Институт информационных и вычислительных технологий
КН МНВО РК

Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби

Казахский Национальный Исследовательский
Технический Университет имени К.И. Сатпаева

Университет Туран

Люблинский технический университет, Польша

МАТЕРИАЛЫ

VIII Международной научно – практической конференции

«Информатика и прикладная математика»,

посвященной памяти 85 д.т.н, профессора Бияшева Р.Г.

26-27 октября 2023 года, Алматы, Казахстан

Алматы 2023 г.

УДК 004(063)
ББК 32.973
И74

Главный редактор:
академик НАН РК, доктор физико-математических наук, профессор
М.Н. Калимолдаев

Ответственные редакторы:
главный ученый секретарь ИИВТ МНВО РК, кандидат PhD ***О.А. Усатова***

И 74 **Информатика и прикладная математика:** Мат. VIII Межд. науч. - практ. конф. (26-27 октября 2023 г). – Алматы, 2023. – 394 с.

ISBN 978-601-332-165-3

В сборнике опубликованы доклады, представленные по 4 секциям от Республики Казахстан, Российской Федерации, Латвии, Польши, Республики Беларусь, Украины, Узбекистана, Японии, Ирана, Малайзии, Кыргызской Республики и других.

Рассмотрены актуальные вопросы в области математики, информатики и управления: математического моделирования сложных систем и бизнес-процессов, исследования и разработки защищенных и интеллектуальных информационных и телекоммуникационных технологий, математической теории управления, технологий искусственного интеллекта.

Материалы сборника предназначены для научных работников, докторантов, магистрантов, а также студентов старших курсов.

УДК 004(063)
ББК 32.973

ISBN 978-601-332-165-3
© Институт информационных и вычислительных технологий МНВО РК, 2023

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Почетные председатели программного комитета:

- Мутанов Г.М., академик НАН РК, д.т.н., профессор, Республика Казахстан
- Бегентаев М.М., д.э.н., профессор, Республика Казахстан

Председатель Международного Программного комитета:

- Калимолдаев М.Н., академик НАН РК, д.ф.-м.н., профессор, Республика Казахстан

Сопредседатели Международного Программного комитета:

- Айтжанова Ж. Н., к.э.н., доцент., Республика Казахстан
- Жаутиков Б.А., д.т.н., профессор, Республика
- Разакова Д.И., PhD, ассоц. профессор, Республика Казахстан
- Wójcik Waldemar, professor, Poland

Заместители Председателя Международного Программного комитета:

- Ускенбаева Р.К., д.т.н., профессор, Республика Казахстан
- Урмашев Б.А., к.ф.-м.н., профессор, Республика Казахстан
- Усатова О.А., PhD, Республика Казахстан
- Капалова Н.А., к.т.н., Республика Казахстан
- Зиятбекова Г.З., PhD, Республика Казахстан

Члены международного программного комитета:

- Abdul Razaque, PhD, USA
- Aijaz Shaikh, professor, Finland
- Andrzej Smolarz, professor, Poland
- Dietmar Beyer, PhD, Germany
- Erol Kurt, professor, Turkey
- Hazar Elman, professor, Turkey
- Farajzadeh Ali, professor, Iran.
- Keylan Alimhan, professor, Japan
- Marat Ahmet, professor, Turkey
- Mohamed Othman, professor, Malaysia
- Müslüm Arici, professor, Turkey
- Ravil Muhamediev, professor, Latvia
- Yury Kochetov, professor, Russia
- Айда-Заде К.Р., д.ф.-м.н., профессор, член-кор., НАН Азербайджана
- Барахнин В.Б., д.т.н., профессор, Россия
- Бериков В.Б., д.т.н., профессор, Россия
- Евтушенко Ю.Г., д.ф.-м.н., академик РАН, Россия

- Ельцов И.Н., д.т.н. , профессор, Россия
- Имомназаров Х.Х., д.ф.-м.н., профессор, Россия
- Крак Ю.В., д.ф.-м.н., профессор, член корр., НАН Украины
- Матерухин А.В., д.т.н., профессор, Россия
- Тузиков А.В., д.т.н., профессор, член корр., НАН, Беларусь
- Исмаилов Б.И., д.т.н., профессор, Республика Кыргызстан
- Полуянов А. Н., к.т.н., Россия
- Посыпкин М.А., к.ф.-м.н., член-корреспондент РАН, Россия
- Родионов А.С., д.т.н., профессор, Россия
- Савченко Е.Ю., д.т.н., доцент, Кыргызская Республика
- Торобеков Б. Т., д.т.н., профессор, Кыргызская Республика
- Абдибеков У.С., д.ф.-м.н., профессор, Республика Казахстан
- Амирханова Г.А., PhD, Республика Казахстан
- Ашимов А. А., академик НАН РК, д.т.н., профессор, Республика Казахстан
- Абдильдаева А.А., PhD, ассоц. профессор, Республика Казахстан
- Абдолдина Ф.Н., к.т.н., ассоц. профессор, Республика Казахстан
- Адамов А.А., д.ф.-м.н., профессор, Республика Казахстан
- Аманжолова С.Т., к.т.н., Республика Казахстан
- Амиргалиев Е.Н., д.т.н., профессор, Республика Казахстан
- Алгазы К.Т., PhD, Республика Казахстан
- Алимсеитова Ж.К., к.т.н., ассоц. профессор, Республика Казахстан
- Алипбаев К.А., PhD, Республика Казахстан
- Ахметов И.Р., PhD, Республика Казахстан
- Ахметов Б.С., д.т.н., профессор Республика Казахстан
- Ахмедиярова А.Т., PhD, ассоц. профессор, Республика Казахстан
- Байшемиров Ж.Д., PhD, ассоц. профессор, Республика Казахстан
- Балакаева Г.Т., д.ф.-м.н., Республика Казахстан
- Бегимбаева Е.Е., PhD, Республика Казахстан
- Бедельбаев А.А., к.ф.-м.н., доцент, Республика Казахстан
- Бектемесов М.А., д.ф.-м.н., профессор, Республика Казахстан
- Бектемысова Г.У.,к.т.н., ассоц. профессор, Республика Казахстан
- Бельгибаев Б.А., д.т.н., доцент, Республика Казахстан
- Дарибаев Б.С., PhD, Республика Казахстан
- Дженалиев М.Т., д.ф.-м.н., профессор, Республика Казахстан
- Джомартова Ш..А., профессор, Республика Казахстан
- Жукабаева Т.К., PhD, Республика Казахстан
- Искаков К.Т., д.ф.-м.н., профессор, Республика Казахстан
- Исламгожаев Т.У., PhD, Республика Казахстан
- Калижанова А.У., к.ф.-м.н., доцент, Республика Казахстан
- Карымсакова Н.Т., PhD, Республика Казахстан
- Козбакова А. Х., PhD, ассоц. профессор, Республика Казахстан
- Кошеков К.Т., д.т.н., профессор, член корр., НАН, Республика Казахстан

- Мазаков Т.Ж., д.ф.- м.н., профессор, Республика Казахстан
- Мамырбаев О.Ж., PhD, ассоц. профессор, Республика Казахстан
- Мансурова М.Е. к.ф.-м.н., доцент, Республика Казахстан
- Марченко М.А., д.ф.-м.н., профессор, Россия
- Маринин И.В. , Россия
- Мекебаев Н.О., PhD, Республика Казахстан
- Магзом М.М., PhD, Республика Казахстан
- Мурзабеков З.Н., д.т.н., профессор Республика Казахстан
- Мусабаев Р.Р., к.т.н., Республика Казахстан
- Мусиралиева Ш.Ж., к.ф.-м.н. доцент, Республика Казахстан
- Мустафин С.А., к.т.н., доцент, Республика Казахстан
- Муханова А.А., PhD, ассоц. профессор, Республика Казахстан
- Найзабаева Л.К., д.т.н., профессор, Республика Казахстан
- Нысанбаева С.Е. д.т.н., профессор, Республика Казахстан
- Нурахметов Б.К., д.т.н., профессор, Республика Казахстан
- Омаров Б. С., PhD, Республика Казахстан
- Пак И.Т., д.т.н., профессор, Республика Казахстан
- Пак А.А., к.т.н., профессор, Республика Казахстан
- Сакан К.С., PhD, Республика Казахстан
- Самигулина Г.А., д.т.н., профессор, Республика Казахстан
- Сатыбалдина Д. Ж., к.ф.-м. н, доцент, PhD, Республика Казахстан
- Сатыбалдиева Р.Ж., к.т.н, ассоц. профессор, Республика Казахстан
- Сатымбеков М.Н., PhD, Республика Казахстан
- Сейлова Н.А., к.т.н., ассоц. профессор, Республика Казахстан
- Сембиев О.З., д.т.н., профессор, Республика Казахстан
- Синчев Б.К. , д.т.н., профессор, Республика Казахстан
- Тасболатұлы Н., PhD, Республика Казахстан
- Ташатов Н.Н., к.ф.- м.н., Ph.D, доцент, Республика Казахстан
- Терехов А.Г., к.т.н., Республика Казахстан
- Тұрдалыұлы М., PhD, ассоц. профессор, Республика Казахстан
- Тукеев У.А., д.т.н., профессор, Республика Казахстан
- Тусупова С. А., д.т.н., профессор, Республика Казахстан
- Утегенова А.У., PhD, Республика Казахстан
- Хомпыш А., PhD, Республика Казахстан
- Цеховой А.Ф. д.т.н., профессор, Республика Казахстан
- Юничева Н.Р., к.т.н., доцент, Республика Казахстан
- Якунин К.О., PhD, ассоц. профессор, Республика Казахстан

Ученые секретари конференции:

- Аршидинова М.Т., Республика Казахстан
- Джаксылыкова А.Б., Республика Казахстан
- Тюлепбердинова Г.А., Республика Казахстан
- Шермантаева Ж.У., Республика Казахстан

Организационный комитет

Сопредседатели:

- Урмашев Б.А., к.ф-м.н., профессор, Республика Казахстан
- Усатова О.А., PhD, Республика Казахстан
- Алшимбаева Д.У., PhD, Республика Казахстан

Члены Организационного комитета:

- Аспантаев А.Б., Республика Казахстан
- Байсаринова Ж.А., Республика Казахстан
- Бапышев А.М., Республика Казахстан
- Варенников А.В., Республика Казахстан
- Дюсембаев Д., Республика Казахстан
- Ермолдина Г.Т., Республика Казахстан
- Калиева Г.С., Республика Казахстан
- Лизунов О.А., Республика Казахстан
- Меркебаев А.Г., Республика Казахстан
- Толеу А., Республика Казахстан
- Турарбек А.Т., Республика Казахстан
- Шахмаев Р.А., Республика Казахстан

Место проведения:

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева и Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК

Республика Казахстан, г. Алматы, улица Сатпаева 22,
тел.: +7 727 -272-37-11, +7 727 -272-39-13,
+7 727-272-33-13, +7 707-376-00-90.

Приветственное слово участникам конференции
Уважаемые участники конференции, гости, коллеги, дорогие студенты!

Рад приветствовать вас в стенах Казахского Национального исследовательского университета им. К.И. Сатпаева, который является одним из лучших технических университетов в Казахстане.

В этом году научный форум «Информатика и прикладная математика» посвящен памяти известного ученого, организатора школы криптографии Республики Казахстан, доктора технических наук, профессора Бияшева Рустема Гакашевича. 11 марта 2023 года Бияшеву Р.Г. исполнилось 85 лет, а ровно через неделю его не стало. В течение всей своей научной деятельности Рустем Гакашевич, как личность, оказывал стимулирующее влияние не только на своих учеников, но и на огромное число ученых, занимающихся проблемами информатики и информационной безопасности в нашей стране.

Также наша научная встреча является частью праздничных мероприятий, посвященных 90-летию Казахского Национального университета им. аль-Фараби. Этот праздник является важным событием не только для университета, но и для всей нашей страны, а также тысяч выпускников, проживающих в десятках странах мира.

Проведение нашей ежегодной Международной научно-практической конференции стало хорошей традицией. С каждым годом растет число участников конференции, повышается качество их выступлений и публикаций. Традиционно в работе конференций участвуют ученые и специалисты из России, США, Украины, Польши, Турции, Малайзии, Ирана и других стран. Их заинтересованное участие придает нашему мероприятию международное измерение. *Целью нашего мероприятия является обмен опытом по новейшим достижениям в области информационных и вычислительных технологий.* Наращивание потенциала отечественной науки, эффективное использование результатов исследований и ускоренное внедрение их в практику - важнейшие приоритеты государственной политики. Особенно важно, что в эту работу включены талантливые студенты и молодые ученые, призванные определять не только настоящее, но и будущее казахстанской науки, всего нашего общества. Нашими партнерами и организаторами этого мероприятия являются КазНУ им. аль-Фараби, КазНИТУ им. Сатпаева, Международный университет информационных технологий, Университет «Туран», Люблинский Технический университет.

Надеюсь, полученные результаты будут полезны всем участникам, что в первую очередь позволит развивать и совершенствовать систему подготовки специалистов для экономики Казахстана, а предложенные рекомендации действительно найдут свое применение в практической деятельности. Уверен, проводимая конференция не станет рядовым событием, пройдет в духе творчества, станет площадкой для обсуждения действительно

актуальных и важных проблем и поможет найти пути их решения. Желаю всем участникам конференции и гостям плодотворных дискуссий и новых достижений!

Я хочу пожелать всем сегодня плодотворной работы и, чтобы идеи, которые высказывались, затем претворялись в жизнь. Это чрезвычайно важно не только для ученых, которые уже состоялись, которые развиваются, но еще более важно для, студентов, магистрантов, докторантов и вообще для научной молодежи.

Выражаю благодарность всем участникам конференции и гостям, которые нашли время, чтобы принять участие в конференции. Желаю плодотворных дискуссий и новых достижений! Желаю всем вам крепкого здоровья, интересной работы и полезных деловых контактов!

Председатель Программного комитета,
академик НАН РК **М.Н. Калимолда**

СЕКЦИЯ 1

Қолданбалы математика, информатика және
басқару теориясының заманауи мәселелері: күрделі жүйелер
мен бизнес-процестерді модельдеу және оңтайландыру.

Современные проблемы прикладной математики, информатики
и теории управления: Моделирование и оптимизация
сложных систем и бизнес-процессов.

Modern problems of applied mathematics, computer science,
and control theory. Modeling and optimization of complex
systems and business processes.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗМОЖНЫХ ПАВОДКОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА

Калимолдаев М.Н., Мазаков Т.Ж., Зиятбекова Г.З., Кенжебаева А.Ж., Сулеймен И.Б.
e-mail: inkar23032001@gmail.com ; ziyatbekova@mail.ru
Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Аннотация: *Статья посвящена разработке методики моделирования речного стока. В работе рассмотрены возможные подходы к моделированию течения жидкостей, а также проведен анализ существующих методов решения и постановка задач исследования. Анализируется задача и выявляются основные проблемы, которые могут возникнуть в ходе ее решения. Дано общее описание проблемы и формулировка задач исследования. Выделены преимущества и недостатки описанных методов. Сравнительный анализ известных методов комплексного анализа, прогнозирования последствий ЧС природного и техногенного характера с использованием современных технологий математического моделирования и вычислительного эксперимента с отображением результатов в геоинформационной системе и исследованием математической модели прорыва плотины проведено. Дается описание разработанной в Казахстане технологии мониторинга паводков, обсуждаются результаты ее практического использования в отдельных регионах и намечаются направления дальнейшего развития. Таким образом, на основе анализа различных существующих методов были сформулированы цель и основные задачи исследований, направленных на разработку методики прогнозирования гидродинамической аварии как чрезвычайной ситуации. Используется метод непрерывной волны или метод ультразвукового импульсного эха. На основе микропроцессорной техники и датчиков разработана автономная микрокомпьютерная система передачи климатических данных. Разработана программа мониторинга факторов волн прорыва в режиме реального времени. Разработана автономная микрокомпьютерная система передачи климатических данных. Подсистема автономного электроснабжения спутниковых систем передачи данных включает в себя комплекс оборудования, функции которого заключаются в выработке и накоплении энергии для ее последующего использования с целью обеспечения электроснабжения оборудования. Оборудование для измерения уровня воды может быть разным. Для обеспечения функционирования системы измерительное оборудование будет сопряжено с подсистемой передачи данных и подсистемой электропитания. Спаривание этих систем позволит следить за уровнем воды в моренных озерах, расположение которых крайне труднодоступно. Технические средства измерения уровня воды должны иметь возможность получать данные от датчиков с различной периодичностью. Накопленные данные используются для прогнозирования возможных паводков, расчета водопотребления и в других целях. Проанализированы характеристики плотин, возможности современных систем управления, основанных на использовании микропроцессорной техники.*

Ключевые слова: *наводнение, паводковые и прорывные волны, уровень воды, плотина, компьютерное моделирование.*

Введение: в настоящее время существует множество примеров чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с наводнениями, вызванными распространением волн паводка и прорыва. В настоящее время в нашей стране стоит задача защиты сельскохозяйственных угодий и населенных пунктов от затопления. Затопление сельскохозяйственных земель происходит как при прохождении крупномасштабных паводков, так и под воздействием природных, техногенных факторов.

Проблема наводнений усугубляется. Ситуация, когда населенные пункты в различных регионах страны буквально уходят под воду, уже стала нормой. При этом бюджетные средства по-прежнему направляются на ликвидацию последствий наводнений, а не на их предотвращение. Паводок - фаза водного режима, которая характеризуется интенсивным, обычно кратковременным увеличением расхода и уровня воды и вызывается дождем или таянием снега во время оттепелей. Весеннее половодье - явление сезонное, и, по сути, в последнее время его в той или иной степени не удается избежать.

Методы исследования: Попытки разрешения конфликта между необходимостью использования пойменных и прибрежных земель и потерями от возможных наводнений предпринимались неоднократно многими специалистами. Но до сих пор этот конфликт не разрешен. Для решения вопроса о возможности использования прибрежных земель необходимо проанализировать возможный ущерб во время наводнений.

Основная часть: В случае наводнения или прорыва волны качество земли значительно ухудшается. Даже кратковременный подъем воды в реке во время паводка может вызвать затопление прибрежных земель, что неизменно повлечет за собой значительные потери, связанные как с возможной гибелью урожая, так и с ухудшением качества земли даже кратковременный подъем воды в реке во время паводка может вызвать затопление прибрежных земель, что неизменно повлечет за собой значительные потери, связанные как с возможной гибелью урожая, так и с ухудшением качества земли.

В качестве мер по предотвращению ущерба от возможного наводнения необходимо проводить такие инженерно-технические мероприятия, как:

- контроль и регулирование паводкового стока рек с помощью различных инженерных сооружений: дамб, плотин, укрепления берегов рек, спрямления русел и т.д;
- проектирование и рациональное размещение элементов инфраструктуры и жилых зданий в соответствии с потенциально опасными зонами возможного затопления; в районах с частыми наводнениями возможно строительство домов на сваях или перевод первых этажей зданий в нежилой фонд;
- обеспечение устойчивости работы, с учетом возможного возникновения чрезвычайных ситуаций, важных элементов инфраструктуры: мостов, линий связи и т.д.

Обсуждение: В работе предлагается следующая система мониторинга угрозы прорыва гидротехнических сооружений, состоящая из трех блоков: 1) блок приема и передачи текущей информации об уровне воды, влажности и температуре на гребне плотины; 2) блок обработки постоянной и оперативной информации об угрозе прорыва плотины (сервер); 3) блок прогнозирования последствий прорыва плотины.

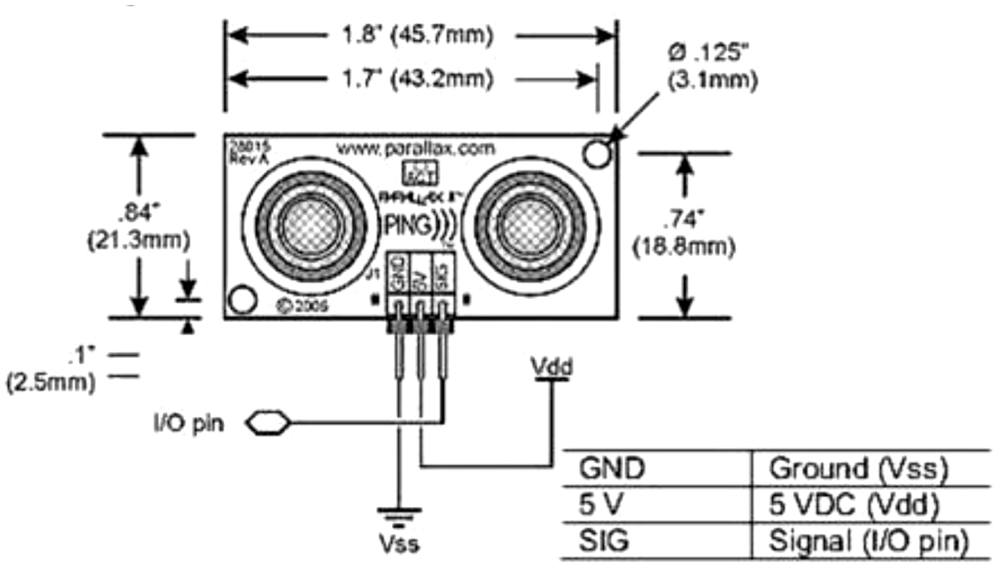
Основной информацией для мониторинга угрозы прорыва плотины являются данные, поступающие от датчика уровня воды. Дополнительную информацию дают данные с датчиков температуры и осадков.

Блок приема-передачи текущей информации реализован в виде датчиков уровня воды, влажности и температуры и расположен на гребне плотины. Датчики подключены к микропроцессору Arduino [1-4], который обеспечивает предварительную обработку поступающих с датчиков данных и передает их для дальнейшей обработки.

Для создания автономной микропроцессорной системы передачи климатических данных мы использовали одноплатный микрокомпьютер RaspberryPi 3 B+ [2, 5].

Arduino - это устройство на базе микроконтроллера ATmega 328 [6-8]. В комплект поставки входит все необходимое для удобной работы с микроконтроллером. Для начала работы с устройством достаточно подать питание от адаптера переменного/постоянного тока или аккумулятора, либо подключить его к компьютеру с помощью USB-кабеля.

Ультразвуковой датчик – это датчик, который использует звуковые волны для измерения или определения расстояния до объекта, в данном случае это морская вода. Ультразвуковые датчики также можно назвать датчиками SONAR (Sound Navigation and Ranging), ультразвуковой датчик работает, посылая звуковые волны с определенной частотой (40 кГц). Обратите внимание, что звуковые волны движутся в воздухе около 344 м / с или 1129 футов / с, то для расчета общего расстояния звуковых волн, излучаемых ультразвуковым датчиком, до поля объекта, то есть морской воды и обратно, принимаемой ультразвуковым датчиком, расстояние доставки умножается на 2, поэтому для измерения расстояния от ультразвукового датчика показания плоскости объекта за 1 поездку - это расстояние = скорость звука x взятое время / 2 или S = 344 xt / 2, объяснение расстояния можно увидеть на рисунке 2. Используемый ультразвуковой датчик использует тип HC-SR04, который имеет следующие характеристики, дальность обнаружения составляет 2 см - 500 см, наилучший угол обнаружения составляет 15 градусов, используется напряжение 5 В постоянного тока, частота 40 кГц, имеет 4 фута / штырь, а именно Vcc, Signal (Trigger & Echo), и земля. Размер ультразвукового датчика HC-SR04 можно увидеть на рисунке 1.



Измерения уровня воды с использованием ультразвуковых датчиков были успешно протестированы, в результате чего изменение уровня воды может быть обнаружено ультразвуковыми датчиками на расстоянии <= 500 м от объекта, то есть от поверхности

воды. На основании рисунка 1 показан размер ультразвукового датчика или датчика пинга, для размеров ультразвукового датчика используется следующий размер, для длины датчика 1,8 дюйма (45,7 мм), для ширины 0,84 дюйма (21,3 мм). на датчике Ping или ультразвуковой датчик имеет 2 версии ультразвуковой с использованием 3-футового входа и выхода данных, и это ультразвуковой с 4-футовым входом-выходом. Разница включена для сигнала Pin, разделенного на 2 выхода, т. е. триггер и эхо. Триггер используется в качестве генератора. Ультразвуковые и эхо-сигналы — это выводы, используемые для индикаторов. Ультразвуковой тип HC-SR04, остальные 2 контакта - заземление штыря и VCC, заземление - источник питания О Вольт, а VCC - напряжение 5 Вольт [9].

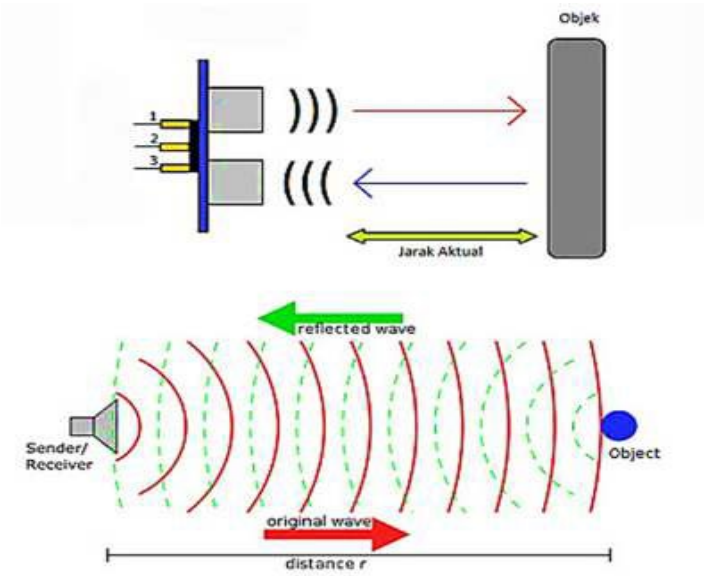


Рис 2. Фактическое расстояние ультразвукового датчика

Блок обработки постоянной и оперативной информации об угрозе прорыва плотины содержит постоянную информацию о характеристиках водохранилища и плотины, а также оперативно получает текущую информацию. На основе обработки, в ходе которой блок рассчитывает уровень безопасности, тревожности или катастрофичности гидроэнергетического комплекса. В последнем случае он автоматически оповещает государственные органы (МЧС, акиматы и т. д.) о возможной угрозе прорыва плотины.

Блок прогнозирования последствий прорыва плотины, основываясь на разработанной в диссертации математической модели, характеристиках водохранилища (объем, высота и ширина плотины и т. д.), рассчитывает возможную высоту волны прорыва на различных расстояниях от основания плотины и, таким образом, позволяет прогнозировать последствия гидродинамической аварии [10, 11].

Одной из наиболее эффективных областей применения данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является мониторинг чрезвычайных ситуаций (ЧС) [12]. В рамках Государственной программы предполагалось разработать ряд интегрированных ГИС-технологий для мониторинга чрезвычайных ситуаций, обеспечивающих решение следующих задач:

– мониторинг паводков и оценка риска наводнений в регионах Казахстана;

– мониторинг лесных и степных пожаров и оценка пожарного риска;
– раннее предупреждение и дистанционный мониторинг стихийных бедствий метеорологического характера;
– мониторинг трансграничных чрезвычайных ситуаций;
– дистанционный контроль температурного режима источников сейсмической активности.

Работы по созданию технологий космического мониторинга наводнений и затоплений ведутся в Казахстане с 2002 года [13-15]. В составе комплекса реализовано несколько технологических блоков, позволяющих:

– оперативно обнаруживать зоны затопления;
– наносить на карту и определять площади зон затопления с нарастающим итогом;
– прогнозировать развитие паводков и оценивать их потенциальную опасность для населенных пунктов и особо важных объектов;
– оценивать и анализировать риски наводнений для различных регионов.

Для решения задачи получения зон затопления в результате наводнения возможны следующие способы получения результатов:

1. Физические модели;
2. Проведение аналитических расчетов;
3. Численное моделирование.

К настоящему времени показано, что определить параметры распространения волн наводнения и прорыва можно только с помощью численного компьютерного моделирования. Потоки жидкости делятся на два сильно отличающихся друг от друга типа: ламинарные (плавно изменяющиеся, регулярные) и турбулентные (неупорядоченные). В случае распространения паводковых и прорывных волн течение жидкости будет турбулентным [16].

Все существующие программные комплексы можно разделить на одномерные, двумерные и трехмерные. Численное моделирование в одномерном и двумерном случаях сильно упрощает исследуемую модель и не дает полного представления о процессах, происходящих при распространении волны прорыва или волны затопления, что будет показано ниже. Таким образом, наиболее точным будет использование трехмерного численного моделирования для расчета волн затопления и прорыва.

В большинстве случаев базовой системой для гидродинамического моделирования является трехмерная система эволюционных уравнений Навье-Стокса.

Проанализируем необходимые исходные данные для различных методов моделирования.

Система дифференциальных уравнений Сен-Венана для нестационарного движения жидкости при условии течения в канале с достаточно большим уклоном дна может быть приведена к виду:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{b}\frac{\partial Q}{\partial x} = 0, \tag{1}$$

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

где: t – время, $0 \le t \le T = const,$ с; x – пространственная координата в направлении движения, где $0 \le x \le l,$ m; J – нижний уклон, m/m; b – ширина канала σ,

m; h(x,t) – глубина канала, m; K(h) – расходная характеристика канала ($K(h) = \frac{bh^{\frac{5}{3}}}{n}$, где n – коэффициент шероховатости); v(x,t) – средняя скорость течения на участке канала, m/s; Q(x,t) – расход в выбранном сечении, $\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{s}}$.

Для расчета по этим уравнениям, описывающим неустановившееся неравномерное движение водных масс, необходимо задать начальные и граничные условия на участке реки. Начальные условия требуют задать состояние потока, его скорость или расход во всех точках русла в момент времени t=0. Граничные условия определяют уровень воды, ее скорость или расход в верхней и нижней частях участка реки в любой момент времени.

Начальные условия будут иметь вид:

$$Q(x,0) = \sigma_0(x),\ b(x,0) = \gamma_0(x), \tag{3}$$

Граничные условия:

$$Q(0,t) = \sigma_1(t),\ h(0,t) = \gamma_1(t), \tag{4}$$

$$Q(l,t) = \sigma_2(t),\ h(l,t) = \gamma_2(t), \tag{5}$$

Задача может быть решена путем разбиения интервала [0, T] на участки и расчета всех характеристик потока на них, так как для реальных речных русел в условиях неравномерного движения площадь поперечного сечения изменяется в зависимости от x, а поскольку движение нестационарное, то площадь зависит и от времени. Таким образом, необходимо разбить участок на сегменты с неизменными гидравлическими характеристиками, затем решить системы уравнений Сен-Венана для сегментов, где для первого участка по исходным данным берется входной гидрограф, затем рассчитываются параметры стока на этом участке и выходной гидрограф, который служит выходным гидрографом для второго участка, и так далее.

Ввиду того, что параметры модели (1)-(5) не могут быть заданы с абсолютной точностью в статье применены авторский интервальный анализ [17]. Для численного исследования модели (1)-(5) разработана программа на основе библиотеки интервальных функций [18]. Экспериментальные исследования на численных данных показали хорошую сходимость программы.

Задача моделирования речного стока является важной проблемой. В настоящее время не существует единого решения для прогнозирования речного стока. Постоянное стремление к упрощению методов приводит к потере качества результатов исследований. Однако для более сложных моделей требуется уточнение многочисленных данных наблюдений, которые зачастую недоступны, поэтому приходится прибегать к упрощению моделей. Одномерные модели речного стока могут быть использованы только для предварительных расчетов. Для более точного исследования необходимо использовать модели более высокого уровня [19].

Заключение: В работе показано, что определение параметров распространения паводковых и прорывных волн возможно только с применением численного компьютерного моделирования. Все рассмотренные методы не позволяют быстро получить исходные данные для обоснования противопаводковых мероприятий и требуют

значительных материальных и временных ресурсов. Таким образом, очевидна необходимость создания упрощенной технологии инженерных обоснований противопаводковых мероприятий, сравнимой по достоверности получения результатов с существующими, но в то же время имеющей преимущество в скорости моделирования и простота реализации. Технология должна при минимальном наборе исходных данных позволять моделировать распространение волны паводка или волны прорыва, в результате чего получить двухмерную карту исследуемой территории с ранжированными по глубине зонами затопления, а также, как и другие параметры, характеризующие распространение волн.

Новизной статьи является применение собственной интервальной математики к исследованию модели (1)-(5). Указанный подход позволил учесть неточно заданные параметры модели.

В статье решается задача разработки единого комплексного подхода к обеспечению безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений, основанного на мониторинге и оповещении заинтересованных сторон в режиме реального времени. Разработана автономная микрокомпьютерная система передачи климатических данных, номнистема дает общее описание и постановку задачи прогнозирования факторов прорывных волн в реальном масштабе времени [20].

В дальнейшем планируется разработать экспериментальный образец и провести опытную эксплуатацию на нескольких водохранилищах Алматинской и Жетысуской областей Республики Казахстан. По результатам испытаний будут рассмотрены возможности коммерциализации проекта в целом [21].

Финансирование. Работа выполнена за счет средств НИИ математики и механики при КазНУ имени аль-Фараби и грантового финансирования научных исследований на 2023–2025 годы по проекту AP19678157 «Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга состояния уровня заполняемости водоема».

Литература

1. Алиаскар М.С., Джомартова Ш.А., Зиятбекова Г.З., Мазакова А.Т. Автономная микропроцессорная система передачи климатических данных // Вестник КазНИТУ. – Алматы, 2019. – 1(131). – С. 371–377.
2. Karvinen T., Karvinen K., Valtokari V. Making sensors: projects of sensor devices based on Arduino and RaspberryPi. – M.: I.D. Williams", 2017. – 432 p.
3. Шарапов В.М., Полищук Е.С. Датчики. - М.: Техносфера, 2012. – 624 с.
4. Вавилов В.Д., Тимошенков С.П., Тимошенков А.С. Макросистемные датчики физических величин. – М.: Техносфера, 2018. – 550 с.
5. Petin V.A. Arduino and Raspberry Pi in the Internet of Thigs projects. – St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2017. – 320 p.
6. Белов А.В. Arduino: От основ программирования до создания практических устройств. – СПб: Наука и техника, 2018. – 480 с.
7. Simon Monk. Making. Arduino and Raspberry Pi. Motion, light and sound control. – St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2017. – 336 p.
8. Yatsenkov V.S. From Arduino to Omega: step by step maker platforms. – St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2018. – 304 p.
9. Шарапов В.М., Минаев И.Г., Сотула Ж.В., Куницкая Л.Г. Электроакустические преобразователи. – М.: Техносфера, 2013. – 296 с.
10. Simon Monk. Electronics. Theory and practice. – St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2018. – 1168 p.

11. Simon Monk. Raspberry Pi. Collection of recipes. Solving software and hardware problems. – St. Petersburg: Alfa-kniga LLC, 2017. – 528 p.
12. Sultangazin U.M., Spivak L.F. National system of space monitoring of the Republic of Kazakhstan: concepts, architecture, directions of development // Research of the Earth from space, 2, 2006. – P. 38-50.
13. Spivak L., Arkhipkin O., Pankratov V., Vitkovskaya I., Sagatdinova G. Space monitoring of floods in Kazakhstan. Mathematics and Computers in Simulation. 2004. – Pp. 365–370.
14. Spivak L.F., Arkhipkin O.P., Pankratov V.S., Shagarova L.V., Sagatdinova G.N. Technology for monitoring floods and inundations in Western Kazakhstan // Modern problems of remote sensing of the Earth from space: Physical bases, methods and technologies for monitoring the environment, potentially dangerous phenomena and objects. – M.: Poligrafservis, 2004. – Pp. 279–286.
15. Spivak L.F., Arkhipkin O.P., Sagatdinova G.N. Development of Flood Monitoring Information System in Kazakhstan // Proceedings of 31st International Symposium on Remote Sensing of Environment. Saint-Petersburg, 2005.
16. Bradshaw P. Introduction to turbulence and its measurement. – M.: Mir, 1974. – 239 p.
17. Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А. Применение интервального анализа в практических расчетах. Вычислительные технологии, 2002. – 7(3). – С. 230-234.
18. Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права (2020 г.). № 7576 от 17 января, "Библиотека интервальных функций" (программа для ЭВМ), авторы: Зиятбекова Г.З., Мазакова А.Т., Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А., Карымсакова Н.Т., Амирханов Б.С., Жолмагамбетова Б.Р.
19. Kuchment L.S., Gelfan A.N., Demidov V.N. Development of physical and mathematical models of river runoff formation and experience of their application in case of lack of hydrometric observations // Abstracts of reports of the VI All-Russian Hydrological Congress. – St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2004. – Pp. 121-123.
20. Хамутова М.В.Е., Кушников В.А. Модель прогнозирования характеристик наводнений, влияющих на величину причиненного ущерба. Известия Саратовского университета. Математика. Механика. Информатика, 2017. - 17(2). – С. 231–238. doi: 10.18500/1816-9791-2017-17-2-231-238.
21. Mazakov T., Jomartova Sh., Ziyatbekova G., Aliaskar M. Automated system for monitoring the threat of waterworks breakout. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2020. – 98(15). – Pp. 3176-3189.

СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ УЯЗВИМОСТЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В КОРПОРАТИВНОЙ СРЕДЕ

PhD, и.о. доцента Г.З. Зиятбекова[1,2];
PhD, Ахметжанов М.А[2].;
магистрант 2 курса, СИБ Д.Р. Ашимжанова[2]
[1]РГП Институт информационно-вычислительных технологий КН МНВО РК, Алматы, Казахстан,
[2] Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Аннотация. *Нарушения безопасности становятся все более распространенными в наши дни, и тестирование безопасности кода приложения является важной частью процесса разработки в корпоративной среде. Был осуществлен сбор различных статистических данных о том, какие продукты данного типа присутствуют на мировом рынке, а также на рынке Казахстана, анализ защищенности веб-ресурсов банков и многое другое. Потенциальные уязвимости веб-приложений и хакерские атаки можно легко смоделировать и раскрыть с помощью инструментов тестирования безопасности. Мы также проверяем, выполняет ли приложение все правила безопасности при наличии вредоносных входных данных.*

Ключевые слова: *AST, SAST, DAST, ASTO, SOC, VO, анализ безопасности, аутентификация, мониторинг, уязвимость.*

Введение. Начальным уровнем злоумышленников является приложение. Каждое приложение имеет уязвимости в тех случаях, которые мы наблюдаем сегодня. Компании тратят деньги на пентест-аудиты, которые не эффективны, и заказывают систему, способную найти и устранить все уязвимости. Даже самые крупные компании имеют исходный код низкого качества и безопасности. Существующие подходы через человеческий аудит слишком устарели, но подход Static Code AST — самый современный способ сделать это. Этот продукт будет соответствовать современным стандартам безопасности приложений, а также сможет гибко настраивать функционал под задачу, поставленную компанией и платформой, на которой будет использоваться этот продукт, и средствами интеграции. Объектом исследования являются гибкие и комплексные приложения, связанные с анализом безопасности кода, а также готовые к быстрому развертыванию на предприятии. Основная цель проекта — разработка системы проверки приложений на уязвимости безопасности и выдача рекомендаций по их устранению.

Методы исследования. По мере развития технологий тестировщики осознали важность развития всесторонних возможностей тестирования, чтобы реагировать на динамичный и разнообразный характер онлайн-мира. Согласно результатам этого исследования, существует значительная потребность в эффективной тестовой среде для проведения тестирования безопасности онлайн-приложений, что может привести к появлению новых проблем во время тестирования.

Было зафиксировано 176 инцидентов, в которых было зафиксировано отсутствие доступа к интернет-ресурсам, что на 69,2% больше, чем годом ранее. Количество

кибератак, связанных с кражей персональных данных казахстанцев, то есть случаев фишинга, осталось неизменным: 43 инцидента. За год количество инцидентов с вредоносными программами выросло с 37 до 38 (Рисунок 1) [1].

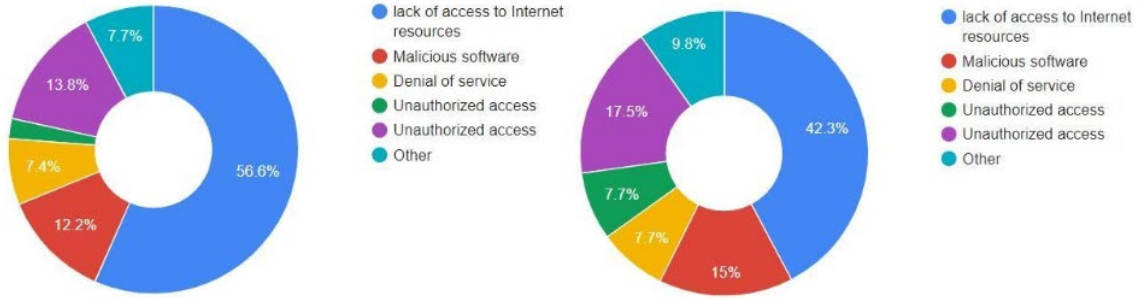


Рисунок 1 - Статистика инцидентов информационной безопасности

Тестирование безопасности приложений (AST) — это процесс повышения устойчивости приложений к угрозам путем выявления уязвимостей в исходном коде. На данный момент, когда корпоративное программное обеспечение становится все более сложным и масштабируемым по современным стандартам, использование продуктов с открытым исходным кодом и растущее число популярных уязвимостей и векторов атак, AST следует автоматизировать.

Одной из основных причин использования инструментов AST является то, что ручная проверка кода даже при использовании большого количества человеческих ресурсов и традиционных методов занимает слишком много времени, в то время как новые уязвимости и угрозы могут появляться ежедневно и иногда могут представлять колоссальную угрозу для компаний. Только тщательное соблюдение всех нормативных директив, подразумевающих внедрение инструментов AST, а также постоянное развитие продуктов, технологий и навыков в области безопасности, помогут специалистам идти в ногу с современными хакерами [2].

Основная часть. База данных является ключевой частью архитектуры AST. В AST это реализовано с помощью базы данных на основе MySQL, содержащей информацию в расширяемом диапазоне конкретных таблиц объектов уязвимостей, включая оборудование, программное обеспечение и, возможно, другое стороннее программное обеспечение на узлах VO, как показано на Рисунке 2. База данных заполняется, когда клиенты синхронно отправляют свои данные на сервер, чтобы обеспечить возможности централизованного мониторинга [3]. Доступ к AST ограничен авторизованными администраторами VO с использованием учетных данных, специфичных для VO, и политик управления доступом, специфичных для VO. AST требует подробностей о том, какая именно информация требуется для VO. Типичный базовый набор информации включает в себя названия доступных пакетов и обновлений (например, RPM), а также список ОС, для которых был доступен каждый пакет. Во многих случаях программное обеспечение нужно было бы скомпилировать только для одного или двух языков [4].

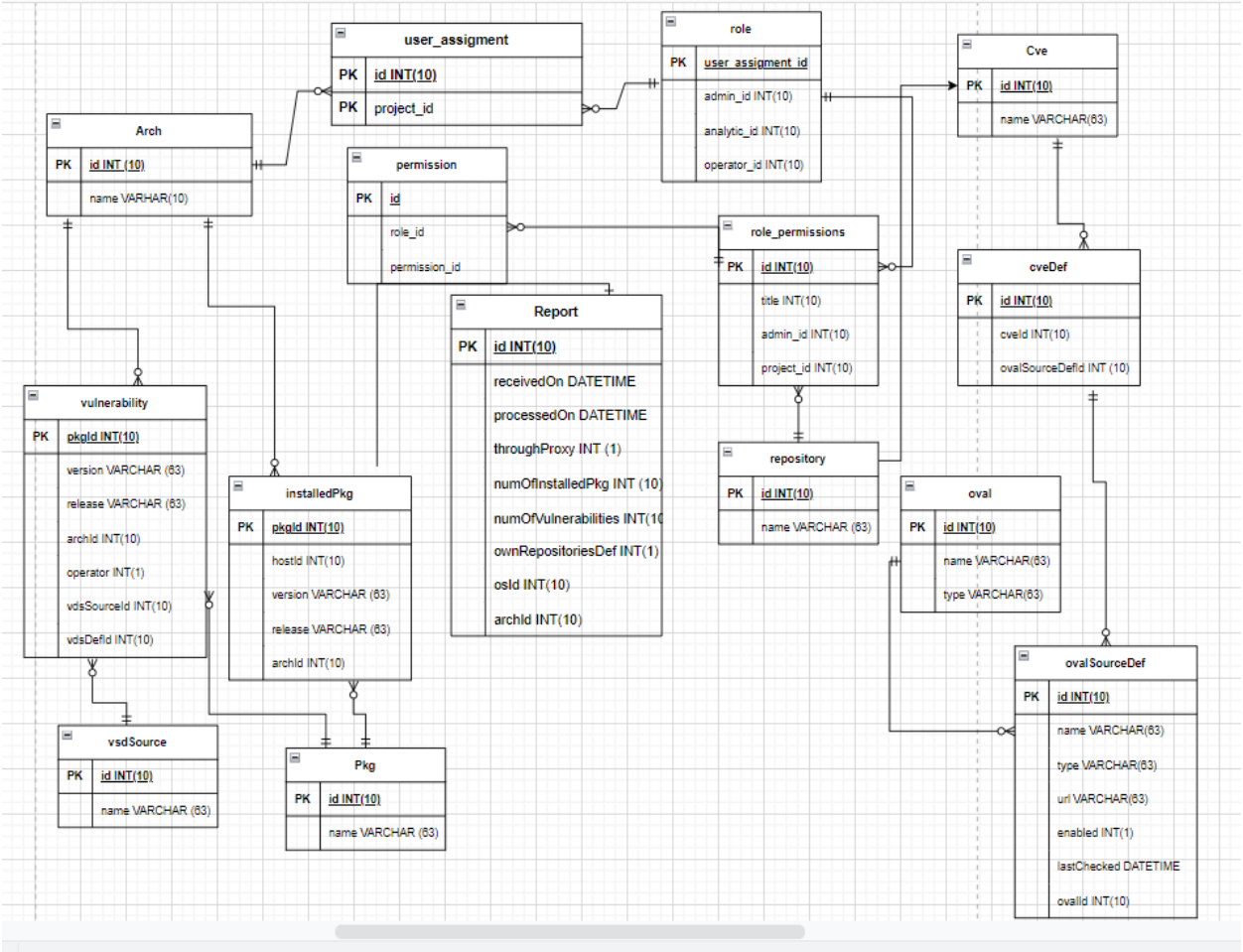


Рисунок 2. ER диаграмма

В заключении, чтобы подвести итоги развития проекта ASTO как информационной веб-системы имеющей функции, которые будут сканировать приложения на предмет информационной безопасности, показывать, как решать проблемы и уязвимости, определять уровень и критичность приложения [5]. Этот продукт уровня предприятия рекомендуется для использования в подразделениях безопасности банков, регуляторов, а также в компаниях-интеграторах и разработчиках программного обеспечения. Поскольку этот продукт является модульным оркестратором, его будет легко настроить под нужды компании, а также интегрировать в любой этап процесса разработки.

Архитектура системы состоит из backend-сервера, на котором имеется процессинговый центр, сканер уязвимостей информационной безопасности и база данных, описана в Рисунок 3. Интерфейсный сервер с пользовательским интерфейсом, веб-сервер, который будет выполнять запросы и ответные действия по протоколу HTTPS. Компьютер пользователя будет использовать веб-браузер для доступа к странице входа в систему, которая проходит аутентификацию с помощью пароля или двухфакторной аутентификации. А кроме того, модуль DevSecOps, подключенный к бэкэнд-серверу, отвечает за интеграцию с CI/CD, SDLC и API [6]. Архитектура системы представлена ниже.

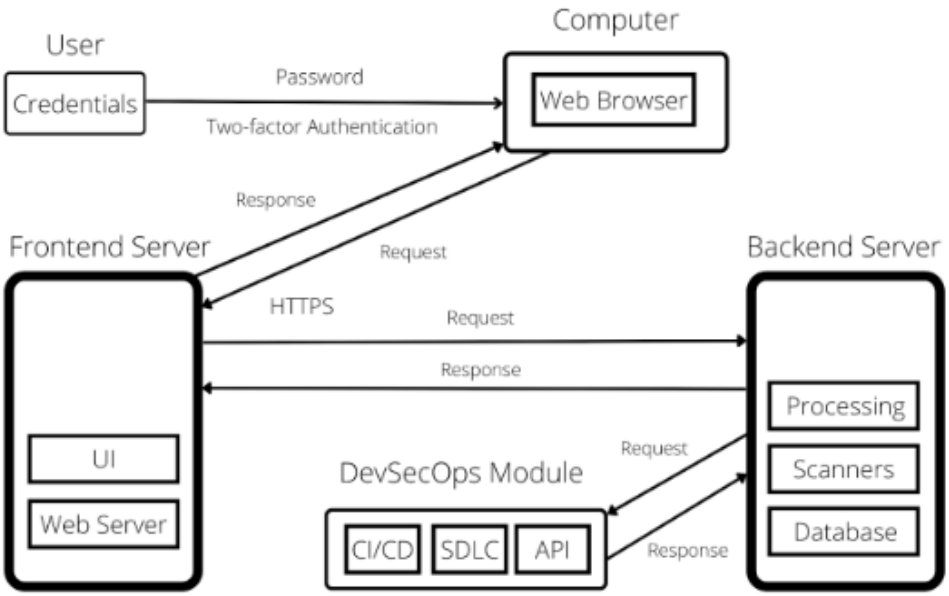


Рисунок 3. Архитектура системы

Обсуждение. Краткий прогноз развития рынка информационной безопасности на ближайшие годы. Объем рынка информационной безопасности имеет хороший потенциал роста и будет увеличиваться на 16-20% в год в среднем до 2025 года. Высокие темпы будут связано, прежде всего, с низкой насыщенностью и зрелостью рынка. По развитию многих сегментов отечественный рынок информационной безопасности по-прежнему отстает от западного (с более высоким уровнем внедрения и применения информационных технологий). Ключевым фактором станет необходимость соблюдения нормативных требований, в первую очередь по цифровизации, защите критической информационной инфраструктуры и импортозамещению. Для удовлетворения этих требований предприятия будут закупать и внедрять все больше отечественной или локализованной зарубежной продукции, в том числе аппаратных решений казахстанского производства. В коммерческом секторе, на наш взгляд, наиболее заметно в ближайшие годы будет расти сегмент защиты приложений [7]. Распространение DevSecOps, на которое мы ранее обращали внимание, должно стимулировать его наряду с безопасностью из облака, консалтинга и аутсорсинга. Безопасное развитие, вероятно, обгонит по динамике роста даже такие перспективные сегменты, как PAM или XDR. Мы видим возможности для дальнейшего прогресса в сегменте защиты инфраструктуры, несмотря на высокий базовый коэффициент. Здесь особенно стоит отметить высокий потенциал NGFW, SIEM, защиты конечных точек, NDR и EDR. В краткосрочной перспективе здесь вряд ли произойдут масштабные изменения, велика инерция привязанности к местной инфраструктуре, но «сила вещей» должна постепенно привести к ее преодолению [8]. То же самое можно сказать и о безопасности из облака с использованием модели SaaS. Услуги крупных MSSP в секторе услуг информационной безопасности будут, как нам кажется, постепенно развиваться, становясь очень популярным и де-факто стандартным элементом информационной безопасности [9]. Проблемы, вызванные его широким распространением (недостаток кадров, недостаточная квалификация внутренних экспертов, высокие пороги входа в некоторые

средства информационной безопасности), носят объективный характер и будут продолжать влиять на рынок в обозримом будущем. Локомотивом развития этого сегмента остаются коммерческие SoC, которые не только стремительно набирают клиентскую базу, но и расширяют спектр предлагаемых услуг.

Заключение. В заключении подведем итоги разработки проекта ASTO - информационной веб-системы, функционалы, которые будут проверять приложения на предмет информационной безопасности, показывать способы решения проблем и уязвимостей, определять уровень и критичность приложения и быть комплексными. клиентам.

