсатында білім алушылар мен олардың іс-әрекеттері туралы деректерді өлшеу, жинау, талдау және ұсыну [12, С. 336-337]. Мұндай деректерді талдау оқу сабақтарының тұрақтылығын бақылауға, оның үлгеріміне мониторинг жүргізуге, бақылау тапсырмаларының орындалу барысын бақылауға мүмкіндік береді.

Электронды ортада аралас оқыту моделі негізінде жүзеге асырылатын және "Практикалық шетел тілі" курсының мысалында ұқсас пәндер үшін студенттердің өзіндік жұмысын бағалау алгоритмін және оқытудың сәттілігін болжау. Қойылған мақсат аясында келесі міндеттер шешіледі:

- оқу аналитикасының деректері негізінде студенттердің өзіндік жұмысын бағалаудың объективті критерийлерін таңдау;

- өзіндік жұмысы үшін бағалау балын қалыптастыру әдістемесін әзірлеу;

- өзіндік жұмысты сәтті орындау бойынша студенттер тобын бөлу;

- студенттердің өзіндік жұмысты орындау табыстылығының пән бойынша оқудың қорытынды нәтижелеріне әсерін бағалау.

Жұмыстың теориялық және әдіснамалық негізін аралас оқыту теориясы, өзіндік жұмысты ұйымдастыру, оқу аналитикасының теориялық негіздері бойынша қазіргі шетелдік, ресейлік және қазақстандық ғалымдардың ғылыми еңбектері құрайды [5-10; 13;14]. Аталған еңбектерде студенттің өзіндік жұмысын келесідей баяндайды:

Аудиториялық студенттің өзіндік жұмысы оқу жоспары мен оқу пәнінің бағдарламасы арқылы анықталып, оқу кестесімен реттеледі, оқытушының тікелей жетекшілігімен дәрісте, семинарда, зертханалық жұмыстарда, коллоквиумдарда және т.б. жүргізіледі.

Аудиториядан тыс орындалуы міндетті өзіндік жұмыс түрлері: дәріс материалын қарау, конспектілеу, әдебиеттерді рефераттау, рефератты оппоненттеу, баяндама әзірлеу, кітаптар мен мақалаларға аңдатпа жазу, глоссарий құрастыру, ізденіс-зерттеу сипатындағы тапсырмаларды орындау, ғылыми-әдістемелік әдебиетті терең талдау, тәжірибе жүргізу, коллоквиумға, практикалық және семинар сабақтарына дайындалу, ғылыми немесе проблемалық хабарламалар мен шолулар, жоба әдісі, телекоммуникациялық жоба, оқыту бағдарламалары (жеке бөлімді/тақырыпты игерудің кезеңмен орындалатын оқу жоспары), шығарашылық сипаттағы тапсырмаларды, диплом, курс жұмыстарын орындау. Өзіндік жұмыстың түрлері ұйымдастырылуына байланысты әртүрлі болады:

- фронталды (тапсырманы студенттердің барлығы орындайды);

- топтық (тапсырма орындайтын студенттер 3-6 адамнан топтарға бөлінеді);

- жеке дара орындау.

Мұндай бөлікке бөлініп орындау мақсатты әрі тиімді болады. Ал жеке дара жұмыс жасағанда белгілі бір шарт қойып орындайды.

Оқытудан ұйымдастыруға көшу арқылы өз бетінше білім алу процесі өзгереді және оқытушы студентке көмек көрсетеді. Оқу процесін ұйымдастырудың тізбексіз формасы модульді оқытуға, сынақ жүйесі арқылы, кредиттік қайта сынақ алу арқылы оқытуға негізделеді. Мұның бәрі студенттің жеке оқу жоспарына қалыптастыруға, өзіндік жұмыстың рөлінің артуына тапсырма жүктемесінің шынайы әрекетінің мөлшерінің көптігіне әкеп соғады. Сол үшін де студенттерге баллды рейтинг жүйесі білімдерін бағалау үшін қызмет етеді, бұл деген сөз студенттің жүйелі жұмыс жалғастыруына семестр бойы ықпал етеді.

Болон процесі талаптары бойынша соңғы жылдары зерттеушілер қорытынды сараптама жасады [3,5]. Студенттердің заманауи өзіндік жұмысының мазмұнына мынандай қорытынды шығарамыз:

- пәннің концепциясы;

- жаңа жобадағы оқу әдістеме материалдары;

- жоғарғы оқу орнын материалды – техникасын жабдықтау;

- білімді жаңа жүйелік бағалау.

- білімге модульді – кешенді қарау;

- оқу процесінде тізбексіз (жаңашыл) жүйе ұйымдастыру.

Сонымен қатар өзіндік жұмыс ұғымында парадигмаға студенттердің танымдық әрекеті ретінде оқыту тәсілі және өзіндік жұмысты анықтауда педагогикалық феноменнің қиын да сан қырлы екеніне көз жеткіздік. Өзіндік жұмыста бірзділіктің жоқтығы ақталды және заңдастырылды деп есептеуге болады. Жоғары кәсіби білімді модернизациялау шарты бойынша инновациялық принциптің түрлі деңгейлі жүйесіне көшу Болон процесінің негізінде жатыр, оқытудың заманауилығы оның функциясына және мақсатына, болашақ мамандығының қалыптасуына байланысты. Жоғарғы кәсіби

білім жүйесі заманауи этап бойынша өзіндік жұмыстың потенциялының жеткіліксіз екенінен көрінеді. Бүгінгі таңда өзіндік жұмысты ұйымдастыру және жүргізуде оның шығармашылық потенциялы нақты анықталмады. Міне осындай жағдай білім саласында өзіндік жұмыстың потенциялының формалды екеніне әкеп соғады.

Өзіндік жұмыс жаңа міндеттердің дәстүрлі екеніне жауап бермейді. Біздің көзқарасымызда өзіндік жұмыстың актуалдылығы қажет, өз білімін жетілдіру процесінде жеткілікті түрде қолданылуы шарт емес. Сараптама негізінде өзіндік жұмысқа жан – жақты сипаттама беріп, студенттердің перспективалық көзқарасын оқытушының мотивациялық басқаруымен жүзеге асырады. Бұл тәсіл студенттердің өзіндік жұмысындағы жаңашылдықты қолдануындағы атқарушы нүктесі болып есептеледі. Бұл адам білімінің объектіден субъектіге айналу процесі, ішкі басқаруын өзін – өзі басқаруы әрекеті алмастырады. Өзіндік жұмысты жүргізу рөлі – бұл студенттің өзіндік жұмыстағы жаңа көзқарасын анықтауды қажет ететін стимул.

Аралас оқыту технологиясы бойынша іске асырылатын пән үшін LMS платформасында аудиториялық сабақтарды, өзіндік жұмыстарды, аралық және қорытынды аттестаттауды өткізуге арналған оқу материалдары орналастырылады. Курстың әр модулі оқу іс-әрекетінің барлық түрлерін қолдауға арналған мәтіндік және мультимедиялық материалдарды қамтиды. Студентке бір модуль аясында өзіндік жұмысты орындаудың келесі әдісі ұсынылады. Әр тақырып бойынша аудиторияда жаңа материалды оқығаннан кейін студент оқу тестін орындауы керек. Сонымен қатар, әрекеттер саны да, оларды орындау уақыты да шектелмейді, бірақ әр әрекет үшін жаңа тапсырмалар жасалады.

Студент тестті қайта орындау қажеттілігі туралы шешімді өз бетінше қабылдайды, тапсырмаларды орындау уақытын өзі реттейді.

Оқу тестілерінде курстың теориялық және практикалық материалдарына сілтемелер бар, бұл студентті оқыған материалды қайталауға итермелейді. Студенттердің өздік жұмысты сапалы орындауға қызығушылығын арттыру үшін модуль бойынша қорытынды тестке өздік жұмыстың кездейсоқ таңдалған тапсырмаларының 30% - ы енгізіледі. Модульді оқып болғаннан кейін студент оқытушы тексеріп, бағалайтын жеке тапсырманы орындауы керек.

Студент ескертулерді ескере отырып, жұмысты түзете алады және тапсырманы қайтадан тексеруге жібере алады. Бұл ретте жеке өзіндік тапсырманы тапсырудың шектелген кезеңі айқындалады.

Кесте 1. Студенттің өзіндік оқу жұмысын баллмен есептеу (мазмұны бойынша)

Оқу жұмысы түрлерінің атауы	Балл саны x түр саны	Аттестацияға арналған балл саны (min/max)
<i>1. Аудиториялық өзіндік жұмыс</i>		
<i>1.1. Жаттығуларды және практикалық тапсырмаларды оқуға қатысу</i>	<i>0,5x7</i>	<i>2/3,5</i>
<i>1.2. «Дөңгелек үстелге» қатысу</i>	<i>0,5x3</i>	<i>1/1,5</i>
<i>1.3. Модульдердің мазмұны бойынша сауалнамаға қатысу</i>	<i>0,5x8</i>	<i>1,5/4</i>
<i>1.4 Баяндама жасау (немесе жазбаша) әдебиеттерге шолу бойынша</i>	<i>2x5</i>	<i>4/10</i>
<i>1.5. Кейс-study талдау (жеке және топтық жұмыс)</i>	<i>2x6</i>	<i>8/12</i>
<i>1.6. Сабақтарда іскерлік, эмитациялық, рөлдік ойындарға қатысу (топтық жұмыс)</i>	<i>2x3</i>	<i>4/6</i>
<i>1.7. Ойын жобалауға қатысу</i>	<i>3x2</i>	<i>3/6</i>
<i>1.8. Социометриялық зерттеу жүргізуге қатысу</i>	<i>5x1</i>	<i>5/5</i>
<i>1.9. Тренингке қатысу</i>	<i>5x1</i>	<i>5/5</i>
<i>1.10. Тренинг қорытындысы бойынша топтық дискуссияға қатысу</i>	<i>3,5x1</i>	<i>3,5/3,5</i>
<i>1.11 .Интеллект-картасын жасау(жеке және топтық жұмыс)</i>	<i>1x7</i>	<i>3/7</i>
<i>Барлығы:</i>	<i>min/max</i>	<i>40 балл/63,5 балл</i>
<i>2. Аудиториядан тыс өзіндік жұмыс</i>		
<i>2.1. Келесі модульдің теориялық материалымен танысу</i>	<i>0,5x9</i>	<i>2,5/4,5</i>
<i>2.2. Мәтіндік конспект немесе схема-конспект құрастыру</i>	<i>0,5x10</i>	<i>2,5/5</i>
<i>2.3. Терминологиялық сөздік құрастыру</i>	<i>0,5x10</i>	<i>2,5/5</i>
<i>2.4. Дереккөздерге аннотация құрастыру</i>	<i>0,5x10</i>	<i>2,5/5</i>

Барлығы: <i>min/ max</i> 10 балл/ 19,5 балл		
3. Ағымдық және қорытынды аттестация		
3.1. Модульдің тақырыбы бойынша тест Тестілеу	0,5x 10	2,5/5
3.2. Қорытынды тестілеу	12x 1	4,5/12
Барлығы: <i>min/ max</i> 7 /17 баллов		
4. Аудиториядан тыс қосымша өзіндік жұмыс		
4.1. Ұсынылған әдебиеттерді талдау	1x10	5/10
4.2. Курс бойынша библиография құрастыру	1x10	5/10
4.3. «Шын немесе өтірік» немесе «көп таңдау» типті тестер арқылы өзін-өзі тексеруге дайындық жүргізу	1x10	5/10
4.4. Оқытушының жеке консультациясына қатысу	1x10	5/10
4.5. Өзіндік зерттеу жұмысы (ғылыми мақала, реферат, ұйымдастырушылық тәртіпті диагностикалау бағдарламасын жасау)	10x1	0/10
Барлығы: <i>min/ max</i> 20 балл/ 50 балл		

Кесте 2. Өзіндік жұмысты бағалауға арналған өлшемдер, көрсеткіштер және олардың өлшемдері (электрондық платформадағы цифрлық ізі бойынша) (x,y көрсеткіштік белгілеу)

№	Көрсеткіші	Метрика	
		Көрсеткіш	Сипаттамасы
<i>Оқыту тестілері</i>			
1	Орындау нәтижелілігі	x1	Нәтижелі әрекеттің орташа нәтижесі, %
		x2	Барлық әрекеттердің орташа нәтижесі, %
2	Өздік жұмыстың үздіксіздігі	x3	Студент өз бетінше жұмыс істеген белгілі бір уақыт кезеңіндегі күндер санының оқытушы анықтаған күндер санына қатынасы, %
		x4	Берілген уақыт кезеңіндегі LMS курсына студенттің орташа уақыты, мин.
3	Уақытылы орындау	x5	Тапсырманы қою мен студенттің алғашқы әрекеті арасындағы күндер саны
4	Өзін-өзі жетілдіруге, нәтижені жақсартуға ұмтылу	x6	Нәтижелі әрекеттер саны
5	Орындау дербестігі	x7	Нәтижелі әрекеттер санының әрекеттердің жалпы санына қатынасы, %
		x8	Әрекеттің ең аз уақыты, мин.
		x9	Әрекеттің орташа орындалу уақыты, мин.
<i>Жеке үй тапсырмасы</i>			
1	Орындау нәтижелілігі	y1	Барлық әрекеттердің максималды нәтижесі, %
		y2	Барлық әрекеттердің орташа нәтижесі, %
3	Уақытылы орындау	y3	Тапсырманы қою мен студенттің алғашқы әрекеті арасындағы күндер саны
4	Орындау дербестігі	y4	Шешімнің бірегейлігін бағалау (оқытушы қояды), балл 1-ден 10-ға дейін
		y5	Осы модуль бойынша басқа жіберілген жеке өзіндік тапсырмасы бойынша антиплагиатқа тексеру, %

Студенттің өзіндік жұмысының сапасын бағалау үшін бағалау процедурасын анықтайтын критерийлердің жиынтығын қою керек, көрсеткіштердің жиынтық мәндеріне сәйкес әр білім алушының өзіндік жұмысын бағалайтын сандық метрика мен алгоритмді таңдау керек. 1-кестеде

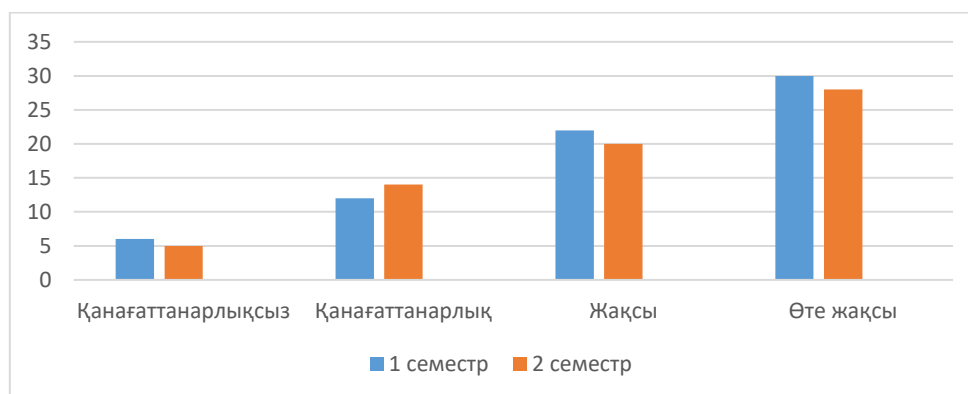
ықтимал бағалау критерийлері және олардың оқу тестілері мен жеке өзіндік тапсырмаларды бағалау өлшемдері келтірілген (олардың барлығын LMS-ке енгізілген аналитика негізінде алуға болады).

Әр көрсеткіштің семантикалық мазмұны оң құбылыстарды немесе процестерді көрсетуі керек. Мысалы, X5 метрикасы «күн аз болса, соғұрлым жақсы» дегенді білдіреді, сондықтан есептеулерде оның кері мәні қолданылады. Үлестірудің асимметриялық сипаты x8 және x9 өлшемдеріне ие, өйткені студенттер тестті бастайды, оны ашық қалдырады, содан кейін бірнеше сағаттан кейін оралады, ал тым белсенді студенттер көптеген нәтижелі әрекеттерге ие бола алады (X6 көрсеткіші). Деректерді дайындау кезінде көрсеткіштердің абсолютті шамаларынан олардың нормаланған мәндеріне көшу жүзеге асырылады.

Студенттердің өзіндік жұмысын бағалау алгоритмі бірнеше дәйекті кезеңдерді қамтиды:

- 1) LMS тапсырмалары негізінде оқу талдау деректерін жинау және оларды базаға импорттау;
- 2) 1-кестеде келтірілген көрсеткіштер бойынша көрсеткіштерді қалыптастыру;
- 3) көрсеткіштерді қалыпқа келтіру және реттеу;
- 4) көрсеткіштердің нормаланған мәндерінің арифметикалық ортасы ретінде әрбір өлшем бойынша жалпыланған көрсеткішті есептеу;
- 5) әр критерий бойынша өлшенген орташа көрсеткіш ретінде студент рейтингін есептеу;
- 6) өздік жұмысты орындау нәтижелері бойынша студенттерді топтар бойынша кластерлеу:
 - 1-топ - өз бетінше жұмысты жоғары деңгейде орындайтын студенттер;
 - 2-топ - өз бетінше жұмысты орта деңгейде орындайтын студенттер;
 - 3-топ - өз бетінше жұмысты төмен деңгейде орындайтын студенттер.

Жоғарыда сипатталған өзін-өзі бағалау алгоритмі Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университетінің 2020/2021 оқу жылында жүзеге асырылды. «Практикалық шетел тілдері» пәнін аралас оқыту моделі бойынша бірінші курс студенттері оқыды. Аудиториялық сабақтарды 18 оқытушы өткізді, LMS Oqulyq-та орналастырылған пәннің онлайн-құраушысы барлығы үшін бірдей болды. Бірінші семестрдегі студенттердің жалпы саны – 645 адам, екінші семестрде – 599 адам.



Сурет 1. Үлгерім топтары бойынша LMS курсындағы орташа уақыт

Әр тақырыпты оқып болғаннан кейін, LMS-тен алынған цифрлық іздер жинақталады және талданады. Өздік жұмыс аясында студенттер LMS-те курстың бес модулі бойынша бөлінген 20 оқыту тестін және бес жеке тапсырманы орындады. Бұл жағдайда алгоритм әр тапсырма үшін және әр модуль үшін өзіндік жұмысты бағалау үшін қолданылды.

Студенттердің өзіндік жұмысын тиімді ұйымдастыру негізінде инновациялық технологияларды қолдану маңызды болып саналады (3-кесте).

Бірінші және екінші семестрдегі аралық аттестаттау қорытындысы бойынша барлық студенттер қорытынды баға мәні бойынша үлгерім топтарына бөлінді: "Өте жақсы", "Жақсы", "Қанағаттанарлық" және "Қанағаттанарлықсыз" - бұл емтиханды бірінші рет тапсырмаған студенттер тобы.

1-суреттен көрініп тұрғандай, студенттер LMS курсына жоспарланған уақыттың 80%-дан астамын өткізді, ал басқа студенттер осы уақыттың жартысынан көбін өткізді. Бұл оқу жетістігінің студенттердің LMS-те өз бетінше жұмыс істеуге кететін уақыт шығындарымен байланысын көрсетеді.

Кесте 3. Студенттердің өзіндік жұмысын тиімді ұйымдастыру негізіндегі ұсынылған инновациялық технологиялар

Оқу формалары	Өзіндік оқу іс-әрекеті түрлері	Қолданылған инновациялық технологиялар
Лекция (қабылдау, ой қорыту, жүйелеу, жалпылау)	- интернет желісі, әдебиеттерден іздеу; - түрлі ақпарат көздері мәліметтерін дайындау, іріктеу, сұрыптау, және салыстыру	- компьютерлік технологиялар; - мобильді технологиялар; - ақпараттық коммуникациялық технологиялар
Практикалық сабақ (ұйымдастырушылық-практикалық біліктер, рефлексивтік біліктер)	- өзіндік іс әрекет барысында білім алу элементтерін талдау; - СӨЖ тапсырмаларын орындау; - проблемалық жағдаяттарды талдау.	Оқу технологиялары; Бақылау технологиялары
Тестілеу зияткерлік және рефлексивтік біліктер)	Түсініктерді жіктеу тапсырмаларын орындау	Тестілеу; Бақылау, бағалаудың заманауи технологиялары
Өзіндік жұмыс (зияткерлік және рефлексивтік біліктер)	Эксперименталдық есептерді шешу	Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар
Дискуссия (зияткерлік және коммуникативтік этика)	- контент-талдау; - өздігінен білім алу мәселелерді талдау, талқылау	Мұғалім-тренерлер; Оқу-ойындық білім алу жүйелері; Модельдеу технологиялары;

Кесте 4. Тақырып қорытындысы бойынша студенттерді топтарға бөлу

Өздік жұмысты орындау нәтижелері	1-топ - өз бетінше жоғары деңгейде жұмыс істейтін студенттер (83 адам)	2-топ - өзіндік жұмысты орта деңгейде орындайтын студенттер (351 адам)	3-топ - өз бетінше жұмысты төмен деңгейде орындайтын студенттер (165 адам)
Өте жақсы	18%	75%	7%
Жақсы	17%	59%	24%
Қанағаттанарлық	3%	50%	47%
Қанағаттанарлықсыз	8%	24%	68%

4-кестеде студенттердің семестрлік емтихандардың нәтижелерімен салыстырғанда модуль тақырыптарының бірінде тәуелсіз тапсырмаларды сәтті орындау топтары бойынша бөлінуі көрсетілген. Үздіктердің 93% - ы және жақсы оқитындардың 76% - ы бірінші және екінші сәттілік тобына кірді, ал үштіктердің 47% - ы және қос студенттердің 68% - ы үшінші топқа түсті.