В обсуждении мы проанализировали рынок, сложности разработки такого продукта в сравнении с текущей ситуацией на рынке и выбрали кратчайшие пути достижения цели. В настоящее время мы видим, что этот тип продукта важен, необходим и актуален для обеспечения безопасности приложений.

В результате мы имеем продукт, в котором собраны все необходимые вещи для обеспечения информационной безопасности приложения, и экономическая эффективность которого очень положительна. В будущем этот продукт может составить конкуренцию нынешним лидерам рынка.

Литература

1. Аубакирова Г.М., Уайдильда А.О. Вопросы управления кибербезопасностью в Республике Казахстан. – 2022. – С. 65-69.
2. Хохлов М.А. Актуальные проблемы информатики и информационных технологий. Образование. Технологии. Качество. – 2021. – С. 169-175.
3. Кузнецов А.В. Компьютерные сети. Краткий обзор устройств, систем и технологий. – 2023.
4. Серебряная Л.В. Информационные системы и технологии: в 2 ч. Ч. 2: курс лекций для студентов специальности «Управление информационными ресурсами». – 2023.
5. Данельян А.А., Гуляева Е.Е., Международно-правовые аспекты кибербезопасности (https://doi.org/10.24833/0869-0049-2020-1-44-53)
6. Жмудь В.А., Ляпидевский А.В. Обзор активно финансируемых исследований зарубежной фотоники и электроники //Автоматика и программная инженерия. – 2023. – №. 1 (43). – С. 44-130.
7. Федорова В.А. Малотоннажный спг как фактор трансформации мировых рынков природного газа: новые вызовы и возможности для России: дис. – российский государственный университет нефти и газа, 2023.
8. Сичинава А.А. Обеспечение информационной безопасности в таможенных органах– 2023. – С. 50.
9. Мордвинова А.Ю., Нуриев С.А. Исследование уязвимостей и угроз безопасности стандарта IEEE 802.11 //Современные инновации, системы и технологии-Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2023. – Т. 3. – №. 3. – С. 0117-0131.

MATHEMATICAL MODELING OF THE HEAT EQUATION

Gabbassova S. Ye.
e-mail: sabinabina45@gmail.com
1st year master's student of the educational program 7M06110 Informatics of the Educational Institution «Alikhan Bokeikhan University» Semey, Kazakhstan

Alkhanova G.A.
e-mail: gulnur_alhanova@mail.ru
Scientific supervisor - PhD, Acting Associate Professor of the Department of Information and Technical Sciences of the Educational Institution «Alikhan Bokeikhan University» Semey, Kazakhstan

Annotation. *Since the approach of mathematical modeling, it has started to play a gigantic part in nearly all circles of people's lives, as well as in unused accomplishments and the advancement of civilization. Scientific modeling is an fundamentally portion of present day investigate. being a strategy of subjective and quantitative depiction of a prepare, wonder or protest utilizing the so-called numerical show, within the development of which the genuine handle, marvel or object is portrayed employing a numerical device that enough portrays it. Having analyzed the history of the improvement of mathematical modeling and the scope of its application, we are able certainly say that it makes people's lives much simpler and permits us to illuminate squeezing problems of humankind. Both the positive viewpoints of scientific modeling and the drawbacks are presented. The computer program that's utilized to reenact physical forms in Python is considered. In this work, the most angles of scientific modeling, its history of beginning, classification of numerical modeling strategies and numerical models were examined. The comes about of commonsense work on modeling free consonant motions utilizing the case of second-order warm conductivity utilizing the Python scientific bundle with the capacity to alter input information are displayed.*

Key words: *computer mathematics programs, mathematical apparatus, mathematical model, mathematical modeling, heat equation, sweep method, fractional steps method.*

Introduction. The emergence of mathematical modeling during the 20th century became a great discovery that people own. The modern understanding of the entire essence of mathematical modeling began to take shape from the late 19th to the 20th centuries. Its formation was given great importance by the works of R. Fréchet (1878–1973) and D. Hilbert (1862–1943), who introduced a new interpretation of proximity in mathematics (i.e., metric and Hilbert spaces). As a result, new methods in computational mathematics were formed and the necessary theoretical foundations were laid as the basis for modern mathematical modeling. Then, in the development of mathematical modeling, a fundamental role was played by new concepts in the formulation of problems of mathematical physics in the form of integral identities, as well as the finite element approach dating back to R. Courant (1888–1972), which became the foundation for the development of variational and projection difference methods for solving problems of mathematical physics. Russian scientists A.A. Samarsky (1919–2008), O.M. played a significant role in the creation of the advanced idea of mathematical modeling.

Belotserkovsky (1925–2015). It is important to note that mathematical modeling has made a huge contribution to the achievements of civilization, as well as the revolution in physics in the 19th and 20th centuries [1].

Situations arise when an object is available, but its use may be expensive or may lead to serious disasters. The researcher's task, in this case, is to create a model of the original object, thereby predicting the nature and behavior of the object being used. An accurate model can only be built on in-depth knowledge of the object being presented for modeling. Sometimes they say that a model can be created by a mathematician who does not know the object being modeled, and by a specialist in this object, but who does not understand mathematics. Moreover, it is important to remember that to achieve success in mathematical modeling, you need to have knowledge not only of mathematical models, but also of the object being modeled [2].

Mathematical modeling is the process of forming and researching mathematical models in which real processes and phenomena are described using programs or packages for mathematical modeling. Also, mathematical modeling is an integral part of scientific and technological progress. Modern mathematics has huge and impressive means of research. When creating a model, an object or phenomenon under study, those parameters and details are introduced that, in the opinion of some, contain more or less necessary information about the object, but, in the opinion of others, provide a mathematical formalization. But it is also necessary to understand what a mathematical modeling method is in order to understand how modeling is carried out [3].

Mathematical model that reflects knowledge in the proposed field of software [4].

Related to the field of engineering knowledge or various sections of artificial intelligence as a scientific discipline [5].

It is emphasized that it is advisable to carry out not due to time-consuming programming, but due to the introduction of modern data of revelation into a form convenient for a person [6].

Materials and research methods.

Mathematical modeling of physical processes can be carried out by various methods, such as the sweep method, explicit method, fractional step method, Jacobi method, Gauss-Seidel method, and so on. In the same article we will touch on two methods for one physical equation and compare them [7].

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$$

where $u(x, y, t)$ – function, a ∂ – partial differential.

Tridiagonal matrix method:

This method is a variant of the method of sequential elimination of unknowns. The sweep method is a special case of the Gauss method and is used to solve systems of linear equations of the form Ax = B, where A is a tridiagonal matrix. A tridiagonal matrix is a matrix of this type, where in all other places, except for the main diagonal and the two adjacent to it, there are zeros.

The sweep method consists of two stages: forward sweep and reverse sweep. At the first stage, the running coefficients are determined, and at the second, the unknown x are found.

Let's write the above equation in discrete form:

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t} = \frac{u_{i+1}^{n+1} - 2u_i^{n+1} + u_{i-1}^{n+1}}{\Delta x^2}$$

where i –is a sweep across the plate and $O((\Delta x^2),(\Delta t))$ – approximation error.

Derivation of this formula in program code:

Below is the output of the formula in the program code in Pic. 1.

```
while (maxi>eps):
    for j in range(n):
        newp[0][j]=1
        newp[n-1][j]=1
    for i in range(n):
        newp[i][0]=0
        newp[i][n-1]=0
    for i in range(1,n-1):
        for j in range(1,n-1):
            newp[i][j]=oldp[i][j]+dt*((oldp[i+1][j]-2*oldp[i][j]+oldp[i-1][j])/(dx*2)+(oldp[i][j+1]-2*oldp[i][j]+oldp[i][j-1])/(dy*2))
    maxi=0
```

Here we use a while loop to re-check the maximum value data with eps (error), which in our problem will be 0.00001.

Next comes the for loop to check the last loop, or rather to count the number of iterations completed.

```
    for i in range(1,n):
        for j in range(1,n):
            if (maxi<abs(newp[i][j]-oldp[i][j])):
                maxi=abs(newp[i][j]-oldp[i][j])
    for i in range(n):
        for j in range(n):
            oldp[i][j]=newp[i][j]
    iter+=1
```

Now let's move on to the second method - this is the method of fractional steps. In the method of fractional steps (splitting schemes), the transition to the next time layer is divided into a number of intermediate stages. At each individual stage, approximation and stability are not required to be ensured. However, the “sum” of stages provides a full-step approximation and makes it possible to construct a convergent and economical scheme. Currently, the method of fractional steps is an integral element in constructing circuits for solving complex multidimensional problems of mathematical physics.

The following steps will be used for our equation:

Step 1:

$$\frac{u_{ij}^{n+\frac{1}{2}} - u_{ij}^{n}}{\Delta t} = \frac{1}{2}(\Lambda_1 u^{n+\frac{1}{2}} + \Lambda_1 u^n) + \Lambda_2 u^n$$

Step 2:

$$\frac{u_{ij}^{n+1} - u_{ij}^{n+1/2}}{\Delta t} = \frac{1}{2}(\Lambda_2 u^{n+1} - \Lambda_2 u^n),$$

where operators Λ_1и Λ_1 are equal to:

$$\Lambda_1 = \frac{\partial^2}{\partial x^2}$$

$$\Lambda_2 = \frac{\partial^2}{\partial y^2}$$

These formulas in Python are specified as follows:

```
while (maxx>eps):
    for j in range(1,n):
        betta1[1]=newp[0][j]
        alpha1[1]=0
    for j in range(1,n):
        for i in range(1,n):
            d1=oldp[j][i]/dt+(oldp[j][i+1]-2*oldp[j][i]+oldp[j][i-1])/(2*(dx*2))+(oldp[j+1][i]-2*oldp[j][i]+oldp[j-1][i])/(dy*2)
        for i in range(1,n):
            alpha1[i+1]=-a1/(b1+c1*alpha1[i])
            betta1[i+1]=(d1-c1*betta1[i])/(b1+c1*alpha1[i])
        for i in range(n-1,0,-1):
            newp[i][j]=newp[i+1][j]*alpha1[i+1]+betta1[i+1]
    for j in range(1,n):
        alpha2[1]=0
        betta2[1]=0
    for j in range(1,n):
        for i in range(1,n):
                d2=newp[i][j]/dt+(oldp[j+1][i]-2*oldp[j][i]+oldp[j-1][i])/(2*(dy**2))
        for i in range(1,n):
                alpha2[i+1]=-a2/(b2+c2*alpha2[i])
                betta2[i+1]=(d2-c2*betta2[i])/(b2+c2*alpha2[i])
        for i in range(n-1,0,-1):
            newp[j][i]=newp[j][i+1]*alpha2[i+1]+betta2[i+1]
        maxx=0
```

Pic. 3 Re-check data by steps

This uses a loop to iterate over the x and y axis variables in two steps.

And the number of iterations can be checked in the same way as in the first method through a for loop.

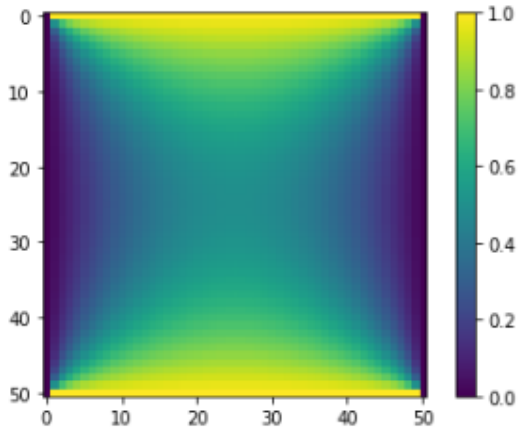
```
for i in range(0,n+1):
    for j in range(0,n+1):
        if maxx<abs(newp[i][j]-oldp[i][j]):
            maxx=abs(newp[i][j]-oldp[i][j])
for i in range(0,n+1):
    for j in range(0,n+1):
        oldp[i][j]=newp[i][j]
iterr=iterr+1
```

Pic. 4 Count of iterations

Research results.

The result of the tridiagonal matrix method for the heat equation will be the following graph and data:

```
2571
[[0.         1.         1.         ... 1.         1.         0.        ]
 [0.         0.49998006 0.69761004 ... 0.69761004 0.49998006 0.        ]
 [0.         0.30231037 0.49992056 ... 0.49992056 0.30231037 0.        ]
 ...
 [0.         0.30231037 0.49992056 ... 0.49992056 0.30231037 0.        ]
 [0.         0.49998006 0.69761004 ... 0.69761004 0.49998006 0.        ]
 [0.         1.         1.         ... 1.         1.         0.        ]]
```

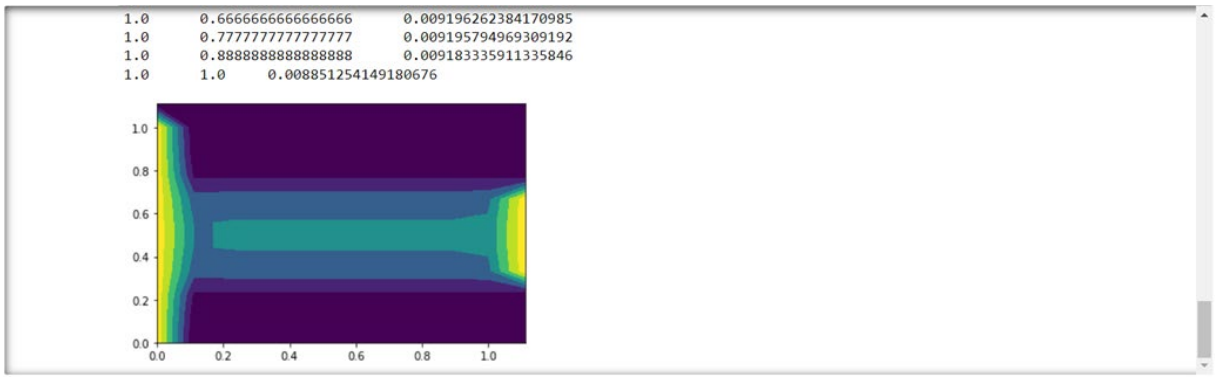


Pic. 5 Results from tridiagonal matrix method

Here we get a graph of thermal conductivity across the plate and a tridiagonal data matrix. 2571 iterations were spent solving this problem.

```
98
0.0     0.0     1.0
0.0     0.1111111111111111      0.0
0.0     0.2222222222222222      0.0
0.0     0.3333333333333333      0.0
0.0     0.4444444444444444      0.0
0.0     0.5555555555555556      0.0
0.0     0.6666666666666666      0.0
0.0     0.7777777777777777      0.0
0.0     0.8888888888888888      0.0
0.0     1.0     0.0
0.1111111111111111      0.0     1.0
0.1111111111111111      0.1111111111111111      0.03072442962858342
0.1111111111111111      0.2222222222222222      0.03187715019905951
0.1111111111111111      0.3333333333333333      0.03192039801948008
0.1111111111111111      0.4444444444444444      0.03192202050763673
0.1111111111111111      0.5555555555555556      0.03192207909949614 6
0.1111111111111111      0.6666666666666666      0.03192202050763672
0.1111111111111111      0.7777777777777777      0.03192039801948007
```

Pic. 6 Results from fractional step method



Pic. 7 Results from fractional step method

Based on the results of this method, we obtain the spread of heat across the plate and data that indicates that as time increases, the spread of heat also increases. When dividing the task into steps, we get the result in 98 iterations.

Conclusion. By those two practices we can conduct that the method of fractional steps is much faster and more efficient than the sweep method, since the result of the iteration in the first is 26 times greater, despite the fact that the code was larger.

List of references:

1. History of mathematical modeling and technology of computational experiment [Electronic resource]. URL: https://www.computer-museum.ru/articles/galglory_ru/1466/ (accessed September 23, 2023).
2. Mathematical modeling. [Electronic resource]. URL: https://works.doklad.ru/view/NTZgPljhPy8.html (accessed September 20, 2023).
3. Mathematical modeling. The concept of model and simulation. [Electronic resource]. URL: http://www.pedsovet.info/info/pages/referats/info_00002.htm (accessed September 22, 2023).
4. Alkhanova, G., Zhuzbayev, S., Syrkin, I., Kurmangaliyeva, N. Model of an automated educational and methodological complex based on a semantic network. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2021, 99(24), Pp. 5713–5723.
5. Alkhanova, G., Zhuzbayev, S., Syrkin, I., Kurmangaliyeva, N. Intelligent Mobile Models and Their Application in the Educational Process. International Journal of Interactive Mobile Technologies, 2022, 16(21), Pp. 201–217
6. Alkhanova, G., Stenin, D., Zhuzbaev, S. The semantic network as a promising information platform in the mining industry. E3S Web of Conferences, 2019, 105, 03015
7. A. A. Isakhov Mathematical and computer modeling of physical processes, 11/27/2018

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ДВИЖЕНИЯ ДИСКРЕТНОЙ ФАЗЫ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Тайлақ А.С.
e-mail: 000330551110-M@stud.satbayev.university
Институт автоматики и информационных технологий КазНИТУ

Аннотация. *В процессе транспортировки природного газа к потребителям, сети газораспределения все чаще подвергаются эрозинному износу, вызванной некачественной фильтрацией поступающего природного газа. В рамках данной статьи представлены результаты моделирования движения дискретной фазы (жидкие и твердые частицы) содержащейся в потоке природного газа. С помощью компьютерного моделирования определены места трубопровдов, которые наиболее подвержены к эррозионному износу.*

Ключевые слова. *Природный газ, трубопровод, моделирование, дискретная фаза, ГРС.*

Введение. Газораспределительные станции (ГРС) включают не только технологическое оборудование, но и прямые участки трубопроводов, общие коллекторы, сложные изгибы трубопроводов, Т-образные переходы (Рисунок 1) и различные типы запорной арматуры. Поток природного газа в изгибах трубопроводов и Т-образных переходах представляет собой сложные задачи потокораспределения из-за изменения направления движения газа в таких формах трубопроводов.

Рис. 1. Сложный общий коллектор

С целью моделирования движения частиц в потоке природного газа, используем программное обеспечение ANSYS Fluent R 17.0, которое позволяет наглядно продемонстрировать траекторию движения частиц. Кроме того, в данной работе для задания параметров моделирования проведены расчеты размеров частиц жидкой и твердой фазы согласно стандартам ГОСТ.

Жидкие и твердые частицы (дискретная фаза), присутствующие в потоке природного газа, при столкновении с внутренней поверхностью трубопровода вызывают эрозионный износ, что приводит к утончению стенок трубы. Этот процесс особенно опасен для трубопроводов, которые служат более 35-40 лет, поэтому понимание и решение задач, связанных с распределением потока природного газа внутри трубопровода, представляют собой важную задачу.

Как известно, транспортируемый природный газ содержит жидкие и твердые частицы. Жидкостная дискретная фаза включает в себя газовый конденсат, воду, смазку регуляторов или запорной арматуры (установленных выше по газопроводу) и другие углеводороды. Твердая дискретная фаза включает в себя породу, выходящую из скважин газовых месторождений, песок и продукты коррозии трубопровода. Причины наличия данных примесей в газа различные. К данным причинам можно отнести следующие факторы: некачественная очистка газа на компрессорных станциях, конденсация жидкости из газового потока при благоприятных термодинамических условиях, утечка смазки от насосов компрессорных станций, плохая очистка полости трубопровода перед непосредственным вводом в эксплуатацию и так далее.

Согласно стандарту ГОСТ 5542-87, масса механических примесей, содержащихся в природном газе не должна превышать 0,001 г/м^3. Однако при эксплуатации по данным природный газ поступающий на ГРС содержит гораздо больше примесей чем 0,001 г/м^3 [1]. В свою очередь Синайский и др. (2002) утверждают, что в природном газе поступающем ГРС масса механических примесей может достигать 0,003 г/м^3 [8]. Частицы дискретной фазы (жидкие и твердые частицы) при движении в потоке газа имеют сферическую форму. Силы, действующие на частицу, обусловлены разницей между скоростью частицы и скоростью потока непрерывной фазы (потока газа). Движение подобных частиц можно описать следующими уравнениями [9]:

$$m_p \frac{du_p}{dt} = 3 * \pi * \mu * d_p * C_{cor} * \left(u - u_p\right) + \frac{\pi * d_p^3 * \rho}{12}\left(\frac{du}{dt} - \frac{du_p}{dt}\right) + F_e - \frac{\pi * d_p^3}{6} * \\ * \left(\rho_p - \rho\right) * \omega * (\omega * r) - \frac{\pi * d^3 * \rho_p}{3}(\omega * u_p) \quad (1)$$

где m_p – масса частиц;

u_p – скорость движения частицы;

d_p – диаметр частиц;

C_{cor} – коэффициент вязкого сопротивления;

F_e – внешняя сила, действующая непосредственно на частицу (например, сила тяжести);

ω – угловая скорость вращения;

r – радиус-вектор.

Правая часть этого уравнения представляет собой сумму всех сил, действующих на частицы. Первый член в правой части описывает торможение частицы из-за вязкого трения с непрерывным потоком согласно закону Стокса. Второй член представляет силу,

действующую на частицу из-за ускоренного движения непре-рывной фазы, вызванного изменением давления в окружающем частицу непрерывном потоке. Третий член представляет собой силу, необходимую для ускорения объема непрерывной фазы, выталкиваемой частицей. Эти две силы важны, так как плотность непрерывной фазы выше, чем у частицы. Четвертый член (F_e) - это внешняя сила, например, гравитация, непосредственно воздействующая на частицу и учитываемая в расчетах. Последние два члена - центробежная сила и сила Кориолиса - присутствуют только в случае, если движение рассматривается в относительной системе отсчета. Кроме того, в некоторых случаях в правой части уравнения (1) может потребоваться учет дополнительных сил, например, при значительных различиях температур в потоке.

Уравнение (1) представляет собой дифференциальное уравнение первого порядка, в котором единственной неизвестной величиной является скорость частицы вверх, а аргументом является время t.

Максимальный диаметр частиц жидкой фазы можно определить следующим образом [2]:

$$d_{cond}^{max} = 2 * D_{in} * k_f^{-\frac{3}{5}} * We^{-\frac{3}{5}} * \left(\frac{\rho_g}{\rho_f}\right)^{\frac{2}{5}} \quad (2)$$

где D_{in} – внутренний диаметр газопровода;
kf – коэффициент сопротивления капли (kf= 0,4);
ρ_f – плотность жидкой фазы;
ρ_g – плотность газа;
We - число Вебера (безразмерный параметр).

Максимальный диаметр частиц твердой фазы примем равным размеру зерен мелкого песка. В природном газе основными загрязнителями как привило являются песок, вода и конденсат. В связи с этим примем плотность конденсата (жидкой фазы) $\rho_f = 960$ кг/м^3, а для твердых частиц возьмем среднее значение плотности песка $\rho_{sand} = 2800$ кг/м^3.

Современные исследования, направленные на визуализацию потока природного газа, активно осуществляются с использованием современных систем компьютерного моделирования. Эти методы позволяют как проводить отдельные расчеты, так и решать задачи в целом. Для моделирования движения газового потока было использовано программное обеспечение ANSYS Fluent R 17.0, в рамках которого были определены следующие параметры моделирования (Таблица 1):

Таблица 1

Параметры моделирование потока в среде ANSYS Fluent R 17.0

Тип фазы	Газ	Конденсированные капли	песок
Массовый расход на входе [кг/с]	697,9	–	–
Температура [K]	297.0	297.0	297
Интенсивность турбулентности [%]	5.0	–	–
Давление на выходе [МПа]	5.4	–	–
Плотность [кг/м^3]	–	960.0	2800
Скорость на входе [м/с]	–	12.0	12
Максимальный диаметр частиц [мм]	–	0.34	0.12
Минимальный диаметр частиц [мкм]	–	3.0	0.1

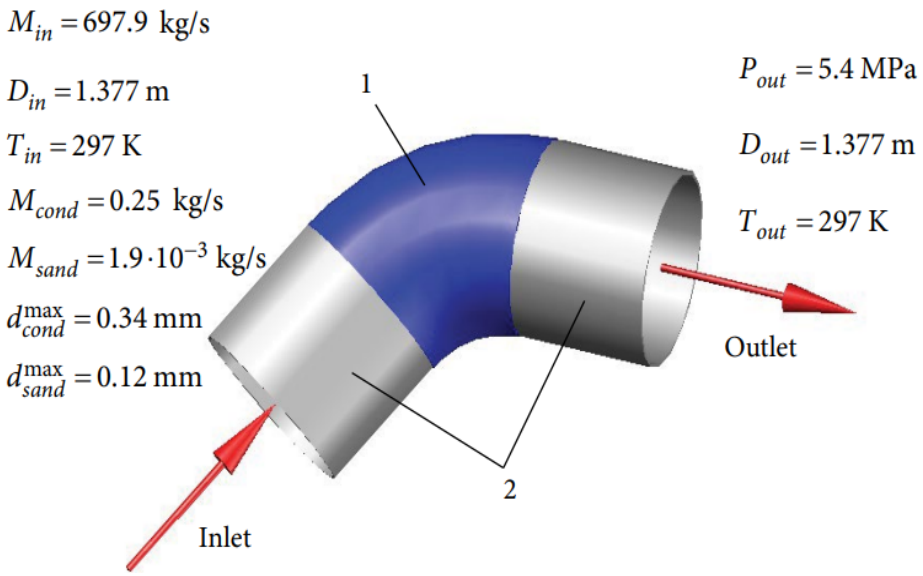


Рис. 2. Колено и заданные параметры

Как видно на представленных ниже рисунках (Рисунок 3, Рисунок 4), газовый поток вместе с дискретными фазами двигается в изогнутом участке на 60°, меняя направление движения по сложной траектории [11]. В выпуклой части изгиба, которая составляет большую часть (до 70%) колена, жидкая фаза и твердые частицы движутся параллельно стенке, практически не встречаясь с ней. Остаток жидкой фазы и твердых частиц движется по более широкому радиусу, чем радиус изгиба колена, сталкиваясь с внешней стенкой колена и прикрепленным к нему трубным участком.

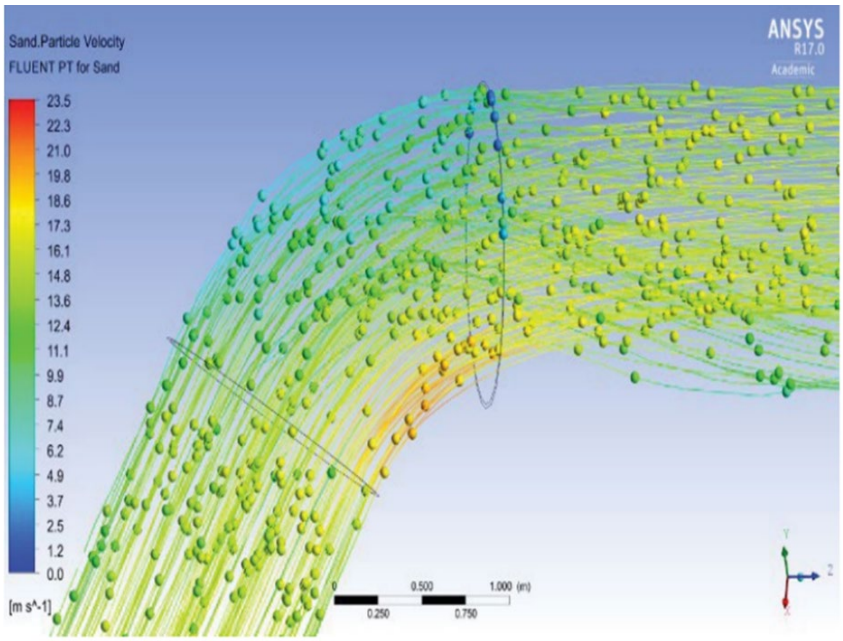


Рис. 3. Движение дискретных фаз в колене

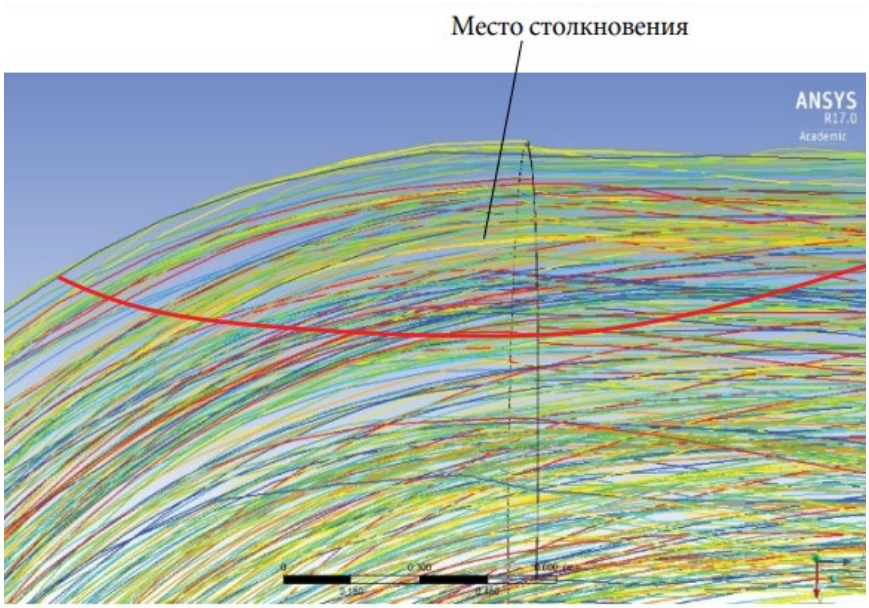


Рис. 4. Место столкновения в колене

Из-за более высокой плотности твердых частиц, эти частицы подвергаются сильной центробежной силе по сравнению с жидкой фазой. Твердые частицы перемещаются вниз по криволинейной траектории к внешней стенке колена, поскольку их движение происходит по более широкому радиусу. Чем больше изгиб колена, тем больше он подвергается эрозии.

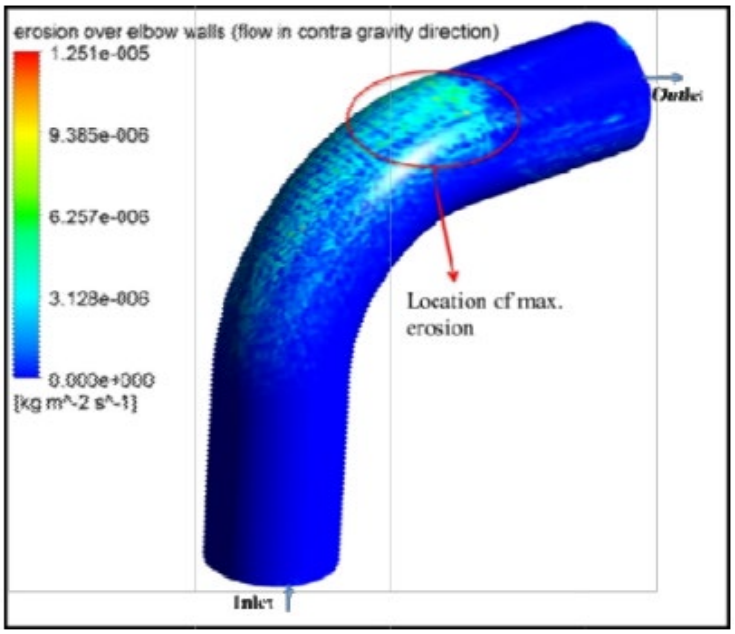


Рис. 5. Участок максимальной эрозии колена в вместе столкновения

Заключение. По результатам моделирования (Рисунок 4,5) можно заметить, что твердые и жидкие частицы, отводимые от отвода, следуют криволинейным траекториям.

Это движение приводит их к столкновению с дальней стенкой отвода, относительно направления потока газа. Угол удара частиц в зоне начала сварного соединения отвода достигает максимума, после чего уменьшается вдоль отвода. Скорость движения жидких и твердых частиц достигает максимума (достигая 20 м/с) в начальном участке сварного отвода. Таким образом, значительная часть жидкой фазы и твердых частиц большего диаметра, сталкиваясь со стенками сварного отвода, вызывает эрозию трубных участков в указанных местах столкновения.

Литература

1. И. Я. Котляр, В. М. Пиляк. Л., Эксплуатация магистральных газопроводов. Изд. 2-е, перераб. и дополн. «Недра», 1971, 248 стр.
2. ГОСТ 31371.7-2008 Газ природный. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности. Часть 7. Методика выполнения измерений молярной доли компонентов.
3. ГОСТ 31369-2008. Газ природный. Вычисление теплоты сгорания, плотности, относительной плотности и числа Воббе на основе компонентного состава.
4. ГОСТ 8.563.2-97 ГСИ. Измерение расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления. Методика выполнения измерений с помощью сужающих устройств.
5. ГОСТ 30319.2-96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение коэффициента сжимаемости.
6. Хан С.Г. Метрология, измерения и техническое регулирование. Учебное пособие – Алматы: АИЭС, 2009.
7. ГОСТ 31371.7-2008 «Газ природный, определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности».
8. ГОСТ 5542-87 «Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения, технические условия».
9. Н.В. Чухарева, А.В. Рудаченко, В.А. Поляков. Определение количественных характеристик нефти и газа в системе магистральных трубопроводов: учебное пособие. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во ТПУ, 2010. - 311 с.
10. Брюханов О.Н. Газоснабжение. –М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 448с.
11. Mehdi.A, Hans-Jorg.B, Investigation of Hydroabrasion in Slurry Pipeline Elbows and T-junctions, Germany, 2014.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ КРИТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ

Барахнин В.Б.[1,2], Мальцева С.В.[3], Данилов К.В.[3]
e-mail: bar@ict.nsc.ru, smaltseva@hse.ru, kdanilov@hse.ru

[1]*Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий, Россия*
[2]*Новосибирский государственный университет, Россия*
[3]*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Россия*

Аннотация. *Проведено моделирование самоорганизующихся распределенных социотехнических систем электроэнергетики. Рассмотрены подходы к установлению статических и динамических тарифов на электроэнергию. Проведено сравнение двух моделей энергопотребления — статического трехтарифного и динамического, учитывающих рациональное поведение умных устройств, способных выбирать лучшие режимы для потребления электроэнергии. Экспериментально показано, что излишний рост числа акторов системы способен нивелировать эффект от их применения. Естественным ограничителем числа акторов является невозможность переноса времени потребления электроэнергии целым рядом энергоемких потребителей. Для предотвращения описанной критической ситуации, сводящей на нет одно из основных преимуществ умных устройств – возможность подключения в период действия наиболее низких тарифных ставок, целесообразна кооперация интеллектуальных акторов, когда каждый из них будет потреблять часть энергии в период действия более высокого тарифа.*

Исследованию поведения самоорганизующихся распределенных социотехнических систем электроэнергетики посвящено в настоящее время большое количество исследований, например [1–5]. Многие модели коллективного потребления электроэнергии основываются на моделях взаимодействия в социальных сетях. При этом за последнее десятилетие отмечается резкое увеличение количества умных устройств, потребляющих электроэнергию, которые могут сами регулировать подключение к энергоресурсам.

При рассмотрении самоорганизующихся систем среди множества определений самоорганизации будем использовать определение, данное в работе [6]: “самоорганизация в технической системе — это процесс автономного формирования оптимальной структуры и оптимального алгоритма ее функционирования в соответствии с поставленной перед системой целью, некоторым критерием качества и внешними условиями”.

Большинство исследователей выделяют следующие основные механизмы воздействия на самоорганизующуюся систему:

– установление правил, соответствующих целям регулирования с точки зрения поддержания равновесия в системе, и обеспечение исполнимости этих правил;
– регулирование потоков ресурсов и ограничений на их использование;
– регулирование уровня шума на входе и внутри системы за счет развития информационной среды, повышения интенсивности коммуникаций, усиления обратных связей.

Обеспечение устойчивого развития системы энергоснабжения предполагает разработку и исследование новых моделей энергопотребления, учитывающих особенности интеллектуального оборудования, а также создание системы мониторинга и прогнозирования энергопотребления для предотвращения возникающих критических состояний, вызванных неравномерностью потребления электроэнергии в различных узлах сети. Одним из регулирующих механизмов является использование тарифных планов для разных временн*ы*х зон. В [7–9] отмечено несколько факторов, обусловливающих совершенствование этого механизма, наиболее важным из которых является развитие интеллектуальных устройств и технологий, которые не только позволяют учитывать индивидуальные потребности пользователей, но и могут быстро реагировать на изменение цен, обеспечивая лучшие условия для потребителей при смещении нагрузок.

Далее будем рассматривать возможность перехода от наиболее популярного сегодня статического ценообразования по трем периодам к более гибкой системе ценообразования за счет изменения длины временн*ы*х периодов, для которых установлены фиксированные цены. Будем также учитывать, что часть энергопотребления приходится на умные устройства, которые могут сами его регулировать, выбирая лучшие условия. Отметим, что решение аналогичной задачи для двух периодов описано в нашей статье [5].

В классической схеме трехтарифного учета выделяют периоды времени действия ночного тарифа, пикового тарифа (утро и вечер) и полупикового тарифа (день, поздний вечер, а иногда еще и раннее утро), при этом полупиковый тариф равен одноставочному, ночной тариф ниже одноставочного, а пиковый – выше.

Обозначим длительность действия пикового тарифа T_1, ночного T_2, полупикового T_3 (кроме того, если это не вызовет конфликта обозначений, так же будем обозначать и соответствующие временные интервалы, точнее, совокупности временных интервалов), размеры этих тарифов– соответственно S_1, S_2, S_3 размер действующего одноставочного тарифа S_0. Тогда $S_3 = S_0$, $S_1 = k_1 S_0$ ($k_1 > 1$), $S_2 = k_2 S_0$ ($k_2 < 1$).

Будем исходить из того, что на практике, как правило, повышающий и понижающий коэффициенты k_1 и k_2 задаются так, что при «идеальном» равномерном потреблении затраты на энергию при применении трехставочного тарифа меньше от затрат при применении одноставочного тарифа, то есть $(T_1 S_1 + T_2 S_2 + T_3 S_3) / 24 S_0 = (T_1 k_1 + T_2 k_2 + T_3) / 24 = l < 1$.

Зафиксируем параметр l – впоследствии он будет использован нами при установлении уровня пикового тарифа в итерационном методе.

Далее будем предполагать, что все умные устройства, доля потребления энергии которыми составляет $s = \hat{s} \cdot 100$ %, включаются только в период действия ночного тарифа.

Подробнее, определяем функцию потребления энергии во время действия пикового и полупикового тарифов по формуле $f^1_p(t) = (1 - \hat{s}) f^0(t)$, а во время действия ночного тарифа – по формуле $f^1_n(t) = f^0(t) + F^0$, где F^0 – дополнительное ночное потребление энергии, которое вычисляется из соображений равновероятности подключения умных

устройств, переставших включаться при пиковом и полупиковом тарифах, в любой момент времени ночного тарифа и неизменности общего потребления энергии:

$$F^0 = \frac{1}{T_n} \int\limits_{T_d} (1 - \hat{s}) f^0(t) dt.$$

Потребление энергии (при доле умных устройств $\hat{s}$) в период действия пикового и полупикового тарифов

$$E_p(\hat{s}) = \int\limits_{T_p} f_d^1(t) dt,$$

в период действия ночного тарифа

$$E_n(\hat{s}) = \int_{T_n} f_n^1(t) dt.$$

С ростом $\hat{s}$ при некотором $\hat{s}^*$ среднечасовое ночное потребление может стать больше среднечасового пикового и полупикового потребления. Для предотвращения такой ситуации в модель следует добавить обратную связь. С этой целью рассмотрим итерационную схему установления времени действия тарифов, в которой решение со стороны поставщика электричества, считающего, что идеальной схемой с его точки является равномерный расход энергии, принимается таким образом, что низкий тариф будет в тот период времени, когда потребление на предыдущем шаге было меньше среднего на этом шаге S^i_{av} (верхний индекс здесь и далее означает номер итерации), по крайней мере, на m % (параметр m определяется экспериментально; описанные далее эксперименты показали, что вполне адекватные результаты получаются при m =10), полупиковый – когда потребление на предыдущем шаге отличалось от среднего менее чем на m %, а пиковый – когда выше среднего, по крайней мере, на m % (моменты перехода определяем линейной экстраполяции с точностью до минут).

Действия поставщика электроэнергии однотипны на всех шагах, начиняя с первого. На i-м итерационном шаге интервал времени действия тарифов устанавливается из приведенных выше соображений.

Уровень тарифов будет устанавливать, исходя из естественного требования государства о невозрастании суммарных затрат потребителей. Напомним, что в классической модели трехтарифного учета $S_3 = S_0$, $S_1 = k_1 S_0$ ($k_1 > 1$), $S_2 = k_2 S_0$ ($k_2 < 1$).

Как и ранее, при «идеальном» равномерном потреблении затраты на энергию при применении трехставочного тарифа меньше от затрат при применении одноставочного тарифа, то есть $(T_1 k_1 + T_2 k_2 + T_3)/ 24 = l < 1$.

Аналогично классической схеме, будем брать ночной тариф на любой итерации с одним и тем же понижающим коэффициентом k_2 относительно базового одноставочного тарифа, полупиковый – равным одноставочному тарифу, а пиковый – с таким повышающим коэффициентом k^i_1, чтобы, исходя из длины интервалов времени действия

все трех тарифов, «идеальное» (равномерное) потребление электроэнергии в прежнем объеме влекло бы выполнение ограничительного соотношения на каждой итерации: $(T^i_1 k^i_1 + T^i_2 k_2 + T^i_3)/24 = l < 1$, то есть $k^i_1 = (24\, l - T^i_2 k_2 - T^i_3) / T^i_1$.

Итак, новый тариф, описание которого включает время его действия, ночные, полупиковые и пиковые расценки, на первом шаге установлен.

Теперь опишем действия потребителей на i-й итерации. Пусть, как и ранее, доля потребления энергии умными устройствами и предприятиями, способными менять время работы, составляет $s * 100$ %, и первоначально это потребление распределено равномерно (то есть в каждую единицу времени на него приходится $s * 100$ % от общего потребления в эту единицу времени).

Тогда на i-й итерации мы устанавливаем функцию потребления энергии во время действия пикового тарифа по формуле $f^i_1(t) = (1 - \hat{s}) f^0(t)$, где $t \in T_1$, полупикового тарифа по формуле $f^i_3(t) = (1 - \hat{s}) f^0(t)$, где $t \in T_3$, а во время действия ночного тарифа по формуле $f^i_2(t) = f^0(t) + F^i$, где $t \notin T_1 \cup T_3$., F^i – дополнительное ночное потребление энергии, которое вычисляется из соображений равновероятности подключения «умных» устройств, переставших включаться при пиковом и полупиковом тарифах, в любой момент времени ночного тарифа и неизменности общего потребления энергии:

$$F^i = \frac{1}{T^i_2} \int\limits_{T^i_p} (1 - \hat{s}) f^0(t) dt.$$

Далее цикл полностью повторяется: поставщик вновь меняет тарифы, а потребитель реагирует на это по принципу, изложенному выше.

Изложим результаты численных экспериментов, описывающих потребление энергии в энергосистеме с умными устройствами в процессе перехода к трехтарифному плану с использованием как классической, так и итерационной модели.

Будем использовать для моделирования данные Тверской области[1]. В домах с газовыми плитами в период 01.07.2022–30.11.2022 одноставочный тариф составляет 4.40 руб./кВт · ч, трехставочный (пиковый) – 5.28 руб./кВт · ч, трехставочный (полупиковый) – 4.40 руб./кВт · ч, трехставочный (ночь) – 3.08 руб./кВт · ч. Временные интервалы действия пикового тарифа в Тверской области 7.00–10.00; 17.00–21.00, полупикового тарифа 10.00–17.00; 21.00–23.00, ночного тарифа с 23.00 до 7.00.

Исходные денные, а также результаты расчетов по классической схеме при изменении доли умных устройств приведены на рис. 1 (для большей наглядности мы изобразили 24-часовой интервал с 23.00 до 23.00 следующих суток, чтобы без разрывов показать поведение функции во время действия ночного тарифа).

[1] https://energovopros.ru/spravochnik/elektrosnabzhenie/tarify-na-elektroenergiju/3018/54114/

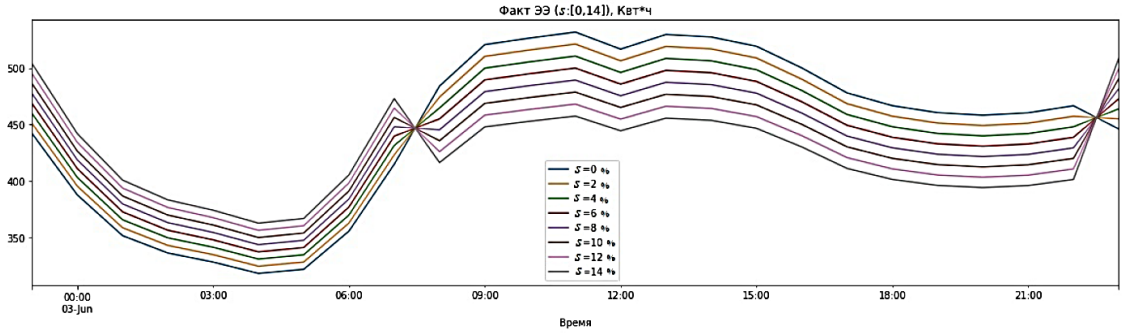


Рис. 1 Суточное потребление электроэнергии при различной доле умных устройств (классич. модель)

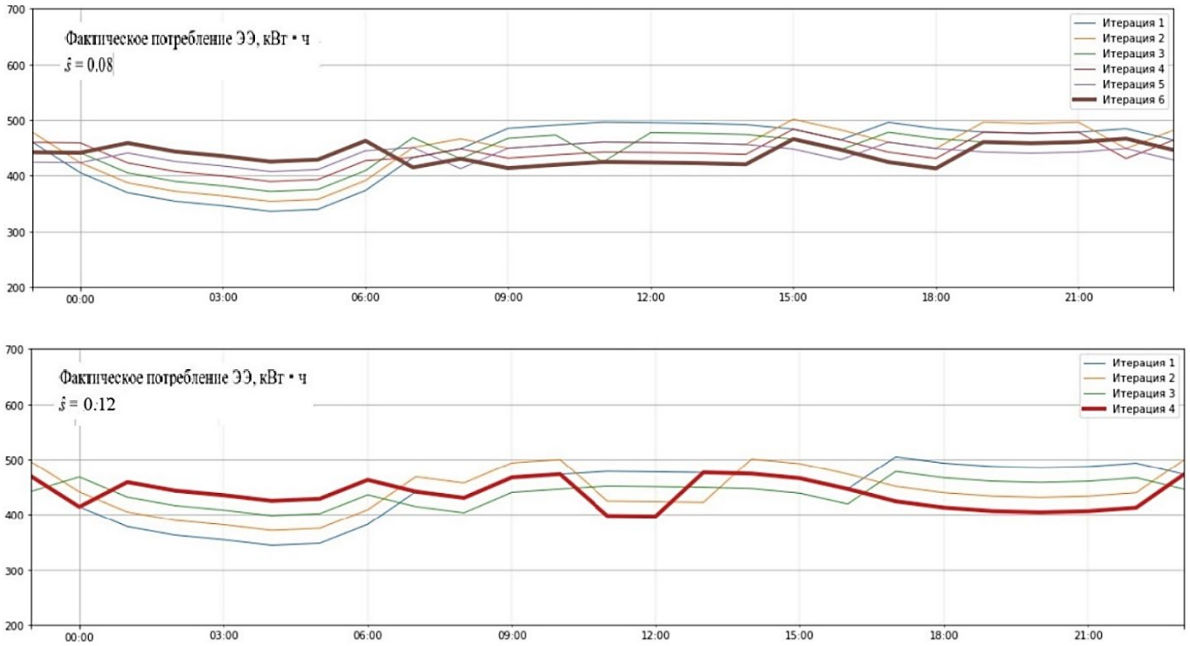
Видно, что с ростом доли умных устройств $\hat{s}$ суточные колебания потребления электроэнергии все более и более сглаживаются (общие для всех графиков точки с абсциссами 7.30 и 22.30 – численный эффект применения наших формул к табличной функции, заданной с интервалом 1 ч).

В расчетах установлено, что если $\hat{s} > 0.14$, то среднечасовое ночное потребление в условиях трехтарифного учета становится больше среднечасового дневного потребления. В этой ситуации целесообразно использовать модель трехтарифного учета с обратной связью.

Цель исследования – установить при проведении большого числа итераций, выходит решение системы на стационарный режим, колеблется или «разваливается».

Новые серии экспериментов для итерационной схемы можно выполнить, варьируя долю потребления энергии умными устройствами $\hat{s}$ (разумеется, в рамках каждой серии этот параметр не меняется).

Результаты расчетов при $\hat{s}$ =0.08, 0.12, 0.14, 0.20, 0.26, 0.32 представлены на рис. 2.



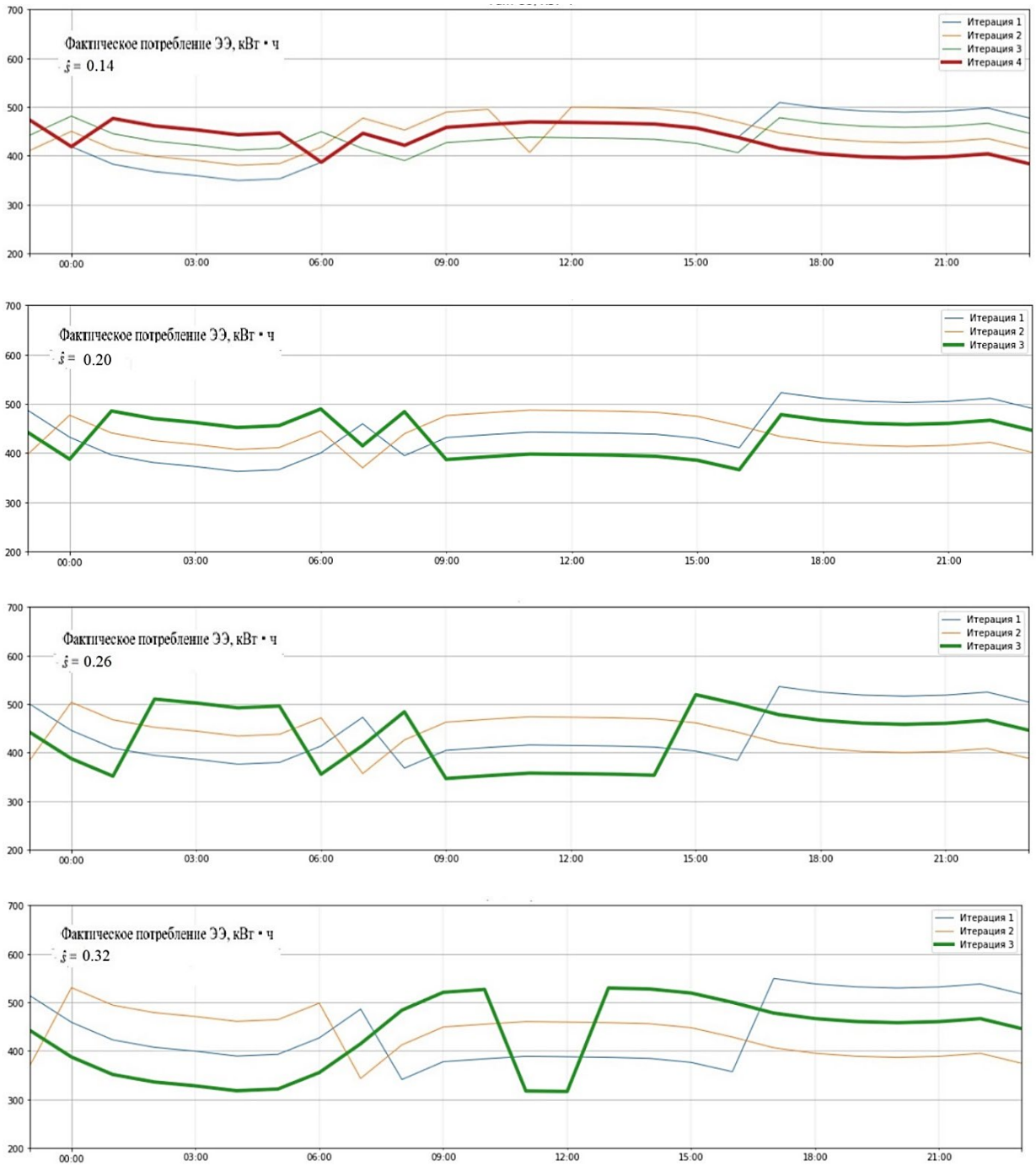


Рис. 2 Суточное потребление электроэнергии (итерационная трехтарифная модель)

В процессе моделирования подсчитывалось среднеквадратичная норма разности между графиками на двух последовательных итерациях и рассматривалась динамика этой величины. Из рис. 2 видно, что при малых значениях доли умных устройств $\hat{s}$ система за достаточно небольшое число итераций среднеквадратичная норма разности достигает минимума, после чего начинает возрастать. Итерация, соответствующая этому минимуму, рассматривается как наиболее приемлемое при данной доле умных устройств

потребление электроэнергии как с точки зрения поставщика, так и с точки зрения интеллектуальных акторов, и поэтому тариф этой итерации объявляется стационарным.