Бұл ұсынылған алгоритмдердің қорытынды үлгерімге қатысты дұрыстығын растайды және оларды студенттерді аралық аттестаттау үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

Оқытушы тарапынан семестр бойы топтар құрамының мониторингі қорытынды аттестациядан бірнеше ай бұрын, жағдайды әлі де түзетуге болатын кезде, үлгерімі нашар студенттерді анықтауға мүмкіндік береді. Үшінші топқа түскен барлық студенттер "тәуекел тобына" кіреді, олардың әрқайсысы үшін LMS курсына олардың қызметі туралы толық есеп жасалады және оқытушыға ұсынылады. Әр тақырыпты зерттегеннен кейін, жоғары жетістік тобынан төмен деңгейге өткен студенттердің тізімі жасалады, бұл ауысуды модульге бірнеше рет жасаған студенттер ерекше назар аударуды қажет етеді. Мұндай студенттер жалпы санның аз пайызын құрайды (шамамен 6,5%) және мұғалім әр жағдайда уақтылы түзетулер енгізе алады. Осылайша, пәнді оқу процесінде студенттің өзіндік жұмысын объективті бағалау және оқытушының оқу траекториясын түзету мүмкіндігі туралы ақпарат алуға болады.

Қорытынды

Аралас оқыту – бұл жаңа білім беру моделі, оның маңызды құрамдас бөлігі LMS платформасында ұйымдастыруға болатын студенттердің цифрлық ізін бақылауға қойылған өзіндік жұмысы болып табылады. Студенттердің өзіндік жұмысын бағалаудың ұсынылған алгоритмі оның дұрыстығын көрсетеді, кері тұрақты байланысты қамтамасыз етуге ықпал етеді, оқытушыға студенттердің оқу қызметін объективті бағалауға және түзетуге арналған құралдарды ұсынады. LMS-тегі студенттердің

өзіндік жұмысының сәттілік критерийлері көптеген пәндер үшін жалпы сипатқа ие, сондықтан мұндай алгоритмдерді аралас оқыту жүйелеріне енгізуге, олардың ажырамас бөлігі болуға болады.

Студенттердің өзіндік жұмысын бағалаудың кіріктірілген алгоритмдері бар LMS оқу аналитикасының деректері оқытушыға өз тарапынан қосымша назар аударуды қажет ететін артта қалған студенттерді анықтауға, жеке, әлеуметтік, медициналық немесе қаржылық сипаттағы проблемалар болған жағдайда көмек көрсетуге мүмкіндік береді, бұл өз бетінше жұмысқа араласудың кенеттен өзгеруіне әкеледі.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 Ross B., Gage K. *Global perspectives on blended learning: Insight from WebCT and our customers in higher education* // C.J. Bonk, & C.R. Graham (Eds.) *Handbook of blended learning: Global perspectives, local designs*. San Francisco, CA: Pfeiffer Publishing, 2006. P. 155–168.

2 Norberg A., Dziuban C.D., Moskal P.D. *A time-based blended learning model* // *On the Horizon*. 2011. № 19(3). P. 207–216. DOI: <https://doi.org/10.1108/10748121111163913>

3 Loschert K., Hall S.W., Murray T. *Blending teaching and technology: simple strategies for improved student learning* // *Alliance for Excellent Education*. 2018, February. 14 p. URL: https://futureready.org/wp-content/uploads/2018/02/Blended_Learning_Report_FINAL.pdf

4 Кравченко Г.В. *Использование модели смешанного обучения в системе высшего образования* // *Известия Алтайского государственного университета*. 2014. № 2-1 (82). С. 22–25.

5 Попова С.Н. *Организация самостоятельной работы студентов инженерного вуза в электронной обучающей среде Moodle* // *Приволжский научный вестник*. 2015. № 7(47). С. 140–143.

6 Тантыбаева Б.С., Маканов Ү. *Студенттер білімінің сандық сипаты* // *Ізденіс*. Алматы, 2016. № 1. С. 23-24.

7 Комиссаров А. *Искусственный интеллект и SMART-целеполагание. Первый алгоритм*. https://ntinews.ru/blog/inside_outside/andrey-komissarov-iskusstvennyy-intellekt-i-smart-tselepolaganie-pervyy-algoritm.html

8 Комиссаров А. *Как и для чего изучать цифровой след*. https://ntinews.ru/blog/inside_outside/rabota-s-tsifrovym-sledom.html?fbclid=IwAR0Mmue71QjD-vjr3XWxg7GLyjXcLxgt1aFhHyeNlKSGwq85B5JsFOVSQ8g

9 Nistor N., Hernández-Garciá A. *What types of data are used in learning analytics? An overview of six cases* // *Computers in Human Behavior*. 2018. № 89. P. 335–338. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.07.038>

10 Нагаева И.А. *Смешанное обучение в образовательном процессе: необходимость и возможности*. // *Отечественная и зарубежная педагогика*. – 2016. – № 6. – С. 56–67. <https://cyberleninka.ru/article/n/smешannoe-obuchenie-v-sovremennom-obrazovatelnom-protsesse-neobhodimost-i-vozmozhnosti/viewer>

11 Қосыбаева Ұ.А., Кервенев Қ.Е. *Инновациялық технологияның бір элементі ретіндегі қашықтықтан оқыту технологиясы* // *Қарағанды университетінің хабаршысы*. 2013. С. 68-70. // <https://articlekz.com/kk/article/15938>

12 Панзабек Б. Т. *Пандемия жағдайында қашықтықтан оқытудың қиындықтары мен мүмкіндіктері* // *Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің хабаршысы*. 2021. № 1. С. 25-32. DOI: <https://doi.org/10.52512/2306-5079-2021-85-1-25-32>

13 Еришов К.С., Романова Т.Н. *Анализ и классификация алгоритмов кластеризации* // *Новые информационные технологии в автоматизированных системах*. 2016. № 19. С. 274–279.

14 Meilă M. *Comparing clusterings – an information based distance* // *Journal of Multivariate Analysis*. May 2007. Vol. 98. Issue 5. P. 873–895. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2006.11.013>

References

1 Ross B., Gage K. (2006) *Global perspectives on blended learning: Insight from WebCT and our customers in higher education*. C.J. Bonk, & C.R. Graham (Eds.) *Handbook of blended learning: Global perspectives, local designs*. San Francisco, CA: Pfeiffer Publishing, P. 155–168.

2 Norberg A., Dziuban C.D., (2011) Moskal P.D. *A time-based blended learning model*. *On the Horizon*. № 19(3). P. 207–216. DOI: <https://doi.org/10.1108/10748121111163913>

3 Loschert K., Hall S.W., Murray T. (2018) *Blending teaching and technology: simple strategies for improved student learning*. *Alliance for Excellent Education*. February. 14 p. URL: https://futureready.org/wp-content/uploads/2018/02/Blended_Learning_Report_FINAL.pdf

4 Kravchenko G.V. (2014) *Ispol'zovanie modeli smeshannogo obuchenija v sisteme vysshego obrazovanija [Using a blended learning model in higher education]*. *Izvestija Altajskogo gosudarstvennogo universiteta*, № 2-1 (82), 22–25. (In Russian)

5 Popova S.N. (2015) *Organizacija samostojatel'noj raboty studentov inzhenernogo vuza v jelektronnoj obuchajushhej srede Moodle [Organization of independent work of students of an engineering university in the Moodle e-learning environment]*. *Privolzhskij nauchnyj vestnik*, № 7(47), 140–143. (In Russian)

6 Tantybaeva B.C., Makanov Y. (2016) *Stydentter biliminin sandyk sipaty [Numerical nature of student education]. Izdenic, Almaty, № 1, 23-24. (In Kazakh)*

7 Komissarov A. *Iskusstvennyj intellekt i SMART-celepolaganie. Pervyj algoritm [Artificial intelligence and SMART goal-setting. First algorithm] https://ntinews.ru/blog/inside_outside/andrey-komissarov-iskusstvennyy-intellekt-i-smart-tselepolaganie-pervyy-algoritm.html*

8 Komissarov A. *Kak i dlja chego izuchat' cifrovoj sled [How and why to study the digital footprint] https://ntinews.ru/blog/inside_outside/rabota-s-tsifrovym-sledom.html?fbclid=IwAR0Mmue71QjD-vjr3XWxg7GLyjXcLxgt1aFhHyeNIKSGwq85B5JsFOVSO8g (In Russian)*

9 Nistor N., Hernández-Garciacc A. (2018) *What types of data are used in learning analytics? An over-view of six cases // Computers in Human Behavior. № 89. P. 335–338. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.07.038>*

10 Nagaeva I.A. (2016) *Smeshannoe obuchenie v obrazovatel'nom processe: neobhodnost' i vozmozhnosti. // Otechestvennaja i zarubezhnaja pedagogika [Blended learning in the educational process: necessity and opportunities] № 6, 56–67. <https://cyberleninka.ru/article/n/smeshannoe-obuchenie-v-sovremennom-obrazovatelnom-protsesse-neobhodimost-i-vozmozhnosti/viewer> (In Russian)*

11 Kosybaeva U.A., Kervenev K.E. (2013) *Innovacijalyk tehnologijanyn bir jelementi retindegi kashykyktan okytu tehnologijasy [Distance learning technology as an element of innovative technology]. Karagandy universitetinin habarshysy, 68-70. // <https://articlekz.com/kk/article/15938> (In Kazakh)*

12 Panzabek B. T. (2021) *Pandemija zhagdajynda kashykyktan okytudyn kiyndyktary men mymkindikteri [Difficulties and opportunities for distance learning in a pandemic]. Kazak ulttyk kyzdar pedagogikalyk universitetinin habarshysy, № 1, 25-32. DOI: <https://doi.org/10.52512/2306-5079-2021-85-1-25-32> (In Kazakh)*

13 Ershov K.S., Romanova T.N. (2016) *Analiz i klassifikacija algoritmov klasterizacii [Analysis and classification of clustering algorithms]. Novye informacionnye tehnologii v avtomatizirovannyh sistemah, № 19, 274–279. (In Russian)*

14 Meilă M. *Comparing clusterings – an information based distance. Journal of Multivariate Analysis. May 2007. Vol. 98. Issue 5. P. 873–895. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2006.11.013>*

МРНТИ 20.01.45
УДК 378.016.02:004.42(574)

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.22>

Е.Ы. Бидайбеков¹, Л.Л. Босова², А.А.Бекежанова^{1}*

¹*Абай атындағы қазақ ұлттық педагогикалық университет, Алматы, Қазақстан*

²*Мәскеу педагогикалық мемлекеттік университеті, Мәскеу, Ресей*

**email: bekezhanovaalтынshash@gmail.com*

ИНФОГРАФИКАНЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, БОЛАШАҚ ИНФОРМАТИКА МҰҒАЛІМДЕРІН ОБЪЕКТИГЕ БАҒЫТТАЛҒАН ПРОГРАММАЛАУҒА ОҚЫТУ МАЗМҰНЫ

Аңдатпа

Мақалада болашақ информатика мұғалімдеріне объектіге бағытталған программалау курсының оқыту мәселесі және курстың мазмұны қарастырылады. Авторлар болашақ информатика мұғалімдерін даярлауда объектіге бағытталған программалауды оқытудың ролі мен маңызын негіздейді. Бұл жұмыста жүзеге асырылатын негізгі идея-объектіге бағытталған программалауды оқытуда инфографиканы қолдану. Шетелдік тәжірибені, әдеби дереккөздерді талдау нәтижесінде авторлар объектіге бағытталған программалауды оқытудың негізгі мәселелерін анықтады, сонымен қатар ОБП оқытудың әртүрлі әдістері мен әдістемесін ұсынатын әртүрлі ғалымдардың жұмыстарын қарастырды. Зерттеу барысында педагогикалық жоғары оқу орынында информатика пәні мұғалімін даярлау барысында «Объектіге бағытталған программалау» курсының мазмұны анықталды. Сонымен қатар, «Объектіге бағытталған программалау» курсының оқыту барысында инфографика құралдарын пайдалану ұсынылды. Зерттеу жұмыстары инфографика құралдарын пайдалану аталған курсты оқыту барысында туындайтын бірқатар мәселелерді шешуге мүмкіндік туғызатынын көрсетті.

Түйін сөздер: инфографика, объектіге-бағытталған программалау, болашақ информатика мұғалімі, курс мазмұны, инфографика құралдары, жоғары білім.

Аннотация

Е.Ы. Бидайбеков¹, Л.Л. Босова², А.А.Бекежанова¹

¹*Казахский национальный педагогический университет имени Абая г. Алматы, Казахстан*

²*Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБУЧЕНИЯ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОМУ ПРОГРАММИРОВАНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОГРАФИКИ

В статье рассматривается вопрос преподавания курсов объектно-ориентированного программирования для будущих учителей информатики и содержание данного курса. Авторы обосновывают роль и значение обучения объектно-ориентированному программированию в подготовке будущих учителей информатики. Основная идея данной работы – использование инфографики в обучении объектно-ориентированному программированию. В результате анализа зарубежного опыта, литературных источников авторы определили основные проблемы обучения объектно-ориентированному программированию, а также рассмотрели работы различных ученых, предлагающих разные методы и приемы обучения объектно-ориентированному программированию. В ходе исследования определено содержание курса «Объектно-ориентированное программирование» в подготовке учителей информатики в педагогических вузах, а также предложено использование инфографических средств в курсе «Объектно-ориентированное программирование». Исследование показало, что использование инструментов инфографики позволяют решить ряд задач, возникающих при изучении данного курса.

Ключевые слова: инфографика, объектно-ориентированное программирование, учитель информатики, содержание курса, средства инфографики, высшее образование.

Abstract

DETERMINING THE CONTENT OF TEACHING FUTURE COMPUTER SCIENCE TEACHERS OBJECT- ORIENTED PROGRAMMING USING INFOGRAPHICS

Bidaybekov E.Y.¹, Bosova L.L.², Bekezhanova A.A.¹

¹*Abai Kazakh National Pedagogical University Almaty, Kazakhstan*

²*Moscow State Pedagogical University, Moscow, Russia*

The article discusses the issue of teaching object-oriented programming courses for future teachers of computer science and the content of this course. The authors substantiate the role and importance of teaching object-oriented programming in the preparation of future teachers of computer science. The main idea of this work is the use of

infographics in teaching object-oriented programming. As a result of the analysis of foreign experience, literary sources, the authors identified the main problems of teaching object-oriented programming, and also considered the work of various scientists who offer different methods and techniques for teaching OOP. In the course of the study, the content of the course "Object-oriented programming" in the training of teachers of informatics in pedagogical universities was determined, and the use of infographic tools in the course "Object-oriented programming" was proposed. The research has shown that the use of infographic tools can solve a number of problems that arise during the study of this course.

Keywords: infographics, object-oriented programming, computer science teacher, content of course, higher education, tools of infographics.

Кіріспе

Қазіргі білім беру стандарттары мұғалімнің пәндік дайындығына жоғары талаптар қояды. Информатика пәнінің мұғалімі программалаудың барлық заманауи технологияларын игеруі керек, сондықтан педагогикалық университеттерде мектепте оқытылатын құрылымдық бағдарламалау ғана емес, сонымен қатар логикалық, функционалды, объектіге бағытталған, параллель және басқа да заманауи программалау технологиялары оқытылады. А.А. Бейдтің пікірі бойынша информатика бойынша мамандарды даярлайтын педагогикалық ЖОО-ы студенттерде қазіргі заманғы программалау технологиялары саласында базалық түсініктер мен негізгі практикалық дағдыларды қалыптастыруы тиіс [1].

Қазіргі уақытта объектіге бағытталған программалау ең танымал болып табылады. Сондықтан, информатика пәнінің мұғалімі, әсіресе мамандандырылған бағытта жұмыс істейтін мұғалім, студенттерге аталған әдіснаманың негізгі принциптерін жеткізе алу үшін, қазіргі заманғы объектіге бағытталған ортаның бірінде жұмыс істеудің негізгі дағдыларын қалыптастыру үшін осы мәселеде сауатты болуы керек. Сондай-ақ, педагогикалық бағыттағы бакалаврларға объектіге бағытталған программалауды оқыту қажеттілігі келесіге байланысты:

1) заманауи программалау жүйелері негізінен объектіге бағытталған тәсіл негізінде жасалған және объектіге бағытталған (Visual Basic, Delphi, C++ Builder және т. б.) бағдарламаларды құруға үлкен мүмкіндіктер береді;

2) мектеп информатика курсының даму тенденциялары объектіге бағытталған программалау әдіснамасын кеңінен қолдануын қамтамасыз етеді;

3) визуалды программалау құралдарын қолдану қосымшаларды әзірлеу жылдамдығымен қызықтырады және жаңа компоненттерді құру үшін ОБП негіздерін білуді қажет етеді, бұл мотивация мен білім деңгейін жоғарылату арқылы программалауды тиімді оқытуға мүмкіндік береді. ОБП оқыту барысында негізінен дәріс, семинар және практикалық сабақтар сияқты дәстүрлі оқыту формалары қолданылады, бірақ қазіргі білім беру талаптарына сүйене отырып, олар объектіге бағытталған программалау әдіснамасын зерттеу үшін жеткіліксіз.

Осылайша, педагогикалық университеттің алдында болашақ информатика мұғалімін осы тақырыпты оқытуға дайындау, оны жеткілікті пәндік және әдістемелік құралдармен жабдықтау міндеті тұр.

Зерттеу мақсаты: 1) объектіге-бағытталған программалау негіздері бойынша курстың құрылымы мен мазмұнын анықтау; 2) объектіге-бағытталған программалау курсын оқытуда инфографиканы пайдалануды негіздеу.

Зерттеу әдіснамасы

Зерттеу жұмысы Абай атындағы ҚазҰПУ және ҚазҰҚПУ физика-математика факультетінде өткізілді. Зерттеу тақырыбына байланысты бірқатар кешенді әдістер қолданылды. Атап айтсақ, педагогикалық, психологиялық, ғылыми жұмыстарға анализ және синтез жасау. Шетелдік және отандық ЖОО-да объектіге-бағытталған программалауды оқыту жағдайына салыстырмалы талдау жасалды. Шетелдік және отандық ресурстарды қолдану арқылы зерттеу тақырыбын тереңдетуге мүмкіндік туғызды. Психологиялық-педагогикалық, анықтамалық және әдістемелік әдебиеттерге теориялық анализ жасау; білім беру процесін бақылау; сауалнама.

Зерттеу нәтижелері және пікірталас

Қазіргі уақытта барлық педагогикалық университеттер C++, Java, C#, Python сияқты объектіге бағытталған программалау тілдеріне көшкені белгілі және информатика мұғалімдерін даярлаудың білім беру бағдарламалары «Объектіге бағытталған программалау» сияқты курсты қамтиды. Бұл курстың мақсаты объектіге бағытталған әдіснаманы қолдануға негізделген бағдарламалық өнімдерді

жобалау, талдау және құру әдістерін қамтитын заманауи программалау саласындағы ұғымдар, білім, дағдылар жүйесін қалыптастыру болып табылады.

Объектіге бағытталған программалау әдіснамасы көп қырлы және стандартты емес. Объектіге бағытталған программалау тәсілге бірыңғай, жалпы қабылданған көзқарастың болмауы оның артықшылығы да, кемшілігі де болып табылады. Артықшылығы – оқу процесінде объектіге бағытталған программалауды әртүрлі түсіндірмелерін қарастыруға болады. Кемшілігі – ОБП туралы бірыңғай көзқарастың болмауы оны ресми және шектеулі зерттеуге әкелуі мүмкін.

Объектіге-бағытталған программалауды оқыту мәселелерін зерттеумен Э. Лахтинен, Г. Буч, Б. Мейер, Т. Бадд, Н.И. Аржанов, И.А. Бабушкина, И.А. Барков, А.Н. Петров, Ф.В. Шкарбан, З.Р. Халитова, Ж.К. Нурбекова, С.Т. Кожаметов, Ш.Е. Ахметжанова, М.А. Тулебаева, М.Ж. Балабекова, Г.Е. Сапиева, С.Н. Плешков, Б.К. Калимов, Г.С. Мурадилова, Р.Н. Балгабаева, Л.Б. Атымтаева және т.б. айналысқан.

Аталған ғалымдардың еңбектерін талдау барысында объектіге-бағытталған программалауды оқыту әдістемесінде орын алатын бірқатар проблемалар анықталды:

- объектілік ойлау мен декомпозиция дағдыларын қалыптастыру;
- заманауи бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу процесінің күрделілігі;
- процедуралық программалаудан объектіге-бағытталған программалау парадигмасына ауысу;
- объектіге-бағытталған программалау туралы түсінік қалыптастыру;
- объектіге-бағытталған программалауды оқуды бастайтын студенттердің алғашқы дайындығын теңестіру қажеттілігі;
- мектептегі білім деңгейінде объектілік әдіс пропедевтикасы;
- оқу міндеттерін таңдау (объектіге-бағытталған программалау күрделі бағдарламаларды құруға бағытталған, ал студент зертханалық жұмыстарды орындай отырып, қарапайым міндеттерді шешеді);
- студенттердің объектіге-бағытталған программалау саласындағы білімдері мен дағдыларын бағалау.

Аталған проблемаларды шешу үшін болашақ информатика мұғалімдерін объектіге бағытталған программалауға оқыту курсының мазмұны қандай болуы керек? Бұл сұраққа жауап беру үшін ғалымдарды тәжірибелеріне талдау жасалды. Д.В. Могланнның пікірінше объектіге бағытталған бағдарламалық технологиялар негізінен нақты өмір объектілерін модельдеуге негізделген. Сондықтан объектіге бағытталған программалау курсының басында объектілердің сипаттамасы мен анықтамасын орналастыру әдеттегі нәрсе, яғни объектіге бағытталған программалауды оқыту объектілер мен олардың өзара әрекеттесуі туралы түсініктен басталуы керек [2, 3].

М.А. Родионов, И.В. Акимова объектіге-бағытталған программалаудың келесідей ерекшеліктерін атап айтады: абстракцияның жоғары дәрежесі және теориялық күрделілік; уақыт пен студенттердің білім деңгейін ескере отырып, теория мен практика арасындағы тепе-теңдікті сақтауды қиындататын бай практикалық әлеует; дәстүрлі программалауда зерттелмеген бірқатар жаңа тұжырымдамалардың, принциптер мен процедуралардың болуы (инкапсуляция, мұрагерлік, полиформизм және т. б.) [4].

Б.С. Садулаева объектіге бағытталған программалаудың бір немесе бірнеше тілін білу жеткіліксіз, программалық құралдарды әзірлеу әдіснамасы туралы тұтас түсінікке ие болу қажет деп есептейді. Оның пікірінше, объектіге-бағытталған программалауды оқытуды блок-модульдік құрылымда ұсынған жөн [5].

Объектіге бағытталған программалауды оқыту қазіргі заманғы техникалық оқыту құралдарын қолдануға, жаңа кіріктірілген ортаны қолдануға, дәрістерде тіл әдіснамасын, тұжырымдамалар, ұғымдар, принциптер, класстар, функциялар және т.б. сұрақтарды қарастыруға байланысты екендігі анықталған, сонымен қатар практикалық сабақтарда әртүрлі есептер қарастырылуы керек, олардың шешімі оқытушыдан бағдарламаларды құру әдістерін көрсетуді талап етеді. Зертханалық жұмыстарды орындау кезінде мұғалім студенттердің теориялық білімдерін үнемі тексеріп, қиындықтар туындаған жағдайда студенттерге кеңес беруі керек [6].

С.Л. Конюховтың ойы бойынша объектіге-бағытталған программалауды оқытуды визуалды ортада дайын класстарды пайдалану дағдысын қалыптастырудан бастау қажет, содан кейін объектіге бағытталған программалаудың теориялық негіздерін қарастырып, қарастырылған механизмдерді жеткілікті көлемді бағдарламалық жобаларды іс жүзінде пайдалануға өту керек [7].

Е.Ю. Андрусенко объектіге бағытталған бағдарламалауды оқыту кезінде бағдарламалаудың осы түрі туралы идеяларды қалыптастыру бойынша нұсқаулықтарға сүйеніп, іс жүзінде объектіге бағытталған программалаудың артықшылықтарын зерттеп және сюжеттік есептерді шешу қажет деп санайды. Бұл жағдайда студенттерде қажетті білім қалыптастады және оқу процесі заманауи талаптарға сай болады [8].

Е.А. Еремін объектіге-бағытталған программалауды оқытуды объект деген не және оның қасиеттері мен мінез-құлқы қандай екенін зерттеуден бастауды ұсынады. Оның пікірінше, теориялық материалды объектілерді басқаруға бағытталған практикалық жаттығулар жиынтығымен бекіту объектіге-бағытталған программалауды одан әрі зерттеу үшін берік платформа болады [9].

Zhu H., Zhou M. объектіге-бағытталған программалауды оқыту барысында келесі қадамдарды орындауды ұсынады [10]:

1. Күнделікті өмірден мысал келтіріп ОБП-ның негізгі түсініктерін талқылау.
2. Нақты әлемді бақылаудан туындайтын объектінің тұжырымдамасын түсіндіру.
3. Класс ұғымын көптеген ұқсас объектілердің жалпы сипаттамасы арқылы түсіндіру.
4. Объектіні класстан туындау идеясын түсіндіру.
5. Ішкі класс ұғымын түсіндіру.

Жоғарыдағы ғалымдардың зерттеулерін ескере отырып "Объектіге бағытталған программалау" пәнінің келесідей мазмұнын ұсынамыз. Жалпы, пәнді оқытуды екі бөлімге бөлуге болады.

Бірінші бөлімді «Объектіге бағытталған программаларды құру принциптері мен технологиясы» деп атап, аталған бөлімде программалау тілдеріне инвариантты ұғымдар, әдістер мен әдістердің сипаттамасы беріледі. Бірінші бөлімнің әдістемелік бағыты-объектіге бағытталған программалау әдісін меңгеру. Пәннің бірінші бөлімінің негізгі тақырыптары: объектіге бағытталған программалаудың метафорасы, бағдарламалық қамтамасыз ету жүйесін талдау мен жобалау технологиясына кіріспе, объектіге бағытталған программалаудың математикалық негіздері, Python тіліне кіріспе.

Екінші бөлім «Программалау жүйесінде объектіге бағытталған технологиясын жүзеге асыру» деп аталады және белгілі бір программалау жүйесінің мысалы негізінде оқытылады және әдістемелік түрде объектіге бағытталған программалаудың нақты құралдарын меңгеруге бағытталады.

Енді пәннің құрамын және сабақты өткізуде барысында неге көңіл бөліну керек екенін талқылайық. Оқу сабақтарының типтік түрлері – дәріс, практикалық және зертханалық сабақтар, студенттік өзіндік жұмысы. Эссе жазу сияқты басқа да әрекеттер бұл пәнде тиімсіз. Дәрістерде басты назар объектіге бағытталған программалау идеяларын меңгеруге аударылуы керек. Дәрістер жоғарыда айтылған екі бөліктен тұруы керек: «Объектіге бағытталған программаларды құру принциптері мен технологиясы» және «Программалау жүйесінде объектіге бағытталған технологиясын жүзеге асыру». Объектіге бағытталған программалауды саналы түрде меңгеру үшін екінші бөлімде программалау жүйесінің ішіне үңіліп, студенттерге объектіге бағытталған программалаудың негізгі идеяларының онда қалай жүзеге асырылатынын көрсету қажет. Практикалық сабақтарды оқытудың әдістемелік бағыты объектіге бағытталған программалаудың негізгі дағдыларын қалыптастыру болып табылады. Практикалық сабақтардың мазмұны объектіге бағытталған программалаудың негізгі тақырыптары бойынша есептерді шешу болып табылады. Зертханалық жұмысты үйде жасауға болады. Қазіргі кезде студенттердің барлығында компьютерлер бар. Зертханалық жұмысқа бөлінген оқу уақыты тапсырма беруге, консультация беруге және зертханалық жұмысты қорғауға жұмсалады. Зертханалық жұмысты бағдарламалық қамтамасыз етудің кішкене бөлігін жасау ретінде қарастырған жөн. Осы тәсілмен студенттер кәсіби дағдыларды игереді.

Кез-келген дайындықтың мазмұны тек оқу материалының мазмұнын ғана емес, сонымен бірге оқу іс-әрекетінің сипатын, технологиясын, әдістері мен формаларын да қамтитыны белгілі, өйткені жеке тұлғаның қасиеттері, білім беру мен дамудың мазмұны көбінесе оқылатынға ғана емес, сонымен бірге зерттелуіне де байланысты. Біз объектіге бағытталған программалауды оқытуда инфографика құралдарын пайдалануды ұсынамыз.

Инфографика пәнді оқытуда оқу сапасын жақсартуға ықпал ететін визуалды байланыстың тиімді құралы ретінде қолданыла алады [11]. Инфографика ғылыми тұжырымдамаларды түсіндірудің қызықты әдісін ұсыну арқылы тұжырымдамалық білімді түсінуді жақсартады [12], студенттердің берілген ақпаратты қабылдауын есте сақтауға көмектеседі [13].

Инфографиканың бір ерекшелігі – күрделі және жүйесіз ақпаратты оның компоненттерінен сюжет құру арқылы ұсыну [14]. Инфографиканы күрделі тақырыптарды оқытуда оқу материалы ретінде пайдалануға болады. MS PowerPoint бағдарламасы арқылы жасалған әдеттегі презентациялардың орнына инфографиканы қолдануға болады, бұл презентацияларға қарағанда өте тиімді [15]. Инфографиканы тақырып туралы негізгі ақпаратты ұсыну, жаңа ақпаратты ұсыну немесе бұрыннан белгілі ақпаратты растау үшін пайдалануға болады [16].

Студенттерге объектіге бағытталған программалауды оқыту барысында инфографиканы қолданған жөн. Инфографика нақты тақырыпты зерделеуге назар аударуға және білім алушыларды осы зерделеуге ынталандыруға; жаңа материалды көрнекі көрсетуге; тексеру және диагностикалық жұмыстар жүргізуге; жобалау және зерттеу қызметінде ақпаратты ұсыну үшін тиімді пайдалануға; объект туралы тұтас түсінік жасауға; объект туралы көрнекі түсінік қалыптастыруға; бөліктер мен әртүрлі объектілер арасындағы арақатынасты көрсетуге; бағыныштылық иерархиясын құруға; білім алушылар қызметінің бірнеше түрін біріктіруге; ақпаратты өз бетінше іздеу және оны өз бетінше өңдеу дағдыларын дамытуға; фактілерді жүйелеу, сонымен қатар оларды жүйелеу нәтижесін көрнекі түрде ұсынуға мүмкіндік береді.

Біз зерттеуімізді жүргізу барысында аталған пән бойынша негізгі ұғымдарды студенттерге түсіндіру үшін Pictochart сервисін пайдаланып инфографика жасадық.

Дәріс сабағын инфографиканы пайдаланып келесі түрде ұйымдастырдық:

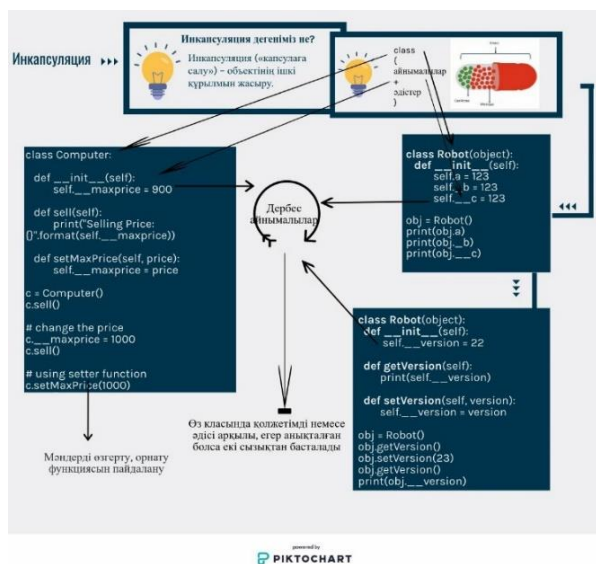
1 кезең. Студенттерге мысалы, «Инкапсуляция», «Полиморфизм» тақырыбына арналған инфографиканы ұсынамыз және аталған инфографика бейнелейтін тақырыпты, негізгі элементтерін анықтауды ұсындық (сурет 1, сурет 2).

2 кезең. Студенттерге инфографикаға талдау жасатып, студенттің түсінігін тыңдайдық.

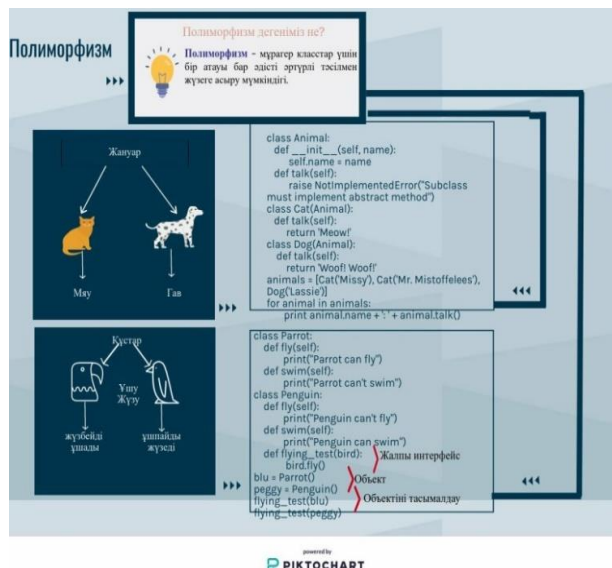
3 кезең. Студенттерді топқа бөліп, тақырып бойынша тапсырма беріп, тапсырмаға инфографика құруды ұсындық.

4 кезең. Оқытушы берген инфографика мен студент құрған инфографикаға салыстырмалы талдау жүргіздік.

Дәріс сабағында инфографиканы қолдану нәтижесінде студенттер өзбетімен ақпарат табуды, ақпаратты жүйелеуді, ақпаратты көрнекі түрде бейнелеуді үйренді. Яғни объектіге-бағытталған программалаудың негізгі ұғымдарын меңгерумен қатар, ақпаратты визуалдау қабілетін дамытады.



Сурет 1. «Инкапсуляция» тақырыбындағы инфографика



Сурет 2. «Полиморфизм» тақырыбындағы инфографика

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, "Объектіге бағытталған программалау" пәнін оқытудың әдіс мен тәсілдерін жетілдіру бойынша әрі қарай жұмысты келесі бағыттар бойынша жүргізген жөн:

- 1) инфографика көмегімен дәрістерді жандандыру;
- 2) инфографиканы зертханалық сабақтарда қолдану;
- 3) рефлексия жүргізуде инфографиканы пайдалану.

Қорытынды

Қорытындылай келе, бүгінгі таңда объектіге бағытталған программалау жетекші тәсілдердің бірі екенін атап өткіміз келеді. Педагогикалық ЖОО-да объектіге-бағытталған программалауды оқыту программалауға заманауи көзқарас қалыптастыруға ықпал етеді. "Объектілі-бағытталған программалау" курсын оқу нәтижесінде алынған теориялық білім және оқыту барысында инфографиканы пайдалану тәжірибесі объектіге-бағытталған программалау саласындағы білімді тереңдетуге негіз бола алады деген ойдамыз.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 Бейд А. А. Проблемы освоения объектно ориентированных технологий программирования на ранних этапах изучения информатики в педагогическом вузе// Информатизация обучения математике и информатике: педагогические аспекты: Материалы международной научной конференции, посвященной 85-летию Белорусского государственного университета Минск. – 2006. - С. 22-25.

2 Моглан Д. В. Развитие компетентности в области объектно-ориентированного программирования у бакалавров направления «Педагогическое образование» в условиях сетевого сообщества // Известия РГПУ им. А. И. Герцена. - 2015. - №177. – С.100-105.

3. Моглан Д.В. Содержание компетентности в области объектно-ориентированного программирования и этапы ее развития у бакалавров направления «Педагогическое образование» в условиях сетевого сообщества//Открытое образование. – 2015. - №6(113). – С.67-72. [https://doi.org/10.21686/1818-4243-2015-6\(113-67-72](https://doi.org/10.21686/1818-4243-2015-6(113-67-72)

4 Родионов М.А., Акимова И.В. Подготовка будущих учителей информатики к обучению школьников объектно-ориентированному программированию // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. - 2015. - №1 (37).

5 Садулаева Б.С. Объектно-ориентированное программирование в обучении будущих бакалавров информатики. // Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2015. - №10. – С.165-166.

6 Пышкин Е.В. Основные концепции и механизмы объектно-ориентированного программирования. СПб.: БХВ-Петербург. - 2005. - 640 с

7 Конюхов С.Л. Обзор подходов к изучению объектно-ориентированного программирования в высших учебных заведениях. // Университетская Наука. - 2016. - № 1. – С.227-230.

8 Андрусенко Е.Ю. Особенности обучения объектно ориентированному программированию в педагогическом вузе. //Ученые записки Орловского государственного университета. - 2015 . - №5 (68). – С. 214-216.

9 Еремин Е.А. Об изучении основ объектно-ориентированного программирования в школьном курсе информатики. // Вестник ПГГПУ. – 2016. - №12. – с.5-20.

10 Zhu H., Zhou M. Methodology First and Language Second: A Way to Teach ObjectOriented Programming // 18th Annual ACM SIGPLAN Conference on Object-Oriented Programming, Systems, Languages, and Applications (OOPSLA '03). – 2003. – P. 140–147.

11 Patchara Vanichvasin (2014). Enhancing the Quality of Learning Through the Use of Infographics as Visual Communication Tool and Learning Tool, Proceedings ICQA 2013 International Conference on QA Culture: Cooperation or Competition.

12 Hidayah Mohd Fadzil,(2018). Designing infographics for the educational technology course: perspectives of pre-service science teachers . Journal of Baltic Science Education, 17(1)

13 Derar Alqudah, Azman Bin Bidin, Mohd Azizul Hakim Bin Md Hussin, 2020, The Impact of Educational Infographic on Students' Interaction and Perception in Jordanian Higher Education: Experimental Study. International Journal of Instruction. 12(4), 669-688.

14 Dur, Banu İnanç Uyan, et al. "Interactive infographics on the internet." Online Journal of Art and Design 2.4 (2014): 1-14.

15 Fezile Ozdamlõ^a, Senay Kocakoyun^{a*},Turker Sahin^a, Sahin Akdag, 2016. Statistical reasoning of impact of infographics on education. 12th International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing. Procedia Computer Science 102 (2016) 370 – 377

16 Serkan Yıldırım (2016), Infographics for Educational Purposes: Their Structure, Properties and Reader Approaches. The Turkish Online Journal of Educational Technology , 15 (3), 98-110

References

1 Bejd A. A.(2006) Problemy osvoenija obektno orientirovannyh tehnologij programmirovaniya na rannih jetapah izuchenija informatiki v pedagogicheskom vuze [Problems of mastering object-oriented programming technologies at the early stages of studying computer science at a pedagogical university]. Informatizacija obuchenija matematike i informatike: pedagogicheskie aspekty: Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvjashhennoj 85-letiju Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta Minsk, Belarusia, Minsk, 2006. 22-25. (In Russian)

- 2 Moglan D. V. (2015) *Razvitie kompetentnosti v oblasti ob#ktno-orientirovannogo programmirovaniya u bakalavrov napravleniya «Pedagogicheskoe obrazovanie» v uslovijah setevogo soobshhestva* [Development of competence in the field of object-oriented programming for bachelors of the direction "Pedagogical education" in the conditions of a network community]. *Izvestija RGPU im. A. I. Gercena*, №177. 100-105. (In Russian)
- 3 Moglan D.V. (2015) *Soderzhanie kompetentnosti v oblasti ob#ktno-orientirovannogo programmirovaniya i jetapy ee razvitija u bakalavrov napravleniya «Pedagogicheskoe obrazovanie» v slovijah setevogo soobshhestva* [The content of competence in the field of object-oriented programming and reactive development among graduates of the direction "Pedagogical education" in the words of the network community]. *Otkrytoe obrazovanie*, №6(113), C. 67-72. (In Russian) [https://doi.org/10.21686/1818-4243-2015-6\(113-67-72](https://doi.org/10.21686/1818-4243-2015-6(113-67-72)
- 4 Rodionov M.A., Akimova I.V. (2015) *Podgotovka budushhih uchitelej informatiki k obucheniju shkol'nikov ob#ktno-orientirovannomu programmirovaniyu* [Training of future computer science teachers to teach students oriented programming]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo. Serija: Social'nye nauki*, №1 (37). 25-29. (In Russian)
- 5 Sadulaeva B.S.(2015)*Obektno-orientirovannoe programmirovanie v obuchenii budushhih bakalavrov informatiki* [About object-oriented programming in the training of future bachelors of computer science]. *Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Innovacionnaja nauka»*, №10. 165-166. (In Russian)
- 6 Pyshkin E.V. (2005) *Osnovnye koncepcii i mehanizmy obektno-orientirovannogo programmirovaniya* [Basic concepts and mechanisms of object-oriented programming]. SPb.: BHV-Peterburg. 640. (In Russian)
- 7 Konjuhov S.L. (2016) *Obzor podhodov k izucheniju ob#ktno-orientirovannogo programmirovaniya v vysshih uchebnyh zavedenijah* [Review of approaches to the study of object-oriented programming in higher educational institutions zavedenijah]. *Universitetskaja Nauka*, № 1. 227-230. (In Russian)
- 8 Andrusenko E.Ju (2015). *Osobennosti obuchenija obektno orientirovannomu programmirovaniyu v pedagogicheskom vuze* [Features of teaching object-oriented programming in a pedagogical university]. *Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta*, №5 (68). 214-216. (In Russian)
- 9 Eremin E.A. (2016) *Ob izuchenii osnov obektno-orientirovannogo programmirovaniya v shkol'nom kurse informatiki* [About the study of the basics of object-oriented programming in a school computer science course]. *Vestnik PGGPU*, №12. C. 5-20. (In Russian)
- 10 Zhu H., Zhou M. *Methodology First and Language Second: A Way to Teach ObjectOriented Programming // 18th Annual ACM SIGPLAN Conference on Object-Oriented Programming, Systems, Languages, and Applications (OOPSLA '03)*. 2003. 140–147.
- 11 Patchara Vanichvasin (2014). *Enhancing the Quality of Learning Through the Use of Infographics as Visual Communication Tool and Learning Tool*, *Proceedings ICQA 2013 International Conference on QA Culture: Cooperation or Competition*.
- 12 Hidayah Mohd Fadzil,(2018). *Designing infographics for the educational technology course: perspectives of pre-service science teachers* . *Journal of Baltic Science Education*, 17(1)
- 13 Derar Alqudah, Azman Bin Bidin, Mohd Azizul Hakim Bin Md Hussin, 2020, *The Impact of Educational Infographic on Students' Interaction and Perception in Jordanian Higher Education: Experimental Study*. *International Journal of Instruction*. 12(4), 669-688.
- 14 Dur, Banu İnanç Uyan, et al. "Interactive infographics on the internet." *Online Journal of Art and Design* 2.4 (2014): 1-14.
- 15 Fezile Ozdamlı^a, Senay Kocakoyun^{a*},Turker Sahin^a, Sahin Akdag, (2016), *Statistical reasoning of impact of infographics on education*. *12th International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing*. *Procedia Computer Science* 102 (2016) 370 – 377.
- 16 Serkan Yıldırım (2016), *Infographics for Educational Purposes: Their Structure, Properties and Reader Approaches*. *The Turkish Online Journal of Educational Technology* , 15 (3), 98-110.