Такая картина наблюдается, пока доля умных устройств $\hat{s}$ не достигнет критической величины, примерно равной 0.20. При достижении этого значения на соседних итерациях фактически происходит инверсия времени действия низкого и высокого тарифов с массовым перетоком потребления энергии умными устройствами в зону действия низкого тарифа. В такой ситуации для обеспечения более или менее равномерного распределения потребления электроэнергии поставщику целесообразно вернуться к однотарифной ставке.

Для предотвращения описанной критической ситуации, сводящей на нет одно из основных преимуществ умных устройств – возможность подключения в период действия наиболее низких тарифных ставок, целесообразна кооперация интеллектуальных акторов, когда каждый из них будет потреблять часть энергии в период действия более высокого тарифа. Фактически, это будет означать искусственное снижение значение параметра $\hat{s}$, позволяющее избежать достижения параметром критической величины, графики расчетов будут полностью соответствовать уменьшенным значениям параметра $\hat{s}$ и поэтому не приводятся.

Дальнейшие исследования предполагают изучение других моделей установления тарифов и альтернативных методов повышения гибкости системы производства электроэнергии и спроса на нее. В частности, если в представленных расчетах по модели трехтарифного учета кооперация интеллектуальных акторов при приближении доли их потребления к критическому значению проявлялась в простом сохранении части потребления в зоне действия более высоких тарифов, то в дальнейшем можно улучшить эту схему, организовав дополнительный переток потребления из зоны действия пикового тарифа в зону действия полупикового.

Литература

1. Rasanen, T. Reducing energy consumption by using self-organizing maps to create more personalized electricity use information / T. Rasanen, J. Ruuskanen, M. Kolehmainen // Applied Energy. – 2008. – Vol. 85, N 9. – P.830–840. – DOI: 10.1016/j.apenergy.2007.10.012.
2. Oliveira, P. A multi-agent based approach for intelligent smart grid management / P. Oliveira, Z. Vale, H. Morais, I. Praca // IFAC Proceedings Volumes. – 2012. – Vol. 45, N 21. –P.109–114. – DOI:10.3182/20120902-4-FR-2032.00021.
3. Howell, S. Towards the next generation of smart grids: Semantic and holonic multi-agent management of distributed energy resources / S. Howell, Y. Rezgui, J-L. Hippolyte, B. Jayan, H. Li // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – Vol. 77. – P. 193–214. – DOI: 10.1016/j.rser.2017.03.107.
4. Addendum report for the total energy model v2.0 for connected devices report prepared for IEA 4E EDNA, February 2021. – https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2021/02/EDNA-TEM2.0-Report-V1.0-Final.pdf (дата обращения 29.09.2023).
5. Барахнин, В.Б. Моделирование энергопотребления в социотехнических системах с интеллектуальным оборудованием / В.Б. Барахнин, С.В. Мальцева, К.В. Данилов, В.В. Корнилов // Вычислительные технологии. – 2021. – Т. 26, N 6. – С. 4-19. – DOI:10.25743/ICT. 2021.26.6.002.
6. Каляев, И.А. Самоорганизующиеся распределенные системы управления группами интеллектуальных роботов, построенные на основе сетевой модели / И.А. Каляев, С.Г.

Капустян, А.Р. Гайдук //Управление большими системами. – 2010. – Т. 30, N 1. – С. 605–639.
7. C19-DS-55-04 CEER paper on electricity distribution tariffs supporting the energy transition. April 20, 2020. – https://www.ceer.eu/documents/104400/-/-/fd5890e1-894e-0a7a-21d9-fa22b6ec9da0 (дата обращения 29.09.2023).
8. von Coburg M. Timing is everything: Why time-of-use tariffs are here to stay. May 19, 2021. – https://www.gridx.ai/blog/time-of-use-flexible-tariffs (дата обращения 29.09.2023).
9. Innovation landscape brief: Time-of-use tariffs. International Renewable Energy Agency (IRENA). Abu Dhabi; 2019. – https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Feb/IRENA_Innovation_ToU_tariffs_2019.pdf (дата обращения 29.09.2023).

DO LEFT-HANDED PEOPLE REALLY DIE YOUNG?

[1]Aipenova A.S., [2]Rysbekova G.A., [1]Duisenbekov A.
aziza.aipenova@sdu.edu.kz
[1] *Department of Information Systems, SDU University, Kaskelen, Kazakhstan;*
[2] *Department: Mathematics and Mathematical Modeling, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan*

Abstract. *In 1991, Halpern and Coren reported that left-handed people die on average nine years earlier than right-handed people. Nine years! Could this really be true?*

In this paper, we have explored this phenomenon using age distribution data to see if we can reproduce a difference in average age at death purely from the changing rates of left-handedness over time, refuting the claim of early death for left-handers. In this work, it has used Bayesian statistics to analyze the probability of being a certain age at death given that you are reported as left-handed or right-handed.

Keywords: *Modeling, Handedness, Life expectancy, Bayesian statistics, Level of left-handedness.*

Introduction. A 1991 study [1] reported that left-handed people die on average nine years earlier than right-handed people. Nine years! Could this really be true?

In this paper, we have explored this phenomenon using age distribution data to see if we can reproduce a difference in average age at death purely from the changing rates of left-handedness over time, refuting the claim of early death for left-handers. In this work, it has used Bayesian statistics to analyze the probability of being a certain age at death given that you are reported as left-handed or right-handed.

A National Geographic survey in 1986 resulted in over a million responses that included age, sex, and hand preference for throwing and writing. Researchers [2] analyzed this data and noticed that rates of left-handedness were around 13% for people younger than 40 but decreased with age to about 5% by the age of 80. They concluded based on analysis of a subgroup of people who throw left-handed but write right-handed that this age-dependence was primarily due to changing social acceptability of left-handedness. This means that the rates aren't a factor of *age* specifically but rather of the *year you were born*, and if the same study was done today, we should expect a shifted version of the same distribution as a function of age. Ultimately, we'll see what effect this changing rate has on the apparent mean age of death of left-handed people.

In this work has used two datasets: death distribution data [3] (source website [4] and rates of left-handedness digitized from a figure in this [2].

A. Research Questions

1. Rates of left-handedness over time
2. Applying Bayes' rule
3. When do people normally die?
4. The overall probability of left-handedness
5. Putting it all together: dying while left-handed (i)
6. Putting it all together: dying while left-handed (ii)
7. Plotting the distributions of conditional probabilities

8. Moment of truth: age of left and right-handers at death

B. Research objectives

To investigate the phenomenon of left-handedness and its historical changes in rates over time.

- To examine age distribution data to determine if there is a reproducible difference in the average age at death based on the changing rates of left-handedness.
- To challenge the prevailing claim suggesting an early death for left-handers by employing statistical analyses, specifically utilizing pandas and Bayesian statistics.
- To assess the probability of being a certain age at death, considering reported left-handed or right-handed status as a variable.
- To provide a comprehensive understanding of the interplay between changing cultural norms, left-handedness, and life expectancy, aiming to contribute nuanced insights to the discourse on this topic.

C. Overview of the paper

The remainder of this paper is organized as follows. Section 2 provides a review of the literature on a case study on left-handedness and life expectancy. Section 3 describes the methodology used in this study, including details on the Bayesian statistics to analyze the probability of being a certain age at death given that you are reported as left-handed or right-handed. Section 4 presents the results of the study. Finally, Section 5 offers a discussion of the implications of these results and suggestions for future research in this area.

Related work. In 1991, disseminated concise [1] and more intricate [2] accounts positing that individuals favoring their left hand experience a mortality that transpires nine years earlier than their right-handed counterparts. The authors postulated that left-handed individuals confront an elevated susceptibility to mortality across various ages, with their deductions grounded in the scrutiny of surveys dispatched to relatives of those who succumbed in 1989 across two counties in southern California, wherein inquiries regarding the deceased's handedness were made. The ascribed discrepancy of nine years was attributed to factors both pathological and resultant from environmental interplays, emphasizing that the augmented risk of mortality likely emanated from correlates linked to left-handedness rather than the inherent trait itself. This encompassed plausible associations with left-handedness and potential escalations in accidents due to intricate engagements with the technological milieu [1, 3].

Following the seminal work by [1], subsequent investigations involving athletes [4–6] failed to discern substantial disparities in lifespan attributable to handedness. Notably, a study scrutinizing 118 pairs of same-sex twins with discordant handedness revealed a nuanced outcome, indicating a marginal predilection for right-handed individuals to experience mortality before their non-right-handed counterparts [7].

The authors [8] found that the changing rate of left-handedness reporting over the years entirely explains the originally reported observation of nine-year difference in life expectancy. In epidemiology, new information on past reporting biases could warrant re-exploration of initial findings.

Methodology. In this work, has used Bayesian statistics to analyze the probability of being a certain age at death given that you are reported as left-handed or right-handed.

Results and Discussion. Let's start by plotting the rates of left-handedness as a function of age.

Figure 1 shows that a discernible diminishing trend in frequencies beyond the age of 70, implying a notable reduction in occurrences of both genders within that demographic stratum.

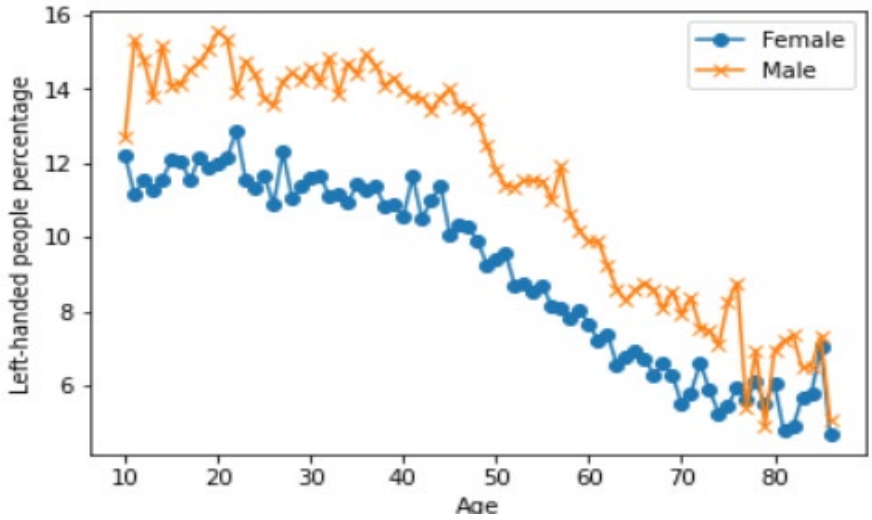


Figure 1. "Male" and "Female" columns vs. "Age"

Rates of left-handedness over time

The data was converted into a plot (Figure 2) of the rates of left-handedness as a function of the year of birth, and average over male and female to get a single rate for both sexes.

Since the study was done in 1986, the data after this conversion will be the percentage of people alive in 1986 who are left-handed as a function of the year they were born.

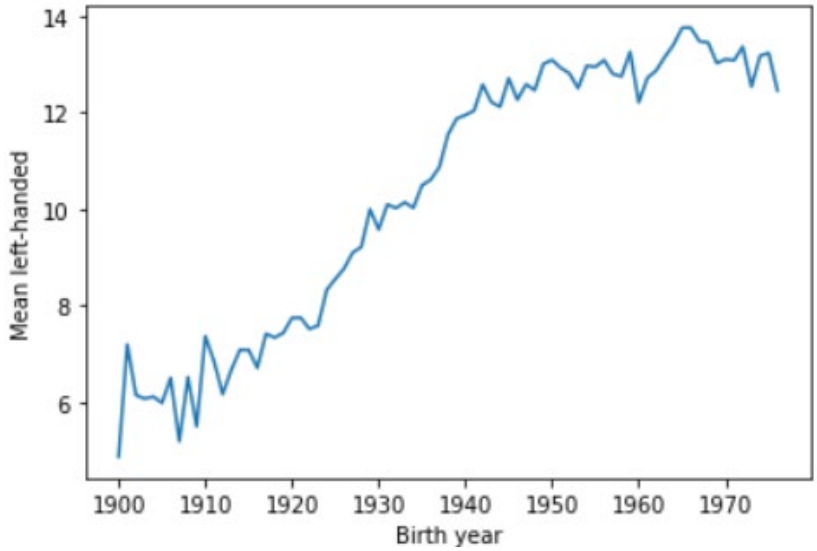


Figure 2. The rates of left-handedness

Applying Bayes' rule

The probability of dying at a certain age given that you're left-handed is **not** equal to the probability of being left-handed given that you died at a certain age. This inequality is why we need **Bayes' theorem**, a statement about conditional probability which allows us to update our beliefs after seeing evidence.

We want to calculate the probability of dying at age A given that you're left-handed. Let's write this in shorthand as $P(A/LH)$. We also want the same quantity for right-handers: $P(A/RH)$.

Here's Bayes' theorem for the two events we care about: left-handedness *(LH)* and dying at age A.

$$P(A/LH) = \frac{P(LH/A)\,P(A)}{P(LH)}$$

$P(LH/A)$ is the probability that you are left-handed *given that* you died at age A. $P(A)$ is the overall probability of dying at age A, and $P(LH)$ is the overall probability of being left-handed. We will now calculate each of these three quantities, beginning with $P(LH/A)$.

To calculate $P(LH/A)$ for ages that might fall outside the original data, we will need to extrapolate the data to earlier and later years. Since the rates flatten out in the early 1900s and late 1900s, we'll use a few points at each end and take the mean to extrapolate the rates on each end. The number of points used for this is arbitrary, but we'll pick 10 since the data looks flat-ish until about 1910.

When do people normally die?

To estimate the probability of living to an age A, has used data that gives the number of people who died in a given year and how old they were to create a distribution of ages of death. If we normalize the numbers to the total number of people who died, we can think of this data as a probability distribution that gives the probability of dying at age A. The data we'll use for this is [9].

In this block, load in the death distribution data and plot it. In Figure 3, the number of people who died of their age.

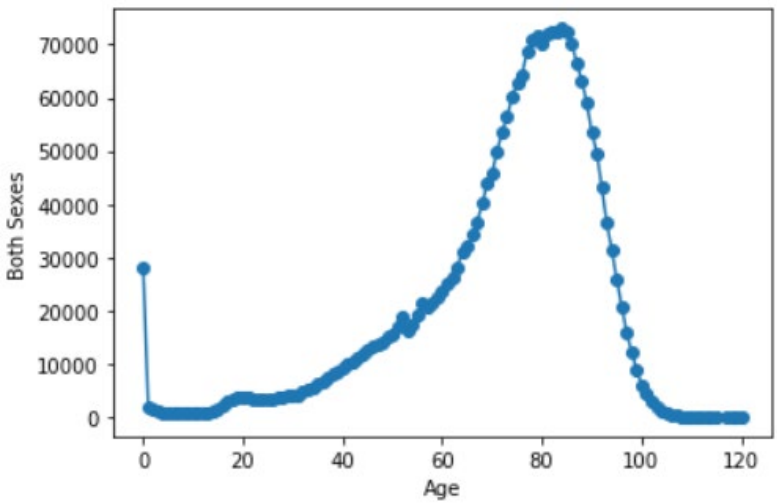


Figure 3. The death distribution data

The overall probability of left-handedness

In the previous code block we loaded data to give us P(A), and now we need P(LH). P(LH) is the probability that a person who died in our particular study year is left-handed, assuming we know nothing else about them. This is the average left-handedness in the population of deceased people, and we can calculate it by summing up all of the left-handedness probabilities for each age, weighted with the number of deceased people at each age, then divided by the total number of deceased people to get a probability. In equation form, this is what we're calculating, where N (A) is the number of people who died at age A (given by the data frame death distribution data):

$$P(LH) = \frac{\sum_A P(LH/A)\, N(A)}{\sum_A N(A)}$$

The result is 0.07766387615350638. It suggests that, within the scope of the study, approximately 7.77% of individuals who passed away during that specific time period were identified as left-handed.

Putting it all together: dying while left-handed (i)

Now we have the means of calculating all three quantities we need: $P(A)$, $P(LH)$, and $P(LH/A)$. We can combine all three using Bayes' rule to get $P(A/LH)$, the probability of being age A at death (in the study year) given that you're left-handed. To make this answer meaningful, though, we also want to compare it to $P(A/RH)$, the probability of being age A at death given that you're right-handed.

We're calculating the following quantity twice, once for left-handers and once for right-handers.

$$P(A/LH) = \frac{P(LH/A)\, P(A)}{P(LH)}$$

First, for left-handers.

Putting it all together: dying while left-handed (ii)

And now for right-handers.

$$P(A/RH) = \frac{P(RH/A)\, P(A)}{P(RH)}$$

Plotting the distributions of conditional probabilities

Now that we have functions to calculate the probability of being age A at death given that you're left-handed or right-handed, let's plot these probabilities for a range of ages of death from 6 to 120.

Notice that the left-handed distribution has a bump below age 70: of the pool of deceased people, left-handed people are more likely to be younger (Figure 4).

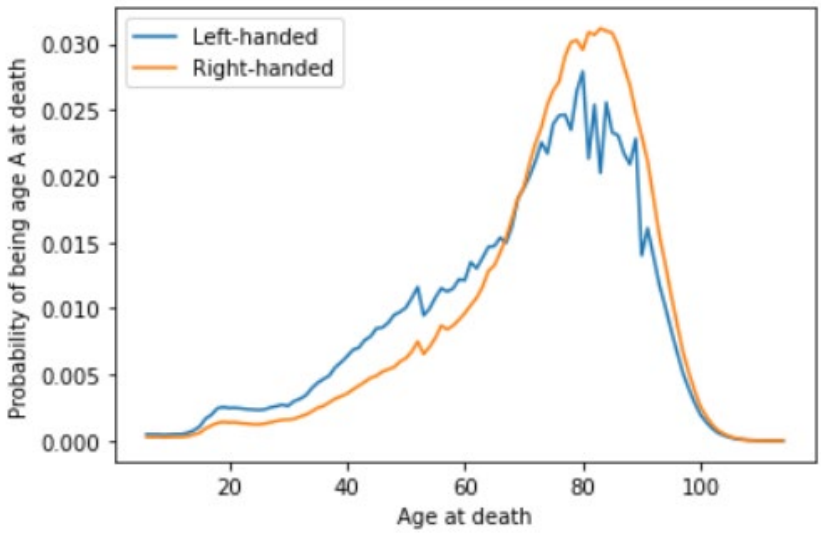


Figure 4. The distributions of conditional probabilities

Moment of truth: age of left and right-handers at death

Finally, we have compared our results with the original study that found that left-handed people were nine years younger at death on average. We did this by calculating the mean of these probability distributions in the same way we calculated P(LH) earlier, weighting the probability distribution by age and summing over the result.

Average age of left-handed people at death $=\sum_A AP(A/LH)$

Average age of right-handed people at death $=\sum_A AP(A/RH)$

Average age of lefthanded 67.24503662801027

Average age of righthanded 72.79171936526477

The difference in average ages is 5.5 years.

Conclusion. We got a pretty big age gap between left-handed and right-handed people purely as a result of the changing rates of left-handedness in the population, which is good news for left-handers: you probably won't die young because of your sinisterness. The reported rates of left-handedness have increased from just 3% in the early 1900s to about 11% today, which means that older people are much more likely to be reported as right-handed than left-handed, and so looking at a sample of recently deceased people will have more old right-handers.

Our number is still less than the 9-year gap measured in the study. It's possible that some of the approximations we made are the cause:

1) We used death distribution data from almost ten years after the study (1999 instead of 1991), and we used death data from the entire United States instead of California alone (which was the original study).

2) We extrapolated the left-handedness survey results to older and younger age groups, but it's possible our extrapolation wasn't close enough to the true rates for those ages.

One thing we could do next is figure out how much variability we would expect to encounter in the age difference purely because of random sampling: if you take a smaller sample of recently deceased people and assign handedness with the probabilities of the survey, what does that distribution look like? How often would we encounter an age gap of nine years using the same data and assumptions? We won't do that here, but it's possible with this data and the tools of random sampling.

To finish off, let's calculate the age gap we'd expect if we did the study in 2018 instead of in 1990. The gap turns out to be much smaller since rates of left-handedness haven't increased for people born after about 1960. Both the National Geographic study and the 1990 study happened at a unique time - the rates of left-handedness had been changing across the lifetimes of most people alive, and the difference in handedness between old and young was at its most striking. The difference in average ages is 2.3 years.

References

1. Halpern D., Coren S. Handedness and life span. // New England Journal of Medicine. – Massachusetts: N.Y., 1991. - Vol. 324, N. 14. – P. 998.
2. Gilbert A.N., Wysocki C.J. Hand preference and age in the United States. // Neuropsychologia, 1992. – Vol. 30, N. 7. – P. 601 – 608.
3. Harrel H.L. Left handedness and life expectancy. // New England Journal of Medicine. UK London - 1991. – Vol. 325. – P. 1041.
4. Aggleton, J.P., Kentridge, R. W., Neave, N.J. Evidence for longevity differences between left-handed and right-handed men: An archival study of cricketers. // Journal of Epidemiology and Community Health. – UK London 1993. – Vol. 47. – P. 206–209.
5. Hicks, R.A., Johnson, C., Cuevas, T., Deharo, D., Bautista J. Do right-handers live longer? An updated assessment of baseball player data. // Perceptual and Motor Skills. – USA, Washington, 1994. – Vol. 78. – P. 1243–1247.
6. Panjer H.H., Mortality differences by handedness: survival analysis for a right-truncated sample of baseball players. // Transactions of Society of Actuaries. - USA, Chicago. 1993. – Vol. 45. – P. 257–274.
7. Basso O., Olsen J., Holm N.V., Skytthe A., Vaupel J.W., Christensen K. Handedness and mortality: A follow-up study of Danish Twins born between 1900 and 1910. // Epidemiology, USA, Philadelphia. - 2000. – Vol. 11. – P. 576–580.
8. Ferres J., Nasir M., Bijral A., Subramanian S.V., Weeks W., Modelling to explore and challenge inherent assumptions when cultural norms have changed: a case study on left-handedness and life expectance. // Archives of Public Health. UK London 2023. – Vol. 81. – P. 137.
9. https://gist.githubusercontent.com/mbonsma/2f4076aab6820ca1807f4e29f75f18ec/raw/62f3ec07514c7e31f5979beeca86f19991540796/cdc_vs00199_table310.tsv" (accessed on June 22, 2019).

СЦЕНАРНЫЕ АНАЛИЗЫ ПРИМЕНЕНИЯ IOT В ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Burgegulov A.D, Ziyatbekova G. Z., Mazakov T.Zh., Sametova A.A., Aliaskar M.S
Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
akyltay.burgegulov@gmail.com

Аннотация. *Современное исследование рассматривает применение технологии интернет вещей (IoT) в области пожарной безопасности. Через серию сценарных анализов авторы исследуют потенциал IoT для обнаружения, мониторинга и реагирования на пожарные ситуации в различных условиях: от многоквартирных домов до лесных массивов. Результаты указывают на значительное улучшение показателей безопасности при интеграции IoT в системы пожаротушения.*

Ключевые слова: *интернет вещей, пожарная безопасность, датчики, раннее обнаружение, сценарный анализ.*

Введение. Целью данного исследования является анализ потенциальных сценариев возникновения пожаров и определение роли, которую могут сыграть системы IoT в обнаружении, предотвращении и реагировании на пожарные инциденты в различных условиях.

Технологический прогресс в области IoT: С развитием технологий интернета вещей количество доступных устройств и их функциональных возможностей растет. Это позволяет внедрять более сложные и интегрированные решения в области пожарной безопасности. Повышение требований к пожарной безопасности: В свете недавних катастроф и пожаров повышается потребность в усовершенствованных методах обнаружения и реагирования на пожары. IoT может стать одним из ответов на эти вызовы. Экономическая выгода: Интеграция систем IoT может значительно сократить экономические потери от пожаров за счет раннего обнаружения и быстрого реагирования. Усовершенствование систем аварийного оповещения: Интегрированные системы IoT могут улучшить качество и скорость оповещения о пожаре, что критично для спасения жизней и имущества.

Методы исследования. Интеграция с другими системами безопасности: Возможность совмещения систем пожарной безопасности с другими системами безопасности (например, системами видеонаблюдения) может усилить общую защищенность объектов. В заключении актуальность исследования обусловлена растущим потенциалом технологий интернета вещей в области пожарной безопасности и необходимостью глубокого понимания их возможностей и ограничений в различных сценариях.

Обсуждение и результаты. IoT, или Интернет вещей, обозначает систему межсоединенных физических устройств, которые оснащены встроенными сенсорами, программным обеспечением и другой технологией для сбора, обмена и передачи данных через интернет или другие сетевые соединения [1].

Основные характеристики и компоненты IoT:

1. Сенсоры и датчики: Устройства, которые могут собирать информацию из окружающей среды. Это может включать в себя датчики температуры, влажности, освещенности, движения и многие другие.

2. Соединение: Устройства IoT подключены к сети, позволяя им отправлять и получать данные. Это соединение может осуществляться через Wi-Fi, сотовые сети, Bluetooth, Zigbee, LoRa или другие сетевые протоколы [2].

3. Обработка данных: Собранная информация может быть обработана на самом устройстве (на краю сети, или "edge computing") или отправлена на удаленный сервер или облако для дальнейшей обработки [3].

4. Актуаторы: Некоторые устройства IoT не только собирают информацию, но и могут совершать действия на основе этой информации, например, включать или выключать устройства.

5. Программное обеспечение: ПО позволяет устройствам функционировать, обрабатывать данные и взаимодействовать с другими системами [4].

6. Безопасность: Важным аспектом любой системы IoT является безопасность, обеспечивающая защиту данных и устройств от несанкционированного доступа и атак [5].

В целом, как было показано на рисунке 1, применение IoT в сфере пожарной безопасности может значительно улучшить эффективность обнаружения и реагирования на пожары, IoT представляет собой совокупность устройств и систем, способных автоматически собирать, обмениваться и реагировать на информацию без прямого вмешательства человека, что позволяет усовершенствовать и автоматизировать множество процессов в различных отраслях, включая пожарную безопасность.

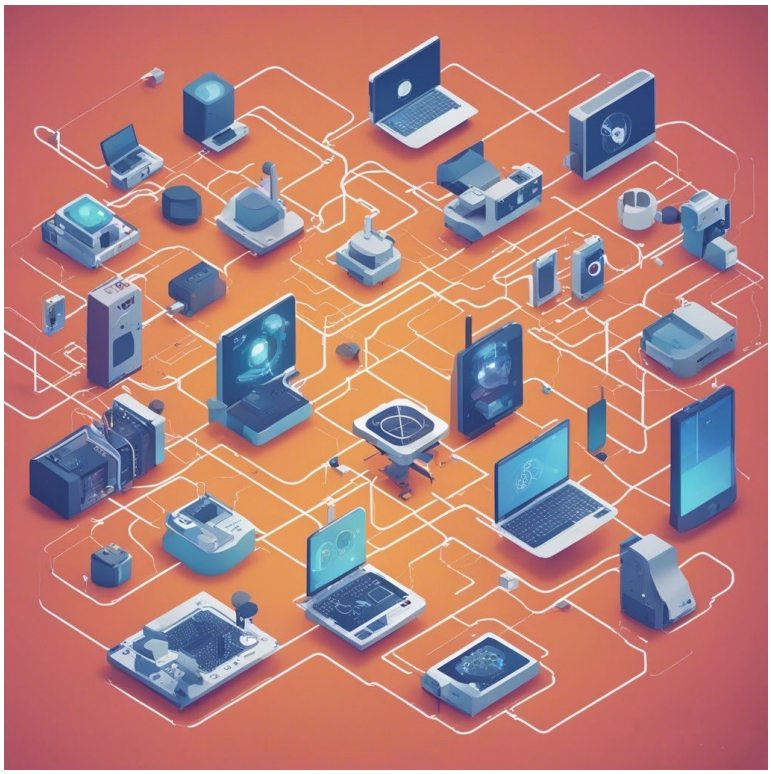


Рис. 1 Общая иллюстрация IoT

Методология сценарного анализа. Цель сценарного анализа в контексте пожарной безопасности:

Сценарный анализ в контексте пожарной безопасности используется для моделирования различных ситуаций, которые могут возникнуть при пожарах, и определения роли и эффективности различных мер безопасности, в том числе технологий IoT. Основные цели включают:

1. Прогнозирование и планирование: Понимание возможных сценариев позволяет прогнозировать последствия и разрабатывать стратегии реагирования.

2. Оценка технологий: Сценарии могут помочь оценить, как технологии, такие как IoT, могут быть использованы для улучшения пожарной безопасности.

3. Тренировка и подготовка: Сценарные анализы могут быть использованы для обучения и тренировки специалистов в области пожарной безопасности.

4. Обеспечение обратной связи: Анализируя различные сценарии, можно получить ценные данные для улучшения систем безопасности.

Процесс разработки и применения сценариев:

1. Определение цели: прежде всего, необходимо четко определить, для чего создается сценарий. Это может быть, например, анализ новой технологии IoT в пожарной безопасности или тренировка персонала.

2. Сбор данных: необходимо собрать все необходимые данные, которые могут влиять на сценарий. Это может включать в себя информацию о зданиях, материалах, климатических условиях и т. д.

3. Разработка сценариев: на основе собранных данных создаются различные сценарии. Это могут быть наиболее вероятные сценарии, худшие случаи или оптимистичные прогнозы.

4. Тестирование и валидация: после создания сценариев их необходимо протестировать. Это может включать в себя моделирование на компьютере, масштабные модели или полевые испытания.

5. Анализ результатов: после тестирования результаты анализируются, чтобы определить, какие меры безопасности наиболее эффективны в различных сценариях.

6. Применение результатов: на основе анализа результатов могут быть внесены изменения в системы безопасности или разработаны новые подходы к тренировке персонала.

7. Пересмотр и обновление: Технологии и условия постоянно меняются, поэтому сценарии следует периодически пересматривать и обновлять

Применяя методологию сценарного анализа, можно систематически оценить и улучшить пожарную безопасность, интегрировав новые технологии и методы.

Сценарий 1: Пожар в многоквартирном доме. Описание ситуации:

Ночью в одной из квартир многоквартирного дома начинается пожар из-за короткого замыкания в электрической сети. Большинство жителей спят, и они могут не заметить пожар до тех пор, пока не будет слишком поздно.

Применение IoT для обнаружения, оповещения и реагирования:

1. Обнаружение: Датчики дыма и температуры, установленные в квартирах и общих коридорах, мгновенно регистрируют изменения. Эти датчики связаны с централизованной системой безопасности через IoT.

2. Оповещение: при обнаружении дыма или повышения температуры система автоматически отправляет уведомления на смартфоны жителей и управляющую компанию. Кроме того, звуковые и световые сигналы активируются во всем доме.

3. Реагирование: Система также автоматически уведомляет пожарную службу, предоставляя им информацию о местоположении пожара в здании. Датчики углекислого газа могут предоставить информацию о том, в каких зонах уровень кислорода опасно низкий.

4. Интеграция с другими системами: Системы IoT могут быть интегрированы с системами вентиляции для отсечения подачи воздуха в зону пожара. Камеры видеонаблюдения могут предоставить визуальную информацию о распространении пожара и наличии людей в опасных зонах, как показано на Рис. 2, датчики дыма и огня могут быть стратегически размещены на разных этажах для оптимизации обнаружения возможного пожара

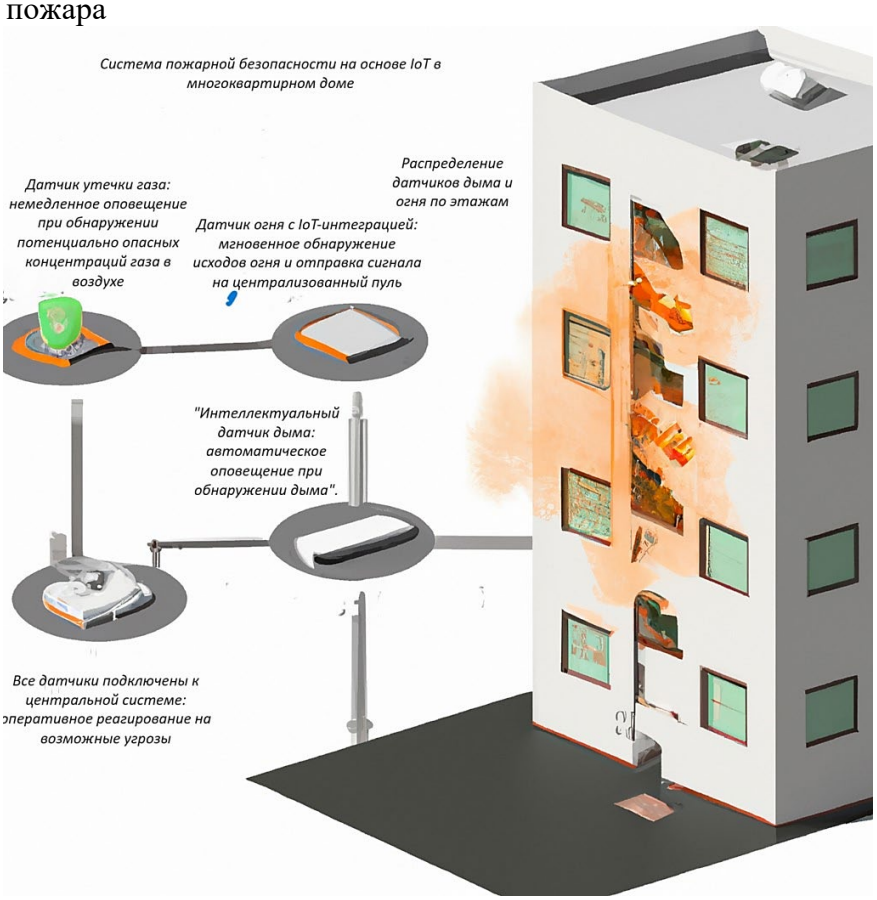


Рис. 2 Схема многоквартирного дома с IoT датчиками дыма и огня, распределенными по этажам

Преимущества и недостатки применения IoT в данном сценарии: Преимущества:

1. Быстрое обнаружение: Системы IoT могут мгновенно обнаруживать признаки пожара, уменьшая время реакции и минимизируя потенциальный ущерб [6].

2. Автоматическое уведомление: Жители и службы безопасности получают немедленные уведомления, что может спасти жизни.

3. Централизованный контроль: Управляющая компания или службы безопасности могут мониторить ситуацию в реальном времени и принимать меры на основе данных от датчиков.

4. Интеграция: возможность сочетания различных систем безопасности для комплексного решения.

Недостатки:

1. Зависимость от электропитания: если электропитание отключено, некоторые системы могут стать неработоспособными.

2. Возможные ложные срабатывания: как и любая технология, системы IoT могут иногда давать ложные сигналы, что может привести к панике среди жителей.

3. Безопасность и конфиденциальность данных: Системы IoT должны быть надежно защищены от хакерских атак и несанкционированного доступа.

Использование IoT в сценарии пожара в многоквартирном доме может предложить значительные преимущества в плане раннего обнаружения и реагирования, но также требует тщательного планирования и обеспечения безопасности.

Сценарий 2: Пожар на промышленном объекте. Описание ситуации:

На крупном химическом заводе из-за технической неисправности происходит утечка легковоспламеняющегося газа, что приводит к возгоранию. Быстро распространяющийся пожар создает риск взрыва химических резервуаров и танкеров, что может привести к катастрофическим последствиям не только для завода, но и для близлежащих населенных пунктов.

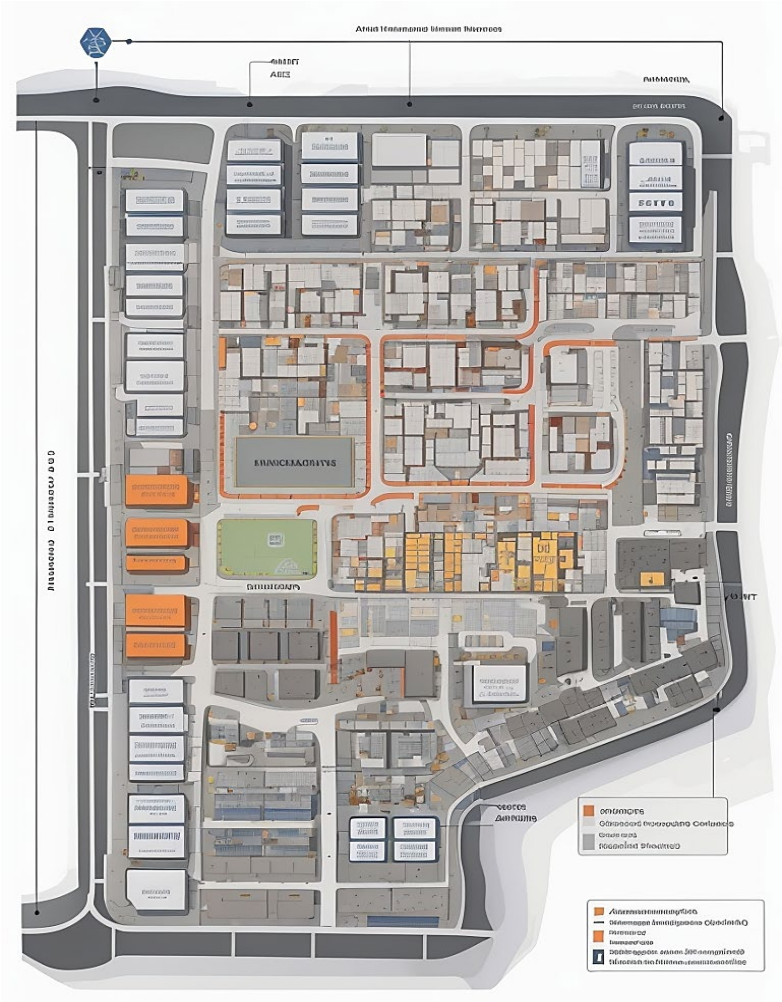


Рис 3. Схема промышленного объекта с местоположением датчиков мониторинга пожара IoT

Использование IoT для мониторинга, предотвращения и реагирования:

1. Мониторинг: датчики, установленные на промышленном объекте, постоянно контролируют состав воздуха, температуру, давление и другие параметры. Эти датчики, связанные с IoT, могут мгновенно обнаруживать аномалии.

2. Предотвращение: приобнаружении утечки газа или другой потенциально опасной ситуации системы автоматически активируют контрольные механизмы, например, отключение подачи газа или активацию системы подавления пламени.

3. Реагирование: система автоматически уведомляет службу безопасности завода, пожарную службу и другие экстренные службы. Кроме того, могут быть активированы аварийные сирены на заводе и в близлежащих районах.

4. Координация действий: встроенные камеры и другие датчики предоставляют оперативную информацию руководству завода и службам безопасности для координации действий при борьбе с пожаром, как можно увидеть на Рис. 3, на промышленных объектах датчики мониторинга пожара могут быть размещены в ключевых зонах для обеспечения наилучшего отклика при возникновении пожара

Эффективность и ограничения IoT в промышленных условиях. Эффективность:

1. Быстрый отклик: Незамедлительное обнаружение и реакция на аномалии снижает риск распространения пожара или других инцидентов.

2. Превентивные меры: IoT позволяет автоматизировать процессы безопасности, предотвращая аварии на ранних стадиях.

3. Контроль в реальном времени: Руководство и службы безопасности могут мониторить ситуацию в реальном времени, что улучшает процесс принятия решений.

Ограничения:

1. Комплексность систем: Промышленные объекты часто обладают сложными инженерными системами, и интеграция IoT требует глубокой экспертизы.

2. Высокие требования к безопасности: Возможность хакерских атак или технических сбоев может создать дополнительные риски для промышленного объекта.

3. Зависимость от инфраструктуры: Потеря связи или проблемы с электропитанием могут ослабить эффективность системы.

Вывод: Использование IoT на промышленных объектах предлагает существенные преимущества в плане безопасности, однако требует особого внимания к вопросам интеграции, надежности и защищенности систем.

Сценарий 3: Пожар в лесной местности. Описание ситуации:

В середине лета в удаленной лесной местности из-за исключительно жаркой и сухой погоды, а также из-за человеческого фактора (например, брошенная не потушенная сигарета) начинается пожар. Из-за отдаленности места пожар может распространяться несколько дней, прежде чем он будет обнаружен людьми.

Применение IoT для раннего обнаружения и мониторинга:

1. Раннее обнаружение: Датчики температуры, дыма и углекислого газа, установленные на деревьях или других структурах, могут обнаруживать признаки пожара на ранних стадиях.

2. Мониторинг: Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) или дроны с камерами и датчиками могут периодически или по тревоге осматривать область, передавая данные в реальном времени на централизованный пост управления.

3. Связь: Спутниковая связь может быть использована для передачи данных от датчиков в удаленных или труднодоступных местах.

4. Автоматические уведомления: при обнаружении признаков пожара система автоматически уведомляет службы экстренного реагирования, что позволяет быстро мобилизовать ресурсы для тушения пожара.

Преимущества и вызовы применения IoT в дикой природе. Преимущества:

1. Раннее обнаружение: С помощью IoT пожары могут быть обнаружены на начальном этапе, что снижает риск их распространения на большие территории.

2. Эффективное реагирование: Службы экстренного реагирования могут быстро получать точную информацию о местоположении и характере пожара, что улучшает координацию их действий.

3. Мониторинг в реальном времени: Руководство может наблюдать за ситуацией на месте в реальном времени, что помогает в принятии стратегических решений.

Рис 4. Карта лесной местности с указанием местоположения датчиков раннего обнаружения пожара IoT

Вызовы:

1. Сложность установки и обслуживания: Установка и техническое обслуживание оборудования в удаленных или труднодоступных местах может быть сложным и дорогостоящим [7].

2. Проблемы с питанием: без постоянного источника питания датчики и другие устройства могут быстро разрядиться.

3. Воздействие природных факторов: Оборудование может подвергаться воздействию погодных условий, животных или других природных факторов, что может повлиять на его работоспособность.

Вывод: Применение IoT в лесной местности может революционизировать процесс обнаружения и реагирования на лесные пожары. Однако успешное внедрение таких систем требует тщательного планирования, учета всех возможных рисков и инвестиций в обслуживание и поддержку оборудования. На Рис. 4 можно видеть карту лесной местности, на которой демонстрируется, как датчики IoT могут быть распределены для раннего обнаружения пожара.

Сценарий 4: Пожар в транспортном средстве (например, поезде или автобусе). Описание ситуации:

Во время движения поезда происходит короткое замыкание в электропроводке, что приводит к возгоранию. Пассажиры начинают паниковать, а дым мешает им видеть выход. Время реакции критично, так как высокая скорость движения и замкнутое пространство могут привести к быстрому распространению пламени.

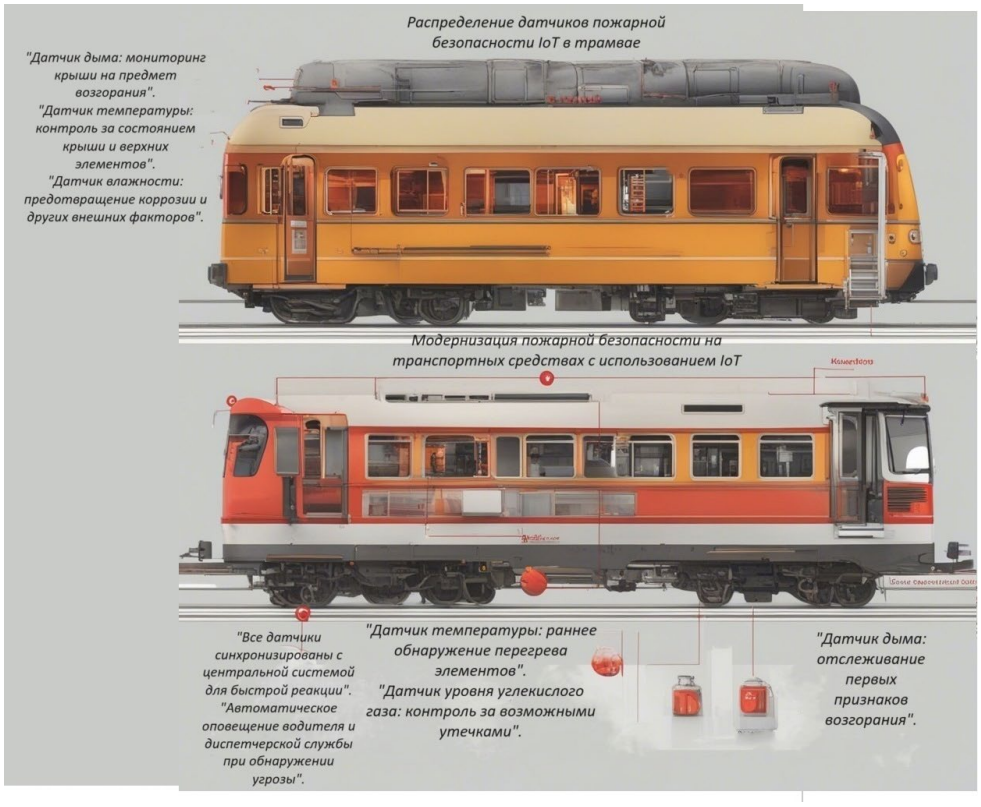


Рис 5. Разрез поезда или автобуса с указанием местоположения датчиков пожарной безопасности IoT

Использование IoT для быстрого определения и реагирования на пожар:

1. Датчики дыма и температуры: Установленные в разных частях поезда или автобуса, эти датчики могут мгновенно определить возгорание или резкое повышение температуры.

2. Автоматическая система оповещения: при активации датчиков система мгновенно уведомляет пассажиров голосовым сообщением о необходимости принять меры безопасности и направляется к ближайшему выходу.

3. Связь с машинистом или водителем: В случае определения возгорания система также оповещает водителя автобуса или машиниста поезда, давая им возможность принять необходимые меры (например, остановить транспортное средство).

4. Система автоматического тушения: Встроенные распылители могут начать тушение пламени, пока на место прибудут спасатели [8].

Возможные инновации в области IoT для улучшения пожарной безопасности транспортных средств:

1. Интеграция с навигационными системами: при обнаружении пожара система может автоматически определить ближайшие безопасные места остановки или пункты помощи.

2. Распознавание образов и пассажиров: Камеры с искусственным интеллектом могут анализировать, где находятся пассажиры и в каком состоянии они находятся, чтобы направить спасателей точно туда, где они нужны.

3. Адаптивные системы вентиляции: при обнаружении дыма системы вентиляции могут автоматически изменить направление движения воздуха, чтобы свести к минимуму распространение дыма.

4. Смарт-браслеты для пассажиров: Такие устройства могут оповещать пассажиров о чрезвычайных ситуациях и указывать путь к выходу. Кроме того, они могут передавать данные о состоянии здоровья пассажира спасателям.

Вывод: Пожар в транспортном средстве представляет собой серьезную угрозу из-за ограниченного пространства и быстрого распространения дыма и пламени. На Рис. 5 представлен внутренний обзор транспортного средства, где отчетливо видно, как распределены датчики IoT для обеспечения пожарной безопасности. Применение IoT в этой области может значительно повысить уровень безопасности, уменьшая время реакции и помогая спасателям действовать более эффективно.

Анализ и сравнение сценариев. Обобщение ключевых выводов из каждого сценария:

1. Пожар в многоквартирном доме: Применение IoT может улучшить скорость обнаружения и реакции на пожар, что критично в плотно заселенных пространствах.

2. Пожар на промышленном объекте: В промышленных условиях IoT может помогать в мониторинге и предотвращении пожаров, а также в реагировании на них, причем особое внимание уделяется опасным зонам и веществам.

3. Пожар в лесной местности: IoT может революционизировать процесс обнаружения и реагирования на лесные пожары, хотя внедрение таких систем требует тщательного планирования и обслуживания.

4. Пожар в транспортном средстве: В транспортных средствах IoT увеличивает скорость реакции на пожар и помогает в быстрой и эффективной эвакуации пассажиров.

Сравнение эффективности IoT в различных условиях и ситуациях:

- В плотно заселенных пространствах (как многоквартирные дома) основное преимущество IoT заключается в быстром оповещении жителей и служб безопасности.
- На промышленных объектах ключевое значение имеет предотвращение пожара, а также быстрое реагирование и координация действий при чрезвычайных ситуациях.

– В лесной местности и природных зонах главное – это раннее обнаружение и мониторинг, так как часто реакция на пожар затруднена удаленностью и доступностью местности.
– В транспортных средствах акцент делается на мгновенное оповещение пассажиров и персонала, а также на автоматических системах тушения.

Датчики IoT могут мониторить параметры, связанные с риском пожара (температура, концентрация газов, электрические аномалии и т.д.), и предупредить о потенциальной опасности еще до возникновения пожара. предупредительным мерам. Устройства IoT могут автоматически принимать меры по снижению ущерба, например, автоматически отключать электроэнергию или закрывать противопожарные двери. Системы оповещения на основе IoT могут быстрее реагировать на инциденты и предоставлять точную информацию о местоположении пожара. Автоматизированные системы на основе IoT могут значительно сократить время реакции, начиная процесс тушения пожара или оповещения людей немедленно. Интеллектуальные системы пожаротушения могут определять наиболее оптимальный способ тушения для конкретного типа пожара. Интегрированные сети датчиков и управляющих устройств могут автоматически корректировать параметры безопасности, учитывая текущие условия. Рис. 5. Инфографика, сравнивающая эффективность и применение IoT в различных сценариях пожарной безопасности. Таким образом, применяя IoT в сценарном анализе можно добиться следующих улучшений:

- Снижение вероятности пожара (P) на 10-30%
- Снижение потенциального ущерба (R) на 20-40%.
- Повышение эффективности системы оповещения (E) на 15-35%.
- Сокращение среднего времени реакции системы (T) на 20-50%.
- Повышение эффективности системы пожаротушения (Ef) на 10-30%.
- Повышение коэффициента безопасности (K) на 10-20%.

Рекомендации для оптимизации использования IoT в пожарной безопасности:

1. Интеграция с другими системами: Связь IoT системы с другими службами, такими как службы экстренного реагирования, позволит быстрее координировать действия при возникновении пожара.

2. Регулярное обновление и обслуживание: Так как условия и технологии постоянно меняются, важно периодически обновлять оборудование и программное обеспечение, а также проводить их техническое обслуживание [9].

3. Обучение персонала и населения: Люди должны быть осведомлены о том, как работают системы IoT в пожарной безопасности, и как правильно на них реагировать.

4. Разработка стандартов: Создание и применение общих стандартов и протоколов для IoT устройств упростит их внедрение и интеграцию в различных сценариях [10].

5. Фокус на защите данных и приватности: Учитывая, что IoT устройства собирают большие объемы данных, необходимо обеспечивать их защиту от несанкционированного доступа и использования.

Вывод: IoT представляет собой мощный инструмент в области пожарной безопасности, но его эффективное применение требует комплексного подхода, интеграции с другими системами и постоянного обновления знаний и навыков.

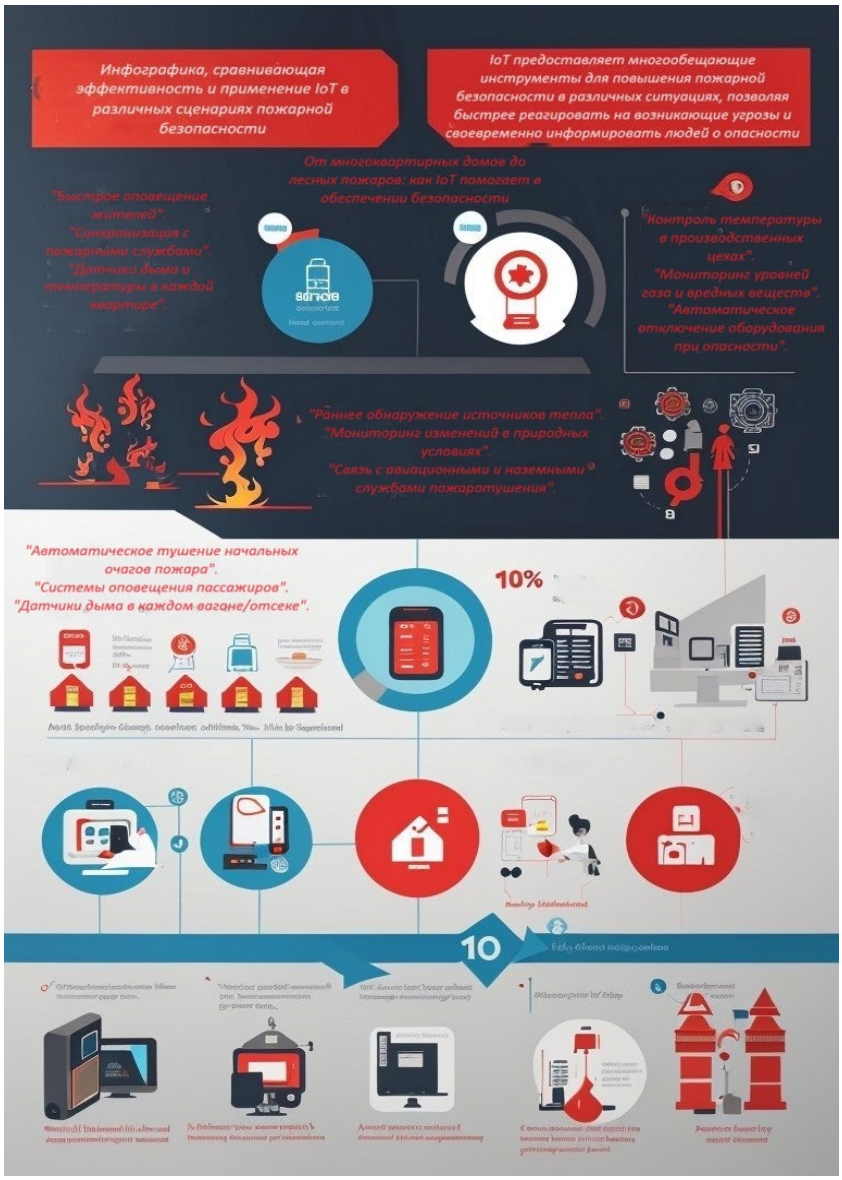


Рис. 6. Инфографика, сравнивающая эффективность и применение IoT в различных сценариях пожарной безопасности

Работа выполнена за счет средств НИИ математики и механики при КазНУ имени аль-Фараби и грантового финансирования научных исследований на 2023-2025 годы по проекту AP19678157 «Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга состояния уровня заполняемости водоема».

Литература

1. Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. The Internet of Things: A survey. – Computer Networks, 2010. – 54(15). – Pp. 2787-2805.
2. Wan, J., Tang, S., & Hua, Q. Fire detection using infrared images: A survey. –Infrared Physics & Technology, 2017. – 81. – Pp. 333-342.

3. Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. – IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2015. – 17(4). – Pp. 2347-2376.
4. Patel, K. D., & Patel, S. M. Internet of Things-IOT: Definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges. – International Journal of Engineering Science and Computing, 2016. – 6(5). – Pp. 6122-6131.
5. Liu, J., Peng, Y., & Zhou, Y. IoT-based fire alarm system for smart city. – Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2018. – 9(5). – Pp. 1421-1430.
6. Nacci, A. A., Balaji, B., Spoletini, P., Gupta, R., Sciuto, D., & Agarwal, Y. BuildingDepot 2.0: An integrated management system for building analysis and control. – Building Services Engineering Research and Technology, 2016. – 37(6). – Pp. 675-693.
7. Riggins, F. J., & Wamba, S. F. Research directions on the adoption, usage, and impact of the internet of things through the use of big data analytics. – Logistics Information Management, 2015.
8. Da Xu, L., He, W., & Li, S. Internet of Things in industries: A survey. – IEEE Transactions on industrial informatics, 2014. – 10(4). – Pp. 2233-2243.
9. Balaji, B., & Agarwal, Y. Building OS: a system for building analysis and control. – ACM Transactions on Cyber-Physical Systems, 2016. – 1(1). – Pp. 1-28.
10. Sadeghi, A. R., Wachsmann, C., & Waidner, M. Security and privacy challenges in industrial internet of things. – 52nd ACM/EDAC/IEEE Design Automation Conference (DAC), 2015.

РАЗВИТИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ В НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЕ: МЕТОДОЛОГИЯ НА ОСНОВЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ КОЛЛЕКТИВНЫХ И ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПОДХОДОВ

Сабырханова Л.Ш.,[1*] Жайдакбаева Л.К.[2]

[1]Южно-Казахстанский государственный педагогический университет Шымкент, Казахстан

[2]Южно-Казахстанский университет имени М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан

Аннотация. *В многих странах сейчас рассматривается включение вычислительного мышления в образовательные программы. Это требует разработки тщательного подхода с участием разных заинтересованных сторон, включая политиков, учителей и учащихся. В этой статье мы предлагаем педагогический метод обучения программированию с использованием игр и геймификации. Мы используем концепцию "перевернутого класса" для улучшения подготовки учителей и достижения интересов учащихся через интерактивное обучение. Наш метод включает спиралевидную учебную программу, проверенную на 114 учениках из разных школ. Полученные результаты подтверждают эффективность нашего подхода.*

Введение. В наше время, период технологической трансформации, при котором информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) стали неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, важность развития вычислительного мышления у детей приобретает значительное значение. Внедрение ИКТ меняет структуру рынка труда, где новые рабочие вакансии требуют более глубоких знаний в области информационных технологий и навыков программирования. Анализ цифрового рынка труда также показывает, что рабочие места, связанные с ИКТ, появляются гораздо быстрее, чем рабочие вакансии в других секторах, что усиливает потребность в специалистах в области ИКТ. Этот навыковой разрыв можно преодолеть путем актуализации учебных программ в сфере ИКТ, начиная с базового образования. В этой связи, развитие основных навыков программирования и цифровой грамотности среди младших школьников становится неотъемлемой необходимостью.

В современной системе образования приобретение творческих навыков среди учащихся начальной школы приобретает ключевое значение. Вычислительное мышление играет важную роль в стимулировании инноваций, решении задач и адаптации в постоянно меняющемся мире. Тем не менее, традиционные методы обучения часто оказываются неэффективными в развитии этого важного навыка у детей. С учетом этой проблемы, существует неотложная потребность в исследовании альтернативных педагогических подходов, которые могли бы активизировать и усилить способности к вычислительному мышлению у младших школьников.

Установление логической основы для интеграции компьютерного мышления и программирования в учебные программы начальной школы требует тщательного выбора инструментов, методов и подходов к преподаванию и обучению. Особенно важно учесть, что данная тематика должна быть внедрена в учебный процесс с учетом возможных изменений интересов учащихся, которые в этот период начинают формировать свои

первоначальные предпочтения в выборе будущей профессии. В противном случае, может возникнуть обратный эффект.

Для развития у младших школьников навыков вычислительного мышления предлагается множество дополнительных образовательных программ и курсов по программированию. Более того, многие страны уже включили программирование как обязательный или дополнительный предмет в учебные планы начальной и средней школы.

Кодирование, являющееся главным трендом в современном мире, занимает важное место в сфере образования. Важно отметить, что Постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 марта 2023 года № 249 было утверждено его введение в образовательный процесс. В рамках Концепции развития образования Республики Казахстан на 2022-2026 годы предусмотрено организацию бесплатных курсов для школьников по развитию цифровых навыков, включая кодирование, программирование, робототехнику, 3D-печать и другие области [1].

Материал и методы исследования: Компьютерное программирование рассматривается как ключевая навыковая компетенция для развития вычислительного мышления, а также логического и аналитического мышления. Поэтому считается важным внедрять обучение программированию на всех уровнях образования, включая ранний возраст. В данном исследовании мы анализируем, как начальное обучение программированию влияет на развитие алгоритмического мышления и навыков программирования.

Однако при обучении программированию необходимо уделить особое внимание педагогическим подходам, ориентированным на индивидуальные потребности учащихся, учитывая их мотивацию как ключевой фактор успеха в учебном процессе. В этом контексте, мы представляем методологию, которая объединяет командное и индивидуальное обучение, используя разнообразные технологические инструменты и образовательные подходы.

В данной статье представлен метод обучения программированию для начальных классов, который включает в себя совместные и соревновательные этапы, охватывающие несколько учебных лет, и применяет разнообразные образовательные парадигмы, такие как игровое обучение, геймификация, инвертированный класс и проектное обучение. Этот дизайн обучения обеспечивает базовые навыки и знания для всех учащихся, одновременно предоставляя возможность более глубокого изучения программирования для более заинтересованных студентов. Гибкая учебная программа позволяет пересматривать определенные темы на более продвинутых этапах и совершенствовать необходимые навыки. Это означает, что уровень сложности программирования учащихся постепенно повышается на протяжении всего курса обучения. В плане программирования, это означает, что учащиеся начинают с разработки простых программ и постепенно переходят к более сложным задачам с каждым годом обучения. Предлагаемый подход является универсальным и может быть успешно применен для учащихся в возрасте от 9 до 14 лет.

Вычислительное мышление (ВМ) представляет собой способность решать задачи, создавать системы и анализировать человеческое поведение на основе концепций информатики. Несмотря на то, что вычислительное мышление имеет ключевое значение в разработке компьютерных приложений, оно также может быть применено для решения разнообразных задач как в компьютерной, так и в не компьютерной сфере с использованием интеллектуальных и творческих подходов. Главная цель вычислительного мышления заключается в развитии творческого и критического мышления, а также

других компетенций с помощью использования компьютеров и алгоритмов. Вычислительное мышление поддерживается методами разложения задач на части, выявления образов и закономерностей, абстрагирования общих принципов и разработки алгоритмов. В этот процесс включаются такие элементы, как образовательная робототехника, визуальное программирование и создание видеоигр.

Сегодняшние школьники активно взаимодействуют с цифровыми технологиями и чувствуют себя комфортно в интернет-среде, особенно в сфере игр. Использование этих технологий, важной частью их повседневной жизни, в качестве инструмента для обучения, связанного с вычислительным мышлением и программированием, является вполне естественным.

Создание учебного класса с использованием современных технологий требует установления партнерских отношений между учениками и преподавателями, где каждый становится активным участником образовательного процесса. Учителя должны находить способы сделать учебный процесс привлекательным и интересным для учащихся. Учитывая, что современные дети всегда окружены технологиями, интеграция этих технологий в образование через различные методы становится насущной необходимостью.

Дети играют с высоким уровнем внимания, энергии и энтузиазма, и в то же время они учатся в процессе игры. Этот потенциал следует активно применять в школьном образовании. С использованием игр и геймификации можно создавать эффективные методы обучения, которые более адекватно отражают способ, которым учащиеся учатся сегодня, и более успешно вовлекают их в обучение по сравнению с традиционными методами обучения.

Геймификация представляет собой практику внедрения игровых элементов в ситуации, которые не связаны с играми, и она находит применение в различных областях, включая сферу образования и тренингов. В литературе существует несколько разработанных фреймворков для геймификационного проектирования, ориентированных на различные аспекты и компоненты этого процесса [2]. Геймификация, использующая игровые элементы, такие как награды и соревнования, создает видимые стимулы, влияющие на поведение учащихся. Такой подход может способствовать увеличению когнитивной нагрузки и уровней достижений, что, в свою очередь, способствует активному обучению, поощряет сотрудничество и самостоятельное изучение материала, а также способствует повышению мотивации, уровня вовлеченности, креативности и удержания интереса учащихся.

Однако, помимо положительных аспектов, вдохновляющих преподавателей на использование геймификации в образовании, стоит отметить, что Санчес-Мена и МартиПарреньо выделили несколько препятствий [3]. Наиболее распространенными из них являются ограниченные ресурсы, недостаток интереса со стороны учащихся к геймификации и оценка пригодности геймификации для конкретных учебных предметов.

Исследование утверждает, что интеграция образования и игр может быть успешно осуществлена в учебной среде при помощи совмещения принципов игрового дизайна и разработки учебных материалов. Подходы, такие как теории обучения, теории игры, использование мобильных платформ и технологий (применяемых в мобильных играх), а также аспекты дизайна игр и методологии создания учебных материалов, должны быть учтены при реализации данной концепции.

Важно отметить, что геймификация и обучение на основе игр представляют собой разные концепции. Обучение на основе игр предполагает использование игровых

элементов как инструментов обучения для конкретного предмета, в то время как геймификация - это стратегия обучения, которая внедряет игровые механизмы в учебный процесс.

Серьезные игры для образования, разработанные с учетом эффективности, представляют собой попытку решения проблемы слияния образования и развлечений. Они стимулируют воображение, развивают любопытство, содействуют обсуждению и мотивируют студентов к соревновательности в различных областях. Эти игры позволяют студентам достигать целей, которые не ограничиваются усвоением фактов, а также развивать навыки, такие как решение проблем, принятие решений и стратегическое планирование. Компьютерные игры объединяют не только знание и действие, но и способы познания, действия, бытия и заботы, что способствует формированию экспертных навыков.

Следует также отметить, что детская игра играет важную роль в развитии социальных навыков. Социальное взаимодействие с другими детьми помогает им освоить социальные нормы. Понятие "зоны ближайшего развития", введенное Левом Выготским, подчеркивает значимость социального контекста и опыта сверстников для расширения знаний учащихся [4].

Один из подходов, способствующих активности и учету собственного опыта учащихся, - это перевернутый класс. Этот метод позволяет студентам подготовиться к лекциям заранее, используя онлайн-ресурсы, и затем провести активное обучение в классе, что позволяет персонализировать образовательный процесс и снижать разрыв в успеваемости между студентами.

Давид А. Колб представил цикл эмпирического обучения, который подчеркивает важность размышления и анализа опыта в образовании. Этот процесс способствует переносу знаний из опыта в учебный контекст и обратно, что считается ключевым моментом в обучении [5].

Таким образом, современное образование активно исследует различные аспекты интеграции образования и игр, и это требует учета разнообразных факторов, включая технологии, методы обучения и психологические аспекты усвоения знаний [6].

Джонсон и Джонсон классифицируют три разновидности целевых образовательных методов, которые доступны преподавателям на этапе обучения: кооперативные, соревновательные и индивидуальные [7]. Компьютерное совместное обучение способствует более значимым и качественным ежедневным достижениям, эффективному решению проблем и повышенной продуктивности при анализе данных, выполнении тестовых заданий и решении сложных вопросов, по сравнению с компьютерным соревновательным или индивидуальным обучением.

Коллективное участие обеспечивает более глубокие навыки в области решения проблем по сравнению с соперническими методами в решении широкого спектра задач. Вероятные объяснения для увеличения успеха в решении проблем при сотрудничестве включают в себя обмен информацией и идеями между участниками, разработку различных стратегий решения, улучшенную способность формулировать задачи в виде уравнений и развитие общего когнитивного представления проблемы.

Индивидуальные циклы обучения, поддерживаемые технологией, позволяют ученикам осваивать учебные материалы более эффективно. Кроме того, следует отметить, что общая производительность команды и качество сотрудничества также усиливают положительное воздействие индивидуального обучения. Таким образом, важно находить баланс между индивидуальными и коллективными методами обучения.

В начальной школе сегодня активно внедряются инновации в образовании с акцентом на педагогических подходах, ориентированных на учащихся. Одновременно информационные и коммуникационные технологии (ИКТ) играют значительную роль в этом процессе, при этом роль учителя становится более наставнической.

Будущие изменения в учебных программах по ИКТ, а также в темах, связанных с ИКТ, должны придерживаться определенных принципов. Предложенная методология включает в себя командную работу и индивидуальное обучение, используя разнообразные технологические инструменты и образовательные парадигмы. Эти парадигмы включают в себя конструктивистский подход, обучение на основе проектов, обучение на основе игр, перевернутый класс, совместное обучение и доступные массовые онлайн-курсы (МООК).

Методика, представленная в данной статье, включает три обязательных цикла. В каждом цикле, ученики применяют одни и те же принципы кодирования, определенные в рамках предметной программы "Учимся кодировать", но используют разные инструменты. Этот подход позволяет ученикам постепенно углублять свои знания в соответствии с их интересами к предмету.

Первый цикл включает обучение на основе совместной игры и перевернутого класса для ознакомления с основами кодирования и решения проблем. Во втором цикле ученики индивидуально изучают блочное кодирование, а в третьем цикле они работают над проектами с использованием среды программирования.

Этот подход способствует активному участию всех учеников и позволяет им развиваться в соответствии с их индивидуальными потребностями. Предложенные инструменты выбираются на основе экономической эффективности и могут быть адаптированы под конкретные образовательные потребности.

В целом, данная методика обучения подчеркивает важность активного использования ИКТ в начальной школе, что способствует развитию вычислительного мышления и творческих навыков у учащихся.

В данном подходе можно использовать различные игры, программные платформы и инструменты. Некоторые из возможных вариантов представлены в таблице 1.

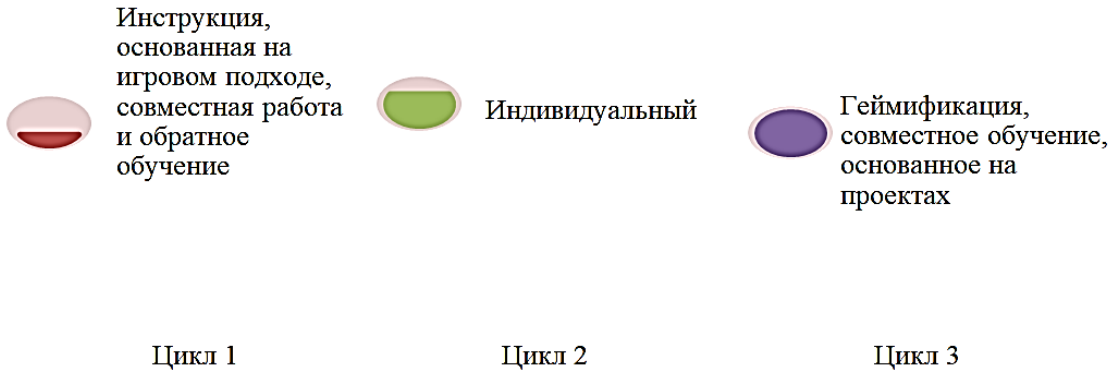


Рисунок 1. Методологические циклы

К примеру, в первом цикле можно применить настольную игру Scottie Go!. Эта игра использует мобильное приложение с интерфейсом, основанным на камере, что пользуется большой популярностью среди учащихся. Настольная игра представляет собой задачу головоломки, в которой учащимся предлагается составить инструкции для

инопланетянина по решению конкретной задачи. Интересно, что этот подход нарушает стандартные рамки классной комнаты и подходит для младших школьников, которые знакомы с мобильными и настольными играми.

Во втором цикле можно воспользоваться платформой обучения программированию "Scratch". Она позволяет ученикам осваивать основы кодирования на индивидуальном уровне. Основные принципы, которые представлены в платформе Scratch, уже знакомы ученикам благодаря предыдущему опыту с настольной игрой. Таким образом, в этом цикле ученики углубляют свои навыки блочного программирования и начинают знакомиться с основами программирования в данной среде. Кроме того, доступно множество онлайн-ресурсов, которые могут быть использованы в учебных целях.

Третий цикл основан на коллективном проектном обучении с использованием программной среды "Micro: bit". В этой среде используются и аппаратные, и программные компоненты, которые можно программируть в среде, совместимой с Scratch. В этом цикле студенты активно занимаются разработкой разнообразных проектов, которые могут быть использованы в других учебных дисциплинах. Кроме того, они начинают изучать программирование сенсоров, управляемых механизмов и основные аспекты встроенного программирования. Платформу Micro:bit можно программировать с использованием различных языков программирования.

Тематическое исследование. Программирование часто называют "ключевой навык 21-го века", и его важность для будущего каждого школьника признается широко. Мировая популярность движений "кодирование для всех" и "Учись кодировать" привлекла внимание миллионов учеников и педагогов по всему миру. Однако в последнее время наблюдается сдвиг акцента с простого программирования на развитие вычислительного мышления (ВМ) как фундаментального навыка для всех [8].

Цифровая грамотность привлекает большой интерес со стороны школьников, однако существует ряд препятствий для ее успешной интеграции в учебный процесс. Некоторые из этих проблем связаны с недостаточными знаниями учителей в этой области и недостатком качественных учебных ресурсов. Учителя получают всего несколько дней обучения, что недостаточно для развития их цифровых навыков и разработки подходящих учебных планов, особенно в начальных классах.

Таблица 1.

Инструменты и парадигмы, которые могут быть использованы в предлагаемом подходе

Цикл	Инструменты			Образовательная парадигма
Перый	Scottie Go!	Боевой код	Головоломки	Перевернутый класс, основанный на совместной игре
Второй	Scratch	Код обезьяна	Майнкрафт	Индивидуальный МООК
Третий	Micro:bit	Лего	Микродуино	Геймификация на основе совместных проектов

Наш подход включает в себя внедрение предмета "Работа с компьютерами и программирование" с использованием нескольких цифровых инструментов, таких как ScootieGo, Scratch и Micro:bit.

Чтобы исследовать отношение учеников к использованию различных инструментов для обучения программированию и их результатов обучения, мы провели опрос среди учеников от третьего до девятого класса. Участвовали классы из четырех разных

школ, учитывая равное распределение учеников по полу и типу населенных пунктов. Ученики использовали предложенные цифровые инструменты в своих обычных учебных процессах, и на основе их общего опыта мы провели анализ.

Основное внимание в исследовании было уделено оценке преимуществ использования выбранных цифровых инструментов в образовательном процессе, а не успехам учащихся. Мы стремились понять интерес учеников к инструментам, их удобство использования, их соответствие образовательным целям и возможность помочь достичь желаемых результатов в учебе. Поэтому наш анализ охватывает только аспекты образовательного процесса, оцениваемые на основе опыта учеников.

Мы провели опрос, чтобы изучить восприятие учениками двух конкретных инструментов: настольной игры Scootie Go! и платформы BBC Micro:bit. Первый инструмент внедрялся в перевернутом классе, основанным на совместной игре, тогда как второй использовался в контексте проектов с элементами геймификации и совместного обучения.

Первая часть опроса была предназначена для сбора демографической информации об участниках (возраст, пол и учебный год) и их опытах в области программирования. Вторая часть опроса была спроектирована для оценки отношения учеников к обучению программированию с использованием различных инструментов. Для этой цели мы использовали пятибалльную шкалу Лайкерта с вариантами ответов от "категорически не согласен" (1) до "полностью согласен" (5). Данный аспект опроса позволил нам оценить качество учебного опыта учеников при использовании представленных инструментов.

Это исследование подчеркивает важность интеграции цифровых инструментов, таких как ScootieGo и BBC Micro:bit, в учебные планы для развития учеников в области программирования и вычислительного мышления. Оно также указывает на необходимость подготовки учителей, а также обеспечения их доступом к качественным учебным ресурсам. Полученные результаты способствуют более эффективной интеграции цифровой грамотности в учебный процесс, стимулируя интерес учеников к программированию и вычислительному мышлению.

Результаты. Ученики из четырех различных школ в Туркестанской области, независимо от возраста и пола, применяли Scottie Go! и Micro:bit в качестве средств обучения программированию. Опрос проводился как в городских классах с хорошей технической базой, так и в сельских классах, где технические средства были менее развитыми.

Общее количество участников опроса составило 69 человек, из которых 55% были мужчины, а 45% женщины. Из них 71 учеников (52,6% мужчин и 47,4% женщин) приняли участие в опросе по поводу Micro:bit.

Результаты опроса указывают на то, что 73% учеников играют в игры ежедневно или очень часто, и из них 69% предпочитают игры на мобильных устройствах. Эти данные подтверждают важность интеграции обучения на основе игр и геймификации в учебный процесс.

Обсуждение. Результаты опроса относительно отношения учеников к использованию Scottie Go! и Micro:bit представлены в таблице 2. По мнению учеников, оба инструмента просты в использовании, хотя Scottie Go! получил более высокую оценку (4,80), чем Micro:bit. Инструкции к инструментам оказались простыми для выполнения, и ученикам понравилась интерактивность этих инструментов. Результаты обучения использованию Scottie Go! для кодирования были выше среднего (4,82), чем для Micro:bit (4,2).

Таблица 2.

Результаты оценки отношения студентов к использованию Scottie Go! и Micro:Bit для обучения программированию в зависимости от их пола.

Вопрос	Scottie Go! N=121			Micro:bit N=77		
	Всего	Муж	Жен	Всего	Муж	Жен
	Значение	Значение	Значение	Значение	Значение	Значение
1	2	3	4	5	6	7
Интерфейс инструмента демонстрирует легкость в обращении	4,66	4,71	4,6	4,32	4,39	4,3
Инструкции для использования инструмента четко изложены	4,5	4,32	4,77	4,42	4,33	4,3
Поиск верного решения стимулировал мою мотивацию и желание учиться	4,61	4,62	4,81	4,41	4,44	4,31
Я без труда соответствую требованиям, предъявляемым к этим инструментам	4,34	4,21	4,54	4,22	4,1	4,13
Овладение навыками работы с Scottie Go или Micro:bit проходит легко	4,87	4,78	4,79	4,41	4,38	4,27
В ходе игры в Scottie Go или Micro:bit, я получаю удовольствие	4,66	4,38	4,81	4,56	4,44	4,41
Эти инструменты позволяют совместное взаимодействие	4,88	4,74	4,82	4,38	4,42	4,32
Обучение с использованием Scottie Go или Micro:bit приносит удовольствие	4,79	4,76	4,81	4,54	4,54	4,53

1	2	3	4	5	6	7
Я предпочитаю обучение через игры, а не традиционные методы	4,55	4,57	4,52	4,38	4,53	4,32
Метод обучения через игры позволяет достигать желаемых результатов быстрее и успешнее	4,57	4,44	4,69	4,42	4,49	4,35
Введение игровых элементов делает учебные предметы более увлекательными	4,73	4,79	4,65	4,45	4,48	4,42
В целом, я оцениваю этот опыт положительно	4,73	4,72	4,73	4,54	4,58	4,50
Интерфейс инструмента остается легким в использовании	4,80	4,75	4,84	4,37	4,33	4,40

Таблица 3.

Результаты оценки отношения школьников к использованию Scottie Go! и Micro:Bit в городских и сельских школах

Вопрос	Scottie Go!		Micro:bit	
	Городской	Сельский	Городской	Сельский
	Значение	Значение	Значение	Значение
1	2	3	4	5
Интерфейс инструмента демонстрирует легкость в обращении	4,86	4,55	4,50	4,08
Инструкции для использования инструмента четко изложены	4,5	4,10	4,34	4,02
Поиск верного решения стимулировал мою мотивацию и желание учиться	4,42	4,28	4,07	4,10
Я без труда соответствую требованиям, предъявляемым к этим инструментам	4,71	4,04	4,41	4,04
Овладение навыками работы с Scottie Go или Micro:bit проходит легко	4,84	4,66	4,42	4,11
В ходе игры в Scottie Go или Micro:bit, я получаю удовольствие	4,63	4,72	4,65	4,22
Эти инструменты позволяют совместное взаимодействие	4,58	4,85	4,58	4,35

1	2	3	4	5
Обучение с использованием Scottie Go или Micro:bit приносит удовольствие	4,66	4,77	4,56	4,47
Я предпочитаю обучение через игры, а не традиционные методы	4,48	4,61	4,54	3,88
Метод обучения через игры позволяет достигать желаемых результатов быстрее и успешнее	4,75	4,55	4,37	4,03
Введение игровых элементов делает учебные предметы более увлекательными	4,88	4,89	4,25	4,14
В целом, я оцениваю этот опыт положительно	4,67	4,75	4,69	4,12
Интерфейс инструмента остается легким в использовании	4,90	4,59	4,48	4,12

Эти результаты ожидаемы, так как Micro:bit предназначен для использования в более поздних стадиях обучения, когда ученики уже развивают свои вычислительные навыки.

Ученики также позитивно относятся к использованию Scottie Go! и Micro:bit в учебных целях. Их привлекательность заключается в возможности использования инструментов для поиска верных решений, что увеличивает интерес и мотивацию к учебе. Этот подход также способствует активному участию учеников в уроке и стимулирует их стремление достичь учебных целей. Большинство учеников успешно справляются с использованием этих инструментов (Scottie Go! – 4,41 и Micro:bit – 4,2), что расширяет возможности внедрения обратного урока.

Качество образовательного опыта учеников является очень высоким (таблица 2), и они считают обучение с использованием этих инструментов очень увлекательным (4,7 для Scottie Go! и 4,45 для Micro:bit). Они наслаждаются использованием этих инструментов и видят их как средство для более успешной интеграции в учебный процесс. Ученики предпочитают этот вид обучения традиционной лекции. По их мнению, такой подход позволяет им быстрее и успешнее достигать своих учебных целей. Ученики также выразили желание продолжать использовать эти инструменты в учебе, особенно Scottie Go! (4,64).

Все полученные выводы, представленные в Таблице 2 и Таблице 3, свидетельствуют о том, что интеграция предлагаемых образовательных инструментов, таких как Scottie Go! и Micro:bit, для обучения программированию, обеспечивает успешное достижение образовательных целей и увеличивает удовлетворенность учеников учебным процессом. Поскольку все школьники впервые вступили в контакт с программированием, анализ результатов в зависимости от возраста учащихся не представляется возможным. Тем не менее, интересно отметить, что ученики, ранее не имевшие опыта в программировании, выразили более высокую положительную оценку для Scottie Go!, чем для Micro:bit (средний опыт использования Scottie Go! составил 4,66, в то время как для Micro:bit - 4,51). Это может указывать на то, что Scottie Go! более подходит для введения в обучение программированию, что подтверждает нашу гипотезу.

С учетом половой принадлежности данные из Таблицы 2 показывают, что ученицы более благоприятно относятся к Scottie Go! по сравнению с учениками. Однако, ситуация обратная в случае Micro:bit, где ученики проявляют более положительную реакцию. Этот результат был ожидаем, учитывая тот факт, что ученики более склонны к

сотрудничеству, что поддерживает особенности Scottie Go!; в то время как ученики проявляют больший конкурентный дух, что может объяснить их предпочтение Micro:bit.

Школьники из городских районов имеют немного более положительный опыт использования обоих инструментов обучения (таблица 3). Это, вероятно, связано с доступностью ресурсов и инфраструктуры в городских районах по сравнению с сельскими районами.

Заключение. В данной статье мы представляем методологический подход, который решает потребности учащихся, разработав педагогическую стратегию для обучения программированию через игры и геймификацию. Наш подход основывается на спиральной учебной программе, организованной в 4 цикла, которые чередуют коллективное и индивидуальное обучение.

Предложенный методологический подход объединяет разнообразные инструменты и образовательные методики для достижения максимальной эффективности обучения. Он выделяется из общепринятой практики тем, что учитывает как потребности учащихся, так и возможности образовательных учреждений в удовлетворении этих потребностей. Кроме того, мы применяем метод обратного урока (перевернутый класс) для устранения недостатков в подготовке учителей и обеспечения интересного и увлекательного обучения.

Предлагаемый подход был изначально оценен в ходе пилотного исследования, проведенного в начальных классах Туркестанской области. Нашей главной целью было определить приемлемость внедрения вычислительного мышления на начальном этапе обучения. Первоначальные результаты свидетельствуют о высоком интересе школьников к технологическим решениям (в частности, предлагаемым инструментам Scottie Go! и Micro:bit) и их стремлении активно участвовать в учебном процессе по программированию. Дальнейший анализ ожиданий учащихся в зависимости от пола и их доступности к технологиям (сравнение сельских и городских классов) может также представлять ценность в исследовании.

Литература

1. Сноска. Утратило силу постановлением Правительства РК от 28.03.2023 №249. [Электрон.ресурс]. -2023. -URL: adilet.zan.kz (дата обращения 17.04.2023).
2. Mora, D. Riera, C. Gonzalez, and J. Arnedo-Moreno, “A literature review of gamification design frameworks,” in 7th Int. Conf. Games and Virtual Worlds for Serious Applicat. (VS-Games), Skovde, SE, 2015. -P. 1–8.
3. Sánchez-Mena and J. Martí-Parreño, “Drivers and barriers to adopting gamification: Teachers’ perspectives,” EJEL, 2017. -Vol. 15, № 5, -P. 434–443.
4. L.S. Vygotsky, Mind and society: The development of higher mental processes. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978. -83 p.
5. D.A. Kolb, Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall XIII, 1984. -27.
6. D.A. Schön, The reflective practitioner: How professionals think in action. Aldershot: Avesbury, 1991. -8.
7. D.W. Johnson, and R.T. Johnson, "Cooperative, competitive, and individualistic learning," J. Research & Develop. Educ, 1978. -№12(1). –P. 3-15.
8. Grover, Shuchi. The 5th ‘C’ of 21st Century Skills? Try Computational Thinking (Not Coding). https://www.edsurge.com/news/ 2018-02-25-the-5th-c-of-21st-century-skills-try-computational-thinking\ -not-coding/ (accessed 23.02.2023).

ОРТАЛЫҚТАНЫРЫЛҒАН ЖЫЛУМЕН ҚАМТЫЛҒАН ҒИМАРАТТЫҢ ЖЫЛУ ЖҮЙЕСІН АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ

[1]Телгожаева Ф.С., [2]Кунелбаев М.М., [1]Тюлепбердинова Г.А., [3]Тукенова Л.М., [3]Баймулдина Н.С.
e-mail: faridats@mail.ru, murat7508@yandex.kz, tyulepberdinova@mail.ru
[1]әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Қазақстан
[2]ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеу технологиялары институты, Қазақстан,
[3]Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан

***Аңдатпа**. Мақалада ғимараттардың климаттық жағдайын бақылау мақсатында автоматты басқарудың математикалық моделі ұсынылған. Заманауи қашықтан басқару құрылғылары негізінде жылу энергиясын есепке алуда диспетчерлік басқарудың автоматтандырылған жүйесін құру сонымен қатар бейімделу сұлбасы бар басқару жүйесін қолданып интеллектуалды ғимаратты жүйелі басқарудың өнімділігін арттыру. Қарастырылып отырған жүйені автоматтандыру жылу энергиясын үнемдеудеумен қатар ғимараттарды жылыту сапасын жақсартуға, жылытылатын ғимараттар мен құрылыстардағы жылу жайлылығы мен өнеркәсіптік және ауылшаруашылық өндірісінің тиімділігін арттыруға, сондай-ақ қызмет көрсететін персонал санын азайту кезінде жылумен жабдықтаудың сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді.*

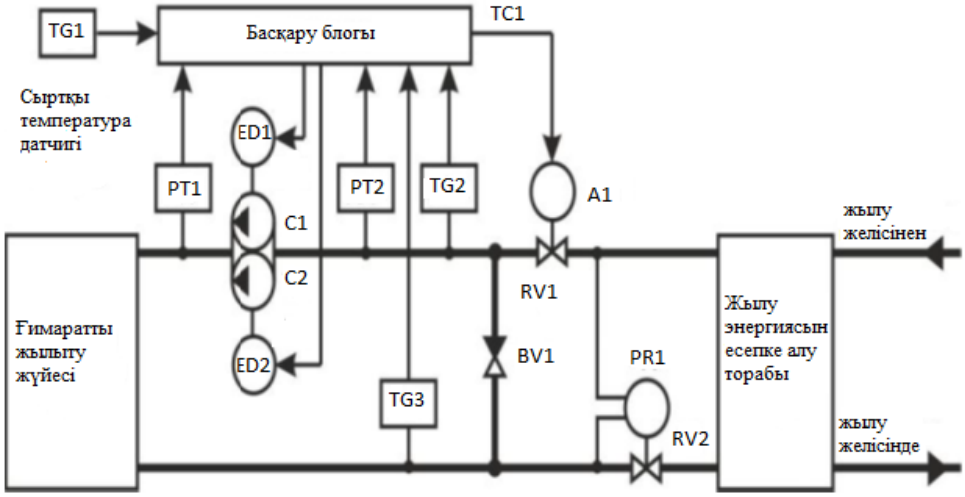
Кіріспе. Қазақстаннның көптеген қалаларының жылу жүйелері энергертика саласының басты мәселелерінің бірі болып табылады. Жылумен жабдықтаудың орталықтандырылған жүйелерін кеңінен дамыту жылумен жабдықтаудың сапасы мен үнемділігін арттыру міндетін алға қояды.

Осы салаға инвестициялардың жеткіліксіздігі жағдайында ең аз шығынды, бірақ қолда бар проблемалардың кем дегенде бір бөлігін шешуге мүмкіндік беретін жылдам әсер ететін әдістерді іздеу керек. Осындай әдістердің бірі-жылу желісінің жылу шығынын реттеуді автоматтандыру болып табылады. Технологиялық жабдықты құбырларды ауыстыруға қатысты салыстырмалы түрде аз шығындармен автоматтандыру жылдам экономикалық әсер береді.

Талдау және нәтиже. Белгілі стандартты реттегіштерді негізге алып автоматтандырылған жеке жылу пунктын (ЖЖП) басқару ерекшеліктерін зерттеу математикалық модельдеу арқылы жүзеге асырылған [1].

Жылу көзіне бағытталған жылу жүйесінің типтік автоматтандырылған ЖЖП құрылымы 1-суретте көрсетілген. Мұндағы құрылым TC1 технолгиялық контроллер, ED1 және ED2 электрожетектері бар C1 және C2 айналым сорғыларынан тұратын моноблоктар, A1 жетектен тұратын RV1 реттеуші клапан, BV1 тексеруші клапан, қысымның дифференциалын реттейтін PR1 ге тікелей әсер ететін RV2 клапан, TG1 сыртқы температура датчигі, PT1 және PT2 қысым датчиктері, жеткізуші және кері

құбырлардағы TG1 және TG2 салқындатқыш температура датчиктері сонымен қатар атқарушы механизмі және жылу энергиясын есепке алушы блоктардан тұрады.



1-сурет. Автоматтандырылған ЖЖП ғимаратының сұлбасы

Ғимаратты жылытуды реттеудегі параметрлік сәйкестендіру бұл тиімділік, жеткіліктілік және тұрақтылық сияқты еркешеліктеріне ие параметрлерді бағалау болып табылады [2].

Минимальды квадраттар, ықтималдылық аппрокцимация, қосымша айнымамалылар және өзара байланыстылық әдістері сияқты әдістер эксперименттік деректерге сәйкес басқарылатын объектінің параметрлерін оның математикалық моделінің белгілі құрылымымен бағалауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, квадраттар әдісі қолданылғанда және сыртқы әсерлер болған кезде кездейсоқ мәндердің таралу заңдары туралы ақпарат қажет емес [2-4].

$$\tau_1\tau_2\frac{d^2T_{02}(\mathrm{t})}{dt^2}+(\tau_1+\tau_2)\frac{dT_{02}(\mathrm{t})}{dt}+T_{02}(\mathrm{t})=\mathrm{kT}_{01}(\mathrm{t}) \qquad (1)$$

(1) теңдеуіне сәйкес ғимаратты жылыту жүйесінің моделін "$\mathrm{T}_{01}-\mathrm{T}_{02}$" реттеу арнасы бойынша (1-сурет) құрылымдылық жағынан екі апериодты бірліктер негізінде тізбекті қосылым түрінде беруге болады:

$$W(\mathrm{s})=\frac{k}{(\tau_1\,\mathrm{s}+1)(\tau_2\,\mathrm{s}+1)} \qquad (2)$$

мұндағы τ_1, τ_2 тұрақты уақыт пен k түрлендіру коэффициенті жылу жүйесінің түріне, ғимаратты қоршаған құрылым қасиеттеріне және қоршаған орта жағдайларына байланысты.

Тәжірибелеуде үздіксіз сигналдалдарды өлшеу дискретті уақыт нүктелерінде жүргізілетіндіктен Тастиннің блинарлы түрлендіруін қолданып үздіксіз модельден дисктертті модельге өту қажет [4]:

$$W(\mathrm{s})\Big|_{s=\frac{2}{T_0}\frac{z-1}{z+1}} \to W(\mathrm{z}), \tag{3}$$

мұндағы $z = e^{sT_0}$, τ_0 - кванттау кезеңі.

$$W(\mathrm{z}) = \frac{k\tau_0^2(\mathrm{z}^2+2\,\mathrm{z}+1)}{(4\tau_1\tau_2+2\tau_0\tau_1+2\tau_0\tau_2+\tau_0^2)\,\mathrm{z}^2+(2\tau_0^2-8\tau_1\tau_2)z+4\tau_1\tau_2-2\tau_0\tau_1-2\tau_0\tau_2+\tau_0^2}, \tag{4}$$

Белгілеулерді енгіземіз:

$$\begin{cases} b_0 = \dfrac{k\tau_0^2}{4\tau_1\tau_2+2\tau_0\tau_1+2\tau_0\tau_2+\tau_0^2} \\ b_1 = \dfrac{8\tau_1\tau_2-2\tau_0^2}{4\tau_1\tau_2+2\tau_0\tau_1+2\tau_0\tau_2+\tau_0^2} \\ b_2 = \dfrac{2\tau_0\tau_1+2\tau_0\tau_2-4\tau_1\tau_2+\tau_0^2}{4\tau_1\tau_2+2\tau_0\tau_1+2\tau_0\tau_2+\tau_0^2} \end{cases} \tag{5}$$

(5) тұрақты коэффициенттерді ескерсек (4) теңдеу келесі түрде болады:

$$W(\mathrm{z}) = \frac{b_0(\mathrm{z}^2+2\,\mathrm{z}+1)}{z^2-b_1z-b_2} = \frac{b_0(1+2\,\mathrm{z}^{-1}+\mathrm{z}^{-2})}{1-b_1z^{-1}-b_2z^{-2}} \tag{6}$$

"$\mathrm{T}_{01}-\mathrm{T}_{02}$" реттеу арнасы бойынша ғимаратты жылыту жүйесінің дискретті моделін сипаттайтын ақырлы-айырмашылық теңдеуін алу үшін z түрлендіру [5] қасиетін қолданамыз:

$$y[\mathrm{n}]-\mathrm{b}_1\,y[\mathrm{n}-1]-\mathrm{b}_2\,y[\mathrm{n}-2] = \mathrm{b}_0(\mathrm{u}[\mathrm{n}]+2u[\mathrm{n}-1]+\mathrm{u}[\mathrm{n}-2]) \tag{7}$$

мүндағы u -кірістік әсерлері, y -шығыс.

Белгілі N тәжірибелік $u[\mathrm{n}]$ және $y[\mathrm{n}]$ мәндеріне сәйкес ақырлы-айырмашылық теңдеуін құрамыз:

$$\begin{cases} y[2] = \mathrm{b}_2\,y[0]+\mathrm{b}_1\,y[1]+\mathrm{b}_0(\mathrm{u}[2]+2u[1]+\mathrm{u}[0]) \\ \mathrm{y}[3] = \mathrm{b}_2\,y[1]+\mathrm{b}_1\,y[2]+\mathrm{b}_0(\mathrm{u}[3]+2\,\mathrm{u}[2]+\mathrm{u}[1]) \\ \vdots \\ y[\mathrm{N}] = \mathrm{b}_2\,y[\mathrm{N}-2]+\mathrm{b}_1\,y[\mathrm{N}-1]+\mathrm{b}_0(\mathrm{u}[\mathrm{N}]+2\,\mathrm{u}[\mathrm{N}-1]+\mathrm{u}[\mathrm{N}-2]) \end{cases} \tag{8}$$

(8) жүйені векторлы-матрицалық күйге келтіреміз:

$$\Psi B = Y \tag{9}$$

мұндағы Ψ -кеңейтілген деректер матрицасы, B -моделді бағалау параметр векторы, Y - шығыс векторы:

$$\Psi = \begin{bmatrix} y[0] & y[1] & u[2]+2u[1]+u[0] \\ y[1] & y[2] & u[3]+2u[2]+u[1] \\ \vdots & & \\ y[N-2] & y[N-1] & u[N]+2u[N-1]+u[N-2] \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} b_2 \\ b_1 \\ b_0 \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} y[2] \\ y[3] \\ \vdots \\ y[N] \end{bmatrix} \tag{10}$$

Квадраттардың қосындысын азайтатын e ең кіші квадраттар (ЕКК) әдісін қолданып B бағалау векторы мәндерін табамыз [5]. Ең кіші квадраттардың негізгі формуласының матрицалық түрі:

$$B = \left(\Psi^T \Psi\right)^{-1} \Psi^T Y \tag{11}$$

Әдетте ЕКК қолданғанда алынған бағалар бір жақты болады. Қателерді азайту үшін мысалы, жылжымалы орташалау әдісі [6] сияқты өтпелі процессті жүзеге асыру қажет, сонымен қатар бірқатар шарттарды орындау қажет:

– кіріс сигналдары спектерлі тұрғыда жеткілікті болуы тиіс;
– ұсынылған бағалауларды алу үшін зерттеу үлгісінің көлемі N жеткілікті болуы керек, тестілік сигнал деңгейі неғұрлым аз болса, N саны соғұрлым көп сан болуы керек.

Шығын функциясы арқылы басқару объект пен алынған модельдің сәйкестігі түрінде бағалауға болады:

$$E = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} e^2 = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}\left(\hat{y}[k] - y[k]\right)^2 \tag{12}$$

мұндағы шамалар нәтижелерді сәйкестендіру моделі негізінде алынған, яғни N -іріктеу тереңдігі, e тұтқұлық, y -шығыс сигналы, $\hat{y}$ - шығыс сигналын бағалау.

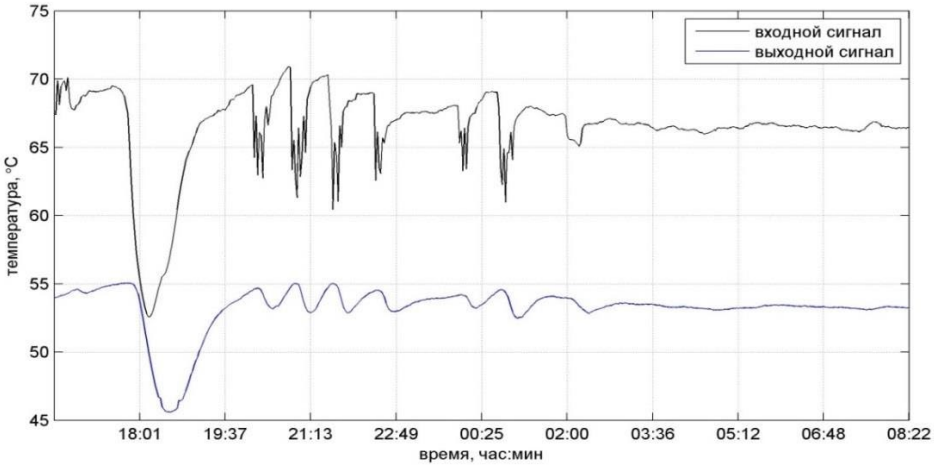
(11) теңдеуін шешу арқылы (7) регресия коэффициенттері анықталады. (5) жүйені қолданып объектіні басқару моделі (2) параметрлерін алуға болады: k, τ_1, τ_2.

Нәтижесінде жылдың өтпелі кезеңдерінде көп пәтерлі тұрғын үйлерді ғимаратты жылыту жүйелерін "$T_{01} - T_{02}$" реттеу арнасы бойынша (11) теңдеудің сандық шешудің эксперименттік зерттеуі жүргізілді. Іріктеу тереңдігі $N = 500$, дискерттеу кезеңі $\tau_0 = 115c$.

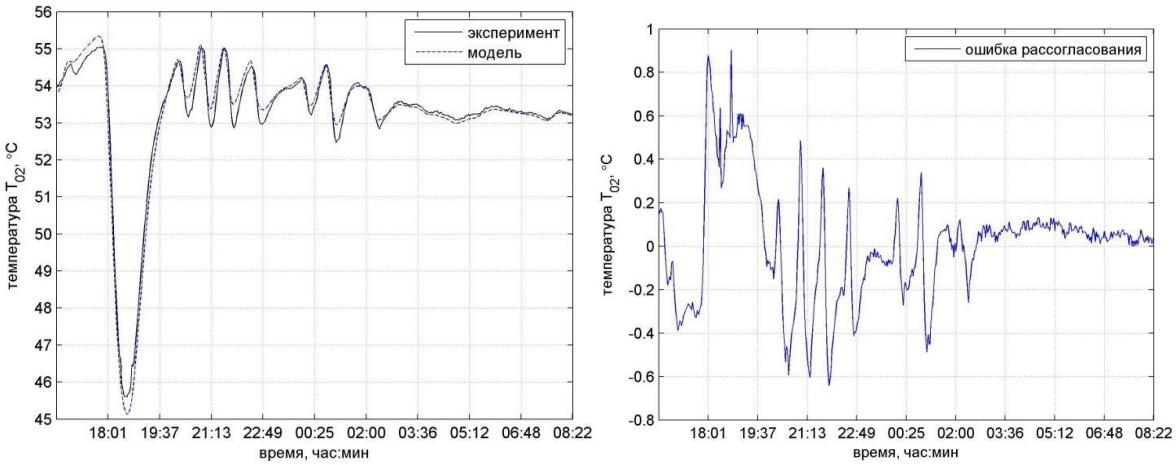
Ғимараттың жылу жүйесінің $T_{01}(t)$ және $T_{02}(t)$ шығыс температурасы 2-суретте көрсетілген.

"$T_{01} - T_{02}$" арна бойынша өтпелі процестің ұзақтығы бірнеше сағаттан асады, ал басқару объектісі төменгі жиілікті сүзгі қасиеттерін жылу жүйесінің инерциясына байланысты екендігін 2 суреттен көруге болады. Жүргізілген зерттеу бойынша (1) теңдеудің параметрлерінің бағалауларының мәндері келесідей: $k = 0.8$, $\tau_1 = 305.55\,c$, $\tau_2 = 1071.78\,c$ шығын функциясы $E = 0.068$. 3 а суретінде $T_{02}(t)$ салыстырмалы зерттеу

және $\hat{T}_{02}(t)$ ЕКК арқылы алынған есептік шығыс температурасының сұлбасы көрсетілген ал 3 б суретінде сәйкессіздік қатесінің шамасы көрсетілген.