МРНТИ 14.25.00
УДК 373.1

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.23>

А.Е. Карымсакова¹, А.Б. Закирова^{1}, А.Е. Хасенова¹*

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

**e-mail: alma_zakirova@mail.ru*

МЕКТЕПТЕ ИНФОРМАТИКА ПӘНІН ОҚЫТУ ШЕҢБЕРІНДЕ КРИТЕРИАЛДЫ БАҒАЛАУДЫ ҚОЛДАНУ ТӘЖІРИБЕСІНЕН

Аңдатпа

Мақала қазіргі кезде оқушылардың білімін, дағдыларын бақылау мен тексерудің жалғыз жүйесі болып табылатын критериалды бағалауға арналған. Сондай-ақ, бағалаудың жаңа жүйесі бойынша баға қою жалпы білім беретін мектеп оқушыларының білімін бағалаудың бұрынғы дәстүрлі жүйесімен салыстырылады. Оқыту, кері байланыс және бағалауға байланысты мақсаттар мен міндеттер қойылады. Критериалды бағалаудың мақсаты объективтілікті қамтамасыз ету, оқушылардың оқу нәтижелері туралы ақпараттың сенімділігін қамтамасыз ету ретінде сипатталады. Оқушылардың ойлауының жоғары деңгейін дамыту туралы ақпарат беріледі. Мақалада Қазақстан Республикасының бағалаудың жаңа жүйесін енгізумен қатар жүретін жаңартылған білім мазмұнына көшу кезеңдері сипатталған. Жаңартылған білім мазмұны шеңберінде қалыптастырушы және жиынтық бағалауды талдау, бағалаудағы критерийлер мен дескрипторлардың рөлі сияқты зерттеу әдістері көрсетілген. Бақылап, салыстыра отырып, Блум таксономиясын, ақыл картасын, заманауи қосымшаларды, тест құрастырушыларды қолдана отырып бағалау критерийлері мен бағалау құралдарын практикалық қолдану танымдық оқуға, шығармашылық және сын тұрғысынан ойлауды дамытуға көмектеседі деп айтуға болады.

Түйін сөздер: критериалды бағалау, оқушылар, критерийлер, дескрипторлар, қалыптастырушы бағалау, жиынтық бағалау, тестілеу.

Аннотация

А.Е. Карымсакова¹, А.Б. Закирова¹, А.Е. Хасенова¹

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

ИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ КРИТЕРИАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ В РАМКАХ ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ В ШКОЛЕ

Статья посвящена критериальному оцениванию, на сегодняшний день, являющийся единственной системой, применяемой для контроля и проверки знаний, умений и навыков учеников. А также, сравнивается выставление отметок по новой системе оценивания с прошлой традиционной системой оценивания знаний учащихся общеобразовательных школ. Ставятся цели и задачи, связанные с обучением, обратной связью и оцениванием. Описывается цель критериального оценивания как предоставление объективности, достоверности информации о результатах обучения учеников, а также главным образом поднимаются вопросы о цели развития высокого уровня мышления учащихся. В статье рассказывается об этапах перехода Казахстана на обновленное содержание образования, которое сопровождается внедрением новой системы оценивания. Демонстрируются методы исследования, как анализ формативного и суммативного оценивания, роль критериев и дескрипторов в оценивании в рамках обновленного содержания образования. Наблюдая и сравнивая, можем утверждать, что практическое применение критериев оценивания и инструментов оценивания с помощью таксономии Блума, интеллект-карты, современных приложений, конструкторов для тестирования помогают когнитивному обучению, развитию творческого и критического мышлений.

Ключевые слова: критериальное оценивание, ученики, критерии, дескрипторы, формативное оценивание, суммативное оценивание, тестирование.

Abstract

FROM THE PRACTICE OF APPLYING CRITERIA-BASED ASSESSMENT IN THE TEACHING OF COMPUTER SCIENCE AT SCHOOL

Karymsakova A.Y.¹, Zakirova A.B.¹, Khassenova A.Y.¹

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

The article is devoted to criteria-based assessment, which today is the only system used to control and test the knowledge, skills and abilities of students. And also, the setting of marks according to the new assessment system is compared with the previous traditional system of assessing the knowledge of students of general education schools. Goals and objectives are set related to training, feedback and assessment. The purpose of criteria-based assessment is described as providing objectivity, reliability of information about the learning outcomes of students, and questions

about the goal of developing a high level of thinking of students are mainly raised. The article describes the stages of Kazakhstan's transition to the updated content of education, which is accompanied by the introduction of a new assessment system. Methods of research are demonstrated, such as the analysis of formative and summative assessment, the role of criteria and descriptors in assessment within the framework of the updated content of education. Observing and comparing, we can argue that the practical application of assessment criteria and assessment tools using Bloom's taxonomy, mind map, modern applications, test constructors help cognitive learning, the development of creative and critical thinking.

Key words: criteria-based assessment, learners, criteria, descriptors, formative assessment, summative assessment, testing.

Кіріспе.

Оқыту, оқу мен бағалау өзара байланысты, ал мектепшілік бағалау – оқыту мен оқудың ажырамас бөлігі болуы керек (Б.Бойл, М.Чарлес, 2010) [1]. Оқыту мен бағалау мұғалім мен оқушы тарапынан кері байланыс жүйесі мен жүйелі әрекеттер болған жағдайда ғана тиімді бола алады.

Педагогикалық практикада 5 балдық бағалау жүйесінің күнделікті дәстүрлі әдісі оқушылардың танымдық, ізденушілік және шығармашылық белсенділігін дамыту міндетін толық атқара алмады. Оқушылардың шығармашылық және танымдық белсенділігінің дамуы шектеулі болды. Олар объективті және негізділік принциптеріне сәйкес келмеді. Сонымен қатар, субъективті бағалау және мұғалімнің пікіріне тәуелділік болды. Оқушылар тақырып пен оны ашатын ақпаратты теориялық тұрғыдан игерді, бірақ практикалық және шығармашылық тұрғыда толық қолданылмады. Неміс мұғалімі Дистервег тоғыз пәнді бір жақтан оқығаннан гөрі бір пәнді тоғыз түрлі қырынан қарау тиімді екенін жазды. Сондықтан, оқушы бойында мұғалім біле бермейтін талантты, қабілетті, сын тұрғысынан ойлау қабілетін ашу маңызды.

Критериалды бағалаудың мақсаты – білім беру үрдісінің барлық қатысушыларына бағалау критерийлері негізінде оқушылардың жетістіктері туралы объективті және сенімді ақпаратты уақытында беру. Зерттеудің мақсаты – бағалаудың заманауи жаһандық технологиясы ретінде критериалды бағалау идеясын қабылдау және енгізу.

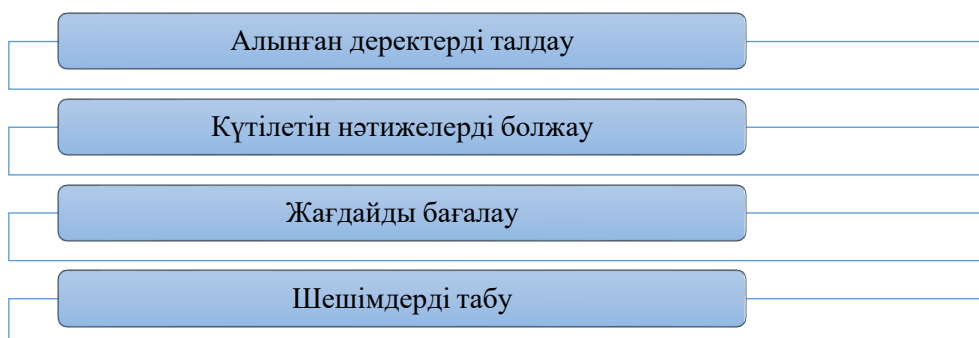
Критериалды бағалау білім беру процесінің қатысушыларының алдына келесі міндеттерді қояды: бағалаудың әр түрлі формаларын жүйелі ұйымдастыруды жүзеге асыру, оқушылардан үнемі кері байланыс алу, рефлексия дағдыларын қалыптастыру және объективтілікті қамтамасыз ету, оқушыларға олардың жетістіктері туралы, мұғалімдер мен ата-аналардың оқудағы жетістіктері туралы сенімді ақпарат беріп отыру.

Көптеген дамыған елдерде, мысалы, Финляндия, Англия, АҚШ, Сингапур және өзге елдерде критериалды бағалау жүйесі бұрыннан қалыптасқан, өйткені оқушының білімін тексеру критерийлерге негізделген әрі жүйелі тестілеу формасында атқарылуда, сонымен қатар оқушылардың үлгерімі, әрбір оқушының деңгейі туралы мәліметтердің арқасында және осы талдаудың нәтижесінде оқу процесін жақсарту үшін арнайы траектория құрылады. Біздің елде де Н.Ә. Назарбаевтың бастамасы бойынша 2012-2013 оқу жылында Назарбаев Зияткерлік мектептерінде алғаш рет эксперименттік модель пайда болды. Тексерістен сәтті өткеннен кейін, 2016 оқу жылынан бастап еліміздің жалпы білім беретін мектептерінде жаңа бағалау жүйесі біртіндеп енгізіле бастады. Тиімді оқытуға, жүйелі кері байланысқа, объективті бағалауға қол жеткізу үшін 2020 жылы Қазақстан білім мазмұнын жаңарту шеңберінде критериалды бағалау жүйесіне толық көшті.

Негізгі бөлім

Критериалды бағалауды кезең-кезеңмен енгізе отырып, әр оқушының ерекшелігін, оның мүмкіндіктері мен қабілеттерін ескеру, әрбір жеке адамға жеке қарау және одан әрі жетістіктерге жету үшін маңызды міндеттерді шешу қажет. Әр кезеңде мұғалімдер өте маңызды мәселелерге тап болады: алынған ақпаратты қалай өңдеуге, қалай қолдануға, мүмкіндігінше аз уақыт кетіруге және оқушыларды сапалы оқытуда нәтижеге жетуге тырысады. Оқытудың тиімді жақтарын ойластыратын мұғалімдер сандық өңдеусіз өте қиын екеніне көз жеткізіп жатыр. Біз кері байланыс жүйесін сабағымыздың қаншалықты тиімді өткізілгенін, оқушылардың тапсырмаларды қаншалықты сәтті орындап жатқанын анықтау үшін қолданамыз. Бұл жағдайда, егер белгілі бір жүйе болса, онда нәтиже де болады. Критериалды бағалау жүйесі – бұл білім беру үрдісінің барлық қатысушыларының қолдауын талап ететін уақыт новелласы. Ең тәжірибелі және өсу мен дамуға көп көңіл бөлетін батыс ғалымдары концептуалды шешім ұсынады. Бағалау – бұл мұғалімнің көмегімен оқушылардың оқу үдерісінде алған білімді меңгеру дәрежесін талдайтын процесс [2]. Бағалауды қалыптастыратын

құралдарды қолдану және жүйелі әрекет болатындай оқу процесін ұйымдастыру өте маңызды. Әрине, оқытудың тиімділігіне байланысты кез келген жүйе үшін негізгі міндеттерді әзірлеу қажет, мысалы: алынған деректерді талдау, күтілетін нәтижелерді болжау, жағдайды бағалау және шешімдерді табу. 1-суретте тиімді оқытудың қадамдарының алгоритмі көрсетілген.



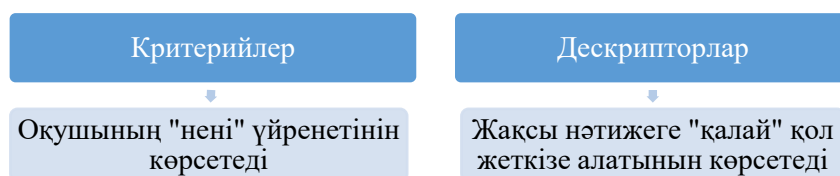
Сурет 1. Тиімді оқыту кезеңдерінің алгоритмі

Зерттеу әдістері

Уайат-Смит и Бриджес, Уайат-Смит и Ганн бағалауды педагогиканың қозғаушы күші ретінде көрсетеді. Бағалауды олар оқу мен оқу мазмұнын дамытудың, оқу қызметін жоспарлаудың көмекшісі ретінде қарастырады [3]. Шынында да, жұмыстың әр кезеңін талдау және ойлау үшін тиімді құралдарды ойластыру қажет. Белгілі бір деректерді, оқушыларың нәтижелерін талдай отырып, біз қаншалықты тиімді жұмыс істейтінімізді көру және түсіну әрі қарай дұрыс бағдар алу үшін өте маңызды. Отандық мектептерде мұғалімдер жүйелі бақылауға әкелмейтін білімді тексеру тестілерін өткізген болатын. Бір айда не бір тоқсанда бір рет ресми түрде тестілеу орын алып отырды, бірақ бақылаудың «тізбегі» болған жоқ. Білім тексерілді, келесі тестке дейін ұмытылды бұл үрдіс сирек немесе мүлдем жүргізілмеген. Бірақ қазір, жағдай күннен күнге жақсы жаққа өзгеруде: оқушылардың оқу нәтижелері туралы мәліметтер жүйелі түрде жинақталып, талданып, оқу үдерісін одан әрі жақсарту үшін қолданылады. Бағалау арқылы жиналған ақпарат оқудағы кемшіліктерді жоспарлауға және түзетуге, оқу үдерісіне қажетті өзгерістерді енгізуге қолданылады [4].

Қалыптастырушы және жиынтық бағалау

Халықаралық сарапшы Ч. Лидбитердің пікірінше, динамикалық оқытудың қазіргі тенденциясы (білім мен дағдылардың негізін қалыптастырудан терең және кең оқуға дейін) бағалаудың динамикалық формаларын қажет етеді: мысалы, формативті (қалыптастырушы) және суммативті (жиынтық), онлайн және іс-қимыл, емтихан бөлмесінде және нақты әлем кеңістігінде өтуі мүмкін [5]. Қалыптастырушы бағалау – сыныптағы күнделікті жұмыс барысында жүзеге асатын, оқушылардың жұмысының ағымдағы көрсеткіші болып табылатын, оқушы мен мұғалім арасындағы кері байланысты қамтамасыз ететін бағалау түрі. Ол оқушының оқу үрдісіндегі әр белсенділігін есепке алып, оқу процесін жақсартуға мүмкіндік береді. Жиынтық бағалау – белгілі бір академиялық кезеңнің соңында жүргізілетін бағалау түрі. Оның екі түрі бар: ТЖБ – тоқсан бойынша жиынтық бағалау – тоқсан, триместр, оқу жылындағы жиынтық бағалау), сонымен қатар оқу бағдарламасына сәйкес бөлімдерді зерттеуге арналған бағалау түрі – БЖБ – бөлім бойынша жиынтық бағалау [6]. Критериалды бағалау міндетті түрде критерийлерді қолдануды қамтиды. Бағалаудың 5 балдық жүйесі кезінде бағалау критерийлері болмағандықтан, оқушылар білім сапасын бағалай алмады, сонымен қатар «нені» үйреніп білу керек екенін, жоғары деңгейге қалай жетуге болатын бағыт-бағдар, арнайы нұсқаулық оқушыға ұсынылмаған. Қазіргі таңда оқушының белгілі бір материалды игеруіне «нақты нені білу керек» деген сұраққа жауап беретін мұғалімнің дайындаған «критерийлері» мен «қажет деңгейге қалай жетуге болады» деген қажеттілікті өтейтін «дескрипторлар» ұсынылады. Мұғалімдер оқушыларға алдын ала дайындалған бағалау критерийлері бойынша мүмкін болатын көп деңгейлі тапсырмаларды беруі керек, осылайша оқу үдерісінің барлық қатысушылары оқушының не үйренуі керектігін және қалаған нәтижеге «қалай» жетуге болатынын білетін болады (2-сурет).



Сурет 2. Білім мен дағдыны бағалауда критерийдің рөлі

Дескрипторлар критерийлерге негізделген тапсырмаларды орындаудың негізгі принципі болып табылады. Жұмыс дескрипторлары жұмыстың кезең-кезеңімен орындалуын көрсетеді. Оқушылар барлық сұрақтарға жауап беру арқылы тапсырмаларды орындауға тырысады, критерийлерге сәйкес және әр жетістікке ең көп ұпай жинауға тырысады.

Критериалды бағалау келесі принциптерге негізделген: Біріншісі, оқыту мен бағалау байланысты. Екіншісі, бағалау оқытудың ажырамас бөлігі болып табылады және оқу бағдарламасының мақсаттарымен және күтілетін нәтижелерімен тікелей байланысты. Сондықтан, нені және қалай үйрету керек, оқушылардың қажеттіліктері қандай және оларға оқу нәтижесіне жетуде қалай көмектесу керек деген сұрақтарға жауап іздеу бағалау практикасында жүргізілуі керек. Осылайша, критериалды бағалау оқушыларды оқуға жауапкершілікпен қарауға үйретеді.

Қалыптастырушы бағалау кезінде Блум таксономиясы, Ақыл картасы және тест тапсырмаларын қағаз және интернет қызметтері арқылы дайындауға болады. Танымал американдық педагог Бенджамин Блумның білім беру мақсаттары мен міндеттерінің иерархиясы сыни және логикалық ойлауды дамытуға қызмет етеді. Таксономияда алты деңгейдегі оқу мақсаттары бар. Блумның сыни тұрғыдан ойлау технологиясы арқылы оқушылар білім алады, қосымшаларды түсінеді және көрсетеді, талдайды, синтездейді және соңғы өнімді шығарады. Білім алушылардың тілдік пәндер бойынша оқу жетістіктерін бағалау деңгейлерін тыңдалым, айтылым, оқылым және жазылым арқылы бағалауға негізделген. Блум таксономиясы бойынша білім алушылардың тілдік емес пәндер бойынша білімін бағалауға білу, түсіну, қолдану, талдау, жинақтау және бағалау деңгейлері арқылы қол жеткізеді. 3-ші суретте математика пәнінде оқушылар жетістігін бағалауда 4 критерий көрсетілген.

Критерийлер	Дескрипторлар
A Білу және түсіну	Оқушы оқылған материалды білетінін және түсінетінін көрсетеді, алған білімдерін стандартты және өзгертілген жағдайларда қолдана біледі.
B Қолдану	Оқушы қандайда бір есепті информатиканың формулаларын қолданып зерттейді, заңдылықтарды анықтайды, математика тілінде олардың өзара байланысын сипаттайды.
C Сыни ойлау және зерттеу	Оқушы қандайда бір есепті шығару кезінде керекті формулаларды, теоремаларды, ақпараттарды талдайды, синтездейді, қолдана алады.
D Коммуникация және рефлексия	Оқушы ғылыми терминологияларды және шартты белгілеулерді қолданып, ақпарат бере алады.

Сурет 3. Информатика пәнінде оқушылар жетістігін бағалауда 4 критерий

Қалыптастырушы бағалау кезінде қорытынды бағаға әсер ететін балдар қойылады, олар 1-ден 10-ға дейінгі балдық жүйемен бағаланады. Жиынтық бағалауда баға бөлім мен тоқсанның соңында қойылады. Әр пән мұғалімі оқушының қалыптастырушы бағалау кезіндегі балдарын <https://portal.kundelik.kz> электронды күнделікке енгізіп, оқушылар мен олардың ата-аналары пайдаланушы аты мен құпиясөз арқылы көре алады. Бөлім бойынша жиынтық бағалау (БЖБ) мен тоқсан бойынша жиынтық бағалау (ТЖБ) балдары қойылғанда – автоматты түрде бағаға айналады. Яғни, жоғарыда айтылғандай, оқушы оқу үрдісінің, шығатын нәтижелердің маңыздылығын түсінеді және бағалардың объективті екеніне көзі жетеді. Қашықтан оқыту кезеңінде мұғалімдер тест тапсырмалары арқылы оқушылардың білімін жүйелі түрде тексеріп отырды. Тестілеу қалыптастырушы және жиынтық бағалауда қолданылады, сондықтан тест аяқталғаннан кейін бірден 10 балдық жүйе бойынша саналады. 4-суретте liveworksheets интернет қызметінде тестілеу мысалы

көрсетілген. Балдық жүйеге сәйкес 8/10– «өте жақсы» деген көрсеткішті білдіреді. Осы балл электронды журналға бөлім бойынша жиынтық бағалау бағанына қойылады, кейін тоқсан бойынша жиынтық бағалаудың балы қойылып, тоқсандық баға шығады.