2-Сурет. Ғимараттың жылу жүйесі құбырларындағы T_{01} және T_{02} шығу температуралары



а б

3-Сурет. Ғимараттың жылыту жүйесінің кері құбырындағы салыстырмалы эксперименттік және сандық температуралары (а), сәкессіздік қатесінің шамасы (б)

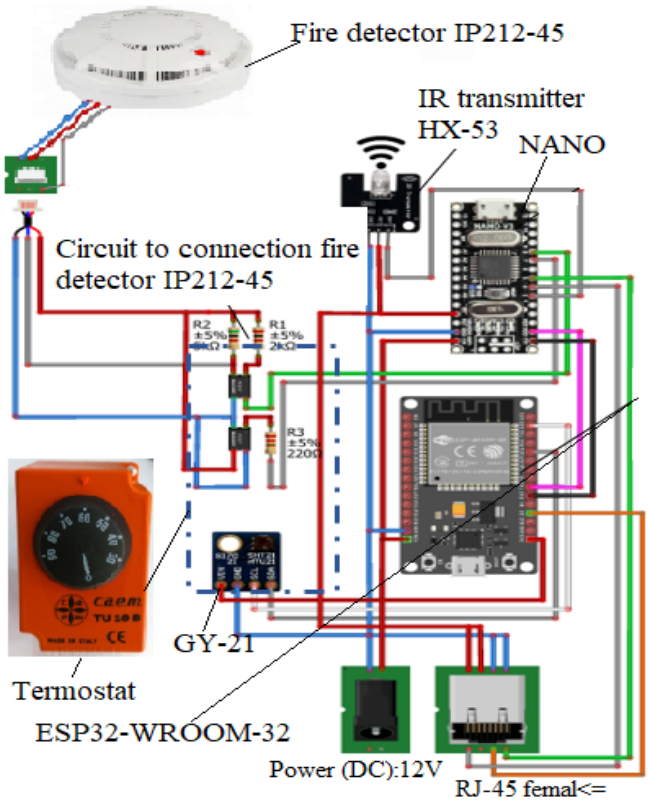
Талдау нәтижесі зерттеулік температурамен сандық температураның мақсимальды ауытқуы 1 °C дан аспайды. Бұл қолданыстағы жүйелердің реттеу дәлдігіне сәйкес келеді.

Бұл зерттеуде ғимаратты жылытудың параметрлік сәйкестендіруі есептелді. Жұмыс процессі кезінде табылған модельдік сипаттамалары сыртқы ауа температурасының өзгеруіне, ғимараттарды қоршау жүйелерінің сипаттамаларына, құбырлар торабының параметрлеріне және тағы да басқа параметрлерге байланысты өзгеруі мүмкін. Дегенмен де, басқару обеъектісінің (2) теңдеуі жылыту жүйелерін модельдеу кезінде аналитикалық қорытындылар алу үшін ыңғайлы, бірақ белгілі бір қателіктерге

ие (3 б-сурет). Демек, мұндай объектіні басқару қойылымы ұзындығы аз құбырлы жүйелерге орталықтандырылмаған жылумен жабдықтау жүйелерінде сәйкес келеді.

Температураны жергілікті басқарудың тиімді жұмыс істеуін қамтамассыз ететін реттеу алгоритм параметрлерін үздіксіз оңтайландыру әдісі арқылы басқарылатын жүйенің моделін шындыққа үздіксіз бейімдеуді жүзеге асыру мақсатында бірқатар мәселелер шешілді. «Бұлтта» басқару алгоритмін және IOT контролерін қолданып болжамды басқару сигналын құру үшін бөлме температурасын реттеу моделі құрылды. Бөлме температурасының өзгеру процестерінің модельдері зерттелді: басқару жүйесі жоқ бөлме температурасының өзгеру процесі моделі; PI ретегіші және кедергілерді өтеу моделі; басқару жүйесі үшін IOT контролеріне негізделген кедергілерді өтеу моделі [6,7].

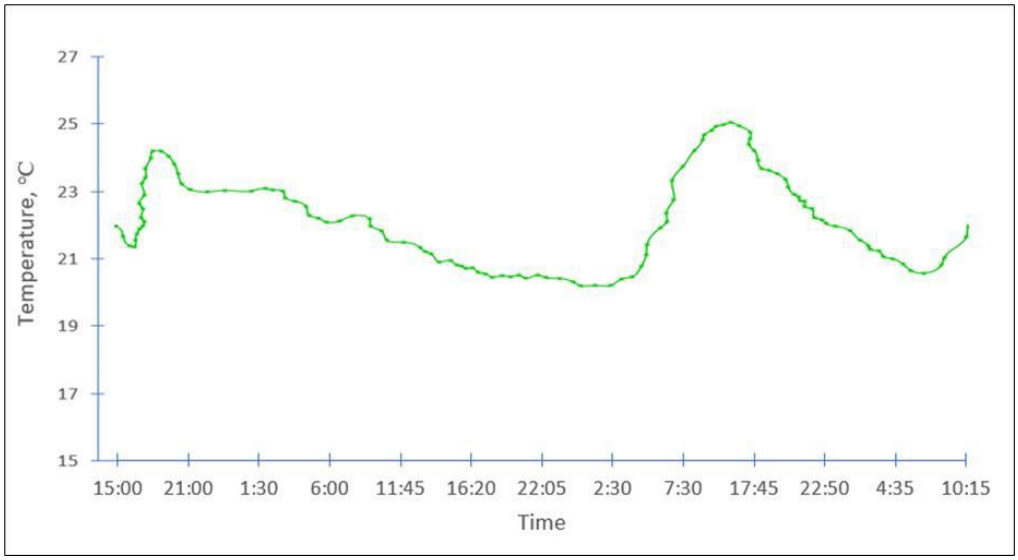
#CSOS1120 эксперимент әдісі арқылы құрылымдық және параметрлік моделді анықтау жүзеге асырылды. Ғимараттың температурасын қашықтан басқарудың және бақылау жүйесінің сұлбасы ESP 32 микроконтроллерінен, Arduino Nano, IR transmitter HX-53 инфрақызыл таратқышынан, IP 212-45 өрт детекторын қосуға арналған түтін сенсорының схемасынан, GY-21B электронды ылғалдылық пен температура сенсорынан, термостаттан, тұрақты ток көзінен, 4 арналы реледен, қосқыштан тұрады.



Сурет-4. Өлшеу датчиктерін электрлік қосу сұлбасы

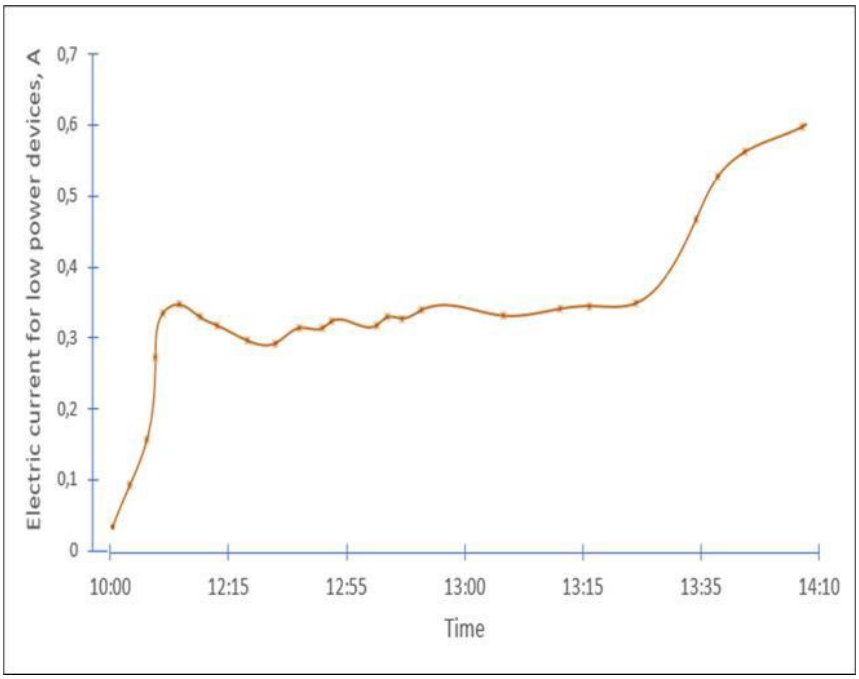
4-суретте автоматты режимде жұмыс істейтін жүйенің жұмыс істеу принципі көрсетілген. Суретте көріп отырғанымыздай жүйе жұмысты деректерді беруден бастайды: MQTT бұлтына температура, ылғалдылық, өрт детекторының күйін. GY-21 модулінен деректерді ESP-32 тақтасы оқиды және бұлтқа жіберіледі. Осы деректермен бір мезгілде IP212 өрт детекторы мен термистордың ағымдағы параметрлері мен

күйлері бұлтқа жіберіледі. Бұлтта тіркелген деректерді мобильді қосымша оқиды және пайдаланушыға көрсетіледі. Қарастырылып отырған қолданба объектісіндегі кондиционерді басқару үшін тиісті батырманы басу арқылы логикалық айнымалының мәні бұлтқа жіберіледі, содан кейін ол біздің ESP-32 тақтасымен оқылады. Бағдарламада жазылған алгоритмге сәйкес IR -ге сандық сигнал беріледі. Перифериялық жабдықты басқару үшін (Сурет-1): TC1 технологиялық контроллері, ED1, A2 электр жетегі бар C1 және C2 айналым сорғыларының моноблоктары, A1 жетегі бар RV1 реттегіш клапаны, BV1 кері клапаны, RV2 клапаны бар PR1 тікелей әсер ететін қысымның төмендеуін реттегіш. Температуралық деректерді жазу, сақтау және кейінгі талдау үшін дербес SQL дерекқоры қолданылды, оны компьютерден және смартфоннан қосуға болады. Бағдарламада параметрлерді баптау командасы бар. Бұл параметрлер ауытқу кезінде қажетті номиналды мәндерді орнатуға мүмкіндік береді, олардан жылу реттеу жүйесінің тиісті басқарылатын түйіндері (қысым, температура, ылғалдылық, судың ағып кету сенсоры) іске қосылуы керек. Сондай-ақ, жүйеде Төтенше жағдайлар туралы ескерту және ескерту алгоритмі немесе параметрлердің олардың номиналдарынан ауытқуы қарастырылған. Ескерту үшін дәлелденген және сенімді жеделхат мессенджері қолданылады.



Сурет - 5. Температураның қыздыру нүктесіндегі уақытқа тәуелділігі

5-суретте температураның қыздыру нүктесіндегі уақытқа тәуелділігі көрсетілген. Бұл суреттен көріп отырғанымыздай, уақыт қатарлары сенсорлардың дәлдігіне байланысты шамалы ауытқулармен бірдей схема бойынша есептеледі, өйткені олардың арасында 0,5 °C-тан аз тұрақты алшақтық бар. Эксперименттің 48 сағатында жиналған салыстырмалы ылғалдылық мәндерінің ұқсас графигі көрсетілген. Бұл эксперимент кезінде ESP-32 құрылғысы мәндерді шығарады. Бұл орын ауыстыру аналогтық сенсорды калибрлеудің болмауына байланысты орынды болуы мүмкін. Сенсордың әрекеті қоршаған ортаның ылғалдылығына сызықтық емес тәуелді және берілген техникалық сипаттамаға негізделген жуықтау кейбір бақылау нүктелерін қолдана отырып, әр сенсор үшін арнайы калибрлеу процедураларын қажет етеді.



Сурет – 6. Төмен қуатты құрылғыларға арналған электр тогы

6-суретте жылу нүктесінде жоғары қуатты құрылғысы үшін электр тогының тәуелділігі көрсетілген. Нәтижелер энергияны тұтыну бойынша 10 және 25 минуттық интервалмен ұсынылған. Төмен қуатты құрылғылар үшін біз өлшенген мәндердегі шамалы айырмашылықты байқай аламыз, Бұл сенсордың шамамен 80 мА Шу сигналын беруінен туындайды, бұл төмен қуатты құрылғылардың өлшемдеріне қатты әсер етеді.

Қорытынды. Ғимараттың жылу реттеуін бақылаудың автоматтандырылған жүйесі зерттеу шеңберінде әзірленді және тарихи деректерді талдау негізінде басқару процесінің жай-күйін бағалауға және пайдаланушыға қажетті шараларды уақтылы қабылдауға көмектесуге мүмкіндік.

Автоматтандырылған жүйе Заттар интернеті мен WSN функцияларын жүзеге асырады:

1) қолданбаға әлемнің кез келген нүктесінен және кез келген жерден қол жеткізу;

2) графиктер, гистограммалар, аудио сигналдар түріндегі нәтижелер туралы есептерді шығару; мониторинг процесінің күйі ретінде пайдаланушыға хабарлама жіберу;

3) үш процесті қолмен басқару.

Жүйеге адаптивті басқару функцияларын қосу жоспарлануда. Бұл нейрондық желі технологиялары арқылы жүзеге асырылады және микроклимат жағдайларының өзгеруіне байланысты жүйе автоматты түрде реттеледі және оңтайлы басқаруды жасайды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. F. Telgozhayeva, M. Arici, M. Kunelbayev, G. Tyulepberdinova, Zh. Spabekova, A. Berdygulova, Y. Shaken, "A Mathematical Model of an Automated Control System for Heat Regulation in a Building", WSEAS Transactions on Systems and Control, vol. 18, pp. 231-242, 2023
2. Потапенко Е.А. Особенности управления процессом отопления распределенного комплекса зданий: монография / Е.А. Потапенко, А.С. Солдатенков. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 163 с.

3. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Л. Льюнг; пер. с англ.; под ред. Я.З. Цыпкина. – М.: Наука, 1991. – 432 с.
4. Дилигенская А.Н. Идентификация объектов управления: учеб. пособие / А.Н. Дилигенская. – Самара: Изд-во Самарского гос.техн. ун-та, 2009. – 136 с.
5. K. Irshad, A. Almalawi, A. Khan, M. Alam, H. Zahir, A. Ali, “An IoT-based thermoelectric air management framework for Smart building applications: A case study for tropical climate”, Sustainability, 12:1564, 2020.
6. A. Yassine, S. Singh, M.S. Hossain, G. Muhammad, “IoT big data analytics for smart homes with fog and cloud computing”, Futur. Gener. Comput. Syst., 91:563–573, 2019.
7. Дьяконов В.П. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник / В.П. Дьяконов, В.В. Круглов. – СПб.: Питер, 2001. – 448 с.
8. J. H. Lee, M. S. Yeo, “Condensation Control to Cope with Occupancy Activity and Effectively Mitigate Condensation in Unheated Spaces by Real-Time Sensor Control Strategy”, Sustain. J. Rec, 12:4033, 2020.

ШЫҒЫС КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАЛМАҒАН СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ЖҮЙЕЛЕРДІ РОБАСТЫ БАСҚАРУ

Алишева С.С. [1], Тасболатұлы Н.[2], Тастанбекова Б.О. [3], Байжанова М.Т. [4]

(e-mail:[1]sandu_alish@mail.ru, [2]tasbolatuly@gmail.com, [3]baya2013@inbox.ru, [4]madyna_bayzhanova@mail.ru)

[1]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

[2]Международный университет Астана, Астана, Казахстан

[3,4]ЮКУ имени М.Ауезова, Шымкент, Казахстан

Аннотация. *Бұл жұмыста орнықтандырылмаған/анықталмаған сызықтандыруы бар анықталмаған сызықтық емес жүйелер тобы үшін робасты шығыс кері байланысты орнықтандыру мәселесі зерттеледі. Бөлінбеу принципіне негізделген жобалау әдісін және масштабтау әдісін біріктіре отырып пайдалану арқылы, біз біртекті өсу жағдайында p-нормал түріндегі анықталмаған сызықтық емес жүйелер үшін шығыс кері байланысты робасты басқарудың схемасын әзірлейміз. Тиімділік нәтижелерін көрсету үшін мысал келтірілген.*

Кіріспе. Бұл жұмыста біз *p*-нормал түрдегі анықталмаған жүйелер классы үшін тегіс шығыс кері байланысты контроллері арқылы кең ауқымды робасты орнықтандыру мәселесін қарастырамыз.

Әдебиеттерде *p*-нормал түріндегі сызықтық емес жүйелер класы үшін көптеген жылдар бойы біршама орнықтандыру нәтижелері алынды. Сызықтық емес жүйелерді орнықтандыру бойынша әдебиеттердің басым бөлігі күй кері байланысты жобалауға бағытталған. Сонымен қатар, орнықтандырылмаған немесе анықталмаған сызықтандыруы бар сызықтық емес жүйелер үшін шығыс кері байланысты басқару схемаларын әзірлеуге бағытталған зерттеу жұмыстары да қарқын алып келе жатыр. Шығыс кері байланысы арқылы жазықтықта *p*-нормал түріндегі сызықтық емес жүйенің кең ауқымды орнықтандыру үшін қуат интеграторын қосу құралы әзірленді [1]. Белгіленген сәйкес жағдайлар аясында кішірейтілген ретті сызықтық емес бақылаушы жобаланып, нәтижесінде кең ауқымды орнықтандыратын тегіс динамикалық шығыс компенсаторы алынды [2]. Үш өлшемді осы жүйе үшін $p=3$ және $\varphi_i(\cdot)\equiv 0,\ i=1,2,3$ болғандағы тегіс шығыс кері байланысты орнықтандырғышының бар екенін дәлелденді [3].

Талдау мен нәтижелер. Бұл жұмыстың негізгі мақсаты *p*-нормал түріндегі анықталмаған сызықтық емес жүйелер классына арналған шығыс кері байланысты робасты басқарудың схемасын әзірлеу болып табылады. Яғни 1 болжам аясында (2) анықталмаған сызықтық емес жүйелер тобын кең ауқымды робасты орнықтандыратын келесі түрдегі біртекті динамикалық шығыс компенсаторын құру арқылы мәселені шешу.

$$\begin{aligned} &\dot{\hat{x}} = \theta\left(\hat{x},\ y\right), \qquad \hat{x} \in R^{n-1}, \\ &\upsilon = \upsilon(\hat{x},\ y) \end{aligned} \tag{1}$$

(1) динамикалық шығыс компенсаторының конструкциясы тек $\varphi_i(\cdot)$ жоғарғы шегін білуді ғана пайдаланатындықтан, яғни $\varphi_i(t, \eta, v)$ орнына (4.2) шарты робасты түрде кең ауқымды шығыс кері байланысты орнықтандыратын, яғни жүйедегі ауытқуларға және параметрлік белгісіздікке қарамастан қол жеткізіледі.

Масштабты өзгерту әдісінің көмегімен (2) жүйедегі $\varphi_i(\cdot)$ анықталмаған сызықтық еместіктерді масштабтау коэффициентін реттеу арқылы оңай үстемдік етуге болады.

Біз бірінші жуықтауда басқарылатындық пен бақыланатындықтың жоқтығына қарамастан, (3) өсу шартын қанағаттандыратын (2) сияқты анықталмаған сызықтық емес жүйелер классы үшін робасты шығыс кері байланысты басқарудың әдісін жасауға болатынын көрсетеміз.

Осы мақсатта біз алдымен p-normal түріндегі деп аталатын келесі сызықтық емес жүйелердің класы үшін робасты орнықтандыру нәтижесін ұсынамыз

$$\begin{aligned}
&\dot{\eta}_1 = \eta_2^p + \eta_2^{p-1}\phi_{1,p-1}(t,\eta,\upsilon) + \cdots + \eta_2\phi_{1,1}(t,\eta,\upsilon) + \phi_{1,0}(t,\eta,\upsilon)\\
&\vdots\\
&\eta_{n-1} = \eta_n^p + \eta_n^{p-1}\varphi_{n-1,p-1}(t,\eta,\upsilon) + \eta_n\varphi_{n-1,1}(t,\eta,\upsilon) + \varphi_{n-1,0}(t,\eta,\upsilon)\\
&\dot{\eta}_n = \upsilon + \varphi_{n,0}(t,\eta,\upsilon)\\
&y = \eta_1,
\end{aligned} \tag{2}$$

мұндағы $\upsilon \in R, \eta \in R^n$ және $y \in R$ жүйенің кірісі, күйі және шығысы сәйкесінше, $p \geq 1$ тақ бүтін сан. $\varphi_{i,j}$ бейнелері : $R \times R^n \times R \to R$, $i=1,\cdots,n$, $j=0,\cdots,p-1$ C^1 болып табылады, анықталмағандықты қамтиды және белгісіз болуы мүмкін.

Шығыс кері байланысы арқылы (2) жүйесін кең ауқымды робасты орнықтандыруға қол жеткізу үшін біз біртекті өсу шартының жалпылама жағдайы болып табылатын келесі 1-болжамды енгіземіз.

Болжам 1. $C>0$ тұрақтысы табылып, $\forall(t,\eta,\ \upsilon) \in R \times R^n \times R$ үшін келесі шарт орындалады

$$\left|\phi_i(t,\eta,\ v)\right| \ \leq\ C(|\eta_1|^{p-j} + \cdots + |\eta_i|^{p-j}) \tag{3}$$

мұндағы $i=1,\cdots,n-1$ болғанда $j=0,\cdots,p-1$. Сонымен қатар, $i=n$ болғанда $j=0$.

(3) өсу шартының көмегімен осы жұмыстың негізгі нәтижелерінің бірі болып табылатын шығыс кері байланысты орнықтандыру теоремасын құруға болады.

Теорема 1. 1-болжам аясында (2) анықталмаған сызықтық емес жүйені кең ауқымды асимптотикалық орнықты ететін (1) тегіс динамикалық шығыс компенсаторы табылады.

Дәлелдеу. Теореманы дәлелдеу үшін жүйенің белгісіздігі туралы білуді қажет етпейтін біртекті бақылаушыны, яғни $\varphi_{i,j}(t,\eta,v)$, $i=1,\cdots,n$ және робасты тегіс күй кері байланысты контроллерін құрастырамыз. Шығыс кері байланысты жобалауымыздың тағы бір жаңа құрамдас бөлігі (2) жүйедегі анықталмаған мүшелерді басқаруға арналған масштабтау әдісін әзірлеу болып табылады. Атап айтқанда, жүйенің анықталмағандығымен тиімді күресу үшін сәйкес кеңеюі бар жоғары ретті масштабтауды түрлендіру қолданылады. Ыңғайлылық үшін біз дәлелдемені үш бөлікке бөлеміз.

1. p-нормал түрінің масштабын өзгерту

Біртекті жүйелер теориясы бойынша [7], [8], [9], (2) жүйе $\varphi_{i,j}$ $(t, \eta, v)=0$, $\forall i, j$ болғанда $(1,\cdots,1;p)$ кеңеюмен және $p-1$ дәрежесі бойынша біртекті болып табылатындығын байқаймыз. Осыны ескере отырып біз келесі масштабтау түрлендіруін енгіземіз

$$\begin{aligned} &x_1 = \eta_1; \quad x_i = \eta_i / (M^{\frac{1}{p}+\cdots+\frac{1}{p^{i-1}}}), \ i = 2,\cdots,n; \\ &u = \upsilon / (M^{1+\frac{1}{p}+\cdots+\frac{1}{p^{n-1}}}) \end{aligned} \tag{4}$$

$(0,\frac{1}{p},\cdots,\frac{1}{p}+\cdots+\frac{1}{p^{n-1}};1+\frac{1}{p}+\cdots+\frac{1}{p^{n-1}})$ кеңейтуімен, мұндағы $M\geq 1$ кейінірек тағайындалатын масштабтау коэффициенті.

Қайта масштабталған x_i координатасында (2) анықталмаған сызықтық емес жүйені келесі түрде жазуға болады

$$\begin{aligned} &\dot{x}_1 = Mx_2^p + g_1(t,x,u) \\ &\vdots \\ &\dot{x}_{n-1} = Mx_n^p + g_{n-1}(t,x,u) \\ &\dot{x}_n = Mu + g_n(t,x,u) \\ &y = x_1 \end{aligned} \tag{5}$$

(3) шартын және $M \geq 1$ фактісін пайдаланып, алатынымыз

$$\begin{aligned} &|g_i(\cdot)| \leq \sum_{j=0}^{p-1} CM^{j(\frac{1}{p}+\cdots+\frac{1}{p^i})-(\frac{1}{p}+\cdots+\frac{1}{p^i})} |x_{i+1}|^j \times |x_1|^{p-j} + \cdots + M^{p-j(\frac{1}{p}+\cdots+\frac{1}{p^i})} |x_i|^{p-j} \leq \\ &\leq CM^{1-\frac{1}{p^i}} \sum_{j=0}^{p-1} |x_{i+1}|^j (|x_1|^{p-j} + \cdots + |x_i|^{p-j}), \ i = 1,...,n-1. \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned} &|g_i(\cdot)| \leq M^{1-\frac{1}{p^i}} \left[\frac{1}{2}|x_{i+1}|^p + C_0(|x_1|^p + \cdots + |x_i|^p) \right] \\ &|g_n(\cdot)| \leq C_0 M^{1-\frac{1}{p^n}} \left[(|x_1|^p + \cdots + |x_n|^p) \right] \end{aligned} \tag{7}$$

мұндағы $C_0>0$ M-ге тәуелсіз белгілі тұрақты.

Осылайша, динамикалық шығыс компенсаторларын жобалау үшін жаңа параметр – М масштабтау коэффициенті енгізіледі. Ол қосымша еркіндік жасайды және жүйенің анықталмағандығымен күресуде маңызды рөл атқарады.

2. Күй кері байланысты жобалау

Өсу шартын (6) қанағаттандыратын қайта масштабталған (5) жүйе үшін тегіс кері байланысты жобалау әдісі арқылы робасты күй кері байланысты контроллерін құруға болады.

$\xi_1 = x_1 - x_1^*$, $x_1^* = 0$ болсын және $U_1 = \frac{1}{2}\xi_1^2$ Ляпунов функциясын таңдайық. Онда (7)-ден келесі шартты аламыз

$$U_1 \le M\left[\xi_1 x_2^p + |\xi_1|(\frac{1}{2}|x_2^p| + C_0|x_1^p|)\right] \le M\left[\xi_1 x_2^{*p} + \frac{1}{2}|\xi_1||x_2^{*p}| + C_0\xi_1^{p+1} + \xi_1(x_2^p - x_2^{*p}) + \frac{1}{2}|\xi_1|(|x_2^p| - |x_2^{*p}|)\right]$$

Индуктивті әдісті пайдалана отырып, виртуалды контроллерлердің, алмастырулардың және Ляпунов функцияларының жиынын табуға болады:

$$\begin{aligned}
&x_1^* = 0, && \xi_1 = x_1 - x_1^*, \quad U_1 = \frac{\xi_1^2}{2},\\
&x_2^* = -\beta_1\xi_1, && \xi_2 = x_2 - x_2^*, \quad U_2 = U_1 + \frac{\xi_2^2}{2},\\
&\vdots\\
&x_n^* = -\beta_{n-1}\xi_{n-1}, && \xi_n = x_n - x_n^*, \quad U_n = U_{n-1} + \frac{\xi_n^2}{2},
\end{aligned}$$

және тегіс күй кері байланысты басқару заңы

$$x_{n+1}^* = -(\beta_n\xi_n)^p = -(b_1x_1 + \cdots + b_nx_n)^p \tag{8}$$

бойынша

$$\dot{U}_n(\xi_1,...,\xi_n) \le M\left[-6(\sum_{i=1}^{n}\xi_i^{p+1}) + \frac{3}{2}|\xi_n||u - x_{n+1}^*|\right] \tag{9}$$

мұндағы барлық $\beta_1, \cdots, \beta_n$ және $b_1, \cdots, b_n$ тұрақтылары белгілі және M-ге тәуелсіз.

3. Шығыс кері байланысты жобалау

Робасты бақылаушыны жобалау үшін, $(x_2,\cdots,x_n)$ күйлердің орнына келесі өлшенбейтін айнымалыларды бағалау үшін $(n-1)$ өлшемді робасты біртекті бақылаушыны құрастырамыз

$$z_i = x_i - L_i \cdots L_2 x_1, \quad i = 2,\cdots,n \tag{10}$$

мұндағы $L_n,\cdots, L_2 \ge 1$ параметрлері кейінірек анықталатын күшейту константалары болып табылады.

(10)-нан келесідей шығады

$$\begin{aligned}
&\dot{z}_2 = Mx_3^p + g_2(\cdot) - L_2(Mx_2^p + g_1(\cdot))\\
&\vdots\\
&\dot{z}_{n-1} = Mx_n^p + g_{n-1}(\cdot) - L_{n-1}\cdots L_2(Mx_2^p + g_1(\cdot))\\
&\dot{z}_n = Mu + g_n(\cdot) - L_n\cdots L_2(Mx_2^p + g_1(\cdot))
\end{aligned} \tag{11}$$

(11) бойынша $(n-1)$ өлшемді біртекті бақылаушыны тұрғызуға болады

$$\begin{aligned}
&\dot{\hat{z}}_2 = M(\hat{z}_3 + L_3 L_2 x_1)^p - ML_2(\hat{z}_2 + L_2 x_1)^p \\
&\vdots \\
&\dot{z}_{n-1} = M(\hat{z}_n + L_{n-1}\cdots L_2 x_1)^p - ML_{n-1}\cdots L_2(\hat{z}_2 + L_2 x_1)^p \\
&\dot{z}_n = Mu - ML_n \cdots L_2(\hat{z}_2 + L_2 x_1)^p
\end{aligned} \tag{12}$$

онда (5)-тегі $g_1(\cdot), \cdots, g_n(\cdot)$ анықталмаған функциялары жоқ.

Сонымен қатар, x_i –ді бағалауларын келесі қатынастар негізінде алуға болады:

$$\hat{x}_i = \hat{z}_i + L_i \cdots L_2 x_1, \quad i = 2, \cdots n. \tag{13}$$

$e_i = x_i - \hat{x}_i = z_i - \hat{z}_i, \quad 2 \le i \le n$ бағалау қателері болсын делік. Содан кейін қате динамикасы төмендегідей беріледі

$$\begin{aligned}
&\dot{e}_2 = M(x_3^p - \hat{x}_3^p) + g_2(\cdot) - ML_2(x_2^p - \hat{x}_2^p) - L_2 g_1(\cdot) \\
&\vdots \\
&\dot{e}_{n-1} = M(x_n^p - \hat{x}_n^p) + g_{n-1}(\cdot) - ML_{n-1}\cdots L_2(x_2^p - \hat{x}_2^p) - L_{n-1}\cdots L_2 g_1(\cdot) \\
&\dot{e}_n = g_n(\cdot) - ML_n \cdots L_2(x_2^p - \hat{x}_2^p) - L_n \cdots L_2 g_1(\cdot)
\end{aligned} \tag{14}$$

Анықталған эквиваленттілік принципі бойынша (8) контроллердегі $(x_2, \cdots, x_n)$ өлшенбейтін күйін (12)–(13) сызықтық емес бақылаушымен жасалған оның $\hat{x}_2, \cdots, \hat{x}_n$ бағалауымен алмастыруға болады. Осылайша, іске асырылатын кері байланыс контроллерін аламыз

$$u = -(b_1 x_1 + b_2 \hat{x}_2 + \cdots + b_n \hat{x}_n)^p. \tag{15}$$

(15) мәнін (9) орнына қоя отырып, алатынымыз

$$\begin{aligned}
&\dot{U}_n \le M\left[\frac{3}{2}|\xi_n|\left|(b_1 x_1 + b_2 \hat{x}_2 + \cdots + b_n \hat{x}_n)^p - (b_1 x_1 + b_2 x_2 + \cdots + b_n x_n)^p\right| - 6(\sum_{i=1}^{n} \xi_i^{p+1})\right] \le \\
&\le M\left[|\xi_n|(K_1 \sum_{i=2}^{n} |e_i|)\left[\sum_{i=2}^{n}(x_i^{p-1} + e_i^{p-1})\right] - 6(\sum_{i=1}^{n} \xi_i^{p+1})\right],
\end{aligned} \tag{16}$$

мұндағы $K_1 > 0$ – b_i-ге тиісті нақты тұрақты және $L_n, \cdots, L_2, M$-ге тәуелсіз.

$L_n, \cdots, L_2$ бақылаушының күшейткіштерін анықтау үшін координаталардың алмастыруын қарастырамыз

$$\tilde{e}_2 = e_2, \tilde{e}_3 = e_3 - L_3 e_2, \cdots, \tilde{e}_n = e_n - L_n e_{n-1}.$$

ξ және $\tilde{e}$ координаталарында (16) келесі түрде көрсетуге болады.

$$\dot{U}_n \le M\left[-5(\sum_{i=1}^{n}\xi_i^{p+1}) + c_2(L_3,\cdots L_n)\tilde{e}_2^{p+1} + \cdots + c_{n-1}(L_n)\tilde{e}_{n-1}^{p+1} + c_n\tilde{e}_n^{p+1}\right], \qquad (17)$$

мұндағы $c_2(L_3, \cdots, L_n), \cdots, c_{n-2}(L_{n-1}, L_n), c_{n-1}(L_n)$ – M-ге тәуелсіз оң нақты тұрақтылар, ал $c_n>0$ барлық L_i және M-ге тәуелсіз белгілі тұрақты.

Енді Ляпунов функциясын қарастырайық

$$W_n(\tilde{e}_2,\cdots,\tilde{e}_n) = \frac{1}{2}(\tilde{e}_2^2 + \cdots + \tilde{e}_n^2).$$

Тікелей есептеулерден соң

$$\dot{W}_n = M(-\sum_{i=2}^{n} L_i\tilde{e}_i[(x_i+\tilde{e}_i)^p - \hat{x}_i^p] + \sum_{i=3}^{n}\tilde{e}_{i-1}[(x_i^p - \hat{x}_i^p] - \sum_{i=2}^{n} L_i\tilde{e}_i[x_i^p - (\hat{x}_i+\tilde{e}_i)^p]) + \sum_{i=2}^{n}\tilde{e}_i g_i(\cdot) - \sum_{i=2}^{n} L_i\tilde{e}_i g_{i-1}(\cdot).$$

(18)

Соңында $(\xi,\tilde{e})$ координаталарындағы тұйықталған жүйе үшін Ляпунов функциясын келесідей таңдаймыз

$$V_n(\xi_1,\cdots,\xi_n,\tilde{e}_2,\cdots,\tilde{e}_n) = U_n(\xi_1,\cdots,\xi_n) + W(_n\tilde{e}_2,\cdots,\tilde{e}_n)$$

Онда

$$\begin{aligned}\dot{V}_n \le -M([\xi_1^{p+1} + \cdots + \xi_n^{p+1} + [\frac{L_2}{2^{p-1}} - C_2(L_3,\cdots L_n) - \frac{K_{n-1}}{M^{\frac{1}{p^{n-2}}}}L_{n-1}^{p+1}]\tilde{e}_{n-1}^{p+1} + \\ + \cdots + [\frac{L_{n-1}}{2^{p-1}} - C_{n-1}(L_n) - \frac{K_{n-1}}{M^{\frac{1}{p^{n-2}}}}L_{n-1}^{p+1}]\tilde{e}_{n-1}^{p+1} + [\frac{L_{n-1}}{2^{p-1}} - C_n - \frac{K_{n-1}}{M^{\frac{1}{p^{n-1}}}}L_n^{p+1}]\tilde{e}_n^{p+1})\end{aligned} \qquad (19)$$

мұндағы $C_2(L_3, \cdots, L_n), \cdots, C_{n-2}(L_{n-1}, L_n), C_{n-1}(L_n)$ M-ге тәуелсіз оң тұрақтылар, ал $C_n > 0$ және $K_i > 0$, $2 \le i \le n$ L_i және M-ге тәуелсіз оң тұрақтылар.

(19)-дан егер L_i және M күшейту параметрлері бір-бірден тағайындалса, келесідей қорытынды жасауға болады:

$$\dot{V}_n \le -M([\xi_1^{p+1} + \cdots + \xi_n^{p+1}) + (\tilde{e}_2^{p+1} + \cdots + \tilde{e}_n^{p+1})]$$

Қорытынды. Бұл, өз кезегінде, (2) анықталмаған жоғары ретті жүйесі (12) – (15) динамикалық шығыс компенсаторы арқылы кең ауқымды асимптотикалық орнықтандырылғанын көрсетеді.

Мысал. Келесі анықталмаған сызықтық емес жүйесін қарастырайық

$$\begin{aligned}\dot{\eta}_1 &= \eta_2^3 + \frac{d(t)\eta_2\eta_1^2}{1+\eta_2^2}\ln(1+\eta_1^2) \\ \dot{\eta}_2 &= \upsilon \\ y &= \eta_1\end{aligned} \qquad (20)$$

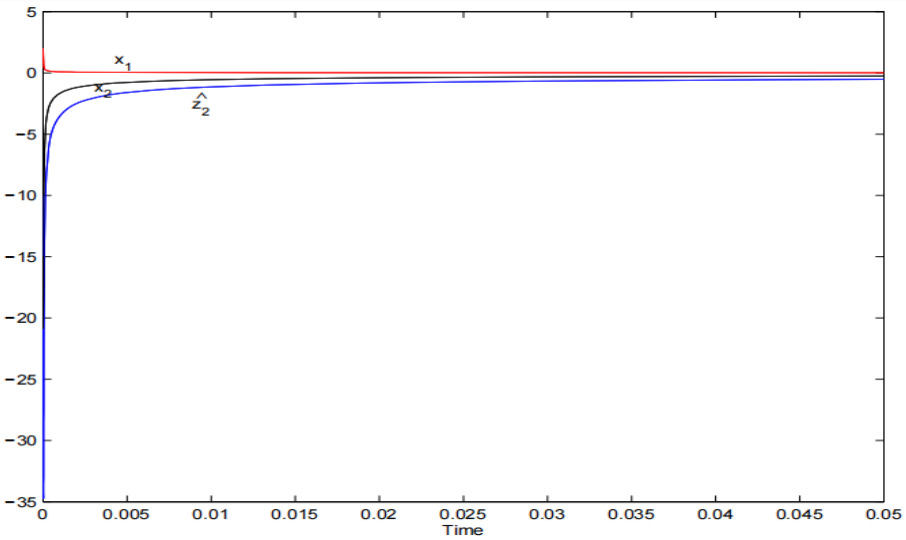
мұндағы $d:R \to R$, $|d(t)| \le 1$ шартын қанағаттандыратын үздіксіз уақыт айнымалы функция.

Қарапайым есептеу (20) анықталмаған жүйенің (3) біртекті өсу шартын қанағаттандыратынын көрсетеді. Шындығында,

$$\dot{\eta}_1 = \left| \frac{d(t)\eta_2\eta_1^2}{1+\eta_2^2} \ln(1+\eta_1^2) \right| \le |\eta_1|^3$$

(20) жүйені кең ауқымды орнықтандыратын динамикалық шығыс компенсаторын келесідей жобалаймыз

$$\begin{aligned} \dot{\hat{z}}_2 &= 0.32\upsilon - 90(\hat{z}_2 + 3y)^3 \\ \upsilon &= -91.4(5.7\hat{z}_2 + 73.4y)^3 \end{aligned} \tag{21}$$



Сурет 1. $x_1(0)=2,\ x_2(0)=-10,\ \hat{z}_2(0)=-15$ болғанда (20)-(21) жүйенің алмастыру нәтижелері.

Сурет 1-дегі модельдеу нәтижесі *d(t)=sint* болғанда келтірілген, (21) шығыс кері байланыс контроллерінің тиімділігін көрсетеді.

Әдебиеттер

1. Lin, W. and Qian, C. “Adding one power integrator: a tool for global stabilization of high-order triangular systems”, *Syst. Contr. Lett.*, Vol. 39, pp. 339-351, 2000.
2. Lin, W. and Yang, B. “Robust stabilization of uncertain high-order nonlinear systems by output feedback”, in *Proc. 6th IFAC Symp. Nonlinear Contr. Syst.*, Stuttgart, pp. 67-74, 2004.
3. Dayawansa, W.P. *Personal Communication*, 2002.
4. Hahn, W. *Stability of Motion*, Springer-Verlag, New York, 1967.
5. A. Bacciotti and L. Rosier, *Lyapunov functions and stability in control theory,* Lectrue Note in Control and Info. Sciences, Vol. 267, Springler, 2001.
6. Dayawansa, W.P.; Martin, C. F.; Knowles, G. “Asymptotic stabilization of a class of smooth two-dimensional systems”, *SIAM. J. Contr. Optimiz.*, Vol. 28, pp. 1321- 1349, 1990

7. Kawski, M. “Geometric homogeneity and applications to stabilization”, *Proc. 3rd IFAC Symp. Nonlinear Contr. Syst.*, Lake Tahoe, pp. 164-169, 1995.
8. Hermes, H. “Homogeneous coordinates and continuous asymptotically stabilizing feedback controls”, in *Differential Equations: Stability and Control*, Ed. Elaydi, S., Marcel Dekker, New York, pp. 249-260, 1991.
9. L. Rosier, “Homogeneous Lyapunov functions for homogeneous continuous vector field”, *Syst. Contr. Lett.*, Vol. 19, pp. 467-473, 1992.
10. Yang, B. and Lin, W. “Robust output feedback stabilization of uncertain nonlinear systems with uncontrollable and unobservable linearization”, *IEEE Trans. Automat. Contr.*, Vol. 50, pp. 619-630, 2005.
11. Gao F., Wu Y., Yuan F. Global output feedback stabilisation of high-order nonlinear systems with multiple time-varying delays //International Journal of Systems Science. 2016, 47, 2382-2392.
12. Zhang X., Lin W., Lin Y. Nonsmooth Feedback Control of Time-Delay Nonlinear Systems: A Dynamic Gain Based Approach //IEEE Transactions on Automatic Control. 2016, 62, 438-444.

QALQAN BLOCK SYMMETRIC ENCRYPTION ALGORITHM, VERSION 2

Gorlov L.[1,2], Ibrayev R.[2], Seilova N.[3]
e-mail: gorlov.lev@gmail.com (13 пт.)
[1]*Al-Farabi Kazakh National University*
[2]*Satbayev University*
[3]*The International University of Information Technology*

Abstract: This paper presents the second, strengthened version of the Qalqan block symmetric encryption algorithm, which is a candidate for national standards of the Republic of Kazakhstan. Some of the algorithm's cryptographic primitives have been redesigned to improve cryptographic strength, provability of cryptographic strength, and performance characteristics.

Motivation. The Qalqan encryption algorithm was presented to the international cryptographic community in 2021 as part of the RusCrypto-2021 conference, and then during specially organized seminars with leading scientists from Ukraine (Kiev, November 4, 2021) and Kazakhstan (Almaty, November 29 2021).

As a result of discussion of the algorithm with colleagues, as well as in-depth cryptographic analysis of the algorithm, several cryptographic primitives were redesigned to improve cryptographic strength, provability of cryptographic strength, and performance characteristics.

This paper presents the second version of the Qalqan symmetric block encryption algorithm. For greater variability in application scenarios of the algorithm, versions with block lengths of 256 and 512 bits have been added.

Compared to the first version, the substitution block has been changed; using K. Nyberg's method [1] a substitution with the maximum possible cycle length was generated. Its characteristics:

- maximum table of linear approximations: 32;
- maximum differential table: 4;
- degree of Zhegalkin polynomial: 7;
- minimum distance to linear statistical analogues: 112;
- avalanche criterion: 120;
- minimum cycle: 256.

The linear operation has been completely redesigned to provide a high branch index. The principles underlying its development are set out in [2], where the possibility of constructing a linear layer of a block encryption algorithm using cyclic shift and bitwise exclusive OR operations is shown, ensuring a sufficiently high efficiency of such a linear layer. In this case, efficiency means low computational complexity, low memory requirements, as well as the degree of influence of the linear operation on the overall cryptographic strength of the algorithm. The last indicator is the most important and can be expressed both as an avalanche effect value [3] and as a branching index [4]. The avalanche effect is the average number of changes in the output bits of some function (for example, several rounds of an encryption algorithm) when one or more input bits change. This value depends not only on the linear operation of the algorithm, and in general does not always reflect the cryptographic strength of the algorithm. The branching index is a more accurate indicator of the efficiency of a linear transformation, so it will be discussed in more detail below.

The basic theory for developing a linear layer of encryption algorithms is the “wide trail” approach [4], in which the determining value of the efficiency of the linear transformation is the value of the branch index. The "wide trail" strategy is designed for a family of block symmetric encryption algorithms consisting of identical sequential rounds, each containing a round key overlay, a nonlinear transformation applied to subblocks of the block being processed, and a linear transformation.

The operation of overlaying round keys has been changed to bitwise addition, as this allows us to give a more rigorous assessment of the cryptographic strength of the algorithm based on a large number of studies of existing algorithms.

Algorithm description

1. Conventions

V_s – the set of all binary strings of length s, where s is a natural; substrings and string components are numbered from left to right, starting from zero;

$Blen$ – the length of the input and output block;

$KLen$ – the length of the master encryption key;

N – the number of rounds of the encryption algorithm;

K – master encryption key;

$\oplus$ – addition modulo 2;

$\boxplus$ – addition modulo 2^{128};

$\boxminus$ – subtraction modulo 2^{128};

$\dotplus$ – addition modulo 256;

$\dot{-}$ – subtraction modulo 256;

$\lll$ – left cyclic shift of 32 or 64-bit word.

2. Basic properties of the algorithm

Architecture of algorithm: LSX.

Block length: $Blen$ =128, 256 or 512 bits.

Master key length: $KLen = 256..1024$ bit in steps of 128 bits.

Number of rounds: $N = 16 + \left\lfloor \frac{KLen-256}{128} \right\rfloor$, i.e. 16 to 22 rounds.

3. Operations and values

3.1. Non-linear transformation

Non-linear bijective transformation $S: V_{128} \to V_{128}$ is defined by following fixed substitution $Sbox: V_8 \to V_8$ (hexadecimal):

Table 1.

Substitution table.

	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**a**	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**
0	ce	cf	1a	56	a4	21	82	30	fb	03	6d	88	e8	ac	b1	0c
1	00	17	7c	d6	4b	bf	ed	77	dd	7d	ff	12	25	6b	af	75
2	a9	a7	76	d8	97	79	c2	ad	58	34	22	38	0b	1d	46	f1
3	13	d4	43	1e	02	c6	a0	a2	6f	3e	48	66	2a	81	47	e1
4	29	4c	2e	ba	92	0f	c5	6c	36	06	41	9e	c8	31	2b	f3
5	85	40	b3	5f	b8	19	b5	3c	78	ea	73	7e	8a	0e	05	51

6	74	d0	c3	e9	5c	5b	a6	ee	a8	ef	ca	20	f9	a1	f8	a3
7	4a	db	b6	61	8d	2f	9a	18	bc	60	3d	98	5e	9c	0d	c0
8	69	53	8f	28	be	da	f4	67	e0	f0	7a	33	1f	fc	9f	84
9	b2	9d	aa	5a	5d	ab	e6	35	cd	1b	65	70	68	4f	04	91
a	3f	f6	89	c4	24	d3	52	4e	f5	49	71	54	27	3a	b7	bd
b	95	72	dc	d7	44	32	96	eb	ec	d9	ae	d1	7f	94	55	64
c	93	8b	c1	b0	1c	e2	09	08	87	37	50	90	fa	c7	de	16
d	fd	42	0a	e3	cc	57	b9	9b	01	df	2d	11	d5	fe	2c	15
e	8c	bb	10	14	f2	80	4d	8e	3b	62	6a	d2	e4	39	a5	cb
f	f7	6e	99	b4	63	26	e5	23	86	07	e7	59	7b	45	c9	83

For instance, $Sbox$ maps byte 00 to CE, 01 to CF, FF to 83 etc.

All the bytes of state map independently.

3.2. Linear transformation

The linear function transforms the input block B into an output block R of the same size.

During the transformation a data block of 128 bits is divided into 4 words of 32 bits, a block of 256 bits is divided into 8 words of 32 bits, a block of 512 bits is divided into 8 words of 64 bits.

The transformation contains a cyclic shifts and additions modulo 2.

The shift values is determined by constant values. For a block of 128 bits, these are the constants C_{00}, C_{01}, C_{02}; for a block of 256 and 512 bits, these are $C_{10}..C_{16}$ and $C_{20}..C_{26}$, respectively.

The transformation is applied sequentially for every k-th word of u words of state in accordance with the formula:

$$g_j: a^{(n+1)} = g_j\left(a^{(n)}\right) \Leftrightarrow a_k^{(n+1)} = \begin{matrix} \oplus_{i=1}^{u-1}\left(a_{i+j\ mod\ u}^{(n)} \lll C_i\right) \oplus a_k^{(n+1)}, k = j \\ a_k^{(n)}, k \neq j \end{matrix}$$

Constants for different block lengths are listed below:

Table 2.

Constant values of cyclic shift distances.

Block size	**Shift values**
128	1, 17, 14
256	3, 5, 11, 21, 16, 30, 19
512	48, 40, 12, 59, 29, 50

3.3. Key addition

Round key addition denoted by X_i, where i is number of round, is performed by bitwise addition to the processed data block. In each round, the whole block of data is processed.

Key addition in the first ($K_{\boxplus}^{start}$) and last ($K_{\boxplus}^{fin}$) rounds is modulo 2^{128}.

3.4. Round transformation

Each round of the XSL algorithm except the last one involves key addition, non-linear transformation, and linear transformation, thus

$$X_i SL(Text) = L\left(S\left(K_{\oplus}^{i}(Text)\right)\right).$$

The last round contains only the modulo 2^{128} keying addition.

4. Key expansion

The bytes of the key (lower byte first) are fed in turn into the byte shift registers $L0$ and $L1$, starting at $L0$. Register $L0$ has a length of 17 bytes, $L1$ - 15 bytes. Thus, a 256-bit key consisting of bytes $\{K_0..K_{31}\}$ fills the registers as follows:

$$L0 = \{K_0, K_2, K_4, K_6, K_8, K_{10}, K_{12}, K_{14}, K_{16}, K_{18}, K_{20}, K_{22}, K_{24}, K_{26}, K_{28}, K_{30}, K_{31}\}$$
$$L1 = \{K_1, K_3, K_5, K_7, K_9, K_{11}, K_{13}, K_{15}, K_{17}, K_{19}, K_{21}, K_{23}, K_{25}, K_{27}, K_{29}\}$$

The feedback of the shift registers is given as follows:

$$L0 = \{L0_1..L0_{16}, S(L0_0) \dot{+} L0_1 \dot{+} S(L0_3) \dot{+} L0_7 \dot{+} S(L0_{12}) \dot{+} L0_{16}\}$$
$$L1 = \{L1_1..L1_{13}, S(L1_0) \dot{+} L1_7 \dot{+} S(L1_{11}) \dot{+} L1_{13} \dot{+} S(L1_{14})\}$$

The registers move evenly, at each step after the 17th, the value $L0_{15} \dot{+} L1_4$ is entered into the byte of the next round key, starting from the least significant.

For keys greater than 256 bits, subsequent bytes, in least significant order, are loaded into the shift registers after the 17th operation step by adding the registers modulo 256 to the feedback function, starting with register $L1$. Thus, at each even step of the registers, starting from the 18th, the value of the next key byte is superimposed on the feedback value of the $L1$ register, and at odd steps, starting from the 19th, on the feedback value of the $L0$ register

5. Full algorithm

5.1. Encryption

The encryption function consists of three parts as follows:

$$E_1(Text) = L\left(S\left(K_{\boxplus}^{start}(Text)\right)\right)$$

$$E_2(Text) = X_{N-1}SL(\ldots X_2 SL(X_1 SL(E_1(Text))))$$

$$E(Text) = K_{\boxplus}^{fin}\left(E_2(Text)\right)$$

5.2. Decryption

For decryption, functions are used that are inverse to those described.

The nonlinear function $InvS$ is given by substitution $InvSbox$: $V_8 \to V_8$ of the following form:

Table 3.

Inverted substitution table.

	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**a**	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**
0	10	d8	34	09	9e	5e	49	f9	c7	c6	d2	2c	0f	7e	5d	45
1	e2	db	1b	30	e3	df	cf	11	77	55	02	99	c4	2d	33	8c
2	6b	05	2a	f7	a4	1c	f5	ac	83	40	3c	4e	de	da	42	75
3	07	4d	b5	8b	29	97	48	c9	2b	ed	ad	e8	57	7a	39	a0
4	51	4a	d1	32	b4	fd	2e	3e	3a	a9	70	14	41	e6	a7	9d
5	ca	5f	a6	81	ab	be	03	d5	28	fb	93	65	64	94	7c	53
6	79	73	e9	f4	bf	9a	3b	87	9c	80	ea	1d	47	0a	f1	38
7	9b	aa	b1	5a	60	1f	22	17	58	25	8a	fc	12	19	5b	bc
8	e5	3d	06	ff	8f	50	f8	c8	0b	a2	5c	c1	e0	74	e7	82
9	cb	9f	44	c0	bd	b0	b6	24	7b	f2	76	d7	7d	91	4b	8e
a	36	6d	37	6f	04	ee	66	21	68	20	92	95	0d	27	ba	1e
b	c3	0e	90	52	f3	56	72	ae	54	d6	43	e1	78	af	84	15
c	7f	c2	26	62	a3	46	35	cd	4c	fe	6a	ef	d4	98	00	01
d	61	bb	eb	a5	31	dc	13	b3	23	b9	85	71	b2	18	ce	d9
e	88	3f	c5	d3	ec	f6	96	fa	0c	63	59	b7	b8	16	67	69
f	89	2f	e4	4f	86	a8	a1	f0	6e	6c	cc	08	8d	d0	dd	1a

Key addition in first and last round performed by subtraction modulo 2^{128}.

The inverse linear operation is obtained trivially.

Thus, decryption looks as foolows:

$$D_1(Cipher) = K_{\boxplus}^{fin}(Cipher)$$

$$D_2(Cipher) = SLX_1(\dots SLX_{N-2}(SLX_{N-1}(D_1(Cipher))))$$

$$D(Cipher) = K_{\oplus}^{start}\left(InvL\left(InvS\left(D_2(Cipher)\right)\right)\right)$$

Resulting improvement in algorithm performance

The efficiency of the linear function was assessed by comparison with the AES algorithm [5]. To achieve this, the AES-256 algorithm was implemented in C using Microsoft Visual Studio with some optimizations that do not require a large amount of additional memory. In particular, the SubBytes and ShiftRows operations were combined, and the MixColumns operation is accelerated using substitutions containing the result of multiplying by 2 and by 3 modulo $11b_{16}$.

In this case, the optimization parameters /Ox (prefer speed), /Oi (enable internal features), and /Ot (prefer fast code) werфe used. Compilation was carried out in the Release configuration for the x86 architecture, since, firstly, this is the target architecture for the AES algorithm according to the terms of the AES competition, and secondly, the compared linear function operates on 32-bit words. Execution time was measured using the Query Performance Counter function, which allows you to measure time intervals with high accuracy [6].

To evaluate the effectiveness of the new linear function, a modification of the AES-256-LF algorithm was developed, in which the combination of the ShiftRows and MixColumns transformations was replaced by the above linear function (5) with shift values {0, 1, 7, 14}. During the last round of AES-256, the original ShiftRows function was retained to ensure the purity of the experiment.

Table 4.

Performance comparison of linear functions

No.	Algorithm (128 bit block)	Time for 10 million runs, ms	Ratio
1	AES-256	249.4	1.216
2	AES-256-LF	205.1	0.822

There is also an approach to optimize the AES algorithm using the $V_8 \rightarrow V_{32}$ substitution, which implements the MixColumns operation simultaneously with SubBytes and ShiftRows [7]. For example, the OpenSSH library uses this method of implementing AES [8]. In this case, the round comes down to key addition and 16 XOR operations. The linear function presented in this article cannot be optimized in this way. However, in the case of larger words, it will be more profitable to implement such a model. Determining the block length at which it will become faster than AES MixColumns is difficult, since it depends on the nuances of the implementation of the corresponding operations on the processor.

As shown in the work [2], the branching index of the new linear function is 5, which is similar to the characteristics of the linear layer of the AES algorithm. This allows us to conclude that the algorithm is highly resistant to linear and differential analysis.

References

1. K. Nyberg, "Perfect nonlinear S-boxes," *Advances in Cryptology — EUROCRYPT 1991. Lecture Notes in Computer Science,* vol. 547, 1991.
2. Gorlov, L., Iavich, M., Bocu, R., "Linear Layer Architecture Based on Cyclic Shift and XOR," *Symmetry,* no. 15(8), 2023.
3. H. Feistel, "Cryptography and Computer Privacy," *Scientific American, Volume 228, ,* pp. 15-23, 1973.
4. Joan Daemen and Vincent Rijmen, "The Wide Trail Design Strategy," *Cryptography and Coding,* p. 222–238, 2001.
5. Federal Information Processing Standards Publication 197, "Specification for the Advanced Encryption Standard (AES)," 2001. [Online]. Available: http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips197/fips-197.pdf.
6. Microsoft, "QueryPerformanceCounter function (profileapi.h)," 13 10 2021. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/en-us/windows/win32/api/profileapi/nf-profileapi-queryperformancecounter. [Accessed 14 05 2023].
7. Joan Daemen, Vincent Rijmen, The Design of Rijndael, Springer, 2002.
8. Vincent Rijmen, Antoon Bosselaers, Paulo Barreto, "rijndael-alg-fst.c," [Online]. Available: https://github.com/openssh/openssh-portable/blob/master/rijndael.c.

ПОЛИГРАФИЯЛЫҚ КӘСІПОРЫНҒА IT-ШЕШІМДЕРДІ ЕНГІЗУ МӘСЕЛЕСІН ТАЛДАУ

Б.Д. Амантай[2], Г.З. Зиятбекова[1,2]
e-mail: bakytzhandaurenuly01@gmail.com
[1]Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан,
[2]әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

Аңдатпа. *Қазіргі таңда полиграфиялық өнеркәсіп саласында өте үлкен өзгерістер орын алуда. Полиграфия өнеркәсібіне үлкен ықпалын тигізген факторлардың біріне пандемия кезеңін атап өтуге болады. Пандемия уақыты басталғалы ақпараттық технологиялардың жиі қолданылуы қоғам өміріне елеулі өзгерістер алып келді. Осыған байланысты полиграфия саласы өзінің бизнес процестерін, өнімдерін, технологияларында клиенттердің сұранысына сай икемдей бастады. Өз кезегінде ақпараттық технологияның дамуы полиграфия саласына теріс ықпалын тигізгенімен, бір жағынан қарастыратын болсақ ақпараттық технологияның көмегімен полиграфия саласына тиімді шешімдер жасауға болады. Яғни, компанияның кіріс ақпараттарын бір мәліметтер қорында сақтап, клиенттер жайлы және олардың сұраныстары туралы, полиграфия компаниясындағы құрал-жабдықтар жұмысы, материалдар туралы көптеген ақпараттарды бақылап, бизнесті тиімді басқаруға болады. Ол үшін полиграфия кәсіпорынына арналған ақпараттық басқару жүйесін енгізу қажет.*

Мақалада кәсіпорынды тиімді басқаруға және оның бизнес-процестерін оңтайландыруға арналған заманауи IT-шешімдердің маңыздылығы мен атқаратын функциялары сипатталды. Сонымен қатар, веб-қосымша негізінде жүзеге асырылатын ақпараттық басқару жүйесінің тиімділігі айтылды. UML модельдеу тілінде класстар диаграммасы негізінде жүйемен жұмыс істейтін қолданушылар байланысы модельденді.

Кілттік сөздер: *полиграфия, CRM, ақпараттық жүйе, бизнес-процесс.*

Кіріспе. Негізінен полиграфия саласы өнеркәсіп саласындағы маңызды сегменттің бірі болып табылады. Күнделікті өмірде барлық адамдар және бизнес салалары полиграфия өнімімен тығыз байланыста болады. Бүгінгі күні бизнестің бұл сегменті үлкен өзгерістермен тығыз байланысты. Жылдан жылға көптеген полиграфия саласына арналған жаңартылған басып шығару технологиялары пайда болуда, сонымен қатар клиенттердің де тауарға деген сұранысы өзгеруде. Бизнестің бұл сегментінде бәсеке өте үлкен дәрежеде. Сол себепті әр полиграфия компаниясы өз саласында алдыңғы қатарға ие болғысы келеді. Алдыңғы қатарлы компанияға айналудың бір жолы бизнеске ақпараттық технология саласындағы шешімдерді пайдалану болып табылады. Яғни ақпараттық жүйені бұл өнеркәсіп түрімен байланыстыру арқылы бизнесті оңтайландыру әлдеқайда ұтымды болады. Оған мысал, қазіргі таңда өте үлкен қолданысқа ие заманауи IT шешімдер. Мысалы, Enterprise Resource Planning (ERP), Customer Relationship Management (CRM) сияқты IT саласының жетістіктерінің бірін атап өтуге болады. Аталған ақпараттық жүйелер өнеркәсіптің өндірістік және технологиялық процестерін тиімді шешуге үлкен көмегін береді. Сонымен қатар, клиент пен бизнес арасындағы

қарым-қатынасты бекітудегі маңызы ерекше. Яғни, цифрлық шешімдер көмегімен кәсіпорынды басқару әлдеқайда ұтымдырақ болмақ.

Кәсіпорынды басқару жүйесі – бұл олардың арасындағы барлық элементтердің, ішкі жүйелер мен коммуникациялардың, сондай-ақ ұйымның белгілі бір жұмысын қамтамасыз ететін процестердің жиынтығы. Кәсіпорынды басқару жүйесінің жұмыс істеуінің мақсаты – қалыптасқан мақсаттарға жету үшін қоршаған ортаның жеке әсерлерін дамыту жағдайында басқарылатын жүйенің (немесе басқару объектісінің) қажетті мінез-құлқын қалыптастыру үшін басқарушылық шешімдерді дайындау және іске асыру [1].

Ақпараттық жүйені пайдалану арқылы, полиграфиялық кәсіпорынның жұмысын оңтайландыру кәсіпорындағы өндіріс тиімділігін арттыруға, сонымен қатар шығындарды азайтуға және жұмыс орнындағы қызметкерлерді, жұмыс процесін басқаруды едәуір жақсартуға мүмкіндік береді. Ақпараттық жүйені енгізу арқылы оңтайландыру алға қойған мақсаттарға жету үшін келесідей әдістер мен шешімдер арқылы жүзеге асыруға болады:

1) Өндіріс процесін басқару;
2) Инвентаризацияны басқару;
3) Қаржылық есеп және менеджмент;
4) Тұтынушымен қарым-қатынасты басқару (CRM);
5) Сапаны бақылау;
6) Жеке құрам менеджменті;
7) Талдау және болжау;
8) Сыртқы жүйелермен интеграция;
9) Деректер қауіпсіздігі;
10) Бақылау және жетілдіру.

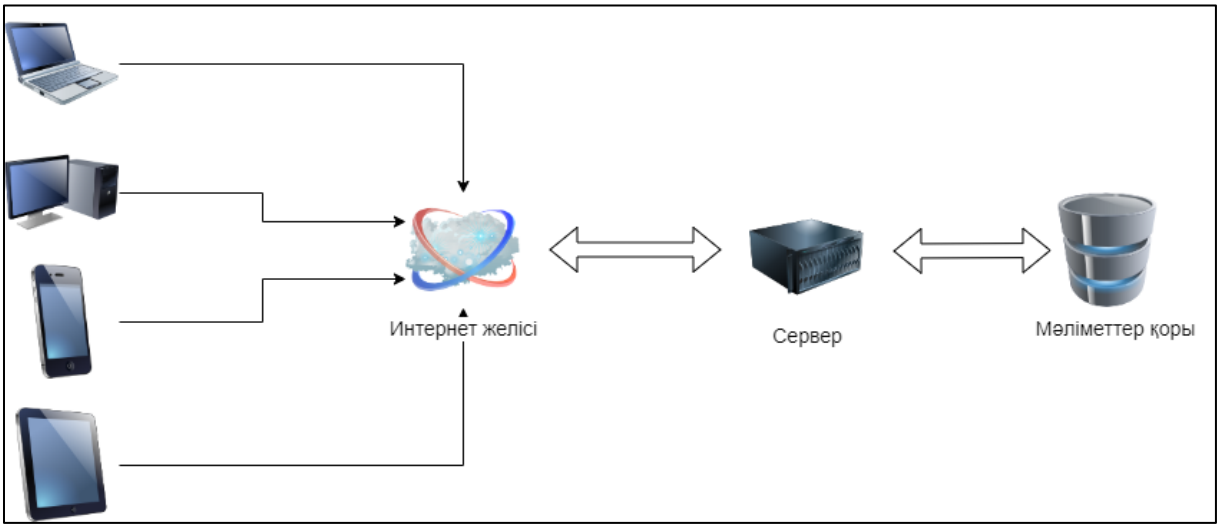
Негізгі бөлім. Қазіргі заманғы ақпараттық цифрлық технологияларды кеңінен енгізу елімізде полиграфиялық өндірісті дамыту үшін маңызды болып табылады. Олардың дамуымен, интернеттің кең таралуымен баспа өнімдерін өндіруді ұйымдастырудың мүлдем жаңа формалары пайда болды: мысалы, тапсырыстарды орналастыру, түпнұсқа макетін дайындау, басып шығаруды орындау және бақылау, ағымдағы өндірістік мәселелерді on-line режимінде үйлестіру [2].

MS Excel, 1С сияқты бағдарламалар біртіндеп полиграфиялық ұйымның бизнес құрылымдарына жан-жақты қызмет көрсете алатын мамандандырылған автоматтандырылған басқару жүйелеріне жол береді [3]. Себебі, MS Excel жүйесінде бизнес жұмысына байланысты есептеулер мен есептер, MS Access бағдарламасын мәліметтер қорымен жұмыс істеу үшін, 1С арқылы бухгалтерия жұмыстарын жүргізу үшін пайдалану тиімсіз болуы мүмкін. Оған себеп, әр ақпараттың әр түрлі ортада сақталуы. Оның орнына бір ақпараттық жүйе ішінде мәліметтер қорын сақтап, қаржылық операцияларды орындап, бизнес жұмысына байланысты есептерге қол жеткізген әлдеқайда тиімді болып табылады.

Қазіргі заманғы кәсіпорындар жедел басқарудан бастап басқарушылық шешімдер қабылдауға көмектесуге дейінгі әртүрлі тапсырмаларды орындауға арналған ақпараттық технологияларды қолданады. Бұл жүйелер немесе технологиялар басқарудың барлық деңгейлерінде шешім қабылдау процесін оңтайландыруға мүмкіндік береді [4].

Жалпы ақпараттық жүйені десктопты жүйе, веб-қосымша немесе т.б. платформалар негізінде жүзеге асыруға болады. Ол үшін қазіргі таңда көптеген технологиялар мен IT-шешімдер бар. Интернет желісінің қарқынды дамуы әлемге үлкен өзгерістер алып келді. Бизнес жағынан қарастыратын болсақ, интернет желісі көмегімен жұмыс істейтін

ақпараттық жүйелер бүгінгі күні үлкен артықшылықтарға ие. 1-суретте көрсетілгендей клиент-сервер архитектурасы негізінде полиграфиялық кәсіпорынға арналған ақпараттық жүйені веб-қосымша негізінде жүзеге асыруға болады.



1-сурет. Клиент-сервер архитектурасы

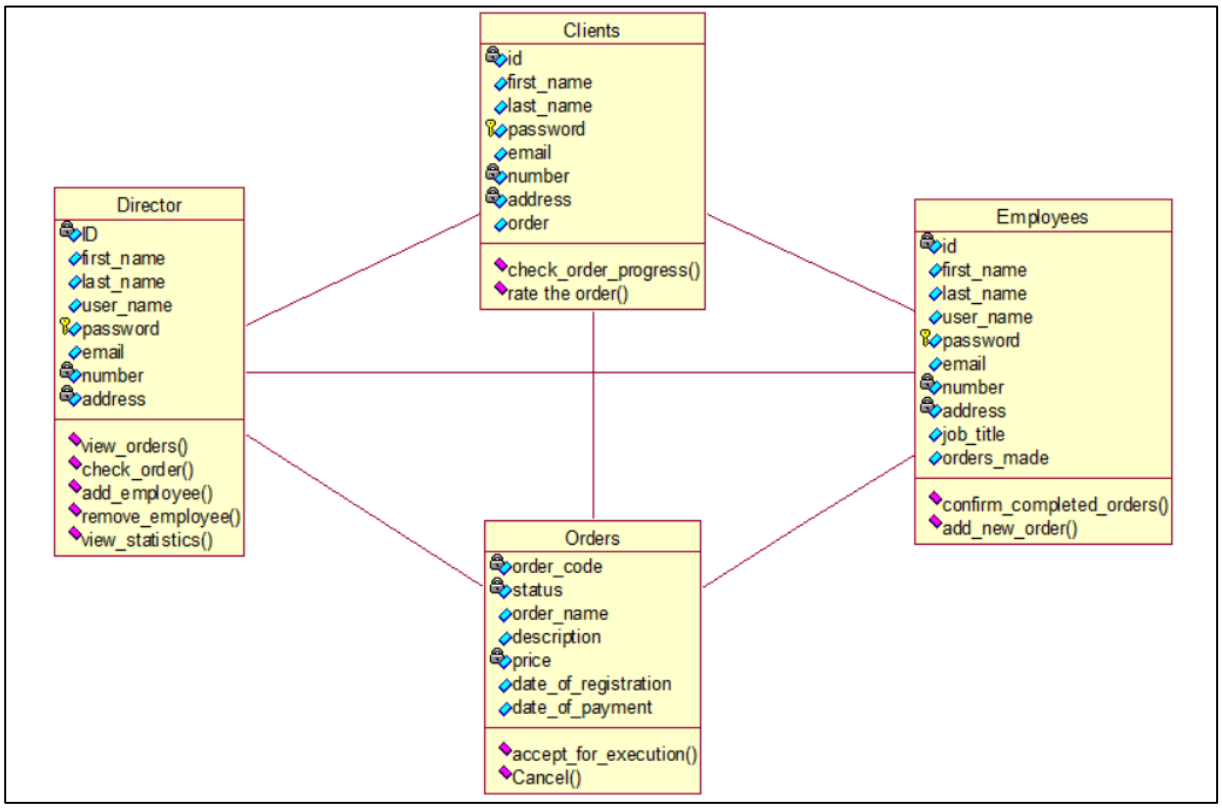
Клиент-серверлік қосымшаны жүзеге асыру үшін екі жақты қарастыру қажет: Front-end және Back-end. Жүйенің Front-end бөлігін жүзеге асыру үшін HTML,CSS, Javascript технологияларын пайдалана отырып кез келген браузер және құрылғыға икемді ақпараттық жүйе жасауға болады. Жоғарыда 1-суретте көрсетілгендей дербес компьютер, ноутбук, смартфон, планшет арқылы жүйемен жұмыс істеуге болатын, кез келген браузер мен құрылғыға икемді веб-қосымшаны құру ұтымды шешім болмақ. Ал Back-end бөлігін жүзеге асыру үшін Python, C# және т.б. бағдарламалау тілдерін таңдауға болады. Аталған технологияларды пайдалана отырып, полиграфиялық кәсіпорынға арналған клиент-серверлік қосымшаны жасауға болады.

Үлкен мәселелердің бірі ақпараттың жинақтылығының болмауында. Ақпараттың жинақы болмауы өз кезегінде басқарушылық шешімді дұрыс қабылдауға кедергі болады. Ақпарат қаншалықты жинақы болса, сол мәліметтерді пайдалана отырып, бизнесті тиімді оңтайландыруға болады.

Әр полиграфиялық кәсіпорын ақпараттық жүйені енгізу арқылы кәсіпорындағы барлық мәліметтерге ие бола алады. Сонымен қатар ішкі мәліметтерді ала отырып, жүйедегі графикалық түрде бейнеленген қаржылық мәліметтерге ие болып, кәсіпорынды басқаруға арналған тиімді шешімдер қабылдай алады. Компанияны көптеген бәсекелестерден ажырататын қасиет – тұтынушыларға тиімді қызмет көрсету үшін олармен жақсы жұмыс істей білу. Дәл осы мақсаттар үшін CRM жүйелері құрылды [5]. Мысалы, CRM жүйесінің элементін жүйеге қосу арқылы клиенттердің сұраныстарының өзгеруін бақылып, клиентпен тығыз байланыста болып, бизнестегі клиентті жоғалту тәуекелінің алдын алуға болады.

Кәсіпорында CRM жүйесін енгізу нарық конъюнктурасының өзгеруіне жедел әрекет ету; нарыққа жаңа өнімді (тауарларды, қызметтерді) шығарудың қысқа мерзімдері; уақытты басқару; тұтынушыларға қызмет көрсету сапасын арттыру; мәмілелерді жасау және жүзеге асырудағы кедергілерді анықтау; кәсіпорын пайдасының өсуі сияқты артықшылықтарға ие [6].

2-суретте Unified Modeling Language (UML) ортасында класстар диаграммасы негізінде полиграфиялық кәсіпорынға арналған ақпараттық жүйедегі негізгі класстар және олардың атрибуттары мен орындайтын операцияларының негізгі бастапқы мәліметтері бейнеленді. Бұл сызбада кәсіпорын басшысы, қызметкерлер, клиенттер және сұраныстар кластары моделі жасалды. Сонымен қатар, әр класс атрибуты белгілі бір қолжетімділік модификаторына ие. Әр кластың жүйедегі орындауға болатын операциялары бейнеленген. Модельді мысалға ала отырып ақпараттық жүйенің программалық кодын жүзеге асыруға болады.



2-сурет. Класстар диаграммасы

Класстар диаграммасы моделінде көрсетілген Clients және Orders кластары және оның атрибуттары мен операцияларын бақылау әр клиенттің сұранысын, қандай мерзім аралығында қандай сұраныстардың басым болғандығын, сұраныстардың өзгерісін ақпараттық жүйе арқылы мониторинг жасап, бизнесті тиімді басқару үшін тиісті шешімдерді қабылдап, оны оңтайландыру әлдеқайда ұтымды әрі ыңғайлы болмақ. Жүйеге бизнес-процестер және олардың тиімділігі туралы ақпаратты визуализациялау және талдау құралын енгізу арқылы сатылым және клиенттердің сұранысын дэшборд арқылы графикалық түрде бақылауға болады. 2-суретте көрсетілгендей жүйеге клиенттің тіркеліп, өзінің тапсырысының орындалу процесін бақылау функциясын қосуға болады. Клиенттің тапсырысы орындалғаннан кейін, клиент өзінің тапсырысының уақытылы, сапалы орындалуына байланысты балл қою және тапсырыс нәтижесіне пікір жазу арқылы өндіріс процесіне әсер ету мүмкіндігіне ие болады. Ол өз кезегінде кәсіпорын басшылығына клиенттердің болашақ тапсырыстарына қанағаттанушылықтарын арттыру үшін тиімді басқарушылық шешімдер қабылдауға жол береді.

Қорытынды. Қорытындылай келе, полиграфия саласындағы бизнес өте үлкен өзгерістер үстінде. Яғни, қазіргі таңда ақпараттық жүйені енгізіп, кәсіпорынның бизнес-процестерін цифрлық деңгейге көшіру арқылы көптеген артықшылықтар мен пайдалы функцияларға қол жеткізіп, тиімді түрде басқарушылық шешімдерді қабылдауға арналған мәліметтерге қол жеткізуге болады. Сонымен қатар, веб-қосымша негізінде ақпараттық басқару жүйесін жасаудың ерекшелігі айтылды. UML унифицирленген модельдеу тілінде Director, Clients, Employees, Orders кластары модельденді және олардың атрибуттары мен жүйедегі орындайтын операциялары көрсетілді. Осы модель негізінде ақпараттық жүйенің бастапқы қажетті функцияларын веб-қосымша негізінде жүзеге асырып, ақпараттық басқару жүйесін жасауға болады. Кез келген бизнес клиентті жоғалтып алмауға және клиент санын арттыруға ұмтылады. Сол себепті ақпараттық басқару жүйесінде CRM жүйесінің элементтері болғаны маңызды құрамдас бөліктердің бірі болып табылады. Ақпараттық технологиялар арқылы тиімді басқару компанияларға тез өзгеретін нарық жағдайларына бейімделуге және жоғары сапа стандарттарына қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Ю. М. Лисецкий Система управления предприятием // Программные продукты и системы. 2018. – С. 246-252.
2. Миролюбова Анастасия Александровна, Ксенофонтова Ольга Леонидовна, ОБЩАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ: МЕТОДИКА И СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ // Известия ВУЗов ЭФиУП., 2021. – С. 78-87.
3. Ганиева Н.М., Приходченко Н. А. Грудненко И. О., Сравнительный анализ автоматизированных систем управления предприятием, Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства: материалы 8-й международной научно-технической конференции (Омск, 26 февраля – 2 марта 2018 г.). - Омск : Изд-во ОмГТУ. 2018. ISBN 978-5-8042-0583-7. – С. 65-66.
4. Borisova, V.V., Demkina, O.V., Mikhailova, A.V., Zieliński, R., The enterprise management system: Evaluating the use of information technology and information systems, Polish Journal of Management Studies 20(1). 2019. – С. 103-118. DOI: 10.17512/pjms.2019.20.1.09
5. Matraeva, L., Vasiutina, E., Korolkova, N., CRM Systems for Small Businesses: The Role in the Digital Transformation and New Opportunities During COVID-19. – TEM Journal, 2022. – 11(1). – Pp. 138–149.
6. Денисов Д.Ю. Современные информационные системы поддержки управленческих решений // Вопросы инновационной экономики, 2021. – Том 11. – № 4. – С. 1427–1438.

DEVELOPMENT OF A NUMERICAL MODEL OF A DRILL STRING IN A FLUID FLOW BY THE LUMPED-PARAMETER METHOD

Sabirova Yu.F.*, Sabirova R.F.
e-mail: juliasabirova23@gmail.com
al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *This article devotes to the development of a numerical model by the lumped-parameter method on an example of studying the dynamics of a drill-string in a fluid flow. The lumped-parameter method (LPM) is a special case of finite elements method allowing to reduce dimensions of the model and represent a continuity motion equation as the second-order ODE. In particular, LPM is most effective in studying the models taking into account the system inhomogeneities. The considered model allows to comprehensively investigate the behaviour of a drill-string in a fluid flow.*

Key words: *drill string, nonlinear numerical model, the lumped-parameter method*

Introduction. The necessity of a comprehensive study of the drilling equipment dynamics, which reduces the risk of accidents in mining, determines a high scientific interest in the search and development of the most effective methods for numerical solution of the derived models. The lumped-parameter method is count more comfortable one when complex dynamics analysis in comparison to partial derivatives models [1]. LPM is previously widely used in a structural mechanics, and for the first time was applied for dynamic systems by Sadler J. [2]. From the most recent works it's worthy to notice [3], where LPM was utilized for establishing a rotor dynamics model. In the work [4] LPM was used for a stochastic analysis of the coupled lateral-tortional drill string vibration. A complex analysis of planar multi-link manipulators by LPM was carried out in [5]. In particular, LMP is most effective in studying of nonhomogeneous systems, where into dynamic systems included pointed and local loads, heterogeneous materials, damping elements as stabilizers, and so on [6]. However, despite of wide using of the method, there is still lack of proper explanation materials of the numerical model derivation. In this work there is detailed considered the development of a numerical model on the example of a nonlinear model of a drill-string.

The comprehensive analysis of drill-string dynamics in complicating factors allows to expand knowledge of phenomena occurring in drilling. One of such factors might be an impact of a circulating medium. In this paper there is studied drill-string dynamics in an internal fluid flow since it influences on a natural frequency of drill string and the mode shape vibration amplitude [7]. In [8] there were compared of the drill string vibration stress in gas and mud in conditions of different depths. The authors of [9] developed an experimental setup and through experimental studies identified that a drilling fluid reduces vibration frequency. Thus, this work considers the application of the lumped-parameter method for numerical analysis of drill-string dynamics in a fluid flow.

The mathematical model of a drill string in a fluid flow. There is considered a mathematical model taking into account the influence of a fluid flow on the dynamics of the

drill string [10]. The fluid flow is taken as an additional mass inside the column rod in accordance with [11]. Figure 1 depicts the sketrch of the drill string.

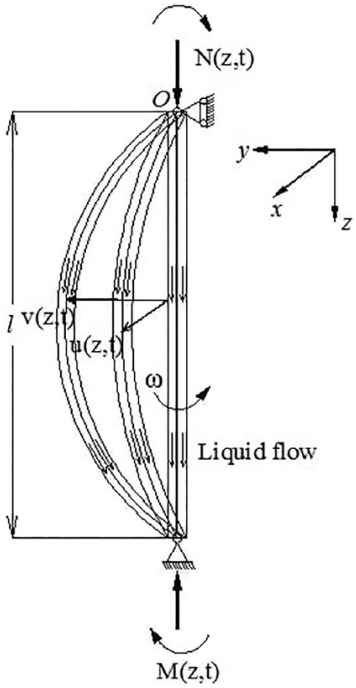


Figure 1. – The sketch of a drill string in a fluid flow

The mathematical model of a drill string rotating with an angular velocity Ω under the action of a longitudinal compressive load $N(x_3,t)$ and a torque $M(x_3,t)$ in a fluid flow with a velocity is written as

$$\begin{aligned}
&\left(\rho A+\rho_f A_f\right)\frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2}+EI_{x_2}\frac{\partial^4 u_1}{\partial x_3^4}-\rho I_{x_2}\frac{\partial^4 u_1}{\partial x_3^2\partial t^2}+\frac{\partial^2}{\partial x_3^2}\left(M\left(x_3,t\right)\frac{\partial u_2}{\partial x_3}\right)\\
&+\frac{\partial}{\partial x_3}\left(N\left(x_3,t\right)\frac{\partial u_1}{\partial x_3}\right)-\frac{EA}{1-\nu}\frac{\partial}{\partial x_3}\left(\frac{\partial u_1}{\partial x_3}\right)^3-\frac{EA(5-6\nu)}{2(1-\nu)}\frac{\partial}{\partial x_3}\left(\frac{\partial u_1}{\partial x_3}\left(\frac{\partial u_2}{\partial x_3}\right)^2\right)\\
&-\left(\rho A+\rho_f A_f\right)\left(\Omega^2 u_1-2\Omega\frac{\partial u_2}{\partial t}\right)+V_f^2\rho_f A_f\frac{\partial^2 u_1}{\partial x_3^2}=0,
\end{aligned}\tag{1}$$

$$\begin{aligned}
&\left(\rho A+\rho_f A_f\right)\frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2}+EI_{x_1}\frac{\partial^4 u_2}{\partial x_3^4}-\rho I_{x_1}\frac{\partial^4 u_2}{\partial x_3^2\partial t^2}-\frac{\partial^2}{\partial x_3^2}\left(M\left(x_3,t\right)\frac{\partial u_1}{\partial x_3}\right)\\
&+\frac{\partial}{\partial x_3}\left(N\left(x_3,t\right)\frac{\partial u_2}{\partial x_3}\right)-\frac{EA}{1-\nu}\frac{\partial}{\partial x_3}\left(\frac{\partial u_2}{\partial x_3}\right)^3-\frac{EA(5-6\nu)}{2(1-\nu)}\frac{\partial}{\partial x_3}\left(\frac{\partial u_2}{\partial x_3}\left(\frac{\partial u_1}{\partial x_3}\right)^2\right)\\
&-\left(\rho A-\rho_f A_f\right)\left(\Omega^2 u_2+2\Omega\frac{\partial u_1}{\partial t}\right)+V_f^2\rho_f A_f\frac{\partial^2 u_2}{\partial x_3^2}=0.
\end{aligned}\tag{2}$$

where $u_1(x,t), u_2(x,t)$ are lateral displacements, A is the cross-section area, ρ is the density, E is Young's modulus, I_{x_1}, I_{x_2} are axial inertia moments, ρ_f is the fluid flow density, A_f is the internal tube cross-section area, V_f is the fluid flow speed.

The boundary conditions are presented in the form corresponding to the classical simply supported rod including two pinned supports.

$$\boldsymbol{u}(0,t)=0, \quad \boldsymbol{u}(L,t)=0, \tag{3}$$

$$EI\frac{\partial^2 \boldsymbol{u}(0,t)}{\partial x_3^2}=0, \quad EI\frac{\partial^2 \boldsymbol{u}(L,t)}{\partial x_3^2}=0. \tag{4}$$

The numerical model derivation by the lumped-parameter method. To discretize the model (1)-(4) there is used the lumped-parameter method. The rod is presented through a finite number of elements, the length of each element found in accordance with the formula (5).

$$l=\frac{L}{N-1}. \tag{5}$$

Using the following metric the model is transferred to the non-dimensionalized variables.

$$u_1=L\tilde{u}_1, \quad u_2=L\tilde{u}_2, \quad x_3=L\tilde{x}_3, \quad t=\frac{\tilde{t}}{\omega_0} \tag{6}$$

Boundary conditions (3)-(4) after nondimensionalization take the form:

$$\tilde{\boldsymbol{u}}(0,\tilde{t}/\omega_0)=0, \quad \tilde{\boldsymbol{u}}(1,\tilde{t}/\omega_0)=0, \tag{7}$$

$$\frac{EI}{L}\frac{\partial^2 \tilde{\boldsymbol{u}}(0,\tilde{t}/\omega_0)}{\partial \tilde{x}_3^2}=0, \quad \frac{EI}{L}\frac{\partial^2 \tilde{\boldsymbol{u}}(1,\tilde{t}/\omega_0)}{\partial \tilde{x}_3^2}=0. \tag{8}$$

The next step is the model discretization in respect to spatial variables by difference derivatives (9) to reduce the continuity equation to a discrete second-order system.

$$\begin{gathered}
\left(\frac{\Delta v}{\Delta x}\right)_j=\frac{v_j-v_{j-1}}{\Delta x}, \quad \left(\frac{\Delta v}{\Delta x}\right)_j=\frac{v_{j+1}-v_j}{\Delta x}, \quad \left(\frac{\Delta v}{\Delta x}\right)_j=\frac{v_{j+1}-v_{j-1}}{2\Delta x}, \\
\left(\frac{\Delta^2 v}{\Delta x^2}\right)_j=\frac{v_{j-1}-2v_j+v_{j+1}}{\Delta x^2}, \\
\left(\frac{\Delta^3 v}{\Delta x^3}\right)_j=\frac{v_{j-2}+3v_{j-1}-3v_j+v_{j+1}}{\Delta x^3}, \\
\left(\frac{\Delta^4 v}{\Delta x^4}\right)_j=\frac{v_{j-2}-4v_{j-1}+6v_j-4v_{j+1}+v_{j+2}}{\Delta x^4}.
\end{gathered} \tag{9}$$

Then we transfer the accelerations to the left side, other terms to the right side. With the use of algebraic Gaussian transformations, we reduce the tridiagonal matrix to a diagonal form with respect to accelerations. Finally, a dimensionless equation for the first displacement component is found as

$$\left(\frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2}\right)_j = k_j \left[\frac{EI}{L^4}\left(\frac{u_{1,j-2}-4u_{1,j-1}+6u_{1,j}-4u_{1,j+1}+u_{1,j+2}}{\Delta x^4}\right) \right.$$
$$+\frac{M}{L^3}\left(\frac{u_{2,j+1}-3u_{2,j}+3u_{2,j-1}-u_{2,j-2}}{\Delta x^3}\right)+N(x_jL,\frac{t}{\omega_0})\left(\frac{u_{1,j-1}-2u_{1,j}+u_{1,j+1}}{\Delta x^2L^2}\right)$$
$$+\left(\frac{\partial N(xL,t)}{\partial xL}\right)_j\frac{u_{1,j+1}-u_{1,j-1}}{2\Delta xL}-\frac{3EA}{(1-\nu)}\left(\frac{u_{1,j+1}-u_{1,j-1}}{2\Delta x}\right)^2\left(\frac{u_{1,j-1}-2u_{1,j}+u_{1,j+1}}{\Delta x^2L^2}\right)$$
$$-\frac{EA(5-6\nu)}{2(1-\nu)}\left[\begin{array}{l}\left(\frac{u_{2,j+1}-u_{2,j-1}}{2\Delta x}\right)^2\left(\frac{u_{1,j-1}-2u_{1,j}+u_{1,j+1}}{\Delta x^2L^2}\right)+\\ 2\left(\frac{u_{2,j+1}-u_{2,j-1}}{2\Delta x}\right)\left(\frac{u_{2,j-1}-2u_{2,j}+u_{2,j+1}}{\Delta x^2L^2}\right)\left(\frac{u_{1,j+1}-u_{1,j-1}}{2\Delta x}\right)\end{array}\right]$$
$$\left.-\left(\rho A+\rho_f A_f\right)\left(\Omega^2u_{1,j}-2\Omega\omega_0\left(\frac{\partial u_2}{\partial t}\right)_j\right)+V_f^2\rho_f A_f\left(\frac{u_{1,j-1}-2u_{1,j}+u_{1,j+1}}{\Delta x^2L^2}\right)\right], \qquad (10)$$

A discrete form of motion equation for the second displacement component after non-dimensionalization, discretization and algebraic transformations is following:

$$\left(\frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2}\right)_j = k_j \left[\frac{EI}{L^4}\left(\frac{u_{2,j-2}-4u_{2,j-1}+6u_{2,j}-4u_{2,j+1}+u_{2,j+2}}{\Delta x^4}\right) \right.$$
$$-\frac{M}{L^3}\left(\frac{u_{1,j+1}-3u_{1,j}+3u_{1,j-1}-u_{1,j-2}}{\Delta x^3}\right)+N(x_jL,\frac{t}{\omega_0})\left(\frac{u_{2,j-1}-2u_{2,j}+u_{2,j+1}}{\Delta x^2L^2}\right)$$
$$+\left(\frac{\partial N(xL,t)}{\partial xL}\right)_j\frac{u_{2,j+1}-u_{2,j-1}}{2\Delta xL}-\frac{3EA}{(1-\nu)}\left(\frac{u_{2,j+1}-u_{2,j-1}}{2\Delta x}\right)^2\left(\frac{u_{2,j-1}-2u_{2,j}+u_{2,j+1}}{\Delta x^2L^2}\right)$$
$$-\frac{EA(5-6\nu)}{2(1-\nu)}\left[\begin{array}{l}\left(\frac{u_{1,j+1}-u_{1,j-1}}{2\Delta x}\right)^2\left(\frac{u_{2,j-1}-2u_{2,j}+u_{2,j+1}}{\Delta x^2L^2}\right)+\\ 2\left(\frac{u_{1,j+1}-u_{1,j-1}}{2\Delta x}\right)\left(\frac{u_{1,j-1}-2u_{1,j}+u_{1,j+1}}{\Delta x^2L^2}\right)\left(\frac{u_{2,j+1}-u_{2,j-1}}{2\Delta x}\right)\end{array}\right]$$
$$\left.-\left(\rho A+\rho_f A_f\right)\left(\Omega^2u_{2,j}+2\Omega\omega_0\left(\frac{\partial u_1}{\partial t}\right)_j\right)+V_f^2\rho_f A_f\left(\frac{u_{2,j-1}-2u_{2,j}+u_{2,j+1}}{\Delta x^2L^2}\right)\right], \qquad (11)$$

where $j=\overline{2,N-3}$, k_j are the coefficients obtained during algebraic transformations.

The discrete form of dimensionless Eqs. (1)-(2) at points $j = 1, N-2$ is similar to Eqs. (10)-(11), with the exception of the third and fourth order derivatives, discretized in accordance with the boundary conditions (8):

$$\begin{aligned}
&\left(\frac{\Delta^3 v}{\Delta x^3}\right)_1 = \frac{v_0 - 2v_1 + v_2}{\Delta x^3}, \\
&\left(\frac{\Delta^4 v}{\Delta x^4}\right)_1 = \frac{v_3 - 4v_2 + 5v_1 - 2v_0}{\Delta x^4}, \\
&\left(\frac{\Delta^3 v}{\Delta x^3}\right)_{N-2} = \frac{-v_{N-3} + 2v_{N-2} - v_{N-1}}{\Delta x^3}, \\
&\left(\frac{\Delta^4 v}{\Delta x^4}\right)_{N-2} = \frac{v_{N-4} - 4v_{N-3} + 5v_{N-2} - 2v_{N-1}}{\Delta x^4},
\end{aligned} \tag{12}$$

Thus, we obtained a discrete system of second-order ODE for the displacement components of the drill string by the lumped-parameter method.

Conclusion. In this work the numerical model of the spatial lateral displacements of the drill-string in a fluid flow was derived based on the lumped-parameter method. The model is considered the dynamics of rotating drill-string by impact of a longitudinal compressive load and a torque in nonlinear terms. The work might be used further for comprehensively multiparameter numerical analysis of the drill-string behaviour in the mentioned conditions. The future research expansion seems in consideration complex nonhomogeneous systems by the lumped-parameter method.

Acknowledgment. This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP09261135).

Reference

1. Navarro-López, E. M., Cortés, D. Avoiding harmful oscillations in a drillstring through dynamical analysis //Journal of sound and vibration. – 2007. – Vol. 307, No. 1-2. – P. 152-171. https://doi.org/10.1016/j.jsv.2007.06.037
2. Sadler, J.P. On the Analytical Lumped-Mass Model of an Elastic Four-Bar Mechanism // Journal of Engineering for Industry. – 1975. – Vol. 97, No 2. – P. 561-565. https://doi.org/10.1115/1.3438620
3. Fang, P. et al. Dynamics characteristics of axial–torsional–lateral drill string system under wellbore constraints //International Journal of Non-Linear Mechanics. – 2022. – Vol. 146. – P. 104176. https://doi.org/10.1016/j.ijnonlinmec.2022.104176
4. Volpi, L. P., Lobo, D. M., Ritto. T. G. A stochastic analysis of the coupled lateral–torsional drill string vibration //Nonlinear Dynamics. – 2021. – Vol. 103. – P. 49-62. https://doi.org/10.1007/s11071-020-06099-z
5. Giorgio, I., Dionisio, D.V. Non-Linear Lumped-Parameter Modeling of Planar Multi-Link Manipulators with Highly Flexible Arms // Robotics. – 2018. – Vol. 7, No 4. – P. 60. https://doi.org/10.3390/robotics7040060
6. Khajiyeva, L., Sabirova, Y., Kudaibergenov, A., Kudaibergenov, A. Application of the lumped-parameter method for modeling nonlinear vibrations of drill strings with stabilizers in a supersonic gas flow //Applied Mathematical Modelling. – 2022. – Vol. 110. – P. 748-766. https://doi.org/10.1016/j.apm.2022.06.022

7. Wang, B., Wang, Z., Wang, L., Sun, P. Effect of Annular Gas-Liquid Two-Phase Flow on Dynamic Characteristics of Drill String //Shock and Vibration. – 2021. – Vol. 2021. – P. 1-13. https://doi.org/10.1155/2021/9976164
8. Jianhong, F. et al. Stress analysis on drilling string vibration in gas drilling //Energy Procedia. – 2012. – Vol. 16. – P. 1264-1268. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.01.202
9. Yang, C., Wang, R., Han, L., Xue, Q. Analysis on the lateral vibration of drill string by mass effect of drilling fluid //Mechanical Sciences. – 2019. – Vol. 10, No. 2. – P. 363-371.https://doi.org/10.5194/ms-10-363-2019, 2019.
10. Khajiyeva. L., Kudaibergenov, A., Kudaibergenov, A. The effect of gas and fluid flows on nonlinear lateral vibrations of rotating drill strings //Communications in nonlinear science and numerical simulation. – 2018. – Vol. 59. – P. 565-579. https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2017.12.008
11. Gulyayev, V.I., Borshch O.I. Free vibrations of drill strings in hyper deep vertical bore-wells // J Pet Sci Eng. – 2011. – Vol. 78, No. 3. – P. 759–764. https://doi.org/10.1016/j.petrol.2011.09.001

РЕАКТИВТІ КҮШ ЖӘНЕ РЕАКТИВТІ МОМЕНТ ӘСЕРІНДЕГІ ЕКІ ДЕНЕНІҢ ІЛГЕРІЛЕМЕЛІ – АЙНАЛМАЛЫ ҚОЗҒАЛЫСЫ

Асан Б.Р.
e-mail: assanbalnur@gmail.com
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

Аңдатпа. *Бұл мақалада реактивті күштер мен реактивті моменттердің қатысуымен массалары изотропты емес өзгеретін сфералық және үш осьтік денеден тұратын гравитациялық жүйе аналитикалық түрде зерттеледі. Бөлшектердің бөлінуіне байланысты дене массасы кемиді, ал бөлшектердің қосылуына байланысты артады. Осы шарттар үшін салыстырмалы координаталар жүйесіндегі қозғалыстың дифференциалдық теңдеулері алынады. Реактивті күштер мен моменттердің қатысуымен массалары айнымалы екі дененің есебі үшін алынған қозғалыстың дифференциалдық теңдеулері жалпы жағдайда өте күрделі. Сондықтан, біз квазиконустық кесінді бойындағы апероидтық қозғалысқа негізделген ұйытқу теориясының әдістері қолданыла отырып, мәселе зерттелінді.*

Кіріспе. Нағыз аспан денелері тұрақты емес, олардың массалары, өлшемдері, пішіндері мен құрылымдары эволюция процесінде өзгереді. Классикалық аспан механикасында нақты аспан денелері әдетте массасы тұрақты нүктелермен (немесе сфералық симметриялы денелермен) модельденеді. Мұндай сипаттама нақты физикалық мәселені нақты түрде сипаттамаған жағдайда аспан денелері өлшемдері, массалары және ішкі құрылымы тұрақты қатты денелер ретінде қарастырылады [1-4]. Модель әлдеқайда күрделене түседі, өйткені қатты дененің массалар центрі айналасындағы айналу қозғалысын сипаттау үшін қосымша үш еркіндік дәрежесі қажет. Алынған қозғалыстың дифференциалдық теңдеулерінің жүйесі аналитикалық түрде шешілмейді және оны зерттеу арнайы әдістерді қолдануды қажет етеді. Қатты аспан денелерінің ілгерілемелі-айналмалы қозғалысының қазіргі теориясы классикалық және аспан механикасының, сонымен қатар космодинамиканың негізгі элементтерінің бірі болып табылады.

1. Модельдің сипаттамасы. Қозғалыстың дифференциалдық теңдеулері

1.1. Мәселенің физикалық қойылымы

Ньютонның тартылыс заңына сәйкес бір-бірін тартатын екі стационарлық емес дененің ілгерілемелі-айналмалы қозғалысы жағдайын қарастырайық [21]. Бірінші дененің массасы сфералық таралу заңына бағынады; оның массасы мен радиусы уақыт өте өзгереді, бірақ динамикалық пішіні сақталады. Басқаша айтқанда, дене барлық уақытта сфералық симметриялылығын сақтайды. Екінші (үш өсті) дененің еркін динамикалық құрылымы бар және оның бас инерция моменттері әртүрлі деп есептеледі. Сонымен қатар, екінші дененің массасы мен өлшемі айнымалы, бірақ оның бастапқы динамикалық пішіні сақталады. Бұл жағдай денеде үш өзара перпендикуляр симметрия жазықтығы болса орын алады. Сонда бас инерция осьтерінің бастапқы бағдары және массалар центрінің үш осьті денеде орналасуы оның эволюциясы кезінде өзгеріссіз қалады. Қарастырылып отырған модельде біз келесі болжамдарды қолданамыз:

1. Бірінші дене массасы сфералық таралу (1-суретті қараңыз), айнымалы массасы $m_1 = m_1(t)$ және айнымалы радиусы бар шар $l_1^* = l_1^*(t)$. Оның бас инерция моменттері уақыттан тәуелді бірдей функциялары $A_1(t) = B_1(t) = C_1(t)$.

2. Екінші дене – $m_2 = m_2(t) = m_2(t_0)m(t)$ еркін динамикалық құрылымы және сипатты сызықтық өлшемі бар айнымалы массасы бар үш осьтік дене $l_2^* = l_2^*(t) = l(t_0)\chi(t)$, мұнда t_0 – уақыттың бастапқы моменті. Оның негізгі орталық инерция моменттері әртүрлі және уақыт өте өзгереді:

$$A_2 = A_2(t), \quad B_2 = B_2(t), \quad C_2 = C_2(t), \quad A_2 \geq B_2 \geq C_2, \quad A_2 \neq C_2$$

3. Екінші дене өзінің динамикалық пішінін сақтайды. Оның негізгі инерция моменттері бірдей жылдамдықпен өзгереді

$$\frac{A_2(t)}{A_2(t_0)} = \frac{B_2(t)}{B_2(t_0)} = \frac{C_2(t)}{C_2(t_0)} = m\chi^2$$

мұндағы $m = m(t)$, $\chi = \chi(t)$ уақыт функциялары берілген. Бұл екінші дененің бастапқы пішіні өзгеріссіз қалады, ал оның мөлшері мен массасы уақыт өте өзгереді.

4. Екінші денеге берілген декарттық координат жүйесінің осьтері оның бас инерция осьтерімен сәйкес келеді және олардың өзара бағыты барлық уақытта сақталады.

5. Денелердің массалық және сипаттамалық өлшемдері әртүрлі меншікті жылдамдықпен өзгереді

$$\frac{\dot{m}_1(t)}{m_1(t)} \neq \frac{\dot{m}_2(t)}{m_2(t)}, \quad \frac{\dot{l}_1^*(t)}{l_1^*(t)} \neq \frac{\dot{l}_2^*(t)}{l_2^*(t)}.$$

Таңба үстіндегі нүкте сәйкес функцияның уақытқа қатысты толық туындысын білдіреді.

6. Бөлшектердің салыстырмалы жылдамдықтары нөлге тең емес [11]. Демек, жалпы реактивті күштер және олардың моменттері нөлге тең емес. Сонымен қатар, денелердің ауыспалы құрамына байланысты пайда болатын қосымша моменттер нөлге тең емес:

$$\vec{F}_{реак} \neq 0, \quad \vec{M}_{реак} \neq 0.$$

7. Денелердің Ньютондық өзара әсерлесуінің күш функциясының екінші зоналық гармонияға дейін кеңеюін қолданайық [1,3]:

$$U \approx U_1 + U_2$$

1.2. Абсолют координаталар жүйесіндегі қозғалыстың дифференциалдық теңдеулері

Массалары айнымалы екі дене үшін жалпыланған Мещерский теңдеуінің [22] негізінде, реактивті күштер болған жағдайда, *OXYZ* абсолютті координаталар жүйесінде қозғалыстың дифференциалдық теңдеулерін аламыз. Жалпыланған Мещерский теңдеуі

$$\vec{M}\frac{d\vec{\upsilon}}{dt}=\vec{R}-\frac{d\vec{M}_1}{dt}\left(\vec{u}_1-\vec{\upsilon}\right)+\frac{d\vec{M}_2}{dt}\left(\vec{u}_2-\vec{\upsilon}\right) \qquad (1.2.1)$$

мұндағы, $u_1-\upsilon=u_{1r}$ нүктеге қатысты бөлшектердің бөліну жылдамдығы, $u_2-\upsilon=u_{2r}$ нүктеге қатысты бөлшектердің қосылу жылдамдығы.