<p>1. Ақпарат термині латын тілінің «informatio» сөзінен аударылғанда қандай ұғымды білдіреді?</p> <p>A. баяндау, түсіндіру, мәлімет B. есептеу, мәлімдеу C. орындау, өңдеу D. сақтау E. басып шығару</p>	<p>1. Ақпарат термині латын тілінің «informatio» сөзінен аударылғанда қандай ұғымды білдіреді?</p> <p>A. баяндау, түсіндіру, мәлімет B. есептеу, мәлімдеу C. орындау, өңдеу D. сақтау E. басып шығару</p>
<p>2. Ақпараттық процестер - бұл...</p> <p>A. Ақпаратты жинау, сақтау B. Ақпаратты жинау, түрлендіру, беру, қабылдау, сақтау, жеткізу. C. Ақпаратты беру және сақтау D. Ақпаратты түрлендіру E. Ақпаратты жеткізу.</p>	<p>2. Ақпараттық процестер - бұл...</p> <p>A. Ақпаратты жинау, сақтау B. Ақпаратты жинау, түрлендіру, беру, қабылдау, сақтау, жеткізу. C. Ақпаратты беру және сақтау D. Ақпаратты түрлендіру E. Ақпаратты жеткізу.</p>
<p>3. Адам қабылдайтын ақпарат түрлері:</p> <p>A. жүйелік, қолданбалы B. бейнелі және таңбалы C. жасанды және табиғи D. дыбысты, дыбыссыз E. дұрыс жауап жоқ</p>	<p>3. Адам қабылдайтын ақпарат түрлері:</p> <p>A. жүйелік, қолданбалы B. бейнелі және таңбалы C. жасанды және табиғи D. дыбысты, дыбыссыз E. дұрыс жауап жоқ</p>
<p>4. Алгоритм орындаушысы дегеніміз –</p>	<p>4. Алгоритм орындаушысы дегеніміз –</p>

Сурет 4. Информатика пәні сабағында БЖБ тапсырмасы
Тест тапсырмасына сілтеме: <https://www.liveworksheets.com/ce1690123de>

Жиынтық бағалауда баға бөлім мен тоқсанның соңында қойылады. Қалыптастырушы бағалау кезінде қорытынды бағаға әсер ететін балдар қойылады. Сабақ барысында қалыптастырушы бағалау кезінде оқушылар өз көзқарасын білдіре алады, қателесуге құқылы, сондықтан біз ескермейтін қиындықтар анықталғанда біз материалды уақытында қайтадан түсінуге және түсіндіруге көмектесеміз. Сабақта жүргізіліп жатқан жиынтық бағалаудың үлгісі төменде көрсетілген (Сурет 5):

<p>2-ТОҚСАН БОЙЫНША ЖИЫНТЫҚ БАҒАЛАУА АРНАЛҒАН ТАПСЫРМАЛАР</p> <p>«Ақпарат және оның өңдеу» бөлімі бойынша жиынтық бағалау</p> <p>Оқу мақсаты: 5.2.1.1 Өр түрлі формада ақпаратты атап шығу және көрсету. 5.1.2.1 Бағдарламалық қаттамасыз «ету» ұғымын түсіндіру. 5.2.2.2 Растрлық кескіндері жасау және өңдеу.</p> <p>Бағалау критерийі: Білім алушы <input type="checkbox"/> Ақпарат түрін формасына сарай анықтайды. <input type="checkbox"/> «Бағдарламалық қаттамасыз «ету» ұғымын анықтайды. <input type="checkbox"/> Жағдаятқа сәйкес компьютерлік бағдарламаларға мысал келтіреді. <input type="checkbox"/> Растрлық кескін құру (сурет салу) кезінде қолданылатын құралдары анықтайды.</p> <p>Ойлау деңгейлерінің деңгейі: Қолдану Орындалу уақыты: 20 минут Тапсырма</p> <p>1. Мысал қарастырып және түрін анықтаңыз.</p> <table border="1"> <tr> <td>Ақпарат түрлері</td> <td>Мысал</td> </tr> <tr> <td></td> <td>6.07.1923 383 123</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>2. Сәйкестікті орнатыңыз.</p> <table border="1"> <tr> <td>1. Бағдарламалық қаттамасыз «ету».</td> <td>Бұл бағдарлама есептерді немесе есептерді есептеу үшін арналған.</td> </tr> <tr> <td>2. Компьютерлік бағдарлама.</td> <td>Компьютер орындау үшін арналған нұсқаулар тізбегі.</td> </tr> <tr> <td>3. Қолданбалы бағдарлама.</td> <td>Бұл компьютерде ақпаратты өңдеудің автоматты түрде жүзеге асыратын бағдарламалары.</td> </tr> </table>	Ақпарат түрлері	Мысал		6.07.1923 383 123			1. Бағдарламалық қаттамасыз «ету».	Бұл бағдарлама есептерді немесе есептерді есептеу үшін арналған.	2. Компьютерлік бағдарлама.	Компьютер орындау үшін арналған нұсқаулар тізбегі.	3. Қолданбалы бағдарлама.	Бұл компьютерде ақпаратты өңдеудің автоматты түрде жүзеге асыратын бағдарламалары.	<p>ТОҚСАН БОЙЫНША ЖИЫНТЫҚ БАҒАЛАУА АРНАЛҒАН ТАПСЫРМАЛАР</p> <p>«Ақпарат және оның өңдеу» бөлімі бойынша жиынтық бағалау</p> <p>Оқу мақсаты: 5.2.1.1 Өр түрлі формада ақпаратты атап шығу және көрсету. 5.1.2.1 Бағдарламалық қаттамасыз «ету» ұғымын түсіндіру. 5.2.2.2 Растрлық кескіндері жасау және өңдеу.</p> <p>Бағалау критерийі: Білім алушы <input type="checkbox"/> Ақпарат түрін формасына сарай анықтайды. <input type="checkbox"/> «Бағдарламалық қаттамасыз «ету» ұғымын анықтайды. <input type="checkbox"/> Жағдаятқа сәйкес компьютерлік бағдарламаларға мысал келтіреді. <input type="checkbox"/> Растрлық кескін құру (сурет салу) кезінде қолданылатын құралдары анықтайды.</p> <p>Ойлау деңгейлерінің деңгейі: Қолдану Орындалу уақыты: 20 минут Тапсырма</p> <p>1. Мысал қарастырып және түрін анықтаңыз.</p> <table border="1"> <tr> <td>Ақпарат түрлері</td> <td>Мысал</td> </tr> <tr> <td></td> <td>6.07.1923 383 123</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>2. Сәйкестікті орнатыңыз.</p> <table border="1"> <tr> <td>1. Бағдарламалық қаттамасыз «ету».</td> <td>Бұл бағдарлама есептерді немесе есептерді есептеу үшін арналған.</td> </tr> <tr> <td>2. Компьютерлік бағдарлама.</td> <td>Компьютер орындау үшін арналған нұсқаулар тізбегі.</td> </tr> <tr> <td>3. Қолданбалы бағдарлама.</td> <td>Бұл компьютерде ақпаратты өңдеудің автоматты түрде жүзеге асыратын бағдарламалары.</td> </tr> </table>	Ақпарат түрлері	Мысал		6.07.1923 383 123			1. Бағдарламалық қаттамасыз «ету».	Бұл бағдарлама есептерді немесе есептерді есептеу үшін арналған.	2. Компьютерлік бағдарлама.	Компьютер орындау үшін арналған нұсқаулар тізбегі.	3. Қолданбалы бағдарлама.	Бұл компьютерде ақпаратты өңдеудің автоматты түрде жүзеге асыратын бағдарламалары.
Ақпарат түрлері	Мысал																								
	6.07.1923 383 123																								
1. Бағдарламалық қаттамасыз «ету».	Бұл бағдарлама есептерді немесе есептерді есептеу үшін арналған.																								
2. Компьютерлік бағдарлама.	Компьютер орындау үшін арналған нұсқаулар тізбегі.																								
3. Қолданбалы бағдарлама.	Бұл компьютерде ақпаратты өңдеудің автоматты түрде жүзеге асыратын бағдарламалары.																								
Ақпарат түрлері	Мысал																								
	6.07.1923 383 123																								
1. Бағдарламалық қаттамасыз «ету».	Бұл бағдарлама есептерді немесе есептерді есептеу үшін арналған.																								
2. Компьютерлік бағдарлама.	Компьютер орындау үшін арналған нұсқаулар тізбегі.																								
3. Қолданбалы бағдарлама.	Бұл компьютерде ақпаратты өңдеудің автоматты түрде жүзеге асыратын бағдарламалары.																								

Сурет 5. Информатика пәні сабағында ТЖБ тапсырмасы
Тест тапсырмасына сілтеме: <https://www.liveworksheets.com/dl2386070fe>

Қалыптастырушы бағалау оқушыны «қолдайды», оған ұмтылуға мүмкіндік береді, қате жіберіп, оны түзетуге мүмкіндік береді. Танымал американдық мұғалім Бенджамин Блумның білім беру мақсаттары мен міндеттерінің иерархиясы сыни және логикалық ойлауды дамытуға қызмет арналған. Таксономияда алты деңгейдегі оқу мақсаттары бар. Блумның сыни тұрғыдан ойлау технологиясы

арқылы оқушылар білім алады, түсінеді және көрсетеді, талдайды, синтездейді және соңғы өнімді жасайды. 1-кестеде көрсетілген тапсырма 5-сыныптағы информатика сабағының мысалы болып табылады. Әр деңгейге балл дескриптор негізінде беріледі, мысалы: Оқушы қауіпсіздік ережелерін тізімдейді - 1 балл алады, содан кейін ол да жинақталады барлық деңгейлер үшін әрі қарай солай бағаланады.

Кесте 1. 5-сыныпта информатика сабағында қалыптастырушы бағалаудан мысал

Сабақ тақырыбы: Компьютерде жұмыс істеу кезінде өзіңе зиян келтірмеу үшін не істеу керек?	
Білу	• қауіпсіздік ережелерін атайды
Түсіну	• денсаулыққа әсерін түсіндіреді
Қолдану	• қауіпсіздік ережелерін іс жүзінде көрсетеді
Талдау	• компьютер жанында бұрыс іс-әрекеттер жасау туралы талқылау
Жинақтау	• компьютерді қолдану бойынша жеке жоспар-кесте құру
Өнім шығару	• әр оқушы сабақта түйген ойларын жазып, постерге іледі

Біз әр оқушыға іс жүзінде өзін көрсетуге мүмкіндік беруге тырысамыз, бұл міндетті түрде оқушының мотивациясына, дамуы мен үлгеріміне әсер етеді. Оқушының жоғары ойлау қабілетіне жету үшін олар ашық сұрақтарға жауап береді, презентация, жоба дайындайды немесе эссе жазады. Біз үшін оқушылардың материалды меңгеруі, түсінуі, жаттығулардағы есептерді шығара алуы, сөйлеуді лексикалық және грамматикалық түрде дұрыс жеткізе білуі, жұпта, топта талқылап, олардың әрекетін рефлексиялауы мен бағалауы өте маңызды.

Бұл мақалада біз критерийлер мен дескрипторларға негізделген әлемдік тәжірибеден жаңартылған білім мазмұнын енгізу арқылы критериалды бағалау дәстүрлі бағалау жүйесін алмастыра алатынын көрсетуді мақсат еттік. Математика мен ағылшын тілі сабақтарында критериалды бағалауды қолдануға мысалдар келтірдік. Оқушылардың білімін, дағдыларын бағалауда Блум технологиясын және көптеген интернет қызметтерінің бірін қолдануды көрсеттік. Біз критериалды бағалау білім беру процесінің барлық қатысушыларының санасынан орын алатынына сенімдіміз.

Ақыл картасы (ой картасы) формативті бағалау ретінде де қолданылады. «Ақыл картасы» оқушыға ақпаратты ұзақ мерзімді жадыда сақтауға, лексикалық багажды толықтыруға, масштабтауға және өз ойын білдіруге мүмкіндік береді. Сөздерді, сөз тіркестерін және идеяларды дәстүрлі форматта бір қатарға жазу қарым-қатынас көкжиегін кеңейтуге деген ұмтылысты тудырмайды. Критериалды бағалау когнитивті оқуға көмектеседі. Төменде сөздерді орталық оймен байланыстыратын ақыл картасын қолдана отырып, жаңа сөздерді жазудың дәстүрлі әдісі мен танымдық оқыту әдісін салыстыру берілген (6-сурет).

- 1) Информатика пәніне антивирус, файл, қосымша, жады және мәлімет т.б. жатады.
- 2) Ақыл-ой картасы:



Сурет 6. Ақпаратпен жұмыс істеудің стандартты және аналитикалық әдісін салыстыру

Бұл технология сабақта жиі қолданылады және соның арқасында оқушының ойлау қабілеті артады, өз ойын жеткізе алады. Егер студент сөз тізбегін жазса, онда ол өзінің сыни ойлау қабілетін дамыта алмайды, бірақ оқушылар бұл жерде ақыл картасы түрінде жазса, оларды ағартуға және қызығушылығын арттыруға жақсы мүмкіндік болады. Мұндай тапсырмаларды орындағаны үшін баға қойылмайды. Критериалды бағалаудың мәні бағадан бас тартуда емес, оқушыларға оқу қызметін жоспарлауға және өз жұмысының нәтижесін анық көруге мүмкіндік береді және әрі қарай өсуге шектеу қойылмайды, керісінше мұғалімдер әдеттегідей қаталдық көрсетіп, бағамен қорқытпайды.

Осындай қарым-қатынастың арқасында оқушы ашылады. Үй тапсырмасына баға қойылмайды, сабақта үй тапсырмасы мен белсенділіктің жиынтығы жалпы бағамен бағаланады. Белгі қойылмаған сабақтарда әр оқушы өзін және өзінің қабілетін көрсете алады. Оқушылар жауапкершілікті сезініп, әрі қарай оқу жолын құруды үйренеді. Олар жоспарлайды, әр сабаққа қатысады, білім алады, дағдыларын дамытады, қалыптастырушы бағалау тапсырмаларын орындайды, мұғалімге кері байланыс береді, осылайша олар жиынтық бағалауда өз білімдері мен дағдыларын көрсете және дәлелдей алады, сонда олар тоқсандық немесе жылдық қорытынды баға алады. 2-кестеде дәстүрлі 5 балдық әдіс пен критериалды бағалау арасындағы балдың үлгісі көрсетілген. Сіз ескі және критериалды бағалау жүйелерінде баға қою алгоритмінің мысалын көре аласыз.

Кесте 2. Ескі және жаңа оқытуды бағалау жүйелерінде баға қою алгоритмі.

Дәстүрлі 5 балдық бағалау	Бағалар	Критериалды бағалау	Балл қою
Үй жұмысы	5 (өте жақсы)	Қалыптастырушы бағалау	25%
Сынып жұмысы	4 (жақсы)	БЖБ – бөлім бойынша жиынтық бағалау	25%
Бақылау жұмысы	3 (қанағаттанарлық)	ТЖБ – тоқсан бойынша жиынтық бағалау	50%
Үй жұмысы жоқ	2 (өте нашар)	Kundelik.kz электронды журналы ұнайларды есептейді және бағаны автоматты түрде көрсетеді	
Қорытынды	Мұғалімінің шешіміне байланысты	Қорытынды	Жаңа градация бойынша бағалау: 8-10-өте жақсы 6-7-жақсы 4-5-қанағаттанарлық 1-3-өте нашар

Талқылау

Критериалды бағалау – бұл мектеп оқушыларының оқу жетістіктерін салыстыруға негізделген, мектеп оқушыларының оқу-танымдық белсенділігін қалыптастыруға ықпал ететін және білім беру жүйесінің мақсаттары мен мазмұнына сәйкес келетін, бүкіл педагогикалық ұжым талқылайтын үрдіс әрі оқу процесінің барлық мүшелерінің санасына сіңісіп кеткен жүйе. Әрине, критериалды бағалау шарттары мектеп басшылығына, педагогикалық ұжымға, мектеп оқушыларына, ата-аналарға және білім беру жүйесінің заңды қызметкерлеріне алдын ала таныс болуы керек, бірақ ең алдымен оқушы осы жүйенің қалай іске асатынын, түбінде қандай нәтижеге қол жеткізе алатынын анық көру керек. Критерий ұғымының өзі бұл түпкілікті шешім мен белгілі бір стандарттар мен талаптарды бағалауды білдіреді. Әр критерий үшін дескриптор бар, ол нақты білім беру тапсырмасының нәтижелерінің дұрыстығын көрсетеді.

Біріншіден, критериалды бағалау білім алушылардың білім жетістіктерін объективті түрде бағалайды, сонымен қатар әр оқушының жеке траекториясын анықтауға көмектеседі. Екіншіден, әр оқушының әр кезеңде дайындық деңгейін анықтайды. Үшіншіден, пәндер бойынша оқылатын мектеп материалының сапасын және оқу процесін ұйымдастыру ерекшеліктерін анықтау үшін оқушылар, ата-аналар мен мектеп мұғалімдері арасында қажетті кері байланысты қамтамасыз етеді.

Критериалды бағалау технологиясының практикалық құндылығы келесі факторлармен анықталады:

Біріншіден, бұл ретте оқушының жеке дара емес, оның жұмысы бағаланады. Екіншіден, білім алушылардың жұмысы алдын ала белгіленген критерийлер бойынша бағаланады.

Нәтижелер

Дамыта оқыту оқушылардың жетістіктеріне оң әсер ететіні анық. Дегенмен, жаңа тәжірибені меңгеру процесін басшылыққа алу керек. Оқушылар мен ата-аналар критериалды бағалау жүйесін енді ғана түсініп келе жатыр. Жаңа жүйенің білім беру мен алу үрдісінің барлық қатысушыларына пайдасы бар, оның бірден бір себептеріне оқушының зерттеушілік қасиеті мен творчестволық-сыни ойлау қабілеттерінің дамып жатқандарын көре аламыз. Үкіметтің посткеңестік білім беру жүйесін өзгертуге күш салуы оқуды жақсарту мақсатында критериалды бағалауды енгізуге әкелді. Жоғарыда айтылып кеткендей, оқушының білім алу деңгейін бақылап, бағалап отыру үшін қалыптастырушы

бағалау мен жиынтық бағалау енгізілді. Қалыптастырушы бағалау мұғалімдердің де, оқушылардың да бастапқы нүктеден келесі деңгейге қол ұстасып өту кезеңін көрсетеді. Информатика пәні жаңа технологияларды оқытып, программа тілдерімен таныстырып қана қоймай, білім алушының сауатты боуына аса назар аударады.

Компьютерлік тестілеу (негізгі) сауаттылық пен (озық) оқу дағдылары мен негізгі математикалық дағдыларды жиынтық және қалыптастырушы бағалау үшін кеңінен және табысты қолданылады. Сауат ашу және есептеу дағдылары ұлттық және халықаралық тесттерде бағаланады, олар көп жағдайда электронды болып табылады. Бұл құзыреттіліктердің сипатына байланысты компьютерлік тестілер арқылы жан-жақты және сенімді түрде бағалауға мүмкіндік беретін бірнеше таңдау форматында күрделі және шынайы тапсырмаларды енгізу мүмкін болды. Жалпы алғанда, компьютерлік тесттер дағдылар мен көзқарастарға емес, білімге бағытталған дәстүрлі бағалау форматтарын қайталауға бейім және олар әдетте жекелендірілген, тартымды, бірлескен немесе шынайы тапсырмаларды қолдау құралы ретінде пайдаланылмайды. Дәстүрлі бағалау форматтарынан компьютерлік тестілердің артықшылығы – олар тез және мақсатты кері байланысты қамтамасыз етеді және қалыптастырушы бағалауды қолдау үшін тест тапсырмаларының күрделілігін оқушылардың әр түрлі деңгейлеріне автоматты түрде бейімдей алады [7].