Ілгерілемелі қозғалыстың абсолютті координат жүйесіндегі қозғалыстың дифференциалдық теңдеулері; Векторлық формада:

$$m_1\ddot{\vec{R}}_1=grad_R U-\left(\left|\dot{m}_{1-}\right|\right)\vec{V}_{1-}+\dot{m}_{1+}\vec{V}_{1+} \qquad (1.2.2)$$

$$m_2\ddot{\vec{R}}_2=grad_R U-\left(\left|\dot{m}_{2-}\right|\right)\vec{V}_{2-}+\dot{m}_{2+}\vec{V}_{2+} \qquad (1.2.3)$$

$$\vec{V}_{i\pm}=\vec{u}_{i\pm}-\dot{\vec{R}}_i,\qquad \vec{R}_{ij}=\vec{R}_i-\vec{R}_j,\quad \left(i,j=1,2;\quad i\neq j\right) \qquad (1.2.4)$$

мұндағы, $\vec{u}_{1-}$ және $\vec{u}_{2-}$ денеден бөлінетін бөлшектердің абсолютті жылдамдықтары, $\vec{u}_{1+}$ және $\vec{u}_{2+}$ сәйкесінше денеге қосылған бөлшектердің абсолютті жылдамдықтары, $\vec{V}_{1-}$, $\vec{V}_{2-}$ және $\vec{V}_{1+}$, $\vec{V}_{2+}$ - денеден бөлінген және қосылған бөлшектердің салыстырмалы жылдамдықтары. Скалярлық түрде

$$\begin{aligned}
m_1\ddot{x}_1&=\frac{\partial U}{\partial x_1}-\left(\left|\dot{m}_{1x-}\right|\right)V_{1x-}+\dot{m}_{1x+}V_{1x+} & m_2\ddot{x}_2&=\frac{\partial U}{\partial x_2}-\left(\left|\dot{m}_{2x-}\right|\right)V_{2x-}+\dot{m}_{2x+}V_{2x+}\\
m_1\ddot{y}_1&=\frac{\partial U}{\partial y_1}-\left(\left|\dot{m}_{1y-}\right|\right)V_{1y-}+\dot{m}_{1y+}V_{1y+} & m_2\ddot{y}_2&=\frac{\partial U}{\partial y_2}-\left(\left|\dot{m}_{2y-}\right|\right)V_{2y-}+\dot{m}_{2y+}V_{2y+}\\
m_1\ddot{z}_1&=\frac{\partial U}{\partial z_1}-\left(\left|\dot{m}_{1z-}\right|\right)V_{1z-}+\dot{m}_{1z+}V_{1z+} & m_2\ddot{z}_2&=\frac{\partial U}{\partial z_2}-\left(\left|\dot{m}_{2z-}\right|\right)V_{2z-}+\dot{m}_{2z+}V_{2z+}
\end{aligned} \qquad (1.2.5)$$

мұндағы, $U=U_1+U_2$, $U_1=\dfrac{fm_1m_2}{R}$; $U_2=\dfrac{A+B+C-3J}{2R^3}$, $J=A\alpha^2+B\beta^2+C\gamma^2$, f – гравитациялық тұрақты, $\vec{R}_j$ - абсолют координаталар жүйесіндегі денелердің инерция центрі векторының радиусы (j = *1,2*), $\vec{R}_{ij}$ - денелердің инерция центрінің өзара қашықтықтары (j , i = *1,2,* $j\neq i$) .

Айналмалы қозғалыстың абсолютті координат жүйесіндегі қозғалыстың дифференциалдық теңдеулері. Қозғалысының дифференциалдық теңдеулерін алу үшін массасы айнымалы жүйенің кинетикалық моментінің өзгеруі туралы теореманы қолда-

намыз. *Oxyz* координаталық жүйесі денеге қатаң бекітілсін, ал *Ko* дененің О нүктесіне қатысты кинетикалық моменті болсын.

$$\frac{\tilde{d}\vec{K}_O}{dt}+\vec{\omega}\times\vec{K}_O=\vec{M}_O^{(e)}+\vec{M}_O^{(F)} \qquad (1.2.6)$$

Мұндағы $\tilde{d}/dt$ жергілікті туындыны білдіреді (*Oxyz* жүйесінде), $\vec{M}_O^{(e)}$ - *O* нүктесіне қатысты сыртқы күштердің моменті, $\vec{M}_O^{(F)}$ - дененің айнымалы құрамды болуына байланысты пайда болатын қосымша момент.

$\vec{M}_O^{(F)}$ векторын табайық. Δm_{v1} денеден бөлінген бөлшектердің массасы және Δm_{v2} қосылған бөлшектердің массасы болсын. $\vec{u}_{v1}$ және $\vec{u}_{v2}$ *t* уақытындағы бөлшектердің бөлінуінің және қосылуының абсолютті жылдамдықтары, $\vec{\rho}_v$ - дененің бекітілген О нүктесіне қатысты радиус-вектор. Егер $\vec{u}_{vi}=\vec{v}_v+\vec{u}_{vi}^{(r)}$ (i=1,2) болса, теңдікті келесідей формада жазуға мүмкіндік береді [22]:

$$\vec{M}_O^{(F)}=\sum_{v=1}^{N}\vec{\rho}_v\times\left(-\frac{dm_{v1}}{dt}\vec{u}_{v1}^{(r)}+\frac{dm_{v2}}{dt}\vec{u}_{v2}^{(r)}\right)+\sum_{v=1}^{N}\vec{\rho}_v\times\frac{dm_{v2}}{dt}v_v \qquad (1.2.7)$$

Сәйкес жалпыланған Мещерский теңдеуі бойынша (1.2.6) бірінші қосынды $\vec{M}_O^{(r)}$ О нүктесіне қатысты реактивті күштердің моментін білдіреді. $v_v=\omega\times\rho_v$ түрлендірулерді ескере отырып, (1.2.6) екінші қосындысы мынаған тең болады $\frac{dJ}{dt}\omega$. Сонымен, қарастырылып отырған дененің айнымалы құрамды жүйе болуына байланысты пайда болатын қосымша моментті $M_O^{(F)}$ формада көрсетуге болады. $K_0=J\omega$ екенін ескерсек, келесі теңдікті аламыз

$$\frac{dJ}{dt}\vec{\omega}+J\frac{d\vec{\omega}}{dt}+\vec{\omega}\times J\vec{\omega}=\vec{M}_O^{(e)}+\vec{M}_O^{(r)}+\frac{dJ}{dt}\vec{\omega}, \qquad (1.2.8)$$

$$J\frac{d\vec{\omega}}{dt}+\vec{\omega}\times J\vec{\omega}=\vec{M}_O^{(e)}+\vec{M}_O^{(r)}, \qquad (1.2.9)$$

$$\left.\begin{aligned}
&A\frac{dp}{dt}-J_{xy}\frac{dq}{dt}-J_{xz}\frac{dr}{dt}+(C-B)qr+J_{yz}\left(r^2-q^2\right)+p\left(J_{yx}r-J_{zx}q\right)=M_x^{(e)}+M_x^{(r)}\\
&B\frac{dq}{dt}-J_{yx}\frac{dp}{dt}-J_{yz}\frac{dr}{dt}+(A-C)pr+J_{xz}\left(p^2-r^2\right)+q\left(J_{zy}p-J_{xy}r\right)=M_y^{(e)}+M_y^{(r)}\\
&C\frac{dr}{dt}-J_{zx}\frac{dp}{dt}-J_{zy}\frac{dq}{dt}+(B-A)pq+J_{xy}\left(q^2-p^2\right)+r\left(J_{xz}q-J_{yz}p\right)=M_z^{(e)}+M_z^{(r)}
\end{aligned}\right\} \qquad (1.2.10)$$

мұнда *A, B, C* және J_{xy}, J_{xz}, J_{yz} - осьтік және центрден тепкіш инерция моменттері және *p, q, r* - дененің бұрыштық жылдамдығының *Ox, Oy, Oz* өстеріне проекциялары; $M_x^{(r)}, M_y^{(r)}, M_z^{(r)}$ - реактивті күштер моментінің *Ox, Oy, Oz* өсіне проекциялары.

Егер *Ox, Oy, Oz* осьтері инерцияның бас осі болып қалатын болса, онда теңдеудің скалярлық түрі Эйлердің динамикалық теңдеулері түрінде болады[22]. 1–7 болжамдарды ескере отырып, абсолют координаталар жүйесіндегі екі дененің айналмалы қозғалысының теңдеулерін [1,8,13] түрінде жазуға болады.

$$\frac{d}{dt}\left(A_1(t)p_1\right)=0;\quad \frac{d}{dt}\left(B_1(t)q_1\right)=0;\quad \frac{d}{dt}\left(C_1(t)r_1\right)=0; \tag{1.2.11}$$

$$\begin{aligned}
&A_2(t)\frac{dp_2}{dt}-\left(B_2(t)-C_2(t)\right)q_2r_2=\frac{\sin\varphi_2}{\sin\theta_2}\left[\frac{\partial U}{\partial\phi_2}-\cos\theta_2\frac{\partial U}{\partial\varphi_2}\right]+\cos\varphi_2\frac{\partial U}{\partial\theta_2}+M_x^{(r)}\\
&B_2(t)\frac{dq_2}{dt}-\left(C_2(t)-A_2(t)\right)r_2p_2=\frac{\cos\varphi_2}{\sin\theta_2}\left[\frac{\partial U}{\partial\phi_2}-\cos\theta_2\frac{\partial U}{\partial\varphi_2}\right]-\sin\varphi_2\frac{\partial U}{\partial\theta_2}+M_y^{(r)}\\
&C_2(t)\frac{dr_2}{dt}-\left(A_2(t)-B_2(t)\right)p_2q_2=\frac{\partial U}{\partial\varphi_2}+M_z^{(r)}
\end{aligned} \tag{1.2.12}$$

1.3. Салыстырмалы координаталар жүйесіндегі қозғалыстың дифференциалдық теңдеулері

Координаталар басы сфералық дененің центрінде болатын, осьтері абсолют координаталар жүйесінің сәйкес өстеріне параллель болатын салыстырмалы координаталар жүйесін енгізейік. $x=x_2-x_1;\quad y=y_2-y_1;\quad z=z_2-z_1$ деп белгілейік

$$\mu(t)\ddot{x}=\frac{\partial U}{\partial x}+\vec{F}_x;\quad \mu(t)\ddot{y}=\frac{\partial U}{\partial y}+\vec{F}_y;\quad \mu(t)\ddot{z}=\frac{\partial U}{\partial z}+\vec{F}_z; \tag{1.3.1}$$

мұндағы, $\vec{F}=\vec{F}_++\vec{F}_-,\quad \vec{F}=\vec{F}\left(\vec{F}_x,\vec{F}_y,\vec{F}_z\right),\quad \vec{F}_+=\frac{\dot{m}_{2+}}{m_2}\vec{V}_{2+}-\frac{\dot{m}_{1+}}{m_1}\vec{V}_{1+};\quad \vec{F}_-=\frac{\dot{m}_{1-}}{m_1}\vec{V}_{1-}-\frac{\dot{m}_{2-}}{m_2}\vec{V}_{2-};$

$$\mu(t)=\frac{m_1(t)m_2(t)}{m_1(t)+m_2(t)}$$

$$\begin{aligned}
&A(t)\frac{dp}{dt}-\left(B(t)-C(t)\right)qr=\frac{\sin\varphi}{\sin\theta}\left[\frac{\partial U}{\partial\phi}-\cos\theta\frac{\partial U}{\partial\varphi}\right]+\cos\varphi\frac{\partial U}{\partial\theta}+M_x^{(r)}\\
&B(t)\frac{dq}{dt}-\left(C(t)-A(t)\right)rp=\frac{\cos\varphi}{\sin\theta}\left[\frac{\partial U}{\partial\phi}-\cos\theta\frac{\partial U}{\partial\varphi}\right]-\sin\varphi\frac{\partial U}{\partial\theta}+M_y^{(r)}\\
&C(t)\frac{dr}{dt}-\left(A(t)-B(t)\right)pq=\frac{\partial U}{\partial\varphi}+M_z^{(r)}
\end{aligned} \tag{1.3.2}$$

2. Дербес жағдай

Қарастырылып отырған жалпы жағдай өте күрделі болғандықтан, дербес жағдайды қарастырамыз. Екі дененің ілгерілемелі қозғалысы кезінде үш осьті денеге реактивті

күштер әсер етеді, бірақ үш осьті дененің айналмалы қозғалысы кезінде реактивті күштер радиалды бағытта әрекет ететіндіктен, реактивті момент пайда болмайды.

$$\vec{F}_{реак} \neq 0, \quad \vec{M}_{реак} = 0. \tag{2.1}$$

$$\mu(t)\ddot{x} = \frac{\partial U}{\partial x} + \vec{F}_x; \quad \mu(t)\ddot{y} = \frac{\partial U}{\partial y} + \vec{F}_y; \quad \mu(t)\ddot{z} = \frac{\partial U}{\partial z} + \vec{F}_z; \tag{2.2}$$

$$\begin{aligned}
&A(t)\frac{dp}{dt} - \big(B(t) - C(t)\big)qr = \frac{\sin\varphi}{\sin\theta}\left[\frac{\partial U}{\partial \phi} - \cos\theta\frac{\partial U}{\partial \varphi}\right] + \cos\varphi\frac{\partial U}{\partial \theta} \\
&B(t)\frac{dq}{dt} - \big(C(t) - A(t)\big)rp = \frac{\cos\varphi}{\sin\theta}\left[\frac{\partial U}{\partial \phi} - \cos\theta\frac{\partial U}{\partial \varphi}\right] - \sin\varphi\frac{\partial U}{\partial \theta} \\
&C(t)\frac{dr}{dt} - \big(A(t) - B(t)\big)pq = \frac{\partial U}{\partial \varphi}
\end{aligned} \tag{2.3}$$

3.1 Оскуляциялаушы Делоне-Андуайе элементтері аналогтарындағы ілгерілемелі-айналмалы қозғалыстың теңдеулері.

{ O }Якоби оскуляциялаушы элементтерінің аналогтарында үш осьтік дененің инерция центрінің бұзылған қозғалысын сипаттау үшін сәйкесінше теңдеулер

$$\dot{\alpha}_k = -\frac{\partial H_1^{trans}}{\partial \beta_k}, \quad \dot{\beta}_k = \frac{\partial H_1^{trans}}{\partial \alpha_k}, \quad \dot{\alpha}'_k = -\frac{\partial H_1^{trans}}{\partial \beta'_k}, \quad \dot{\beta}'_k = \frac{\partial H_1^{trans}}{\partial \alpha'_k}, \quad k = 1,2,3, \tag{3.1.1}$$

осы дененің инерция центрі айналасында және Якоби элементтерінің аналогтары бойынша ұйытқыған айналмалы қозғалысын сипаттаңыз. Әрі қарай, Делоне-Андуайе элементтерінің аналогтарын енгізгеміз [6,17,19]

$$L, \quad G, \quad H, \quad \mathrm{l}, \quad \mathrm{g}, \quad h, \quad L', \quad G', \quad H', \quad \mathrm{l}', \quad \mathrm{g}', \quad h', \tag{3.1.2}$$

келесі қатынастарға сәйкес

$$-\alpha_1 = \frac{M_0^2}{2L^2}, \quad \alpha_2 = G, \quad \alpha_3 = H, \quad \beta_1 = \frac{L^3}{M_0^2}l - \Phi_1(t), \quad \beta_2 = g, \quad \beta_3 = h, \tag{3.1.3}$$

$$L' = \alpha'_2, \quad G' = \left(2\alpha'_1 A_0 + \frac{C_0 - A_0}{C_0}\alpha'^2_2\right)^{1/2}, \quad H' = \alpha'_3, \tag{3.1.4}$$

$$\mathrm{g}' = \frac{G'}{A_0}\left[\Phi_2(t) + \beta'_1\right], \quad h' = \beta'_3, \quad \mathrm{l}' = \frac{A_0 - C_0}{A_0 C_0}\alpha_2\left[\Phi_2(t) + \beta'_1\right] + \beta'_2, \tag{3.1.5}$$

мұндағы, $\Phi_1(t) = \int_{t_0}^{t}\frac{dt}{v^2(t)}, \quad \Phi_2(t) = \int_{t_0}^{t}\frac{dt}{m(t)\chi^2(t)}.$

(3.1.2) оскуляциялық элементтердегі қозғалыстың (3.1.1) теңдеулері келесідей болады:

$$\dot{L}=\frac{\partial F}{\partial l},\quad \dot{G}=\frac{\partial F}{\partial g},\quad \dot{H}=\frac{\partial F}{\partial h},\quad \dot{l}=-\frac{\partial F}{\partial L},\quad \dot{g}=-\frac{\partial F}{\partial G},\quad \dot{h}=-\frac{\partial F}{\partial H}, \tag{3.1.6}$$

$$\dot{L}'=\frac{\partial F'}{\partial l'},\quad \dot{G}'=\frac{\partial F'}{\partial g'},\quad \dot{H}'=\frac{\partial F'}{\partial h'},\quad \dot{l}'=-\frac{\partial F'}{\partial L'},\quad \dot{g}'=-\frac{\partial F'}{\partial G'},\quad \dot{h}'=-\frac{\partial F'}{\partial H'}, \tag{3.1.7}$$

$$F=\frac{1}{v^2}\frac{M_0^2}{2L^2}-H_1^{trans},\quad F'=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{m\chi^2}\left[\frac{G'^2}{A_0}+\frac{A_0-C_0}{A_0C_0}L'^2\right]\right)-H_1^{rot}. \tag{3.1.8}$$

3.2. Ұйытқымаған ілгерілемелі қозғалыс. $H_1^{trans}=0$ (3.1.8) болса, біз ұйытқымаған Гамильтониан ретінде аламыз

$$F=F_{unpert}=\frac{1}{v^2(t)}\frac{M_0^2}{2L^2} \tag{3.2.1}$$

$$\dot{l}=-\frac{\partial F_{unpert}}{\partial L},\quad \dot{g}=0,\quad \dot{h}=0,\quad \dot{L}=0,\quad \dot{G}=0,\quad \dot{H}=0. \tag{3.2.2}$$

(3.2.2) жүйесінің интегралдарын былай жазуға болады

$$L=L_0=const,\quad G=G_0=const,\quad H=H_0=const, \tag{3.2.3}$$

$$l=\frac{M_0^2}{L^3}\int_{t_0}^{t}\frac{dt}{v^2(t)}+l_0,\quad l_0=const,\quad g=g_0=const,\quad h=h_0=const, \tag{3.2.4}$$

3.3. Ұйытқымаған айналмалы қозғалыс. $H_{1pert}^{rot}=0$ (3.1.8) болса, бұл ұйытқымаған айналмалы қозғалысты анықтайтын гамильтонианды аламыз.

$$F'=\frac{1}{2m\chi^2}\left[\frac{G'^2}{A_0}+\frac{A_0-C_0}{A_0C_0}L'^2\right] \tag{3.3.1}$$

Андуайе айнымалыларының аналогтарындағы ұйытқымаған айналмалы қозғалысының теңдеуі келесідей болады.

$$\dot{L}'=0,\quad \dot{G}'=0,\quad \dot{H}'=0,\quad \dot{l}'=-\frac{\partial F'}{\partial L'},\quad \dot{g}'=-\frac{\partial F'}{\partial G'},\quad \dot{h}'=0, \tag{3.3.3}$$

(3.3.3) теңдеуінен шығады

$$L'=L_0'=const,\quad G'=G_0'=const,\quad H'=H_0'=const, \tag{3.3.4}$$

$$l' = \frac{A_0 - C_0}{A_0 C_0} L' \int_{t_0}^{t} \frac{dt}{m\chi^2} + l'_0, \quad l'_0 = const, \quad g' = \frac{G'}{A_0} \int \frac{dt}{m\chi^2} + g'_0, \quad g'_0 = const, \quad h' = h'_0 = const, \quad (3.3.5)$$

4 Эволюциялық теңдеулер

Резонанстар болмаған жағдайда (3.1.6) және (3.1.7) теңдеулерінің оң жақтарын l және l' бойынша орташалап, біз Делоне-Андуайе элементтерінің ғасырлық ұйытқуы теңдеулерін аламыз.

$$\dot{L} = \frac{\partial \tilde{\tilde{F}}}{\partial l} = 0, \dot{G} = \frac{\partial \tilde{\tilde{F}}}{\partial g}, \dot{H} = \frac{\partial \tilde{\tilde{F}}}{\partial h}, \dot{l} = -\frac{\partial \tilde{\tilde{F}}}{\partial L}, \dot{g} = -\frac{\partial \tilde{\tilde{F}}}{\partial G}, \dot{h} = -\frac{\partial \tilde{\tilde{F}}}{\partial H}, \quad (4.1)$$

$$\dot{L}' = \frac{\partial \tilde{\tilde{F}}'}{\partial l'} = 0, \dot{G}' = \frac{\partial \tilde{\tilde{F}}'}{\partial g'}, \dot{H}' = \frac{\partial \tilde{\tilde{F}}'}{\partial h'}, \dot{l}' = -\frac{\partial \tilde{\tilde{F}}'}{\partial L'}, \dot{g}' = -\frac{\partial \tilde{\tilde{F}}'}{\partial G'}, \dot{h}' = -\frac{\partial \tilde{\tilde{F}}'}{\partial H'}, \quad (4.2)$$

Ұйытқытушы функциялардың ғасырлық бөліктерін табу үшін $\tilde{\tilde{F}}$ және $\tilde{\tilde{F}}$ түрінің интегралдарын есептеу керек.

$$\frac{1}{4\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} F\, dl\, dl' = \frac{\left(1-e^2\right)^{3/2}}{4\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{F}{\left(1+e\cos\upsilon\right)^2} d\upsilon dl' \quad (4.3)$$

Делоне-Андуайе арқылы өрнектелген өрнектерді ескере отырып,

$$\tilde{\tilde{W}}_1 = v^2 a^2 \left(1 + \frac{3}{2} e^2\right) = \frac{v^2 L^4}{2M_0^2} \left(5 - \frac{3G^2}{L^2}\right), \quad \tilde{\tilde{W}}_2 = \frac{1}{v^2 a^2 \left(1-e^2\right)^{3/2}} = \frac{M_0^3}{v^3 L^3 G^3} \quad (4.4)$$

$$\begin{aligned} \tilde{\tilde{W}}_3 = \frac{M_0^3}{4v^3 L^3 G^5} \Big(& G^2 \left(\left(\kappa_{11} \cosh + \kappa_{21} \sinh\right)^2 + \left(\kappa_{12} \cosh - \kappa_{22} \sinh\right)^2 \right) + \\ & + H^2 \left(\left(\kappa_{11} \sin h - \kappa_{21} \sin h\right)^2 + \left(\kappa_{12} \sin h - \kappa_{22} \cos h\right)^2 \right) \\ & + 2GH \sqrt{1 - \frac{H^2}{G^2}} \left(\left(\kappa_{21}\kappa_{31} + \kappa_{22}\kappa_{32}\right) \cos h - \left(\kappa_{11}\kappa_{31} + \kappa_{12}\kappa_{32}\right) \sin h \right) \end{aligned} \quad (4.5)$$

$$\tilde{\tilde{W}}_4 = \frac{M_0^3}{4v^3 L^3 G^5} \Bigg(a_{33}^2 \left(G^2 - H^2\right) + 2GH \sqrt{1 - \frac{H^2}{G^2}} \left(a_{23} a_{33} \cosh - a_{13} a_{33} \sinh\right) +$$

$$+ H^2 \left(a_{23} \cosh - a_{13} \sinh\right)^2 + G^2 \left(a_{13} \cosh + a_{23} \sinh\right)^2 .$$

Нәтижесінде біз ұйытқытушы функциялардың ғасырлық бөліктерін аламыз $\tilde{\tilde{F}}$ және $\tilde{\tilde{F}}'$ пішінде

$$\tilde{\tilde{F}} = \frac{M_0^2}{2v^2L^2} + \frac{f\left(m_1+m_2\right)}{2m_2}\left(\left(A-B\right)\left(3\tilde{\tilde{W}}_3-\tilde{\tilde{W}}_2\right)+\left(A-C\right)\left(3\tilde{\tilde{W}}_4-\tilde{\tilde{W}}_2\right)\right)-\frac{1}{2}b\tilde{\tilde{W}}_1, \quad (4.6)$$

$$\tilde{\tilde{F}}' = -\frac{1}{2m\xi^2}\left(\frac{G'^2}{A_0}+\frac{A_0-C_0}{A_0C_0}L'^2\right)+\frac{1}{4}\left(\frac{1}{A}-\frac{1}{B}\right)\left(G'^2-L'^2\right)-\frac{1}{2}b\tilde{\tilde{W}} \quad (4.7)$$
$$+\frac{fm_1}{2}\left(\left(A-B\right)\left(3\tilde{\tilde{W}}_3-\tilde{\tilde{W}}_2\right)+\left(A-C\right)\left(3\tilde{\tilde{W}}_4-\tilde{\tilde{W}}_2\right)\right).$$

$\tilde{\tilde{F}}$ және $\tilde{\tilde{F}}'$ үшін алынған өрнектерді (4.1) және (4.2)-ге қою арқылы біз Делоне-Андуайе элементтерінің ғасырлық ұйытқу теңдеулерін аламыз.

Мұнда барлық байланысты қиын символдық есептеулер Mathematica компьютерлік алгебра жүйесі арқылы орындалған [20].

5 Талқылау және қорытынды

Алынған теңдеулерді гравитациялық жүйелердегі ілгерілемелі-айналмалы стационарлық емес үш өсті дененің динамикалық эволюциясын талдау үшін пайдалануға болады. Қолданылған ұйытқымаған қозғалыстар инерция эллипсоидтары сәйкес айналу эллипсоидтарына (сфероидтар) жақын денелердің динамикасын зерттеуде тиімді.

Үш осьті дененің инерция эллипсоиды сәйкес айналу эллипсоидынан (сфероидтар) айтарлықтай ерекшеленетін жағдайларда айналмалы қозғалысты сипаттау үшін Пуассон элементтерінің аналогтарын (әсер-бұрыш айнымалылары) пайдалану ыңғайлы. Берілген Делоне-Андуайе айнымалылары негізінде болашақта Делоне-Пуассон айнымалылары енгізіледі.

Жұмысты одан әрі дамыту әртүрлі сандық әдістерді қолдана отырып, тұрақты динамикалық пішінді және айнымалы өлшем мен массадағы үш осьтік дененің ілгерілемелі-айналмалы қозғалысының алынған эволюциялық теңдеулерін зерттеуді қамтиды.

Әдебиеттер тізімі

1. Дубошин Г.Н. Небесная механика. Основные задачи и методы. – М.: Наука, 1975. – 799 с.
2. Дубошин Г.Н. Небесная механика. Аналитические и качественные методы. М.: Наука. Глав.ред.физ.-мат.лит., 1978, 456 с.
3. Белецкий В.В. Движение спутника относительно центра масс в гравитационном поле. М.: МГУ им. Ломоносова, 1975.-308с.
4. Видякин В.В**.** Поступательно-вращательное движение двух твердых тел:Учебное пособие.- Архангельск:ДКПО «Норд», 1996.-184с.
5. Сарычев В.А. Вопросы ориентации искусственных спутников //Итоги науки и техники, сер. Исследование космического пространства. – М.: ВИНИТИ, 1978.-Т.11.-224 с.
6. Баркин Ю.В., Демин В.Г. Поступательно-вращательное движение небесных тел // Итоги науки и техники АН СССР. Астрономия. -М.: 1982. -Т.20. – С.115-134.

7. Журавлев С.Г. Метод исследования острорезонансных задач небесной механики и космодинамики. Т2. Поступательно-вращательное движение. - Архангельск: СОЛТИ, 2002. – 368 с.
8. Баркин М.Ю. Приближенное решение задачи Лиувилля в переменных действие-угол для задачи Эйлера-Пуансо. Электр.журнал. Труды МАИ. 72, 2014.
9. Омаров Т. Б. Динамика гравитирующих систем Метагалактики - Алматы: Наука, 1975.
10. Omarov T. B. (Editor). Non-Stationary Dynamical Problems in Astronomy - New-York: Nova Science Publ. Inc., 2002.
11. Pulsation Rotation and mass loss in early type stars. / L.A.Balona, H.F.Henrichs and J.M. le Contel (edit.)/Proceed. №162 Sym. Of the I.A.U. – Dordrecht:Kluver, 1994.-394p
12. Bekov A. A., Omarov T. B. The theory of Orbits in Non-Stationary Stellar Systems //Astron. and Astrophys. Transactions, T. 22, 2003, 145 c.
13. Минглибаев М.Дж. Динамика гравитирующих тел с переменными массами и размерами. Поступательное и поступательно-вращательное движение. - Germany: Lambert Academic Publishing, 2012. – 224 с.
14. Черепащук А.М. Тесные двойные звезды. Часть II. -М.: Физматлит, 2013. – 572 с.
15. Eggleton P. Evolutionary processes in binary and multiple stars. Cambridge University Press, 2006. 332 p.
16. Luk'yanov, L.G., Dynamical evolution of stellar orbits in close binary systems with conservative mass transfer, Astron. Rep., 2008, vol. 52, no. 8, Pp. 680–693.
17. А.Ю. Архангельский. Аналитическая динамика твердого тела. Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", М., 1977, 328 с.
18. Yu.V.Barkin. Equations of translational-rotational motion of celestial bodies in osculating elements. Sov.Astron., Vol.21, No. 2, 1977.
19. Борисов А.В., Мамаев И.С. Динамика твердого тела. Гамильтоновы методы, интегрируемость, хаос. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005. –576 с.
20. Прокопеня А.Н. Решение физических задач с использованием системы Mathematica. - Брест: Издательство БГТУ, 2005. - 260 с.
21. Omarov T.B. Two-Body Motion with Corpuscular Radiation. Astronomicheskii Zhurnal, 1963. V.40, p.921.
22. Маркеев А.П. Теоретическая механика. – Ижевск: НИЦ РХД, 2001. – 592 с.

MODELS AND ALGORITHMS FOR DETERMINING TERRITORIES NEAR INDUSTRIAL ENTERPRISES EXPOSED TO REGULAR INFLUENCE OF ATMOSPHERIC POLLUTANTS FROM TRAFFIC CONGESTION

Dnekeshev A.A.
email: dnekeshev1991@gmail.com
West Kazakhstan Agrarian-technical University Named After Zhangir Khan
Kushnikova E.V.
email: lkushnikova@gmail.com
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

Abstract. *The article has developed original mathematical software that makes it possible to determine residential areas that are located near polluting industrial enterprises and are regularly exposed to atmospheric emissions from traffic congestion. A mathematical model has been proposed that makes it possible to determine the concentration of pollutants near the surface of controlled areas from a numerical solution of the differential equation of mass transfer with distributed parameters, and the convergence of the used numerical method has been proven. A model example is given to illustrate the main stages of solving the problem. The results obtained can be used in environmental monitoring systems of the urban environment.*

1. Introduction

In large cities, road transport is the main source of emissions of atmospheric pollutants. The increasing number of vehicles leads to an increase in the intensity of pollution of the ground layer of the atmosphere in modern megacities. This leads to an increase in morbidity in the population, causes disorders of the genetic apparatus in humans, reduces life expectancy and quality of life, reduces labor productivity, and also causes social unrest. Monitoring and forecasting of atmospheric air pollution from vehicle emissions is a priority task in the field of environmental safety. The works of domestic and foreign researchers such as E.V. Bruyatsky, G.I. Marchuk, M.E. Berlyand, F. Gifford and others are devoted to solving this problem [1 -9, 12-17].

Due to the increase in the number of vehicles, the problem of traffic congestion is becoming more and more aggravated, their number, duration and extent are growing. As a result of a long-term jam, a massive release of pollutants into the atmosphere occurs. The problem is felt most acutely in residential areas located on roadside areas, near intersections and highways [9].

To control the level of atmospheric air pollution, the sanitary-epidemiological service and government agencies in the field of environmental protection have developed maximum permissible concentrations of each pollutant, at which no harm is caused to human health. According to standards for determining the concentration of harmful substances, devices take air samples for 20 minutes, and then the obtained values are averaged, and the result is compared with the maximum permissible concentration permissible concentration for each substance. Often, with this approach, the values found are below the MPC and are considered safe. But because measurements are carried out at fairly long intervals; during the measurement time, sharp increases in concentration may occur, during which people are in poor

environmental conditions. These spikes in concentration remain unattended, since after averaging the result is a value that meets the MPC standards. However, this situation cannot be ignored, because for some time, people inhale air that is harmful to health, this is especially important for the air spaces of socially significant objects, such as kindergartens, hospitals, schools, etc. In this connection, there is a need to develop special software that will allow monitoring the occurrence of such situations. This justifies the relevance of developing an information system that makes it possible to predict the concentrations of harmful substances at short intervals at each point of the controlled territory and monitor the occurrence of sharp increases in concentrations that can cause harm to people located on the territory of the facility.

2. Mathematical model

Let us assume that as a result of the movement of vehicles at an intersection, a traffic jam occurs, the atmospheric emissions of which are distributed over the controlled territory where socially significant objects are located. The location of environmentally harmful vehicles on the highway is determined by a random variable uniformly distributed over the interval (0.1). To determine the category of each polluting vehicle, a random variable is played using the Monte Carlo method. The number of emissions from vehicles of various categories is determined in accordance with [12, 13].

3. The statement of the problem

Develop a mathematical model to determine the concentration of pollutants formed at controlled points at various time intervals.

To predict the distribution of atmospheric pollutants, it is necessary to know the wind speed at each point of the controlled territory. When harmful substances spread from congestion, cars act as multiple sources of emissions, which means there is a need to determine their quantity, location and intensity of emissions. After this, the problem of the transfer of substances in the atmosphere is solved and the plume of atmospheric pollutants and the concentration of pollutants are determined.

The solution to the problem is carried out in three stages.

At the first stage, it is necessary to determine the wind speed field. To do this, consider the model of an ideal incompressible fluid. Taking into account the assumption of irrotational air flow, the equation for determining the airflow velocity field [14] will have the form:

$$\frac{\partial^2\phi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\phi}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\phi}{\partial z^2}=0, \tag{1}$$

The formulation of boundary conditions for equation (1) is considered in [16]. Air flow velocity vector components:

$$u=\frac{\partial\phi}{\partial x}, v=\frac{\partial\phi}{\partial y}, w=\frac{\partial\phi}{\partial z}. \tag{2}$$

At the second stage, the number of sources of harmful emissions, their location and intensity are determined. Depending on the number of units of environmentally friendly transport, the number of vehicles polluting the atmosphere is calculated, which are subsequently considered as point sources of emissions. Their location on the road is determined by the distribution of a random variable. The intensity of each source depends on the category of vehicle it is.

The section of road under study with traffic congestion, its length and average congestion are selected. Based on these data, the number of vehicles is calculated.

First, the maximum possible amount of transport is determined; for this, the study area is divided into blocks consisting of a car and distances to maintain the required distance (Fig. 1).

The maximum number of cars in the study area K_{max} can be calculated using the formula:

$$K \frac{L}{a+2b_{max}} \tag{3}$$

Knowing the congestion value Z of the considered road section with environmentally harmful vehicles, we can determine the number of polluting vehicles K_{cars} using the formula:

$$K_{cars} = \frac{ZK_{max}}{100} \tag{4}$$

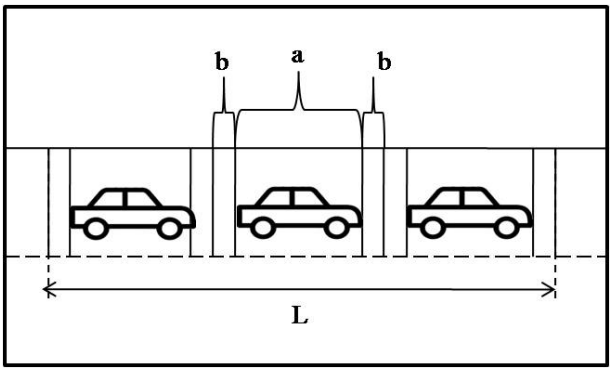


Fig. 1 Dividing a road section into blocks. L – length of the selected road section, m; a – average length of a vehicle, m; b – half of the required interval between cars, m

The location of air-polluting transport on the road is determined by the distribution of a discrete random variable, which is how the position of point static sources of emission is revealed (Fig. 2).

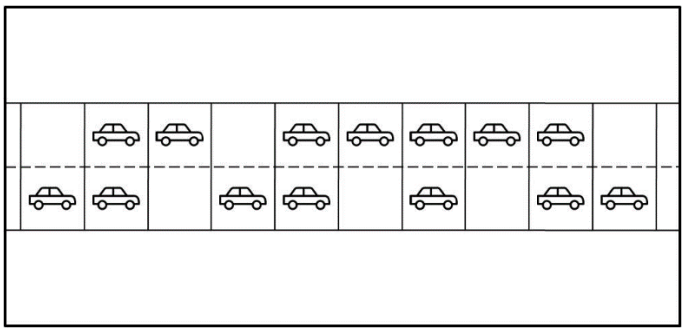


Fig. 2 An example of the location of polluting vehicles on a road section, K_{max}=20; Z=70%; K_{cars}=14

Each category of the considered vehicle located in the congestion zone has its own specific value for emissions of harmful substances (Table 1).

Table 1.

Specific emission values for vehicles located in the intersection area

Name of car category	Category №	Emission, g/min				
Cars	I	0.3	0.01	0.04	0.01	$0.3*10^{-2}$
Auto-vans and minibuses up to 3.5t	II	1.8	0.03	0.2	0.03	$0.6*10^{-2}$
Trucks from 3.5 to 12 tons	III	1.3	0.1	0.5	0.22	$1*10^{-2}$

To determine which of the presented categories each environmentally harmful vehicle on the road section under study belongs to – a car, a truck, a bus – the percentage of all types is selected, and using the distribution of a discrete random variable, the group number of each car is identified (Fig. 3). This is how the intensity of pollutant emission is determined.

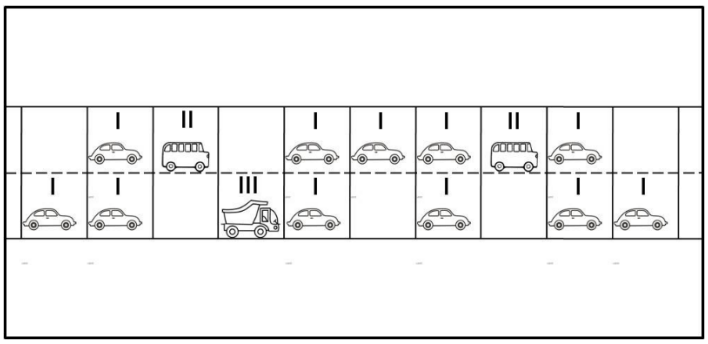


Fig. 3 An example of identifying the types of polluting vehicles on the road section under study, I – 79%, II – 14%, III – 7%

At the third stage, the problem of transport of pollutants in the atmosphere is solved. As a modeling equation we use the mass transfer equation presented in [9]:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u\frac{\partial c}{\partial x} + v\frac{\partial c}{\partial y} + w\frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}k_x\frac{\partial c}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}k_y\frac{\partial c}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z}k_z\frac{\partial c}{\partial z} - \alpha c +$$

$$+Q_s(t)\delta(x - x_s)\delta(y - y_s)\delta(z - z_s), \quad (5)$$

where c – desired concentration of the toxic substance; x, y, z – coordinates of the calculation point along the abscissa, ordinate and applicate axes, respectively; t – time; u, w, v – projections of the vector of the average speed of movement of the substance on the abscissa, ordinate and applicate axes, respectively; α – coefficient of change in the concentration of a substance due to chemical transformations; k_x, k_y, k_z – components of the exchange coefficient along the x, y, z axes, respectively; Q_s – intensity of toxic substance release; $\delta(x - x_s)$ – Dirac delta function; x_s, y_s, z_s – coordinates of the source of toxic substance emission.

Equation (5) must be supplemented with initial and three boundary conditions for each of the spatial coordinates:

$$c(t = 0, x, y, z) = \theta(x, y, z),$$
$$c \to 0 \text{ at } |x| \to \infty,$$

$c \to 0$ at $|y| \to \infty$,
$c \to 0$ at $z \to \infty$.

The method for setting the parameters k_x, k_y, k_z is described in [14].

$$\frac{\partial \phi}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2}, \tag{6}$$

where τ – fictitious time.

At $\tau \to 0$ the equation will tend to "establish", that is, to solve equation (1). Let us construct a difference scheme for equation (6). Let the independent variables be given the following intervals of change:

$$\tau \in [0, \tau_1], x \in [x_1, x_2], y \in [y_1, y_2], z \in [z_1, z_2].$$

We obtain a difference grid by dividing each of these intervals into a number of equal parts. We use the following notations:*n, i, j, k* – порядковые номера точек деления по *τ, x, y, z* соответственно;

$\tau^{n+1} - \tau^n = \Delta\tau,\ x_{i+1} - x_i = \Delta x, y_{j+1} - y_j = \Delta y, z_{k+1} - z_k = \Delta z$ – intervals between points along *τ*, *x*, *y*, *z*, respectively.

$\phi(\tau^n, x_i, y_j, z_k) = \phi^n_{i,j,k}$ – the value of the function *c* corresponding to the points τ^n, x_i, y_j, z_k;

$\phi(\tau^n, x_{i\pm1}, y_j, z_k) = \phi^n_{i\pm1,j,k}$ – the value of the function *c* corresponding to the points $\tau^n, x_{i\pm1}, y_j, z_k$;

$\phi(\tau^{n+1}, x_i, y_j, z_k) = \phi^{n+1}_{i,j,k}$ – the value of the function *c* corresponding to the points $\tau^{n+1}, x_i, y_j, z_k$.

Using the introduced notation, as well as the approximation of the differential operators that make up equation (6), at the point $\phi(\tau^n, x_i, y_j, z_k)$, we write an implicit difference scheme that approximates equation (6) at the point $\phi(\tau^n, x_i, y_j, z_k)$:

$$\frac{\phi^{n+1}_{i,j,k} - \phi^n_{i,j,k}}{\Delta\tau} = \frac{\phi^{n+1}_{i+1,j,k} - 2\phi^{n+1}_{i,j,k} + \phi^{n+1}_{i-1,j,k}}{\Delta x^2} + \frac{\phi^{n+1}_{i,j+1,k} - 2\phi^{n+1}_{i,j,k} + \phi^{n+1}_{i,j-1,k}}{\Delta y^2} + \frac{\phi^{n+1}_{i,j,k+1} - 2\phi^{n+1}_{i,j,k} + \phi^{n+1}_{i,j,k-1}}{\Delta z^2} \tag{7}$$

To justify the possibility of using difference scheme (7), we examine its stability.

Let us present solution (7) in the form of a harmonic:

$$\phi^n_{i,j,k} = \lambda^n e^{i\alpha j} e^{i\beta k} e^{i\gamma m} \quad \alpha, \beta, \gamma \in [0, 2\pi],$$

where λ^n – eigenvalues of the transition operator; *i* – imaginary unit.

$$\frac{\lambda^{n+1} e^{i\alpha j} e^{i\beta k} e^{i\gamma m} - \lambda^n e^{i\alpha j} e^{i\beta k} e^{i\gamma m}}{\Delta\tau} = \frac{\lambda^{n+1} e^{i\alpha(j+1)} e^{i\beta k} e^{i\gamma m}}{\Delta x^2} - \frac{2\lambda^{n+1} e^{i\alpha j} e^{i\beta k} e^{i\gamma m}}{\Delta x^2} +$$

$$+\frac{\lambda^{n+1}e^{i\alpha(j-1)}e^{i\beta k}e^{i\gamma m}}{\Delta x^2}+\frac{\lambda^{n+1}e^{i\alpha j}e^{i\beta(k+1)}e^{i\gamma m}}{\Delta y^2}-\frac{2\lambda^{n+1}e^{i\alpha j}e^{i\beta k}e^{i\gamma m}}{\Delta y^2}+$$

$$+\frac{\lambda^{n+1}e^{i\alpha j}e^{i\beta(k-1)}e^{i\gamma m}}{\Delta y^2}+\frac{\lambda^{n+1}e^{i\alpha j}e^{i\beta k}e^{i\gamma(m+1)}}{\Delta z^2}-\frac{2\lambda^{n+1}e^{i\alpha j}e^{i\beta k}e^{i\gamma m}}{\Delta z^2}+\frac{\lambda^{n+1}e^{i\alpha j}e^{i\beta k}e^{i\gamma(m-1)}}{\Delta z^2}, \quad (8)$$

$$\frac{\lambda-1}{\Delta\tau}=\lambda\frac{e^{ia}-2+e^{-ia}}{\Delta x^2}+\lambda\frac{e^{i\beta}-2+e^{-i\beta}}{\Delta y^2}+\lambda\frac{e^{i\gamma}-2+e^{-i\gamma}}{\Delta z^2}, \quad (9)$$

$$\frac{\lambda-1}{\Delta\tau}=-4\lambda\left(sin^2\frac{\alpha}{2}+sin^2\frac{\beta}{2}+sin^2\frac{\gamma}{2}\right), \quad (10)$$

$$\lambda=\frac{1}{1+4(sin^2\frac{\alpha}{2}+sin^2\frac{\beta}{2}+sin^2\frac{\gamma}{2})}. \quad (11)$$

In [12] it is shown that in order for the difference scheme (7) to be stable, it is sufficient to satisfy the following condition:

$$|\lambda|\leq 1+c\Delta t, \quad (12)$$

where c>0 is an independent constant.

According to inequality (11), the following inequality will be true:

$$\frac{1}{13}\leq\lambda\leq 1. \quad (13)$$

Inequality (13) is stricter than inequality (12), which means inequality (12) is satisfied for all values of λ, satisfying equality (11). Consequently, the implicit difference scheme (7) is absolutely stable.

To resolve the implicit difference scheme (7), the method of fractional steps is used [14, 16, 17]. Using the method of fractional steps, we transform the implicit difference scheme into a splitting scheme:

$$\frac{\phi_{i,j,k}^{n+1/3}-\phi_{i,j,k}^{n}}{\Delta\tau}=\frac{\phi_{i+1,j,k}^{n+1/3}-2\phi_{i,j,k}^{n+1/3}+\phi_{i-1,j,k}^{n+1/3}}{\Delta x^2}, \quad (14)$$

$$\frac{\phi_{i,j,k}^{n+2/3}-\phi_{i,j,k}^{n+1/3}}{\Delta\tau}=\frac{\phi_{i,j+1,k}^{n+2/3}-2\phi_{i,j,k}^{n+2/3}+\phi_{i,j-1,k}^{n+2/3}}{\Delta y^2}, \quad (15)$$

$$\frac{\phi_{i,j,k}^{n+1}-\phi_{i,j,k}^{n+2/3}}{\Delta\tau}=\frac{\phi_{i,j,k+1}^{n+1}-2\phi_{i,j,k}^{n+1}+\phi_{i,j,k-1}^{n+1}}{\Delta z^2}. \quad (16)$$

After solving (14) – (16) and determining the wind speed field, you can determine the components of the air flow velocity vector, which are calculated using the formulas:

$$u_{i,j,k}=\frac{\phi_{i,j,k}-\phi_{i-1,j,k}}{\Delta x}, \quad (17)$$

$$v_{i,j,k} = \frac{\phi_{i,j,k} - \phi_{i,j-1,k}}{\Delta y}, \tag{18}$$

$$w_{i,j,k} = \frac{\phi_{i,j,k} - \phi_{i,j,k-1}}{\Delta z}. \tag{19}$$

At the second stage, the number of sources of harmful emissions, their location and intensity is determined.

At the third stage, it is necessary to carry out a numerical solution of equation (5) taking into account equalities (17) – (19). Let us write an explicit difference scheme that approximates equation (5) at point $c\left(t^n, x_i, y_j, z_k\right)$:

$$\frac{c_{i,j,k}^{n+1} - c_{i,j,k}^{n}}{\Delta t} + \frac{c_{i,j,k}^{n} - c_{i-1,j,k}^{n}}{\Delta x}\left(u_{i,j,k} - \frac{dk_x}{dx}\right) + \frac{c_{i,j,k}^{n} - c_{i,j-1,k}^{n}}{\Delta y}\left(v_{i,j,k} - \frac{dk_y}{dy}\right) +$$
$$+ \frac{c_{i,j,k}^{n} - c_{i,j,k-1}^{n}}{\Delta z}\left(w_{i,j,k} - \frac{dk_z}{dz}\right) = k_x \frac{c_{i+1,j,k}^{n} - 2c_{i,j,k}^{n} + c_{i-1,j,k}^{n}}{\Delta x^2} +$$
$$+ k_y \frac{c_{i,j+1,k}^{n} - 2c_{i,j,k}^{n} + c_{i,j-1,k}^{n}}{\Delta y^2} + k_z \frac{c_{i,j,k+1}^{n} - 2c_{i,j,k}^{n} + c_{i,j,k-1}^{n}}{\Delta z^2} -$$
$$-\alpha c_{i,j,k}^{n} + Q_s(n)\delta(x_i - x_s)\delta\left(y_j - y_s\right)\delta(z_k - z_s). \tag{20}$$

The explicit finite-difference scheme (20) is conditionally stable, the condition for its stability is [1]:

$$\frac{\Delta t}{\Delta x}\left(u_{i,j,k} - \frac{\partial k_x}{\partial x}\right) + \frac{\Delta t}{\Delta y}\left(v_{i,j,k} - \frac{\partial k_y}{\partial y}\right) + \frac{\Delta t}{\Delta z}\left(w_{i,j,k} - \frac{\partial k_z}{\partial z}\right) + 2\frac{k_x \Delta t}{\Delta x^2} +$$
$$+2\frac{k_y \Delta t}{\Delta y^2} + 2\frac{k_z \Delta t}{\Delta z^2} + + \frac{\alpha \Delta t}{2} \leq 1. \tag{21}$$

4. Computational experiment

Based on a mathematical model, an information and advisory system has been developed that allows one to assess the degree of pollution of socially significant objects located near highways.

The developed software product was used to conduct a series of computational experiments to predict pollutant pollution of roadside areas.

As an example, we consider an area near an intersection with heavy traffic (Fig. 4), with a socially significant object located on it - a kindergarten:

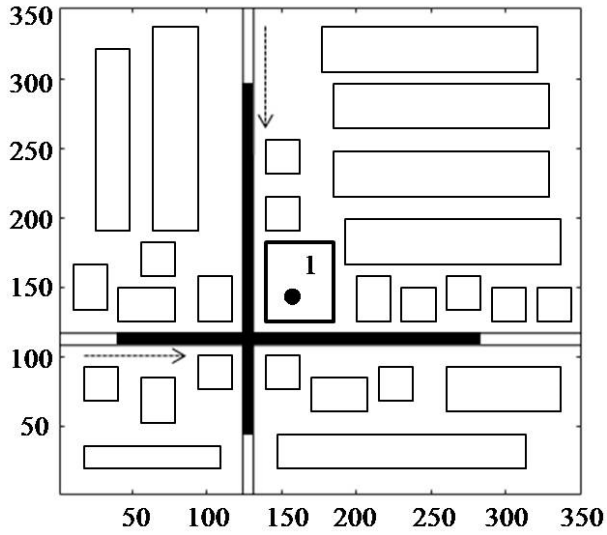


Fig. 4 Controlled territory. 1 – kindergarten,
● – controlled point on the territory of the kindergarten. t=0 s

Nitrogen oxide NO_2 was chosen as a pollutant emitted into the atmosphere by motor vehicles.

A calculation was made of the change in the concentration of harmful impurities over time at given points of the controlled territory, the time of approach of the plume of atmospheric pollutant to residential areas depending on various weather conditions.

As an illustration, the results of the experiment are presented under relatively calm weather conditions in the absence of sharp wind (Fig. 5) and in conditions of possible sharply directed wind (Fig. 6).

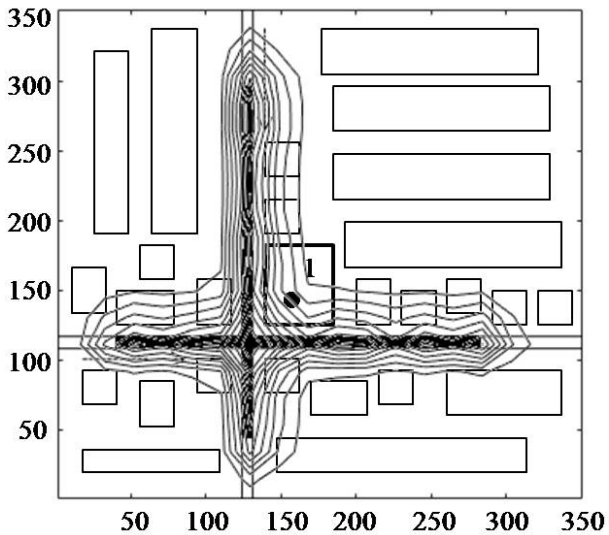


Fig. 5 Pollution of the controlled area under calm weather conditions at a height of z = 2 m.
1 – kindergarten, ● – controlled point on the territory of the kindergarten. t=30 s

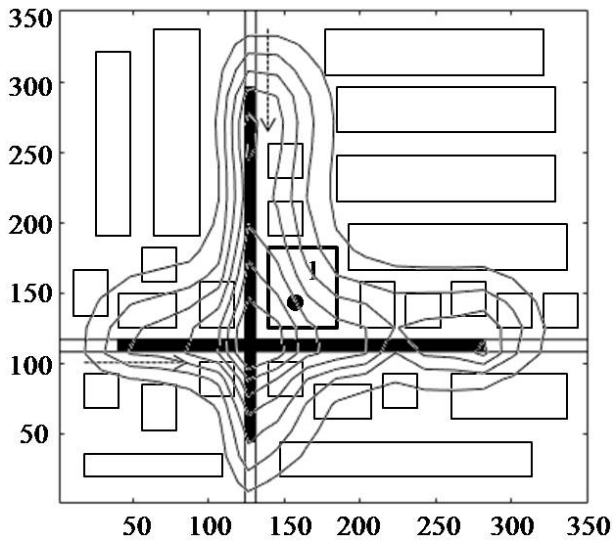


Fig. 6 Pollution of the controlled area with directed wind at a height of z = 2 m. 1 – kindergarten, ● – controlled point on the territory of the kindergarten. t=15 s

It should be noted that when the wind is directed towards private residential buildings, the plume of atmospheric pollutant quickly covers the territory of the controlled zone, which indicates the undesirability of locating such buildings near highways and intersections with difficult traffic.