Қорытынды

Бұл мақалада біз критериалды бағалау критерийлер мен дескрипторларға негізделген әлемдік тәжірибеден жаңартылған білім мазмұнын енгізу арқылы дәстүрлі бағалау жүйесін алмастыра алатынын көрсеткіміз келді. Информатика пәні сабақтарында критериалды бағалауды қолданудың бірнеше мысалдары келтірілген. Біз студенттердің білімі мен дағдыларын бағалауда Блум технологиясын, ақыл-ой картасын және көптеген интернет қызметтерінің бірін қолдануды көрсеттік. Біз критериалды бағалау оқу процесінің барлық қатысушыларының санасында орын алатынына әрі оқушы бойында ізденушілік пен критикалық-творчестволық қасиеттердің дамып, нағыз құзіретті оқушылардың өсіп шығатынына сенімдіміз.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Критериалды бағалау моделі. – Астана: «Назарбаев Зияткерлік мектептері» ДДБҰ – 2016. – Б. 4.
- 2 Taras M. *Assessment-Summative and Formative: some theoretical reflections. British Journal of Educational Studies.* – 2005. - Vol. 53, №4: – P. 466-478.
- 3 Wyatt-Smith and Bridges S. *Meeting in the middle – Assessment, pedagogy, learning and students at educational disadvantage, 2007.* – P. 48.
- 4 Watkins A. *Assessment in Inclusive Settings: Key issues for Policy and Practice. The report. European Agency for Development in Special Needs Education. Odense, Denmark, 2007.* – P. 21.
- 5 Ch. *Leadbeater Problem Solvers.* – London: Pearson, 2016.
- 6 Негізгі және жалпы орта мектеп мұғалімдеріне критериалды бағалау бойынша әдістемелік нұсқаулар: Оқу құралы // Назарбаев Зияткерлік мектептері ДББҰ. Өңдеген: О.И. Можжаева, А.С. Шилибекова, Д.Б. Зиденова. – Астана. – 2016. – Б. 6-7.
- 7 Christine Redecker *The Use of ICT for the Assessment of Key Competences. European Commission. JRC Scientific and Policy Reports, 2013.*

References:

- 1 *Kriterialdy bagalau modeli.* (2016) Astana: «Nazarbaev Ziyatkerlik mektepteri» DDBY. B. 4.
- 2 Taras M. (2005) *Assessment-Summative and Formative: some theoretical reflections. British Journal of Educational Studies. Vol. 53, №4.* – P. 466-478.
- 3 Wyatt-Smith and Bridges S. (2007) *Meeting in the middle – Assessment, pedagogy, learning and students at educational disadvantage.* – P. 48.
- 4 Watkins A. (2007) *Assessment in Inclusive Settings: Key issues for Policy and Practice. The report. European Agency for Development in Special Needs Education. Odense, Denmark.* – P. 21.
- 5 Ch. *Leadbeater* (2016) *Problem Solvers.* London: Pearson.
- 6 *Negizgi zhane zhalpy orta mektep mygalimderine kriterialdy bagalau boiyynsha adistemelik nyskaular.* (2016) Oku kyraly. Nazarbaev Ziyatkerlik mektepteri DDBY. Ondegen: O.I. Mozhaeva, A.S. Shilibekova, D.B. Ziedenova. Astana. B. 6-7. (In Kazakh)
- 7 Christine Redecker (2013) *The Use of ICT for the Assessment of Key Competences. European Commission. JRC Scientific and Policy Reports.*

МРНТИ 20.01.45
УДК 373:1.004

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.24>

Н.Н. Керимбаев, Г.М. Ткач, Н.Н. Нұрым, А.С. Акрамова*

Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
**e-mail: galina_tkach_83@mail.ru*

МОБИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕДАХ ОБУЧЕНИЯ

Аннотация

Вопросы и проблемы мобильного обучения в виртуальных средах в последние годы получили широкое академическое и коммерческое признание. Хотя эволюция беспроводных технологий и количество мобильных приложений впечатляет, однако вопросы широкого использования мобильных технологий в виртуальных средах обучения представлены недостаточно. Иммерсивные цифровые технологии, получающие распространение во всех сферах жизнедеятельности человека, получают все большее внедрение и в образовательную среду. Мобильные технологии в процессе обучения стали предметом многих современных исследований.

В данной статье приведен дизайн обучающей системы, состоящей из мобильных технологий, используемых в виртуальных средах. Данная работа делает попытку показать изменение механизмов функционирования и реализации системы образования в условиях виртуальных сред обучения. Ожидается, что предлагаемая работа позволит сделать организацию виртуального обучения эффективным, практичным и эргономичным, обеспечит процесс учения, направленный на овладение результатом. Мобильные технологии являются технической поддержкой обучающей виртуальной среды, под влиянием которой происходят существенные изменения в процессе усвоения знания, осуществления мобильной, высокоэффективной обратной связи.

Ключевые слова: обучение, мобильные технологии, виртуальные среды, мобильные приложения.

Аңдатпа

ВИРТУАЛДЫ ОҚЫТУ ОРТАСЫНДАҒЫ МОБИЛЬДІ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Н.Н. Керімбаев, Г.М. Ткач, Н.Н. Нұрым, А.С. Акрамова*
ал-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

Соңғы жылдары виртуалды ортада мобильді оқыту мәселелері академиялық және коммерциялық тұрғыда кеңінен танымал бола бастады. Өткізгішсіз байланыс технологиялар эволюциясы мен мобильді қосымшалардың саны артып келе жатқанымен, виртуалды оқыту ортасында мобильді технологияларды кеңінен пайдалану мәселелері әлі күнге дейін жеткіліксіз болып отыр. Адам өмірінің барлық салаларында кеңінен қолданылатын иммерсивті цифрлық технологиялар білім беру ортасына дендеп енгізіліп келеді. Қазіргі кезде оқу үдерісіне мобильді технологияларды енгізу зерттеу нысанасына айналды. Бұл мақалада виртуалды ортада қолданылатын мобильді технологиялардан тұратын оқыту жүйесін жобалау мәселелері сипатталған. Мұнда виртуалды оқыту ортасында жұмыс істеу және енгізу механизмдерінің білім беру жүйесіндегі өзгерістерін көрсетуге тырысады. Ұсынылған жұмыс виртуалды оқытуды ұйымдастыруды, нәтижені меңгеруге бағытталған оқу үдерісін практикалық және эргономикалық тұрғыда тиімді қамтамасыз етеді деп күтілуде. Мобильді технологиялар - бұл виртуалды білім беру ортасын техникалық қолдау, білімді игеру, мобильді, тиімді кері байланысты жоғары деңгейде жүзеге асыру үдерісінде елеулі өзгерістер алып келеді.

Түйін сөздер: оқыту, мобильді технологиялар, виртуалды орта, мобильді қосымшалар.

Abstract

MOBILE TECHNOLOGIES IN VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENTS

N. Kerimbayev, G.Tkach, N.Nurym, A.Akramova*
al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

The issues and problems of mobile learning in virtual environments have gained widespread academic and commercial recognition in recent years. Although the evolution of wireless technologies and the number of mobile applications is impressive, the issues of widespread use of mobile technologies in virtual learning environments are not well represented. Immersive digital technologies, which are spreading in all spheres of human life, are increasingly being introduced into the educational environment. Mobile technologies in the learning process have become the subject of much modern research. This article describes the design of a training system consisting of mobile technologies used in virtual environments. This work makes an attempt to show the change in the mechanisms of

functioning and implementation of the education system in the conditions of virtual learning environments. It is expected that the proposed work will make the organization of virtual learning effective, practical and ergonomic, provide a learning process aimed at mastering the result. Mobile technologies are technical support for the learning virtual environment, under the influence of which significant changes occur in the process of assimilating knowledge, implementing mobile, highly effective feedback.

Keywords: learning, mobile technologies, virtual environments, mobile apps.

Введение

Развитие информационных технологий затрагивает все отрасли жизнедеятельности человечества, в том числе и отрасль образования. Принятая в 2017 году Государственная программа «Цифровой Казахстан» одной из задач ставит «повышение цифровой грамотности в среднем, техническом и профессиональном, высшем образовании» [1]. Данная Программа поставила новые требования к образованию и трудовым навыкам людей. Приоритетным направлением является развитие открытых платформ (Open API), Big Data и искусственный интеллект.

Одним из перспективных направлений исследований в системе виртуального обучения является использование возможностей мобильных и облачных технологий. Современной молодежи более удобно пользоваться мобильными приложениями, чем традиционными текстовыми сообщениями или телефонными звонками. В настоящее время вопросы повышения эффективности самостоятельной работы школьников выходят на первый план в контексте применения интернет-технологий. Под термином «мобильное обучение» понимается использование мобильной технологии как по отдельности, так и совместно с другими информационными и коммуникационными технологиями (ИКТ), для организации учебного процесса вне зависимости от места и времени. Анализ исследований в области применения мобильных технологий в образовании показал, что понятие «мобильное обучение» многогранно и включает в себя как техническую сторону вопроса, так и педагогическую составляющую. С технической точки зрения мобильные технологии неразрывно связаны с облачными технологиями хранения и обработки информации. Сущность облачных технологий заключается в том, что при облачных вычислениях данные постоянно хранятся на виртуальных серверах, расположенных в облаке, а также временно кэшируются на клиентской стороне на устройствах, таких как компьютеры, ноутбуки, мобильные устройства и т. п. Пользователям предоставляется удаленный доступ к приложениям, услугам и вычислительным ресурсам посредством сети Интернет. Педагогическая составляющая показывает важность вопроса методики применения мобильных и облачных технологий в образовании.

Опыт работы показал, что взаимодействие с различными платформами, участие в разработке собственных мобильных приложений улучшает практические способности студентов информационных специальностей к проектированию, инновационной и научной деятельности.

И это уже становится успешной попыткой на пути развития творческих талантов в области электронной информации, разносторонних и высококвалифицированных будущих специалистов в области IT- технологий, инжиниринга и программирования.

Начиная с 60-х годов происходит развитие виртуализации аппаратных платформ (систем). Это обеспечило одновременный доступ к ней для множества пользователей и операционных систем. Сегодня можно говорить о виртуальных системах, не зависящих друг от друга, в которых происходит виртуализация приложений (или процессов). Создается некая «абстрактная среда», делающая виртуализацию независимой от аппаратного окружения. В настоящее время происходит разработка множества специальных приложений для образования. Виртуальная реальность выступает в качестве инструмента обучения. Современный процесс образования человека может быть представлен в различных форматах с применением дистанционных технологий обучения. Достаточно полно эти идеи представлены в работах Keengwe, J., и других [2-4].

Основной момент, который должен учитываться учеными, педагогами, разработчиками, это идея о том, что виртуальная реальность в процессе обучения человека – это не дань моде, а универсальная технология. По мнению ученого «virtual Reality (VR) is considered one of the novel options to add value to the learning journey. VR enables students to discover and explore their own knowledge. Furthermore, it makes the learning process more interesting, which improves students' motivation and attention» [5].

Действительно, мобильные и иммерсивные технологии призваны улучшить и совершенствовать процесс усвоения знаний, умений и навыков обучающегося. Помимо этого, включение студентов в

виртуальную образовательную среду положительно влияет на процесс их социализации, мотивационную и когнитивную сферу развития личности [6-7].

В 2014 году Mohamed Ally провел исследование, задавшись вопросом: «What is the future of mobile learning in education?» [8]. События предыдущего года, связанные с COVID-19 показали, что использование мобильных технологий позволяет проводить обучение, в котором доступ к людям, ресурсам и информации позволяет свободно перемещаться независимо от местоположения, расстояния и иных факторов. Обучение в дистанционном формате и в облаке позволило обучающимся, находящимся в разных часовых поясах и локациях получить равный доступ к обучению.

Использование мобильных технологий в высшем учебном заведении обеспечивает гибкость, способствует увеличению числа студентов разных стран, возрастных групп, социальной принадлежности и т.д. [9].

В научной и преподавательской среде на протяжении многих лет шла дискуссия о целесообразности использования мобильных приложений в обучении. Как отмечают авторы: «Умные устройства вместе с Интернетом упростили усилия и сократили время доступа к информационным ресурсам. Технологии расширили возможности общения и взаимодействия. Сотрудничество между учащимися и рабочими группами стало проще как для учителей, так и для учащихся. Концепция дистанционного обучения стала более известной и запоминающейся. Симуляторы и интерактивные платформы, виртуальные инструменты и лаборатории, визуальные и аудио приложения, а также электронные игры – все это примеры того, какие технологии предлагаются учащимся и учителям для улучшения среды преподавания и обучения» [10].

Опытном использования мобильных технологий в образовании делятся в своих исследованиях отечественные педагоги-ученые и ученые стран ближнего зарубежья. Дубских А.И. раскрывает роль мобильных приложений в изучении иностранных языков. Автор отмечает, что «интенсивное развитие информационно-коммуникационных технологий и мобильных устройств инспирировало распространение мобильного обучения. Мобильное обучение дает преимущество доступа к информации без каких-либо пространственных ограничений, а также возможность взаимодействия с пользователем в режиме реального времени» [11]. Мобильные технологии в процессе цифровизации образования рассмотрены в работе Фоминых М.В. По мнению автора «Современные технологии позволяют расширить поле учебной аудиторной и самостоятельной деятельности студентов в условиях привлечения к процессу познания информационных и телекоммуникационных компьютерных технологий, формирующих навыки самоорганизации и самообучения» [12].

Применение мобильных технологий в РК описано в исследованиях А.Т. Абдыкаримова, Л.С. Криванкова, Р.Ж. Жексембаева [13]. Авторы указывают на то, что мобильные технологии, являясь перспективным направлением в обучении, предоставляют неограниченный доступ к учебной информации, возможность получать обратную связь, уведомления, напоминания, результаты пройденных тестов и других оценочных работ. Мобильные устройства используются для получения информационно-справочного, образовательного материала.

Возможности реализации виртуального обучения в РК представлены в работе «Virtual learning: Possibilities and realization» [14]. В статье представлен взгляд на современный процесс виртуализации образования, особенности использования мультимедийной образовательной продукции, цифровых образовательных ресурсов в высшей школе. Виртуальное обучение рассматривается как процесс и результат коммуникации образовательного процесса.

Виртуальная образовательная среда может быть успешно реализована с помощью интерактивного общения с использованием LMS Moodle. По мнению авторов, LMS Moodle, как высокоуровневое решение для стратегического планирования, позволяет управлять многими учебными процессами, включая электронное обучение, виртуальные классы и онлайн-курсы [15].

Данная статья ставит своей целью раскрыть значение мобильных технологий, являющихся мощной поддержкой в виртуальных средах обучения. Мобильные технологии в обучении оказывают как технологическую, так и методическую помощь в виртуальной среде. Авторы сделали попытку раскрыть и показать пути использования мобильных технологий в виртуальной среде обучения.

Инструменты виртуального обучения. В настоящее время многие образовательные платформы расширяют и совершенствуют свои услуги, применяя мобильные и облачные технологии, обеспечивающие хранение и доступ к информации.

Сегодня мобильные устройства – телефоны или планшеты практически есть у каждого не только взрослого человека, но и у детей дошкольного возраста. И если дети в большей мере пользуются ими в игровых целях, то взрослые используют их как «информационный навигатор»: читают новости, прокладывают маршруты, ищут контактную информацию и так далее. Всё многообразие потребляемого контента объединяет одна общая особенность – его актуальность. Беря в руки смартфон, мы ищем информацию, которая нужна нам здесь и сейчас, максимально точную и достаточную по объёму.

Актуальным в этом смысле должно быть и мобильное обучение. Мобильные устройства позволяют организовать обучение вне зависимости от места и времени. Многие мобильные устройства уже имеют встроенные сенсоры или специальные приложения, которые могут, к примеру, распознавать голос, геолокацию, скорость и направление движения владельца, а также измерять биоритмы.

Как показала практика обучения в школах и вузах, онлайн-обучение наряду с недостатками имеет ряд преимуществ при сравнении с традиционным форматом обучения. Основным аргументом в пользу онлайн-образования и одной из его сильнейших сторон является демократизация учебного процесса. Онлайн-обучение позволяет устранить многие барьеры: географические, физические, финансовые. Обучающиеся получают возможность заниматься в удобном для себя месте: дома, по дороге на учебу и работу. Все чаще они также могут определять для себя наиболее подходящее время, содержание и темп учебы. Онлайн-обучение в разы дешевле классического аналога или же может быть абсолютно бесплатным. Одновременно расширяются и возможности вузов, получающих доступ к тем студентам, которые не могут присутствовать на занятиях лично. Таким образом, такой вид обучения, как онлайн, позволивший предоставить доступ к обучению различным слоям общества и категориям его граждан, является фактором демократизации сферы образования.

Доступность и открытость знаний сопровождается развитием цифровых технологий. Разрабатываются онлайн-инструменты, такие форматы виртуальной реальности, которые предоставляют как можно большему числу людей возможность изучать преподаваемые предметы. Постоянно расширяющиеся технические возможности для коммуникаций, доставки и потребления онлайн-контента привели к созданию первых независимых агентов онлайн-обучения. Это и Moodle и RSS-подписка для рассылки учебного материала. Виртуальная среда обучения – это постоянно действующая среда на браузерной платформе. Она предоставляет легкий доступ к информации, тематическим экспертам и коллегам в режиме реального времени. Подобные инструменты используются для интеграции в единое учебное пространство неформальное и формальное обучение на основе одновременного использования видео и аудио подкастов, виртуальных классов, сетевых ресурсов и социальных сетей.

В виртуальной среде обучения используются тренажеры, симуляторы. Традиционный подход к образованию изменится в сторону полной геймификации, гибкости и использования новейших технологий для лучшего и более полного усвоения получаемых знаний. Одним из таких видов является Формат диалогового тренажёра с элементами геймификации.

Использование мобильных приложений. Мобильные технологии в виртуальных средах обучения позволяют реализовать процесс симуляции, который по эффективности способен превзойти реальный учебный процесс. При симуляции концентрируется пространство, ускоряется и замедляется время, погружение в виртуальную обучающую среду имеет также высокое эмоциональное восприятие. С помощью симуляций происходит погружение в учебный опыт, в котором процессы, знания и умения высвечиваются так очевидно, как в реальности невозможно этого достичь.

Симуляции являются одним из самых эффективных форматов обучения, так как они дают возможность экспериментировать, изучать, и неоднократно использовать новые знания в рамках безопасной модели. Отдельным обучающимся и их группам качественная симуляция помогает развить глубокий уровень понимания, и разобраться в том, как их заключения и интуитивные реакции воздействуют на то, что происходит.

Инфраструктура дистанционного обучения состоит из организационно-технических решений по виртуальному общению. Среди средств коммуникации, позволяющих осуществлять обучение в режиме онлайн, можно выделить наиболее распространённые и массово доступные:

- сотовая телефонная связь;
- общение через социальную сеть;
- совместная работа в среде LMS Moodle.

Если ученик или студент не может посещать занятия в силу особых причин, мы можем дать ему возможность делать это удаленно. Для этого класс нужно оборудовать специальной камерой, которая будет выполнять съемку в формате 360 градусов и передавать панорамное видео всего класса. Ученики, посещающие урок дистанционно, смогут наблюдать происходящее в классе от первого лица (например, прямо со своего места), видеть своих одноклассников, общаться с преподавателем, принимать участие в совместных уроках. Виртуальная реальность позволяет избавиться от границ, что могут возникать во время видеоконференций или дистанционных уроков, создавая эффект личного присутствия. Преподаватель сможет увидеть, когда ученику необходимо «выйти» из «класса», шлемы со встроенными датчиками освещения позволяют понять, когда устройство используется человеком, а когда нет.

При таком виртуальном обучении необходимо осуществлять быструю обратную связь. Разработанное нами мобильное приложение «Feedback» написано в программной среде Android studio. Приложение предназначено для взаимодействия между студентами и преподавателем и обеспечения эффективной обратной связи. Преподавателю по умолчанию назначается профиль администрирования приложения. Приложение имеет разделы и сервисы для учащихся и преподавателя. Универсальность мобильных приложений заключается в возможности обучаться на доступном для учащихся уровне и в удобное время. Находясь в ВУЗе или дома, студент в любой момент может поддерживать постоянную связь с преподавателем. Учащийся может открыто выражать свои мысли, минимизировав различные недоразумения между студентами в группе, сделать обучение более доступным и открыть для себя множество новшеств. Мобильное приложение будет способствовать повышению уровня результативности процесса обучения. В среде Android создана программная среда Android studio для компиляции в дополнение к смартфонам, планшетами и любому техническому оборудованию, использующему операционную систему Android. Вход в приложение осуществляется с помощью сервисов авторизации. Если пользователь не зарегистрирован в приложении, оно сразу предлагает пройти регистрацию. Сервисы авторизации и регистрации регистрируют пользователей, после чего на электронную почту производится отправка сообщения. Пользователь должен открыть SMS и подтвердить свой статус, иначе он не сможет получить доступ к приложению. Мы комбинировали множество методов для обеспечения максимальной безопасности. После входа в систему открывается меню. Разделы меню мобильного приложения выполнены просто, лаконично и интуитивно понятно. В мобильном приложении первый раздел «Книги». Поскольку все книги, размещенные в этом разделе, представлены в формате pdf, читатель может хранить их в памяти мобильного устройства и читать книги в автономном режиме в любое время и в любом месте. В приложении реализован раздел «Видео-уроки», в котором учащиеся могут расширить свои знания, просмотрев видео-уроки. В разделе профиля учащийся или преподаватель может пополнить и сохранить свою фотографию и информацию о себе. Кнопка «Сообщения» предназначена для того, чтобы ученики задавали свои вопросы преподавателям. Сообщения могут обсуждаться учащимися с преподавателем или между учащимися. Приложение содержит раздел по составлению тестов, который предназначен для преподавателя. Тестовые вопросы могут составлять только лица, обладающие компетенциями преподавателя. Студенты выполняют задания в режиме онлайн самостоятельно. Тесты привязаны к темам просмотренных видеоуроков и прочитанных книг. По результатам прохождения тестирования составляются отчеты. Раздел «Тесты и результаты» доступен для преподавателя и для студента. Студент может выбрать и сдать любой тест, а после сдачи теста может поработать над своими ошибками. В разделе «Результаты» хранятся результаты сдавших тест учащихся. Результаты могут быть видны студентам только по предмету, по которому студент сдал свой тест. Преподаватель может просматривать результаты тестов по всем предметам.

Результаты

Онлайн-обучение определяет характер учебного процесса, образовательные схемы. Большая часть студентов использует сегодня для прохождения курсов смартфоны. Поэтому мобильные версии курсов и приложения становятся необходимым требованием. Веб встречи, виртуальные классы позволяют организовывать библиотеки контента, тематические архивы, тестирование по пройденному материалу, опросы учащихся и оценивающие инструменты. Разработанное в ходе данного исследования мобильное приложение «Feedback» позволяет обеспечивать взаимодействие между всеми участниками образовательного процесса онлайн образования. Мобильное приложение было апробировано во время пандемии Covid-19 при переходе на онлайн-обучение. В эксперименте приняли участие студенты специальности «Информатика». Студенты проходили обучение с помощью разработанного нами мобильного приложения. В разделе методология данной статьи приведено подробное описание работы мобильного приложения «Feedback». До применения разработанного нами мобильного приложения в группе, участвующей в эксперименте, успеваемость студентов была на среднем уровне: из 100% студентов 30% показали отличный результат, 39% – хорошо, 31% – удовлетворительно. Успеваемость составляла 69%. На рисунке 1 приведен график, демонстрирующий результаты до и после применения мобильного приложения. Показательно, что после применения мобильного приложения успеваемость студентов возросла на 18% и составила 87%.

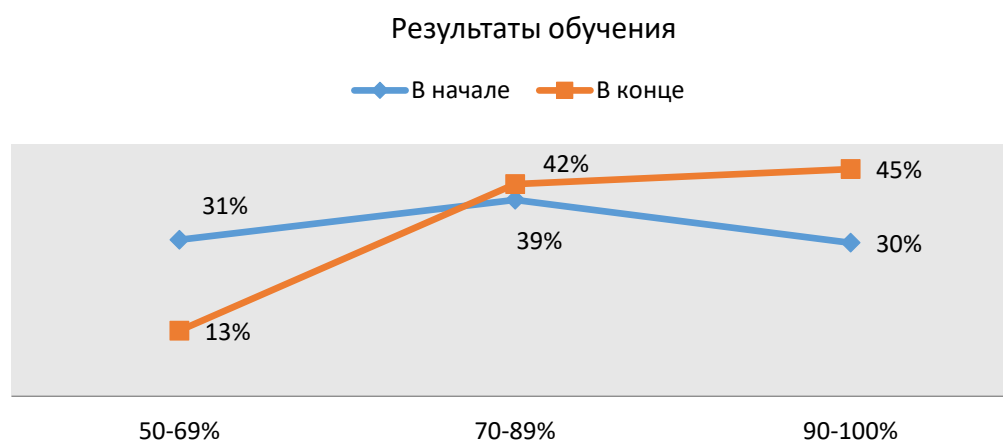


Рисунок 1. График изменения результатов обучения в начале и в конце исследования

Информационные и мобильные технологии онлайн-обучения получили большую популярность во время пандемии. Разработанное нами мобильное приложение «Feedback» возможно использовать как в качестве основного, так и в качестве вспомогательного инструмента проведения онлайн занятий. Внедрение нашей разработки в процесс обучения показывает, что мобильное приложение будет полезно как преподавателям, так и студентам. Экспериментально доказано что, в результате применения нашей разработки повысится мотивация к обучению и успеваемость студентов.

Дискуссия

Проблема виртуального обучения в настоящее время очень актуальна. В данной работе проведен детальный анализ и рассмотрена практика использования мобильных и облачных технологий в процессе виртуального обучения. Результатом проведенного исследования является создание мобильно-облачного приложения для студентов с использованием современных технологий. Разработанное нашей командой приложение, позволяет реализовать все возможности виртуального обучения. С помощью мобильного приложения студенты могут получать обучающий контент, проходить тестирование и просматривать результаты тестирования. В приложении реализованы просмотр информации на личной странице, аутентификация, панель загрузки ресурсов онлайн-курса, а также отправка электронного письма с подтверждением учетной записи. Приложение может работать на мобильных устройствах с операционной системой Android. Для создания мобильно-облачной версии приложения использовалась среда разработки Android Studio. Это позволило нам спроектировать и визуализировать интерфейс мобильного приложения. Для разработки приложения на мобильные устройства мы использовали мобильно-облачные технологии. Причинами выбора

данной технологии послужили следующие параметры: скорость, общие ресурсы, быстрый и безопасный сбор и отправка данных. Функциональность мобильно-облачного приложения обеспечивается за счет клиент-серверной технологии, реализованной в сети Интернет. Клиентское приложение отправляет запрос на сервер. Сервер обрабатывает запрос, а затем передает информацию клиенту. В заключение хотелось бы отметить, что нововведением нашей разработки является использование мобильно-облачных технологий как в приложении, созданном в мобильной версии платформы для процесса виртуального обучения, так и в самом процессе обучения.

Заключение

Мобильные технологии в виртуальных средах обучения являются перспективным инструментом в организации современного обучения, которому из-за сложившихся на мировой образовательной арене ситуации с пандемией, присущ дистанционный и онлайн формат. Виртуализация становится неотъемлемой частью дистанционного обучения, так как она позволяет воплотить и реализовать сложные сценарии неформального и формального обучения. На создание виртуального мира тратится меньше финансовых, человеческих, временных ресурсов. В этом плане его разработку можно считать экономически эффективным, он более интерактивен, нежели реально существующая действительность. Простота его реализации в учебном процессе делают его привлекательным и доступным. Нельзя не отметить тот факт, что в современном мире, провозглашающим обучение на протяжении всей жизни, именно виртуальный формат при помощи мобильных технологий реализует данный лозунг для людей, желающих получить образование в любом возрасте, независимо от местонахождения, социального и материального положения.

Сегодня мобильные технологии ускоренными темпами развиваются технологически. Быстроменяющийся тематический контент предоставляет огромный массив информации. Мобильные технологии в виртуальной реальности позволяют обучающимся открывать новые горизонты и возможности для овладения теорией и отработки практики. Перспективы развития виртуального обучения позволяют прогнозировать рост и включение его в повседневный обучающий процесс, который будет становиться все более информативным, доступным и контекстным. Оно позволит получить образование все большему количеству людей, расширить границы получения знаний. Социальная ориентация современного обучения в условиях использования мобильных технологий позволяет говорить о виртуальном образовании будущего. Технологии виртуального обучения с использованием мобильных технологий приближают нас к моделированию реальности и замену его виртуальным аналогом, позволяющим технически расширить действительность, представив новые открытия и изобретения.

Благодарность

Работа выполнена в рамках проекта № AP09259370 «Разработка технологической платформы виртуального обучения на основе подходов искусственного интеллекта» за счет грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Список использованной литературы:

1 Государственная программа "Цифровой Казахстан". УТВЕРЖДЕНА постановлением Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года № 827 Государственная Программа с изменениями, внесенными постановлением Правительства РК от 20.12.2019 № 949.

2 Keengwe, J., Bhargava, M. *Mobile learning and integration of mobile technologies in education. Educ Inf Technol* 19, 737–746 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10639-013-9250-3>

3 Akcil, U. *The use of mobile learning for visually impaired learners school in tolerance education contents. Qual Quant* 52, 969–982 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11135-017-0552-1>

4 Lee, J. *Problem-based gaming via an augmented reality mobile game and a printed game in foreign language education. Educ Inf Technol* (2020). <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10391-1>

5 Alfalah, S.F.M. *Perceptions toward adopting virtual reality as a teaching aid in information technology. Educ Inf Technol* 23, 2633–2653 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9734-2>

6 King, SA, Dzenga, C., Burch, T. et al. *Обучение неполной записи проблемного поведения с помощью виртуальной реальности. J Behav Educ* 30, 202–225 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10864-019-09363-4>

- 7 Mitchell, P., Parsons, S. & Leonard, A. Using Virtual Environments for Teaching Social Understanding to 6 Adolescents with Autistic Spectrum Disorders. *J Autism Dev Disord* 37, 589–600 (2007). <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0189-8>
- 8 Ally, M., Prieto-Blázquez, J. What is the future of mobile learning in education?. *Int J Educ Technol High Educ* 11, 142–151 (2014). <https://doi.org/10.7238/rusc.v11i1.2033>
- 9 Kim, P., Hagashi, T., Carillo, L. et al. Socioeconomic strata, mobile technology, and education: a comparative analysis. *Education Tech Research Dev* 59, 465–486 (2011). <https://doi.org/10.1007/s11423-010-9172-3>
- 10 Al-Hamad, N.Q., AlHamad, A.Q. & Al-Omari, F.A. Smart devices employment in teaching and learning: reality and challenges in Jordan universities. *Smart Learn. Environ.* 7, 5 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40561-020-0115-0>
- 11 Дубских А.И. Роль мобильных приложений в изучении иностранных языков // *Цифровая трансформация современного образования: материалы Всерос. науч. конф. с международным участием (Чебоксары, 2 нояб. 2020 г.) / редкол.: Е.А. Мочалова [и др.] – Чебоксары: ИД «Среда», 2020. – С. 46-49. – ISBN 978-5-907313-85-9.*
- 12 Фоминых М.В. Мобильные технологии в процессе цифровизации образования / М.В. Фоминых, Б.А. Ускова // *Цифровизация образования: вызовы современности : материалы Всерос. науч. конф. с международным участием (Чебоксары, 13 нояб. 2020 г.) / редкол.: Р.И. Кириллова [и др.] – Чебоксары: ИД «Среда», 2020. – С. 77-81. – ISBN 978-5-907313-86-6.*
- 13 Абдыкаримова А. Т., Криванкова Л. С., Жексембаева Р. Ж. Мобильные устройства и приложения в образовании: необходимость или дань времени // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2018. – №. 2.*
14. Kerimbayev N. Virtual learning: Possibilities and realization // *Education and Information Technologies. – 2016. – 21. – №. 6. – Pp. 1521-1533. https://doi.org/10.1007/s10639-015-9397-1*
15. Kerimbayev N. et al. Virtual educational environment: interactive communication using LMS Moodle // *Education and Information Technologies. – 2020. – 25. – №. 3. – Pp. 1965-1982. https://doi.org/10.1007/s10639-019-10067-5*

References

- 1 Gosudarstvennaja programma "Cifrovoy Kazahstan" [Digital Kazakhstan]. (2017) UTVERZHENA postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 12 dekabrja 2017 goda № 827 Gosudarstvennaja Programma s izmenenijami, vnesennymi postanovleniem Pravitel'stva RK ot 20.12.2019 № 949 [State program "Digital Kazakhstan"]. (n.d.). *adilet.zan.kz*. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1700000827/> (in Russian)
- 2 Keengwe, J., Bhargava, M. (2014) Mobile learning and integration of mobile technologies in education. *Educ Inf Technol* 19, 737–746. <https://doi.org/10.1007/s10639-013-9250-3>
- 3 Akcil, U. (2018) The use of mobile learning for visually impaired learner's school in tolerance education contents. *Qual Quant* 52, 969–982. <https://doi.org/10.1007/s11135-017-0552-1>
- 4 Lee, J. (2020) Problem-based gaming via an augmented reality mobile game and a printed game in foreign language education. *Educ Inf Technol*. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10391-1>
- 5 Alfalah, S.F.M. (2018) Perceptions toward adopting virtual reality as a teaching aid in information technology. *Educ Inf Technol* 23, 2633–2653. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9734-2>
- 6 King, SA, Dzenga, C., Burch, T. et al. (2021) Obuchenie nepolnoj zapisi problemnogo povedenija s pomoshh'ju virtual'noj real'nosti [Teaching incomplete recording of problem behaviors using virtual reality]. *J Behav Educ* 30, 202–225. <https://doi.org/10.1007/s10864-019-09363-4>. (in Russian)
- 7 Mitchell, P., Parsons, S. & Leonard, A. (2007) Using Virtual Environments for Teaching Social Understanding to 6 Adolescents with Autistic Spectrum Disorders. *J Autism Dev Disord* 37, 589–600. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0189-8>
- 8 Ally, M., Prieto-Blázquez, J. (2014) What is the future of mobile learning in education?. *Int J Educ Technol High Educ* 11, 142–151. <https://doi.org/10.7238/rusc.v11i1.2033>
- 9 Kim, P., Hagashi, T., Carillo, L. et al. (2011) Socioeconomic strata, mobile technology, and education: a comparative analysis. *Education Tech Research Dev* 59, 465–486. <https://doi.org/10.1007/s11423-010-9172-3>
- 10 Al-Hamad, N.Q., AlHamad, A.Q. & Al-Omari, F.A. (2020) Smart devices employment in teaching and learning: reality and challenges in Jordan universities. *Smart Learn. Environ.* 7, 5. <https://doi.org/10.1186/s40561-020-0115-0>
- 11 Dubских А.И. (2020) Rol' mobil'nyh prilozhenij v izuchenii inostrannyh jazykov [The Role of Mobile Apps in Foreign Language Learning]. *Cheboksary: ID «Sreda», 46-49. (in Russian)*
- 12 Fominyh M.V. (2020) Mobil'nye tehnologii v processe cifrovizacii obrazovanija [Mobile technologies in the digitalization of education]. *Cheboksary: ID «Sreda», 77-81. (in Russian)*
- 13 Abdykarimova A.T., Krivankova L.S., Zheksembaeva R.Zh. (2018) Mobil'nye ustrojstva i prilozhenija v obrazovanii: neobhodimost' ili dan' vremeni [Mobile devices and apps in education: a necessity or a tribute to the times]. *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk, № 2. (in Russian)*
14. Kerimbayev N. (2016) Virtual learning: Possibilities and realization. *Education and Information Technologies. 21. №. 6. Pp. 1521-1533. https://doi.org/10.1007/s10639-015-9397-1*
15. Kerimbayev N. et al. (2020) Virtual educational environment: interactive communication using LMS Moodle // *Education and Information Technologies. 25. №. 3. Pp. 1965-1982. https://doi.org/10.1007/s10639-019-10067-5*

МРНТИ 14.25.09

УДК 373.5.016.02.091.26:004(574)

<https://doi.org/10.51889/2021-3.1728-7901.25>

А.Е. Сағымбаева^{1*}, С. Авдарсоль²

¹ Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

² Алматы гуманитарлы - экономикалық университет, Алматы қ., Қазақстан

*email: aiya_c@mail.ru

КРИТЕРИАЛДЫ ТӘСІЛ НЕГІЗІНДЕ ИНФОРМАТИКАДАН ОҚУШЫЛАРДЫҢ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ САУАТТЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ ЖҮЙЕСІНІҢ ТИІМДІЛІГІ

Аңдатпа

Мақалада критериялды тәсіл негізінде информатикадан оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесінің тиімділігі педагогикалық тәжірибе жүргізу арқылы дәлелденіп және тәжірибелік жұмыстардың нәтижелері жайлы қорытындылар жасалды. Педагогикалық тәжірибе үш кезеңнен тұрады. Анықтаушы кезеңде информатикадан жасалған бағалау тапсырмаларының оқушылардың функционалдық сауаттылықтарының бағыттарын қаншалықты ескере отырып жасалғандығы анықталды. Ізденуші кезеңде информатикадан критериялды тәсіл негізінде оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау тапсырмалары мен есептері жасалды. Оқыту-бақылау кезеңінде информатикадан критериялды тәсіл негізінде жасалған функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесінің информатика пәнінен оқушылардың білім сапасы мен оқыту әдістемесіне әсері анықталды. Сонымен қатар, тәжірибе барысында «Информатикадан оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау тапсырмалары» атты оқу-әдістемелік құралы пайдаланылды. Бақылау топтарында оқыту барысында білімді бағалау дәстүрлі әдіс бойынша, ал тәжірибелік топтарда критериялды тәсіл негізінде оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау тапсырмалары бойынша жүргізілді.

Түйін сөздер: критериялды тәсіл, функционалдық сауаттылық, тәжірибе, анықтаушы кезең, ізденуші кезең, оқыту-бақылау кезеңі, жағдаяттық тапсырма.

Аннотация

А.Е. Сағымбаева¹, С. Авдарсоль²

¹Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

²Алматинский гуманитарно-экономический университет, г.Алматы, Казахстан

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ УЧАЩИХСЯ ПО ИНФОРМАТИКЕ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИАЛЬНОГО ПОДХОДА

В статье доказана эффективность системы оценки функциональной грамотности учащихся по информатике на основе критериального подхода путем проведения педагогического эксперимента и сделаны выводы по результатам работы. Педагогическое исследование состоит из трех этапов. На констатирующем этапе было выявлено, насколько оценочные задания по информатике составлены с учетом направлений функциональной грамотности учащихся. На поисковом этапе были разработаны задания и задачи для оценки на основе критериального подхода функциональной грамотности учащихся по информатике. На учебно-контрольном этапе выявлено влияние системы оценки функциональной грамотности, разработанной на основе критериального подхода по информатике на качество знаний и методику обучения учащихся по информатике. Кроме того, в ходе практики было использовано учебно-методическое пособие «Задания по оценке функциональной грамотности учащихся по информатике». В ходе обучения в контрольных группах оценивание знаний проводилось по традиционному методу, а в экспериментальных группах на основе критериального подхода.

Ключевые слова: критериальный подход, функциональная грамотность, практика, констатирующий этап, поисковый этап, учебно-контрольный этап, ситуационное задание.

Abstract

THE EFFECTIVENESS OF THE SYSTEM FOR ASSESSING THE FUNCTIONAL LITERACY OF STUDENTS IN COMPUTER SCIENCE BASED ON THE CRITERION APPROACH

Sagimbayeva A.E.¹, Avdarsol S.²

¹ Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

² Almaty University of Humanities and Economics, Almaty, Kazakhstan

In the article, based on the criterion approach, the effectiveness of the system for assessing the functional literacy of students in computer science is proved by conducting a pedagogical experiment and conclusions are drawn about the results of practical work. The teaching experience consists of three stages. At the ascertaining stage, it was revealed to

what extent the assessment tasks in computer science were compiled taking into account the directions of functional literacy of students. At the applicant stage, tasks and tasks were developed to assess the functional literacy of students based on a criteria-based approach in computer science. At the educational and control stage, the influence of the functional literacy assessment system, developed on the basis of a criterion approach in computer science, on the quality of knowledge and the methodology of teaching students in computer science was revealed. In addition, during the practice, the educational and methodological manual "tasks for assessing the functional literacy of students in computer science" was used. During the training in the control groups, the assessment of knowledge was carried out according to the traditional method, and in the experimental groups on tasks to assess the functional literacy of students based on the criteria approach.

Keywords: criterion-based approach, functional literacy, experience, definition stage, applicant stage, training and control stage, situational task.

Кіріспе

Қазіргі кезде орта мектептерде білім беру үдерісінде қолданылып жүрген критериалдық бағалау жүйесі білім алушылардың құзыреттіліктерін белгілі критерийлердің көмегімен айқындауға мүмкіндік береді.

Критериалдық бағалау бұл критериалды тәсілге негізделген оқушының білім берудің күтілетін нәтижелеріне жеке жақындау дәрежесін анықтау болып табылады. Білім беру жүйесіндегі оқушылардың оқу жетістіктерін бағалау жүйесі олардың функционалдық сауаттылығын дамытуға ықпал ететін жетекші факторлардың бірі болып табылады.

Бүгінгі таңда елімізде заманауи әлемдік білім кеңістігінде оқыту үдерісінің нәтижелеріне қойылатын негізгі талаптар болып табылатын оқушылардың білім деңгейіне қойылатын халықаралық стандарттың талаптарына сәйкес, оқушы білімінің басты нәтижесі олардың қалыптасатын құзыреттіліктер болып белгіленуі білім беру жүйесінде «функционалдық сауаттылық» ұғымын енгізуге негіз болды [1].

А.А. Леонтьев «функционалдық сауаттылық - адамның өмір бойы алған білімін адам қызметінің, қарым-қатынас пен әлеуметтік қатынастардың әртүрлі салаларындағы өмірлік міндеттердің кең ауқымын шешу үшін пайдалану қабілеті» деген анықтама береді [2].

Функционалдық сауаттылық білім алушының алған білім, біліктілігі мен дағдыларын нақты өмірлік жағдайларда қаншалықты пайдалана алатынын көрсетеді. Ол белгілі бір мәдени ортада өмір сүру үшін адамның дайындығының ең төменгі қажетті деңгейін белгілейді. Функционалдық сауаттылықты қалыптастыру және оны дамыту күрделі, көп қырлы, біраз уақытты талап ететін үдеріс болып табылады. Сондықтан да, қажетті нәтижелерге әртүрлі заманауи білім берудің педагогикалық технологияларын сауатты үйлестіре отырып қол жеткізуге болады.

Функционалдық сауаттылық - бұл метапәндік құбылыс, сондықтан да ол барлық мектеп пәндері, сонымен қатар информатика пәнін оқыту барысында қалыптасады. Информатиканы оқыту барысында оқушылардың бойында қалыптасатын функционалдық сауаттылықты бағалаудың критерийлік тәсілін негізге ала отырып, қалай бағалауға болады деген мәселе туындайды.

Критериалды бағалау оқушыларды жетістікке жетуге ынталандыру үшін қолданылады: оларға өз қателіктерінен білім алуға көмектеседі; белгілі бір дағдылардың болуын анықтайды; өзін-өзі бақылау және бағалау әрекеттерін қалыптастыру; оқушылардың оқуға деген ынтасын арттыру болып табылады [3, 4].

Зерттеу барысында критериалды тәсіл негізінде информатикадан оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесі жасалған болатын. Бұл жүйенің негізгі ерекшелігі белсенділікті қалыптастыруға ықпал ететін информатикадан алған теориялық білімдерін өмірлік жағдаяттық есептер мен деңгейлік тапсырмалардың іріктеліп алуында болып табылады. Осы мақсатта оқу қабілеті жоғары оқушыларға: өзара бағалаумен бақылау (тест); тәжірибе жүргізу, өмірлік құбылыстарды сипаттау, байқау негізіндегі қорытындылар ұсынылады. Сонымен қатар, оқушының іс-әрекеті, оның оқу үдерісіне қатысуын бағалау оқушының табыстары мен сәтсіздіктері туралы ақпаратты алған кезде кері байланыс функциясын орындайтындығымен қамтамасыз етіледі [5, 6].

Зерттеу әдіснамасы

Зерттеу әдістері: білім беру саласы бойынша нормативті құжаттар, информатикадан білім беру бағдарламалары, педагогика және психология бойынша оқу құралдарына талдау; информатикадан критериалдық тәсіл негізінде оқушылардың функционалдық сауаттылықтарын дамыту жайлы теориялық мәселелерге қатысты әдебиеттерге талдау; функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесін

құру үшін есептер мен тапсырмалардың мазмұнын іріктеу; деңгейлік бағалау тапсырмалар дайындаудың әдістемесін зерттеу; бақылау, сауалнама, тестілеу, сараптамалық бағалау; педагогикалық тәжірибе және оның нәтижелерін талдау.

Педагогикалық тәжірибе педагогикалық зерттеулердің қойылған болжамының дұрыстығын объективті және дәлелді тексеруге арналған.

Педагогикалық тәжірибенің негізгі мақсаты информатикадан критериалды тәсіл негізінде оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесінің тиімділігін негіздеп, тәжірибе жүзінде тексеру болып табылады.

Педагогикалық тәжірибе 2017-2020 жж, аралығында анықтаушы, ізденуші және оқыту-бақылау кезеңдері бойынша, Алматы қаласының А.С.Қожықов атындағы №39 мамандандырылған лицейі, №24 лицей және №42 жалпы білім беретін мектеп коммуналдық мемлекеттік мекемесінде жүргізілді, оған информатика пәнінің мұғалімдері мен 5-9 сынып оқушылары қатысты.

Педагогикалық тәжірибе 3 кезеңді қамтиды: анықтаушы, ізденуші, оқыту-бақылау.

Анықтаушы кезең 2017-2018 ж.ж. жүргізілді. Анықтаушы кезеңінде информатикадан жасалған бағалау тапсырмаларының оқушылардың функционалдық сауаттылықтарының бағыттарын қаншалықты ескере отырып жасалғандығы анықталды.

Ізденуші кезең 2018-2019 ж.ж. жүргізілді. Ізденуші кезеңінде информатикадан критериалдық тәсіл негізінде жасалған функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесі жасалып, іске асырылды.

Оқыту-бақылау кезеңі 2019-2020 ж.ж. жүргізілді. Бұл кезеңде информатикадан критериалдық тәсіл негізінде жасалған функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесінің оқушылардың информатикадан пәні бойынша білім сапасы мен оқыту әдістемесіне әсері анықталды.

Педагогикалық тәжірибе нақты информатиканы оқыту үдерісі барысында, оқушыларға үйреншікті, қалыпты жағдайда өткізілді.

Зерттеу нәтижелері

Бақылаудың нәтижесі және өзіміз қатысқан 5-9 сыныптардың информатика сабақтарынан көргеніміздей, бірқатар оқушылар мәтін түрінде берілген тапсырмаларды орындағанда және есептерді шығарғанда, алынған нәтижені түсіндіруде, есептің мазмұнын талдай алмағандықтан, есепті шешуде информатикадан алған теориялық білімін қолдана алмағандықтан қиналатыны анықталды. Тәжірибенің анықтаушы кезеңінде оқушылардың орындаған практикалық тапсырмалары мен шығарған есептерінің нәтижелері дәстүрлі бағалау әдістерінің (ауызша сұрау, бақылау жұмысы) нәтижелерімен үнемі сәйкес келмейтінін көрсетті.

Информатика мұғалімдеріне жасалатын педагогикалық тәжірибенің мақсаттары мен міндеттері жан-жақты түсіндірілді, сонымен қатар информатикадан критериалды тәсіл негізінде жасалған функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесі материалдарын шығармашылықпен қалай қолдану жайлы кеңестер берілді. Информатиканы оқыту үдерісінің барысын бақылау, оқушылардың меңгерген оқу материалдары, сонымен қатар олардың практикалық тапсырмаларды орындауда және есептерді шығарған кезде жіберген қателері жайлы ақпараттар жинақтау, дәстүрлі қалыптасқан оқу үдерісін сақтау, оны тәжірибеге негіздеп бұрмаламауға болмайтыны жайлы нұсқаулар берілді.

Критериалды тәсіл негізінде жасалған оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесінің құраушылары болып табылатын жоғарыдағыдай айтылған практикалық тапсырмалар мен есептердің сапасы тәжірибе жүргізілетін сыныптарда тексерілді. Тәжірибелік сынып оқушылары критериалды тәсіл негізінде жасалған функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесінің құраушылары болып табылатын практикалық тапсырмаларды орындап мен есептерді шығарды. Бұл тәжірибе информатика пәні мұғалімдерінің қатысуымен өтті.

Критериалды тәсіл негізінде жасалған оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесінің деңгейлік тапсырмалары мен есептерін дұрыс құрастырудың белгісі дәстүрлі практикалық тапсырмаларды орындау мен есептерді шығару нәтижелерінің бірдейлігі болып табылады. Егер критериалдық тәсіл негізінде жасалған оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесінің деңгейлік тапсырмаларын дұрыс орындай алмаса, қателер көп жіберілсе, ал дәстүрлі практикалық тапсырмалар мен есептерді оқушылар сәйкес оқу материалын қанағаттандыратындықтай меңгергендіктерін көрсетсе, оның себебі талданып, тапсырмаға қажетті түзетулер енгізілді.

Педагогикалық тәжірибенің анықтаушы кезеңі барысында критериалды тәсіл негізінде оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау тапсырмаларын пайдаланудың тиімді жақтары анықталды:

1) критериалды тәсіл негізінде оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау тапсырмалары сабақтың барлық кезеңдерінде қолданылуы мүмкін, оларды қолданудың басты міндеті – оқушылардың информатикадан алған білімдерін барынша тереңдету;

2) критериалды тәсіл негізінде оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау тапсырмаларын қолдану оқушылардың информатикадан алған білімдерін өмірде кездесетін жағдаяттық есептерді шешуде пайдалана алуы;

3) критериалды тәсіл негізінде оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау тапсырмалары оқушылардың пәнге деген қызығушылықтары мен пәнді оқу барысында олардың жоғары белсенділіктерін туғызуы.

Педагогикалық тәжірибенің анықтаушы кезеңінде төмендегідей мәселелер байқалды:

- информатикадан қолданылатын бағалау тапсырмаларының көпшілігі оқушылардың функционалдық сауаттылықтарының бағыттары ескерілмей жасалған;

- информатикадан қолданылатын бағалау тапсырмаларына оқушылардың барлығы бірдей дұрыс, әрі нақты орындай алмайды, себебі бағалау тапсырмаларының мазмұны оқушыларға түсініксіз немесе олардың білім деңгейлеріне сәйкес келмейді.

Педагогикалық тәжірибенің ізденуші кезеңінде информатикадан критериалды тәсіл негізінде жасалған функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесі жасап, оқушыларға берілетін есептер мен тапсырмаларының мазмұнын іріктеу, сонымен қатар жасалған бағалау тапсырмалар жүйесін сабақта пайдаланудың әдістемесін көрсету болып табылды.

Информатикадан критериалды тәсіл негізінде жасалған функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесін тәжірибелік тексеру мынадай әрекеттерден тұрды:

- информатикадан критериалды тәсіл негізінде жасалған функционалдық сауаттылығын бағалау тапсырмаларының нұсқаларын дайындау;

- тәжірибелік бағалау нәтижесінің кестесін дайындау;

- оқушылардың орындаған тапсырмаларын тәжірибеге қатысушы мұғалімдермен бірге отырып талқылау, тексеру;

- оқушылардың тапсырмаларды орындау нәтижелерін кестеге толтыру, берілген тапсырманы немесе есепті шығарғанда, алған теориялық білімін өмірлік жағдайларда қаншалықты пайдалана алатынын талдау;

- қажет болған жағдайда берілген тапсырмаларға түзетулер енгізу, оларды берге істейтін басқа информатика мұғалімдерінің өздерінің сыныптарында қолдануларына дайындау.

Функционалдық сауаттылықты дамыту мақсатында мұғалім оқушыларға әртүрлі тапсырмалар ұсына алады: жағдаяттық, практикаға бағытталған тапсырмалар, ашық типтегі тапсырмалар.

Информатикадан оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалауда критериалды тәсілді қолданудың ерекшеліктері деңгейлік тапсырмалар жүйесінде белсенділікті қалыптастыруға ықпал ететін жағдаяттық тапсырмалар қолданылады. Осы мақсатта оқу қабілеті жоғары оқушыларға: өзара бағалау мен бақылау (тест); тәжірибе жүргізу, өмірлік құбылыстарды сипаттау, байқау негізіндегі тапсырмалар ұсынылады.

Бұл тапсырмаларды орындауда салыстыру, бағалау, жіктеу, жалпылау және нақтылау, талдау, білімді шығармашылық пайдалану; себеп-салдар байланысын орнату, құзыреттіліктің жоғары деңгейін талап ететін логикалық негізделген қорытынды жасау талап етіледі. Орташа деңгейдегі оқушылар конспектіні, схеманы жеке құрастыру; кестені өз бетінше толтыру; жеке немесе фронтальды түрде жүзеге асырылуы мүмкін. Мұндай мазмұнның міндеті жүйеде ұғымдар мен байланыстардың көп болуына байланысты білімнің толықтығын анықтауға, оқушының меңгеру керек өзара байланысты белгілерінің сипатына байланысты әр ұғымның терең түсіндірілуін анықтауға бағытталған.

Критериалды тәсіл негізінде жасалған оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесінің құраушылары болып табылатын жоғарыдағыдай айтылған практикалық тапсырмалар мен есептердің сапасы тәжірибе жүзінде тәжірибе жүргізілетін сыныптарда тексерілді.

Критериалды тәсіл негізінде жасалған оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесінің деңгейлік тапсырмалары мен есептерін дұрыс құрастырудың белгісі дәстүрлі практикалық тапсырмаларды орындау мен есептерді шығару нәтижелерінің бірдейлігі болып табылады. Егер

критериалды тәсіл негізінде жасалған оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесінің деңгейлік тапсырмаларын дұрыс орындай алмаса, қателер көп жіберілсе, ал дәстүрлі практикалық тапсырмалар мен есептерді оқушылар сәйкес оқу материалын қанағаттандырырлықтай меңгермегендіктерін көрсетсе, оның себебі талданып, тапсырмаларға қажетті түзетулер енгізілді.

Информатика курсының материалдары бойынша критериалды тәсіл негізінде жасалған оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесін неғұрлым мақсатқа сай пайдалану аумақтары анықталды; оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесі нәтижелерінің информатиканы оқыту әдістемесі мен мазмұнына, оқу үрдісіне әсері зерттелді.

Осылайша ізденуші кезеңде әр жылдарда информатикадан жасалған критериалды тәсіл негізінде оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау тапсырмалар жүйесі жасалып, олардың дұрыстығы тәжірибелік топ оқушыларының үлгерім көрсеткіштерін салыстыру арқылы анықталды.

Тәжірибенің үшінші кезеңінде критериалды тәсіл негізінде жасалған оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау нәтижесінің оқушылардың информатика курсы бойынша алған білім сапасына әсерін анықтау мақсатымен тәжірибе және бақылау топтары алынды. Тәжірибе барысында оқушылар бағалау критерийлерін талқылауға қатысты, сыныпта және үйде, жоғарыда аталған жоспарға сәйкес, информатикадан критериалдық тәсіл негізінде оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау тапсырмалар жүйесі арқылы бағаланды. Бақылау топтарында оқыту барысында білімді бағалау дәстүрлі әдіс бойынша, ал тәжірибелік топтарда критериалдық тәсіл негізінде оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау тапсырмалары бойынша жүргізіліп отырды.

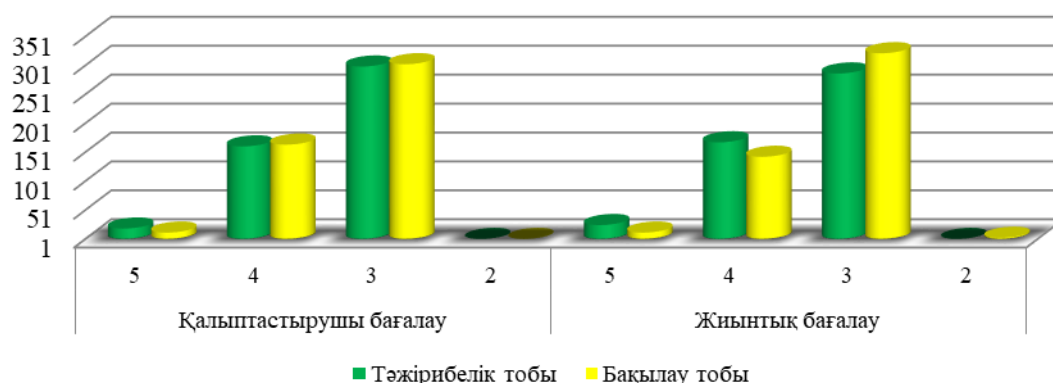
Тәжірибелік топта «Информатикадан оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау тапсырмалары» атты оқу-әдістемелік құралы пайдаланылды [7]. 5-9 сыныптардың тәжірибелік және бақылау топтарында тәжірибе нәтижелерінің оқушылардың білім сапасына тигізген әсерін анықтау мақсатында тәжірибелік және бақылау топтарында оқушылардың білімдерін қалыптастырушы және жиынтық бағалау арқылы тексердік. Оқушылардың білім сапасының көтерілгендігін білім көрсеткіштері арқылы салыстыруға болады. Мысал ретінде 5-сынып оқушыларының білім көрсеткішін беріп отырмыз (1 кесте).

Кесте 1. 5-сынып оқушыларының білім көрсеткіші

Тәжірибе өткізілген жылдар	Тәжірибелік және бақылау топтары	Оқушылар саны							
		Қалыптастырушы бағалау				Жиынтық бағалау			
		5	4	3	2	5	4	3	2
2017-2018	Тәжірибелік тобы	5	45	110		7	45	108	
	Бақылау тобы	6	55	99		4	40	116	
2018-2019	Тәжірибелік тобы	4	51	104	1	6	55	99	
	Бақылау тобы	3	48	109		4	45	111	
2019-2020	Тәжірибелік тобы	10	65	85		12	68	80	
	Бақылау тобы	3	61	95	1	4	58	95	3
Барлығы	Тәжірибелік тобы	19	161	299	1	25	168	287	0
	Бақылау тобы	12	164	303	1	12	143	322	3

1-суретте педагогикалық тәжірибе жүргізілген кездегі 5 сыныптың тәжірибелік және бақылау топтарындағы оқушылардың үлгерімдері диаграмма түрінде көрсетілген.

Оқушылардың үлгерімдерінің көрсеткіштері



Сурет 1. 5-сыныптың тәжірибелік және бақылау топтарындағы оқушылардың үлгерімдері

Сонымен, жылдан-жылға оқушылардың информатикадан білім деңгейлерінің даму динамикасы зерттеліп, сапалық көрсеткіштерінің артқандығы анықталды.

Практикалық тәжірибе мен ұсынылған пайдалану әдістерінің тиімділігі оң нәтиже көрсетті, оның тиімділігі Фишердің F – критерийі бойынша есептелінді. Оқыту-бақылау тәжірибесінің соңында жасалынған статистикалық талдау нәтижесінде критериалды тәсіл негізінде жасалған оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау жүйесінің тиімділігін тәжірибелік тексеру зерттеу жұмысының құндылығын айқындайды.

Қорытынды

Педагогикалық тәжірибені жүргізу барысында информатикадан критериалды-бағытталған бағалау тапсырмаларының оқушылардың функционалдық сауаттылықтарының бағыттарына сәйкестігі ескерілсе, сонымен қатар бағалау тапсырмалары қиындық деңгейлеріне және берілу тәсілдеріне қарай сұрыпталып алынса, онда оқушылардың функционалдық сауаттылығын критериалды-бағытталған бағалау жүйесінің тиімділігі артып, оқушылардың информатикадан білім сапасын артады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Қазақстан Республикасының Білім беруді және ғылымды дамытудың 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы, Астана, 2019 ж. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P1900000988>
- 2 Леонтьева А. А. Образовательная система «Школа 2100». Педагогика здравого смысла / под ред. А.А. Леонтьева. М.: Баласс, 2003. С. 35.
- 3 Сағымбаева А.Е., Авдарсол С. Критериалды тәсіл негізінде информатикадан оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау // Вестник-Хабаршы, №4 (68), Абай атындағы ҚазҰПУ. Алматы. 2019. Б. 244-250.
- 4 Сағымбаева А.Е., Заславская О.Ю., Авдарсол С. Информатикадан оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалауда критериалдық тәсілді қолданудың ерекшеліктері // Абай атындағы ҚазҰПУ Хабаршы. «Физика-математика» сериясы.-Алматы. 2020. –№4 (72). –Б. 212-219. doi.org/10.51889/2020-4.1728-7901.38
- 5 Sagimbaeva A.Y., Avdarsol S., B.G.Bostanov, L.B.Rakhimzhanova, T.Khakimova. Criteria-based assessment as the Way of Forming Students' Functional Literacy in Computer Science // Periodico Tche Quimica. - 2020.– V.17. Iss. 35. –P. 41-54.
- 6 Sagimbaeva A.Y., Avdarsol S., Zaslavshkaya O.Y., Arynova G.S., Baimakhanova A.S. The model of a system for criteria-based assessing of students' functional literacy and its developmental impact // Journal of Intellectual Disability-Diagnosis and Treatment. 2020. V. 8. Iss. 3. P. 351-357. <http://www.scopus.com/inward/authorDetails.url?authorID=57212533864&partnerID=MN8TOARS>
- 7 Сағымбаева А.Е., Авдарсол С. Информатикадан оқушылардың функционалдық сауаттылығын бағалау тапсырмалары: Оқу-әдістемелік құралы. –Алматы: Абай ат.ҚазҰПУ, 2021. -103 б.

References:

- 1 Kazakstan Respublikasynyn Bilim berudi zhane gylimdy damytudyn 2020-2025 zhyldarga arналған мемлекеттік бағдарламасы (2019) [The state program of development of education and science of the Republic of Kazakhstan for 2020-2025] Astana, <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P1900000988>. (In Kazakh)

2 Leont'eva A.A. (2003) *Obrazovatel'naja sistema «Shkola 2100» Pedagogika zdravogo smysla. pod red. [Educational system "School 2100". Common Sense Pedagogy] M.: Balass, 35. (In Russian)*

3 Sagymbaeva A.E., Avdarsol' S. (2019) *Kriterialdy tasil negizinde informatikadan okushylardyn funkcionaldyk sauattylygyn bagalau [Assessment of functional literacy of students in computer science on the basis of a criteria-based approach]. Vestnik-Habarshy, №4 (68), Abaj atyndaғы KazUPU. Almaty. 244-250. (In Kazakh)*

4 Sagymbaeva A.E., Zaslavskaja O.Ju., Avdarsol' S. (2020) *Informatikadan oқushylardyn funkcionaldyk sauattylygyn bagalau kriterialdyk tasildi koldanudyn erekshelikteri. Abaj atyndagy KazUPU Habarshy. «Fizika-matematika» serijasy. Almaty. №4 (72). 212-219. (In Kazakh) doi.org/10.51889/2020-4.1728-7901.38*

5 Sagymbaeva A.Y., Avdarsol S., B.G.Bostanov, L.B.Rakhimzhanova, T.Khachimova (2020) *Criteria-based assessment as the Way of Forming Students' Functional Literacy in Computer Science. Periodico Tche Quimica. 2020. V.17. Iss. 35. 41-54.*

6 Sagymbaeva A.Y., Avdarsol S., Zaslavshkaya O.Y., Arynova G.S., Baimakhanova A.S. (2020) *The model of a system for criteria-based assessing of students' functional literacy and its developmental impact. Journal of Intellectual Disability-Diagnosis and Treatment. V. 8. Iss. 3. 351-357. <http://www.scopus.com/inward/authorDetails.url?authorID=57212533864&partnerID=MN8TOARS>*

7 Sagymbaeva A.E., Avdarsol' S. (2021) *Informatikadan okushylardyn funkcionaldyk sauattylygyn bagalau tapsyrmalary [Tasks for assessing the functional literacy of students in computer science]: Oku-adistemelik kuraly. Almaty: Abaj at. KazUPU, 103. (In Kazakh)*