The developed software product allows not only to visually assess the spread of a harmful substance plume, but also makes it possible to calculate the concentration of the pollutant and its change over time at each point of the controlled territory. In the proposed example, a point located on the territory of a kindergarten at a height of z = 2 m was chosen as a control point (Fig. 4).

Let us assume that the time during which the measurements are taken is 30 s, and the weather conditions are calm, i.e., there is no clearly defined directional wind (Fig. 5). Then the average concentration of NO_2 from a traffic jam at a controlled point, according to the calculation results, is 0.176 mg/m^3. The NO_2 concentration in each second of the specified period of time is shown in Fig. 7. Despite the fact that the average concentration of NO_2 during the specified period of time is less than the maximum permissible, 23.3% of the time a person located in the area of the controlled point inhales air with a high content of harmful gas.

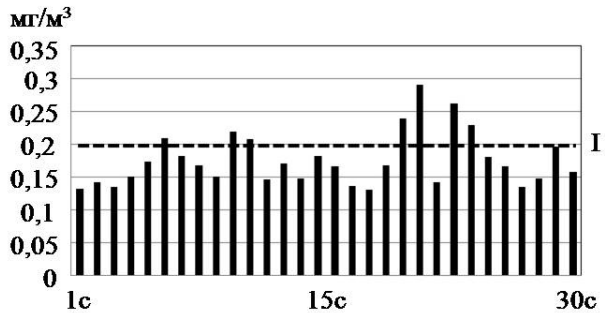


Fig. 7 Change in NO_2 concentration (mg/m^3) at the controlled point for 30 s. I – instantaneous one-time maximum permissible concentration of NO_2

The pathological effects are that NO_2 makes a person more susceptible to substances that cause respiratory diseases. People exposed to high concentrations of nitrogen dioxide are more likely to experience upper respiratory tract catarrh, bronchitis, croup, and pneumonia [19]. From which we can conclude that regular inhalation of large amounts of NO_2 gas by children (Fig. 7) provokes and aggravates respiratory diseases, which often affect children attending kindergarten.

5. Conclusion

A mathematical model has been developed to predict the dynamics of the spread of atmospheric pollutants emitted by vehicles in a traffic jam.

This software makes it possible, among other things, to visually assess the distribution of a plume of atmospheric pollutants over the controlled territory and can be used to clarify pollution maps of socially significant objects located near highways.

In addition, the mathematical model can be applied at the stage of planning new and reconstruction of old areas of large cities, as well as when designing highways.

According to the presented calculation results, the location of a preschool educational institution, as well as other socially significant objects in close proximity to highways and intersections is unacceptable, because quite often, the instantaneous one-time maximum permissible concentration for nitrogen dioxide is exceeded, which poses a threat to the health and environmental safety of the population.

References:

1. Berlyand M.E. Prognoz i regulirovanie zagryaznenij atmosfery / M.E. Berlyand. – L.: Gidrometeoizdat, 1985. – 272 p.
2. Koval A.V., Toptunova O.N., Motsakov M.A., Didenko K.A., Ermakova T.S., Gavrilov N.M., Rozanov E. / Numerical modelling of relative contribution of planetary waves to the atmospheric circulation // Atmospheric Chemistry and Physics. 2023. Vol. 23, N 7. – Pp. 4105-4114.
3. Marchuk G.I. Vvedenie v metody vychislitel'noj matematiki: kurs lekcij / G.I.Marchuk. – Novosibirsk, 1971. – 238 p.
4. Kala N.K., Satheesh S.K., Anand N.S., Manoj M.R., Pathak H.S., Moorthy K.K. / Zonal variations in the vertical distribution of atmospheric aerosols over the indian region and the consequent radiative effects // Atmospheric Chemistry and Physics. 2022. Vol. 22, N 9. – Pp. 6067-6085.
5. de Gooyert V., Größler A. / On the differences between theoretical and applied system dynamics modeling // System Dynamics Review. 2019. Vol. 34. – Pp. 575-583.
6. Gryning S. / Sort-range experiments in unstable conditions over inhomogeneous terrain // Tellus. 1978. Vol. 30. – Pp. 392-404.
7. Haugen D. Lectures on air pollution and environmental impact analysis / D. Haugen. – Boston.: AMS. 1975. – 296 p.
8. Jalali M.S., Kaiser J.P. / Cybersecurity in Hospitals: A Systematic, Organizational Perspective // J Med Internet Res. 2018. Vol. 20, N 5: e10059. doi: 10.2196/10059.
9. Kusheleva E.V. Matematicheskoe modelirovanie opredeleniya stepeni zagryazneniya atmosfery pri vybrosakh khimicheskikh veshchestv / E.V. Kusheleva, A.F. Rezchikov, V.A. Kushnikov, V.A. Ivashchenko, A.S. Bogomolov, E.V. Kushnikova, L.YU. Filimonyuk, M.A. Barulina // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika. 2018. N 2. – Pp. 17-25.
10. Kusheleva E., Rezchikov A., Kushnikov V., Ivaschenko V., Kushnikova E., Samartsev A. / Mathematical model for prediction of the main characteristics of emissions of chemically

hazardous substances into the atmosphere // Studies in Systems, Decision and Control. 2019. Vol. 199. – Pp. 594-607.
11. Flamant C., Gaetani M., Formenti P., Chaboureau J.P., Chazette P., Cuesta J., Piketh S.J. / Smoke in the river: an aerosols, radiation and clouds in Southern Africa (aeroclosa) case study // Atmospheric Chemistry and Physics. 2022. Vol. 22. N 8. Pp. 5701-5724.
12. Moiseev N. N., Aleksandrov V. V., Tarko A. M. Chelovek i biosfera: Opyt sistem. analiza i ehksperimenty s modelyami / N. N. Moiseev, V. V. Aleksandrov, A. M. Tarko. – M.: Nauka, 1985. – 271 p.
13. Penenko V.V., Aloyan A.E. Modeli i metody dlya zadach okhrany okruzhayushchej sredy / V.V. Penenko, A.E. Aloyan. – Novosibirsk.: Izdatel'stvo «NaukA». Sibirskoe otdelenie. 1985. – 256 p.
14. Samarskij A.A. Vvedenie v teoriyu raznostnykh skhem / A.A. Samarskij. – M.: Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoj literatury izd-va «NaukA». 1971.
15. Lapkovsky R.Y., Kushnikov V.A., Bogomolov A.S., Ivashchenko V.A., Fominykh D.S., Baryschnikova E.S., Rezchikov A.F., Tsvirkun A.D., Dranko O.I., Kushnikova E.V., Berdnova E.V., Lazhauninkas J.V. / Organization of measurement data collection and primary processing regional environmental monitoring systems // Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Vol. 230. Pp. 142-151.
16. Zgurovskij M. Z. Chislennoe modelirovanie rasprostraneniya zagryazneniya v okruzhayushchej srede / M. Z. Zgurovskij, V. V. Skopeckij, V.K. Khrushch, N.N. Belyaev. – K.: Nauk. dumka, 1997. – 368 p.
17. Kusheleva E.V. / Model' dlya prognozirovaniya rasprostraneniya atmosfernykh pollyutantov pri avtotransportnykh zatorakh / E.V. Kusheleva, A.F. Rezchikov, V.A. Kushnikov, V.A. Ivashchenko, L.YU. Filimonyuk, A.S. Bogomolov, E.V. Kushnikova, A.A. Samarcev, M.V. Khamutova // Sistemy upravleniya i informacionnye tekhnologii. 2018. No. 2. Pp. 55-60.
18. Wu Z., Chen M., Fu X., Wu X., Ouyang L. / Thermodynamic analysis of an ecologically restored plant community: ecological niche // Ecological Modelling. 2022. Vol. 464. P. 109839.
19. Ehkologiya [Ehlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://ru-ecology.info/term/27303/ - Zaglavie s ehkrana. – (Data obrashcheniya: 28.09.2023).

BENEFITS AND HARMS OF COMPUTER GAMES

Orman I.M., Phd, e-mail: indira.malikovna@mail.ru
Kurmashev I.G., associate professor, e-mail: ikurmashev@ku.edu.kz
«M.Kozybayev North Kazakhstan university» Petropavlovsk, Kazakhstan.

Abstract: *The purpose of this study is to study how computer games affect their lives, influences and attitudes. The main objectives of our research project are determination of what games the respondents will play and how much time they will spend in the game, identifying the benefits and harms of computer games for air conditioners, know what rules are necessary when playing computer games, determine which games to choose that will benefit you. The scientific project consists of an introduction, two sections, annotations, a list of references and an appendix.*

Keywords: *computer games; effects; humans; genres; progress; negative; positive.*

Introduction. Computers have become a part of our lives, they have entered into all aspects of our lives, and we cannot imagine our life without this smart machine. For children, computer games are perceived as a simple thing. Children of our time are like computers. Many consumers have noticed that the computer has many very useful features, such as text messaging, generating various reports, storing large amounts of data, and entertainment features. and will continue to do so. Equipped with the necessary equipment and appropriate programs, a computer can become a music center that allows you to enjoy your favorite music.

The worst thing is the addiction to computer games. What about me, the origin of computer games? What are the health benefits or harms? How does an interesting computer affect a child? What games can I play? Which one won't?

Modern people spend a lot of time in front of a computer screen, so it is written about how this affects the physical, psychological and cognitive state of the carriers.

Progress in computer game development. The popularity of computer games began in the mid-1960s, when American physicist William Higinbotham created his first computer game, Tennis for Two. This simple game, played on an oscilloscope, increased interest in the use of computers for entertainment purposes, in the 1970s in arcades such as "Pong" and "space towers". The games became popular and paved the way for home computer games. industry.

The first home computer game "Adventure" was released in 1979 and marked the beginning of the golden age of computer games. The 1980s were marked by the advent of the personal computer and the release of popular games such as Pacman, Donkey Cong, and Super Mario Brothers. In the 1990s, with the advent of the Internet, online gaming became possible and new genres such as online role-playing games (MMORPGs) became widely available.

The 21st century has undergone major changes in the gaming industry with the advent of high-definition graphics, virtual reality technologies and mobile games. Games like "Halo", "World Of Warcraft" and "Minecraft" have become madden phenomena, attracting millions of players around the world. The growing popularity of esports and competitive

gaming has led to an increase in the number of professional players and large-scale gaming tournaments.

As the popularity of computer games has grown, they have become the subject of scientific research. Research by psychologists such as Mark Griffiths and D. Scott Moore has examined the effects of computer games on behavior and mental processes. These researchers found that games can improve perception, coordination, memory, and spatial reasoning. However, Douglas A. Gentil and Craig A. Other studies such as Anderson's have shown that excessive gaming can have negative health effects, including high levels of aggression and low social adjustment.

Game Genres. Computer games have become the main type of entertainment for people of all ages, and with the development of technology, their popularity is growing. The information provided shows that different game genres are played by different people, the most popular of which are adventure/quests, shooters and competitions. But what impact will these games have on people's lives?

Research has shown that games can have both positive and negative effects on people. For example, adventure games/quests can improve problem-solving skills, creativity, and spatial reasoning. Researcher Jane McGonigal says these games can have a positive effect on mental health by reducing stress and depression.

On the other hand, shooting games have been criticized for promoting violence and aggressive behavior. Psychologist Craig Anderson has found that playing violent video games can increase aggressive thoughts, feelings, and behaviors, although the research has been met with some criticism and debate.

Likewise, racing games can have a negative impact on driver behavior. Psychologist Daphne Bavelier's research shows that playing racing games can lead to reduced visual attention and increased risk-taking while driving.

Rather, logic games such as Sudoku and crossword puzzles improve cognitive function and memory. Researcher Robert Sternberg says these games may help keep the mind sharp and prevent cognitive decline in old age.

Massively multiplayer online games, also known as massively multiplayer online games (MMOs), have been found to Conversely, logic games such as sudoku and crosswords have been found to improve cognitive function and memory. Researcher Robert Sternberg says these games help keep the mind sharp and prevent cognitive decline in old age.

Massively multiplayer online games, also known as massively multiplayer online games (MMOs), have been found to promote socialization and teamwork. Researcher Niki found that playing these games can improve communication and collaboration skills and provide a sense of community and belonging.

Similarly, role-playing games (RPGs) such as World of Warcraft can have a positive effect on self-esteem and social skills. Researcher Mark Grimshaw found that role-playing games can help develop empathy, emotional intelligence and self-awareness.

Simulator games like farming and flight simulators provide a sense of escape and help people develop new skills. Researcher David Surman found that these games can improve hand-eye coordination and decision-making skills.

So strategic games like chess and catan settlers can improve critical thinking, planning and problem solving skills. Researcher Paul Tubby says these games help develop strategic thinking and provide a sense of achievement.

In conclusion, different genres of computer games have different effects on people's lives, and it is important to consider the positive and negative consequences of playing these

games. While some games improve cognitive function and social skills, others may promote aggression and risky behavior. It is important to play games in moderation and remember the impact they have on our lives. Figure 1 shows the statistics of games that respondents like most.

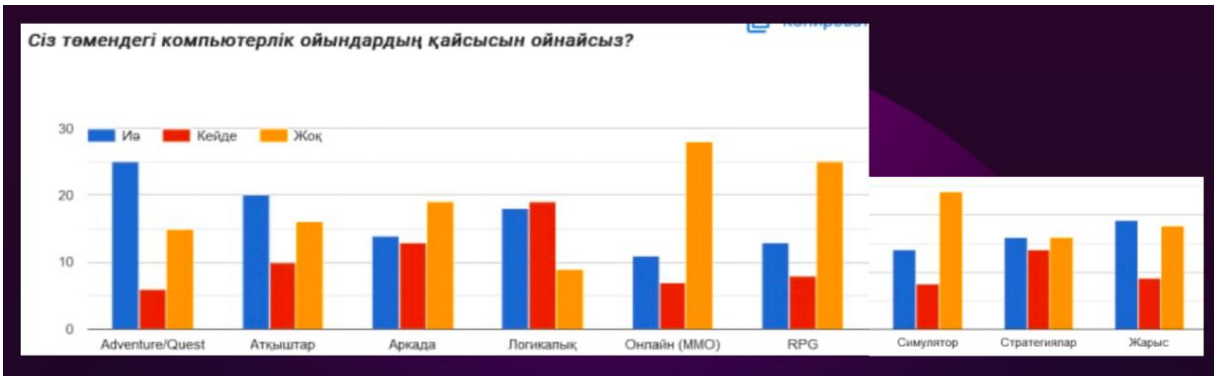


Figure 1. Game statistics

Beneficial and harmful effects of computer games. The current study involved 46 people, including 29 men and 17 women, 35 of whom were aged 16-23, 4 over 30, 4 under 16, and 3 people aged 23-30. The first question of the questionnaire concerns the level of education of people. People must choose one of five possible answers. According to the results, 50% of the population have incomplete higher education, 21% - secondary, 17% - higher, 8.7% have a degree, 2.2% - secondary specialized education.

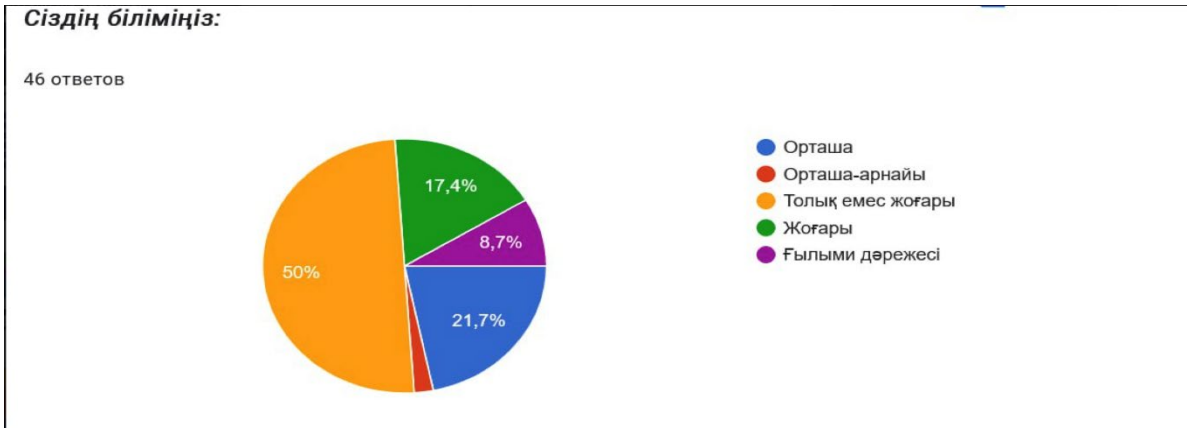


Figure 2. Helpful and harmful effects of computer games

The second question concerns how many hours a week people spend playing computer games. The results showed that 39.1% spend about 1 hour per week, 32.6% spend 1-5 hours, 19.6% spend 6-10 hours, and the remaining 8.7% spend more than 10 hours. The next question is why people believe that computer games are useful for developing thinking and coordination. The results show that 65.2% of people believe that the game will still help develop spatial thinking, coordination, reaction, and logical thinking. But 15.2% of people believe that the games did not affect their abilities in any way and did not improve their perception. The remaining 19.6% found it difficult to answer this question. The next question is whether games will interfere with people's studies or work responsibilities. 58.7% of the

respondents stated that the concentration of the game would be difficult, indicating that games can have a negative impact on a person's life even when the game is intensified. they were told that gaming would not bother them, suggesting that some people can still differentiate between work and play time.

Figure 3

The next question is to buy through the app and spend real money on it. 50% of those surveyed said they had never spent real money to buy a game, but 37% had spent some amount of real money. The remaining 13 percent said they did not play computer games. When asked why people play, the following answers were given (Figure 4):

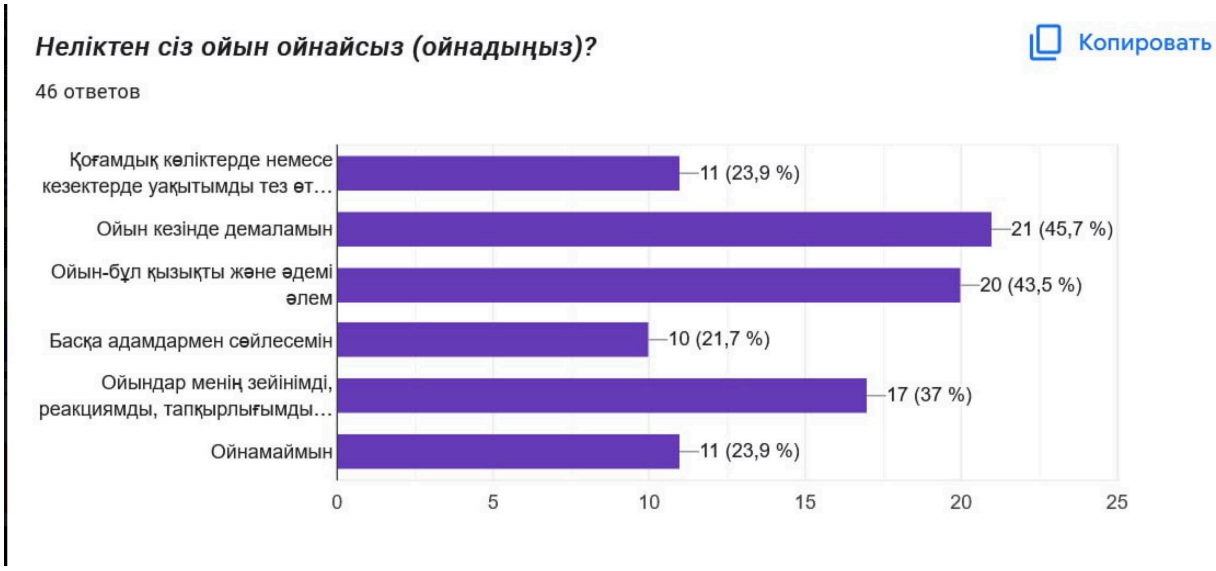


Figure 4

Below is a list of skills that computer games can have a beneficial effect on a person:

1. Training and logic games are useful for the development of the mind, make you think, train the ability to remember mountains;
2. Games develop the reaction of the hand, back, motor skills.
3. After playing, people read faster and have a better comprehension of what they read.
4. People who play often are distinguished by great perseverance and perseverance (they successfully overcome difficult tasks, they are not given until they are aimed);

Below is a list of the harmful effects of computer games on human life that we have observed:
1. Violation of vision;
2. The development of diseases of the nasal sinuses and larynx (with the wrong position behind the monitor);
3. A person who sits at a computer a lot is a dead man;
4, Lack of physical activity contributes to the accumulation of excess weight.

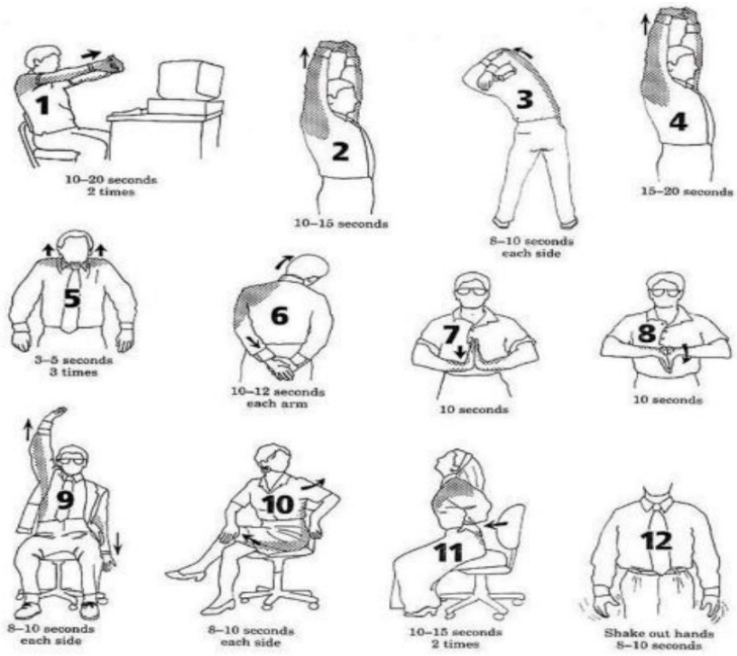


Figure 5

CONCLUSION. From the history of computer games, we have learned how games affect people. At the same time, we saw what game genres most people like and how much time they spend. Games give a lot of opportunities for people: the development of memory quickly and easily, the development of the mind, imagination, the definition of legality. At the same time, such games have a negative impact on a person.

The number of participants from 16 to 23 years old is large. This showed that the group knew what they were playing for, how much time they needed to spend, what types of games were right. During the game, you must rest, do not pay for in-game purchases, interfere with the study and work of the game. However, many have shown that it is very important for the development of coordination and the ability to use computer games. Respondents started

playing between the ages of 11 and 15, which starts at age 1 and currently spends 1 to 5 hours per week.

Literature

1. Kogelberg, M. Cruel computer games, empathy and cosmopolitanism. *Ethics and information technology. (230).* https://scihub.se/https://link.springer.com/article/10.1007/s10676-007-9145-3, 2007.
2. Claudia S. The impact of computer games on the development of children. Research on parental relationships. *Procedia-Social and Behavioral Sciences. (837-840).* https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.08.323, 2014.
3. Elizabeth M. Cognitive advantages of computer games for older people. *Gerontology. (220-223).* https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4130645/, 2014.
4. Inyukina T., Klasner G., Gorb S. Computer in the workplace: profits and harms. *The world's algae. (19).* https://cyberleninka. ru/article/n/a-computer-in-the-workplace-the-benefits-and-harms/viewer, 2016.
5. Mayer R. Computer games in education. *Annual psychology review. (537-539).* https://sci-hub.se/https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-psych-010418-102744, 2018.
6. McCormick M. 001). Is playing cruel video games harmful? *Ethics and information technology. (277-287).* https://sci-hub.se/https://link.springer.com/article/10.1023/, 2001.
7. San, D., Ma N., Bao M., Chen C., &Chang R. Computer games: Double-face sword? *CYBERPSYCHOLOGY AND BEHAVIOR. (546-547).* https://sci-hub.se/https://www.liebertpub.com/doi/pdf/10.1089/cpb.2007.0145, 2008.

ONE-DIMENSIONAL NONLINEAR NONSTATIONARY BOLTZMANN'S MOMENT SYSTEM EQUATIONS WITH THE MACROSCOPIC BOUNDARY CONDITIONS

Sh. Akimzhanova
e-mail: shinar_a@mail.ru
Kazakh National University name Al-Farabi, Almaty, Republic of Kazakhstan

Abstract. *We prove the existence and uniqueness of the solution of the initial and boundary value problem for a one-dimensional nonlinear nonstationary Boltzmann's moment system equations under the Maxwell-Auzhan boundary conditions in the space of functions that are continuous on time and square summable by spatial variable (the case of pure specular reflection from the boundary is considered).*

Key words: *Boltzmann's homogeneous one-dimensional equation, Boltzmann's moment system equations, microscopic Maxwell's boundary condition, macroscopic boundary conditions.*

Introduction

Many problems of the rarefied gas dynamics require the solution of one or another problem for the Boltzmann equation. The prediction of aerodynamic characteristics of aircraft at very high speeds and at high altitudes is an urgent problem in aerospace engineering. It is impossible to determine the aerodynamic characteristics of aircraft at high altitudes. The interaction of gas molecules with the surfaces of real bodies has been little studied. The aerodynamic characteristics of aircraft at very high speeds and at high altitudes can be determined by the methods of the theory of a rarefied gas [1]. In order to analyze the aerodynamic characteristics of aircraft in the transient mode, there is used the complete integro-differential Boltzmann equation with appropriate boundary conditions. The determination of the boundary conditions on the surfaces, streamlined with a rarefied gas, is one of the most significant questions in the kinetic theory of gases. In high-altitude aerodynamics, the interaction of gas with the surface of a streamlined body plays an important role [2]. The aerothermodynamic characteristics of bodies to the gas flow are determined by the transfer of momentum and energy to the surface of the body, that is, the connection between the velocities and the energies of the molecules incident on the surface and the molecules reflected from it, which is the essence of the kinetic boundary conditions on the surface. Maxwell's boundary condition for solving specific problems more accurately describes the interaction of gas molecules with the surface. One of the approximate methods for solving the initial-boundary value problem for the Boltzmann equation is the moment method. With the help of the moment method, it is possible to determine the aerodynamic characteristics of aircraft, such as atmospheric parameters, flight speed, geometric parameters, and etc.We note that in work [3] two new models of boundary conditions were proposed: diffusive-moment and mirror-moment, generalizing the known boundary conditions of Cherchinyani, and in [4] aerodynamic characteristics of space vehicles were studied by the method of direct static modeling (Monte Carlo method) and various model of the interaction of gas molecules with the surface and their effect on the aerodynamic characteristic. Moment methods are different from each other by the choice of various systems of basic functions. For example, Grad in works [5] and [6] received moment system through the decomposition of particle distribution function by Hermite

polynomials near the local Maxwell's distributions. Grad used Cartesian coordinates of velocities and his moment system contained unknown hydrodynamic characteristics as density, temperature, average speed, etc. In [7] we obtained the moment system which differs from the Grad's equations system. In this case the spherical coordinates of velocity was used and distribution function was decomposed into a series by the eigenfunctions of the linearized collision operator [1], [8], which is the product of the Sonin polynomials and spherical functions. The decomposition coefficients, the moments of the distribution function are defined differently from Grad. The resulting system of equations corresponding to the partial sum of the series, which was called the Boltzmann's moment system equations, is a nonlinear hyperbolic system relative to the moments of the particle distribution function. The differential part of the resulting system is linear, and nonlinearity enters as quadratic forms of the moments of the distribution function. Quadratic forms – the moments of the nonlinear collision integrals – are calculated in [9] and are expressed by the Talmi [10] and *Clebsch–Gordan* [11] coefficients.

In [12] - [13], there were obtained moment systems for the spatially homogeneous Boltzmann equation and the conditions for the representability of the solution of the spatially homogeneous Boltzmann equation in the form of the Poincare series. The method proposed in [12] (application of the Fourier transform concerning the velocity variable in the isotropic case) greatly simplified the collision integral and, consequently, the calculation of the moments from it. In [13], the result of [12] is generalized for the case of anisotropic scattering.

The paper [14] contains a derivation of a systematic unperturbed hierarchy of a closed system of moment equations corresponding to classical theory. This article is a fundamental work describing a closed system of moment equations in transient mode.

The Boltzmann equation is equivalent to an infinite system of partial differential equations relative to the moments of the particle distribution function due to the completeness of the system of eigenfunctions of the linearized operator. In practice, they are limited to studying a finite system of equations.

The finite system of moment equations for a particular problem with some degree of accuracy replaces the Boltzmann equation. It is also necessary, approximately, to replace the boundary conditions for the particle distribution function by several macroscopic conditions for moments, i.e., there arises the problem of setting the boundary conditions for a finite system of equations approximating microscopic boundary conditions for the Boltzmann equation. The question of setting the boundary conditions for a finite system of moment equations can be divided into two parts: how many conditions must be imposed and how they should be prepared. From microscopic boundary conditions for the Boltzmann equation, there can be obtained an infinite set of boundary conditions for each type of decomposition. However, the number of boundary conditions is determined not by the number of moment equations, i.e., it is impossible, for example, take as many boundary conditions as equations, although the number of moment equations affects the amount of boundary conditions. Also, the boundary conditions must be consistent with the moment equations, and the resulting problem must be correct.

Grad [5] described the construction of an infinite sequence of boundary conditions without the consent of the order of approximation for the decomposition of the boundary conditions and the expansion of the Boltzmann equation. Boundary conditions, even a one-dimensional Grad's moment system equations, is a very complicated task because Grad's moment system of equations is a hyperbolic system, and this system of equations contains as coefficients such unknown parameters as density, temperature, average speed, etc. In this case, the characteristic equation is also dependent on the unknown parameters and, therefore, it is

very difficult to formulate the boundary conditions for the moment system. The work [15] describes the boundary conditions for the 13-moment Grad system.

In work [7], there had been shown approximation of the homogeneous boundary condition for the particle distribution function and proved the correctness of the initial-boundary value problem for nonstationary nonlinear Boltzmann's moment system equations in a three-dimensional space. More precisely, there was proved the existence of a unique generalized solution of the initial-boundary value problem for Boltzmann's moment system equations in the space of functions that are continuous in time and square summed in the space of variables. Also, the same study shows the approximation of the microscopic boundary conditions for the Boltzmann equation. The boundary condition can be formulated as follows: determine the mirrored half of the distribution function from the known half, corresponding to the falling particles. The boundary condition is given in a form of an integral relation between particles falling to the boundary and particles reflected from it (assuming the probability that a particle falling to the boundary with velocity v_i will reflect with velocity v_r).

In this article, there is proved the existence and uniqueness of the solution of the initial and boundary value problem under the Maxwell-Auzhan boundary conditions (the case of pure specular reflection from the boundary is considered) for a one-dimensional nonlinear nonstationary Boltzmann's twelve-moment system equations in the space of functions that are continuous on time and square summable by spatial variable.

The existence and uniqueness of the solution of the initial and boundary value problem for a one-dimensional Boltzmann's moment system equations under the Maxwell-Auzhan boundary conditions

In this section, we prove the existence and uniqueness of solutions of the initial and boundary value problem for a one-dimensional Boltzmann's twelve-moment system equations under the Maxwell-Auzhan boundary conditions in space of functions that are continuous on time and square summable by spatial variable. The theorem on the existence of a global solution of the initial and boundary value problem for 3-dimensional nonlinear Boltzmann equation under the Maxwell boundary conditions was proven in [16].

Statement of the problem. Find the solution of the initial and boundary value problem for a homogeneous one-dimensional Boltzmann equation.

$$\frac{\partial f}{\partial t}+|v|\cos\theta\frac{\partial f}{\partial x}=J(f,\ f),\ t\in(0,\ \mathrm{T}],\ x\in(-a,\ a),\ v\in R_3^v\ , \tag{1}$$

$$f\,|_{t=0}=f^0(x,v),\ (x,v)\in[-a,a]\times R_3^v\,, \tag{2}$$

$$f^+(t,x,v_1,v_2,v_3)=\beta f^-(t,x,v_1,v_2,-v_3)+(1-\beta)\eta\exp\left(-\frac{|v|^2}{2R\mathrm{T}_0}\right),$$

$$v_3=|v|\cos\theta,(n,\ v)=(n,\ |v|\cos\theta)>0,\ x=-a\ \text{ or},x=a\ , \tag{3}$$

where $f\equiv f(t,x,v)$ is a particle distribution function in the space of velocity and time;

$f^0(x,v)$ is the distribution of the particles at the initial time (fixed function);

$J(f,\ f) \equiv \int [f(v')f(w') - f(v)f(w)]\sigma(\cos x)dwdv$ is a nonlinear collision operator, recorded for Maxwell molecules, *n* is an external normal vector of the boundary. Condition (3) is a natural boundary condition for the Boltzmann equation, which makes it possible to determine the reflected half of the distribution function *f*, if we know the half corresponding to the falling particles. According to (3), some parts of falling particles are reflected secularly, and other particles are absorbed into the wall and emitted with the Maxwell distribution with corresponding wall temperature T_0.

Formula (3) refers to the case of a wall at rest; otherwise v must be replaced by $v - u_0$, u_0 is the velocity of the wall. β, T_0, u_0 may vary from point to point and with time [8].

For one-dimensional problems, the eigenfunctions of the linearized operator have the form [1], [8]:

$$g_{nl}(\alpha v) = \left(\frac{\sqrt{\pi}n!(2l+1)}{2\Gamma(n+l+3/2)}\right)^{1/2}\left(\frac{\alpha|v|}{\sqrt{2}}\right)^{l} S_n^{\,l+\frac{1}{2}}\left(\frac{\alpha^2|v|^2}{2}\right)P_l(\cos\theta),$$

$2n + l = 0,1,2,...$

where $S_n^{\,l+\frac{1}{2}}\left(\frac{\alpha^2|v|^2}{2}\right)$ is Sonin polynomials, $P_l(\cos\theta)$ is Legendre polynomials, Γ is Gamma function.

In order to find an approximate solution of the problem (1)-(3), we apply the Galerkin method. Then we obtain finite number moment equations with macroscopic boundary conditions. Instead of the problem (1)-(3) we considered initial and boundary value problem for Boltzmann's moment system equations under the macroscopic boundary conditions. The initial and boundary value problem for the twelve-moment Boltzmann's system equations under the macroscopic Maxwell-Auzhan boundary conditions can be written in the vector-matrix form [18] (we consider pure specular reflection from the boundary $\beta = 1$):

$$\frac{\partial u}{\partial t} + A\frac{\partial w}{\partial x} = J_1(u,\ w)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + A'\frac{\partial u}{\partial x} = J_2(u,\ w),\ t \in (0,\ \mathrm{T}],\ x \in (-a,\ a), \tag{4}$$

$$u\big|_{t=0} = u_0(x), \quad w\big|_{t=0} = w_0(x), \quad x \in (-a,\ a), \tag{5}$$

$$\left(Aw^+ - Bu^+\right)\big|_{x=-a} = \left(Aw^- + Bu^-\right)\big|_{x=-a},\ t \in [0,\ \mathrm{T}], \tag{6}$$

$$\left(Aw^+ + Bu^+\right)\big|_{x=a} = \left(Aw^- - Bu^-\right)\big|_{x=a},\ t \in [0,\ \mathrm{T}], \tag{7}$$

where A' is a transpose matrix; $u_0(x) = \left(f_{00}^0(x),\ \ f_{02}^0(x),\ \ f_{10}^0(x),\ \ f_{04}^0(x),\ \ f_{12}^0(x),\ \ f_{20}^0(x)\right)'$,

$w_0(x) = \left(f_{01}^0(x),\ \ f_{03}^0(x),\ \ f_{05}^0(x),\ \ f_{11}^0(x),\ \ f_{13}^0(x),\ \ f_{21}^0(x)\right)'$ are given initial vector functions,

$$u = (f_{00},\ f_{02},\ f_{04},\ f_{10},\ f_{12},\ f_{20}),\ w = (f_{01},\ f_{03},\ f_{05},\ f_{11},\ f_{13},\ f_{21}),$$

$$J_1(u,v) = (0,\ I_{04},\ 0,\ I_{12},\ I_{20}),\ J_2(u,v) = (0,\ I_{03},\ I_{05},\ I_{11},\ I_{13},\ I_{21}),$$

$$A = \frac{1}{\alpha}\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{2}{\sqrt{3}} & \frac{3}{\sqrt{5}} & 0 & -\frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{15}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{4}{\sqrt{7}} & \frac{5}{3} & 0 & -\frac{4\sqrt{2}}{3\sqrt{7}} & 0 \\ -\sqrt{\frac{2}{3}} & 0 & 0 & \sqrt{\frac{5}{3}} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{3\sqrt{2}}{\sqrt{35}} & 0 & \frac{2\sqrt{7}}{\sqrt{15}} & \frac{9}{\sqrt{35}} & -\frac{4}{\sqrt{15}} \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{2}{\sqrt{3}} & 0 & \sqrt{\frac{7}{3}} \end{bmatrix}$$

$$B = \frac{1}{\alpha\sqrt{\pi}}\begin{bmatrix} \sqrt{2} & \sqrt{\frac{2}{3}} & -\sqrt{\frac{2}{105}} & -\frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{21}} & -\frac{1}{2\sqrt{15}} \\ \sqrt{\frac{2}{3}} & 2\sqrt{2} & \frac{26}{3\sqrt{70}} & -1 & -\frac{2}{\sqrt{7}} & \frac{1}{2\sqrt{5}} \\ -\sqrt{\frac{2}{105}} & \frac{26}{3\sqrt{70}} & -\frac{4}{7\sqrt{2}} & \frac{5}{3\sqrt{35}} & -\frac{13}{\sqrt{245}} & \frac{1}{2\sqrt{7}} \\ -\frac{1}{\sqrt{3}} & -1 & \frac{5}{3\sqrt{35}} & \frac{6}{\sqrt{2}} & \frac{3}{\sqrt{14}} & -\frac{5}{2\sqrt{10}} \\ \frac{1}{\sqrt{21}} & -\frac{2}{\sqrt{7}} & -\frac{13}{\sqrt{245}} & \frac{3}{\sqrt{14}} & \frac{34}{7\sqrt{2}} & \frac{23\sqrt{2}}{4\sqrt{35}} \\ -\frac{1}{2\sqrt{15}} & \frac{1}{2\sqrt{5}} & \frac{1}{2\sqrt{7}} & -\frac{5}{2\sqrt{10}} & \frac{23\sqrt{2}}{4\sqrt{35}} & \frac{15}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

The matrices A and B are non-degenerate. It is required to find a solution to the system of equations (4) satisfying the initial condition (5) and boundary conditions (6) and (7). Firstly, we prove the existence and uniqueness of the solution of the problem (5)-(7).
For the problem (5)-(7) the following theorem takes place.

Theorem. If $U_0 = (u_0(x), w_0(x)) \in L^2[-a,a]$, then the problem (5)-(7) has a unique solution in the area $[-a,a]\times[0,T]$, belonging to the space $C([0,T]; L^2[-a,a])$, moreover.

$$\|U\|_{C([0,T];L^2[-a,a])} \le C_1 \|U_0\|_{L^2[-a,a]}$$

where C_1 is constant independent from $U = (u,w)'$ and $T \sim 0\left(\|U_0\|^{-1}_{L^2[-a,a]}\right)$.

Conclusion. We proved the theorem of the existence and uniqueness of the local solution of the initial and value problem for a one-dimensional Boltzmann's twelve-moment system equations under the Maxwell-Auzhan boundary conditions in the space of functions that are continuous on time and square summable by spatial variable because the solution existence time depends on the norm of the initial vector function at the power minus one. Therefore, the smaller the norm of the initial vector function, the longer the solution existence time of the initial and boundary value problem for a one-dimensional Boltzmann's moment system equations and vice versa.

References

1. Kogan M.N. Dynamic of rarefied gas. Moscow, Nauka, 1967, 440p.
2. Barantcev R.G. Interaction of rarefied gases with streamlined surfaces. / Moskow, Nauka, 1975.- P. 343
3. Latyshev A., Yushkanov A. Moment Boundary Conditions in Rarefied Gas Slip-Flow Problems// Fluid Dynamics, March, 2004, N.2.- P.193-208.
4. Khlopkov Y.I., Zeia M.M., Khlopkov A.Y. Techniques for solving high-altitude tasks in a rarefied gas // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2014, N.1.- P.156-162.
5. G. Grad,Kinetic theory of rarefied gases.Comm. Pure Appl.Math,2,331, 1949.
6. G. Grad, Principle of the kinetic theory of gases. Handuch der Physik, -Springer, Berlin, - Vol. 12.- P.205-294.
7. A. Sakabekov, Initial-boundary value problems for the Boltzmann's moment system equations in an arbitrary approximation. /Sb. Russ. Acad., Sci. Math, 77(1), 1994. – P 57-76.
8. C. Cercignani, Theory and application of the Boltzmann equation. Milano, Italy, 1975.
9. K. Kumar, Polynomial expansions in Kinetic theory of gases. /Annals of physics, 57, 1966- P.115-141.
10. V.G. Neudachin, U.F. Smirnov, Nucleon association of easy kernel. Moscow, Nauka, 1969.
11. M. Moshinsky, The harmonic oscillator in modern physics: from atoms to quarks. /New York – London - Paris, 1960, - P.152
12. Bobylev A.V. The Fourier transform method in the theory of the Boltzmann equation for Maxwellian molecules// Dokl.Akad.Nauk USSR 225, 1975.- P.1041-1044.
13. Vedeniapin V.V. Anisotropic solutions of the nonlinear Boltzmann equation for Maxwellian molecule // Dokl.Akad.Nauk USSR 256, 1981. - P.338-342.
14. C.D. Levermore, Moment closure Hierarchies for Kinetic Theories // Journal of Statistical Physics, 1996.-Vol.83, Nos. 5/6,
15. R.G. Barantcev, M.O. Lutcet, About boundary condition for moment equations of rarefied gases. / Vestnik, Leningrad State University, mathem. and mechan.,1969.-№1, - P.92-101.
16. S. Mischler, Kinetic equations with Maxwell boundary conditions. Annales scient fique de l ENS 43, fascicule 5, 2010. - P.719-760.

17. A. Sakabekov, Auzhani Y. Boundary conditions for the one-dimensional nonlinear nonstationary Boltzmann's moment system equations// Journal of mathematical physics,55, 123507, (2014).
18. Sh. Akimzhanova, A. Sakabekov. Macroscopic boundary conditions on solid surface in rarefied gas flow for one-dimensional nonlinear nonstationary twelve moment Boltzmann system of equations. //ISSN 0965-5425, Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2019, - Vol. 59, N. 10, - P.1710–1719.
19. Pokhozhaev S.I. On an approach to nonlinear equation, /Dokl. Akad. Nauk USSR 247, 1327-1331 (1979).
20. Tartar L. Compensated compactness and applications to partial differential equations. // Non-Linear Analysis and Mechanics, Heriot-Watt Symposium, 1979, - Vol. IV, /Ed. R.J. Knops, Research Notes in Math., 39, - P.136-212.

STRENGTHENING RELATIONSHIPS IN THE "TEACHER-COMPUTER-STUDENT" SYSTEM

Botabekova R.I.
e-mail: Rah87@mail.ru
Graduate student of Al-Farabi Kazakh National University,
Faculty of Information Technologies

Abstract. *In today's digital age, the integration of technology into education is becoming widespread. One of the most important aspects of this integration is the communication between teachers, computers and students. As technology continues to evolve, it is important to explore ways to strengthen this connection and take advantage of its full potential. This article discusses the importance of strengthening the teacher-computer-student system.*

Today's students live in the world of electronic culture. The role of the teacher in the information culture is changing - he is changing from the role of the main manager to the role of the supervisor. When students work with computers, no strict restrictions and requirements are imposed on them. Therefore, if there are any difficulties in studying the material, the students will postpone the problem or may not return at all. And when working with the teacher, students are given specific tasks and goals, deadlines and ways to achieve them. The teacher instructs the students and teaches them how to behave in society. No modern technology can help an ordinary person to become a great creative person.

The purpose of writing this article is to formulate requirements and proposals aimed at strengthening the relationship between these three components. The correct use of computers by students is based on improving the relationship between teachers and students.

Keywords: *"teacher-computer-student", educational achievements of students, information and communication technologies.*

Introduction. The life of modern teachers is rapidly changing due to information and the introduction of new technologies, that is, the increase in demands and duties, low confidence and respect for teachers, students' improper use of computers during learning, and the lack of equal "teacher-computer-student" communication are the causes of many problems.

If we want the teaching process to be carried out in accordance with the modern concept of education, taking into account the rights, wishes, needs and interests of students, it is very important for teachers to acquire basic informational knowledge, as well as to follow new trends that can improve their knowledge.

The use of computer technology provides immediate communication between the student and the teacher. Feedback between teacher and student creates positive motivation for learning. The use of information technologies and computer capabilities for the purpose of automating the management of educational systems is the most appropriate tool, as evidenced by research works presented by domestic and foreign scientists.

In a traditional school, the communication process is one-sided and based on the traditional teaching method. A two-way relationship is rare. The educational process conducted in the computer classroom leads to a significant result in improving the level of communication.

Students communicate with the computer and the computer provides feedback. What is the role of the teacher? The modern teacher tends towards democratic behavior, whereas in the

traditional school, the teacher represented an untouchable authority figure. Unlike traditional teaching, where the teacher played the role of the central manager and was inaccessible, today he has found his place among the students, guiding them in the learning process. The teacher communicates with the computer where the student works (online classes), he can monitor his work and at any time help the student to solve a certain task or problem. Communication with the computer is carried out through many channels.

One of the most important goals today is to learn how to learn. Is there anything better than a computer? Computer-based learning opens up new directions, new possibilities and arouses curiosity. Training is personalized and tailored to the user. The student independently chooses the method of teaching and the time of its implementation and offers to solve exercises and tasks with the help of the teacher. Solving problems with the computer will be interesting and challenging, because the computer is perceived as a "favorite". First, it serves to "play", and learning through play is much better, more interesting and more attention-grabbing [1].

Teacher-computer communication can refer to various forms of interaction and information exchange between the teacher or instructor and students. Here are some examples of teacher-computer interactions in a computer-based learning environment:

Instructional Materials and Resources: Teachers can use computer systems to provide students with instructional materials such as text documents, presentations, videos, and interactive multimedia resources. Students can access these materials through learning management systems or online platforms.

Feedback and Assessment: Computer-aided learning systems often include mechanisms for providing feedback to students about their progress. Teachers can review individual student data and progress and provide personalized feedback and guidance based on their results. This feedback can be delivered through the computer system itself, via e-mail or through online communication tools.

Discussion forums and online chats: Many computer-based learning platforms have discussion forums or chat features where students can interact with their peers and teachers. Teachers can participate in these forums to answer questions, provide comments, or facilitate discussion. Online chats can also be used for real-time communication between teachers and students.

Virtual Classrooms and Webinars: With the advancement of video conferencing technology, teachers can conduct virtual classrooms or webinars to deliver live lectures, demonstrations, or presentations. Students can join these sessions remotely through their computers and interact with the teacher via audio, video and text chat.

E-mail communication: Teachers and students can communicate directly through e-mail. Learners can ask questions, seek clarification, or share their progress with the teacher. Teachers can provide individual guidance and support through email correspondence [2].

Literature review. In recent years, technology has been used in education in many ways and for many purposes. As new technologies emerged, they often replaced or were used concurrently with older technologies, thus dramatically changing the nature of how technology was used in classrooms.

There has been extensive research on the relationship between teacher, computer and student focusing on the impact of technology on education. A study by Johnson and colleagues (2018) highlighted the importance of a close relationship between the teacher, computer and student, suggesting that this has a positive impact on student engagement, motivation and learning outcomes [3]. Effective integration of technologies combined with advanced pedagogical practices has shown promising results in increasing student achievement (Albion, 2016).

In recent years, the concept of blended learning, which combines traditional classroom learning with online resources and tools, has gained more attention. When properly designed and implemented, blended learning environments provide a personalized learning experience and allow students to access educational content at their own pace (Graham, 2013). The teacher takes on the role of facilitator, using technology to meet students' individual needs and provide timely feedback [4,5].

In addition, research shows that professional development programs for teachers play a key role in strengthening the "teacher-computer-student" system [6]. Teachers need training and support to effectively incorporate technology into their teaching practice, which promotes continuous communication between the classroom, computers, and students (Ertmer, 2015).

Hadley and Sheingold found that teachers in the United States used computers in a variety of ways, reporting changes in instructional practices including: providing students with more challenging material, providing students with more individualized attention, and allowing students to work independently. Glennan and Melmed studied 5 "technology-rich schools" in Santa Monica, California, where the curriculum was changed and the school day was reorganized to make better use of technology. These schools were considered "representative of national best practices" and demonstrated that technology can be used to restructure students' learning experiences and improve learning outcomes. Harris found that the highest percentage of computer and Internet use was for preparing instructional materials. The lowest percentage of computer and Internet use is for student learning purposes. Teachers used word processing mainly to prepare teaching materials, to instruct students in the classroom and in the interactive laboratory. The second most used web search was [7].

Research methods. A mixed method research approach was used to study ways to strengthen the "teacher-computer-student" system. The research included a combination of qualitative and quantitative methods to obtain comprehensive information. Qualitative research methods, such as interviews and observations, were conducted to gather detailed feedback from teachers, students, and technologists. In addition, a quantitative survey was conducted among different groups of teachers and students to quantify their experiences and opinions on the topic. The data collected by these methods were analyzed and general themes and patterns were identified that form the basis of the findings discussed in this article.

The current study provided a comprehensive study of computer use in the classroom by middle school students and teachers. For this purpose, a questionnaire was compiled that indicated the important dimensions of teachers' use of computers: computer-based instruction, computer-guided instruction, and computer-assisted instruction. The results showed that teachers often use the computer to update subject knowledge and teaching skills, develop lesson plans, prepare additional study material, communicate necessary information via the Internet, and prepare a question bank. They sometimes used the computer to demonstrate something in the classroom, display student work on the school website, prepare tests, simulations, games, and student assignments. Students, in turn, use it to search for additional information, clarify homework, repeat, distribute and share information [8].

In order to determine the relationship between the "teacher-computer-student" subsystem, the work of "increasing the efficiency of interaction between the basic middle classes (grades 5-7) and upper classes (grades 8-11)" was carried out, mini-trainings, master classes, educational hours were held, a survey was obtained.

The results of the survey before and after the work carried out for the purpose of research are as follows (Table 1):

In-school survey	**The conclusion of the pre-research survey**	**The result of the survey after the research work**
You can learn without the help of a teacher	80%	48%
The level of communication between the teacher and the student	56%	72%
Support for the lesson by the teacher	64%	84%
Effectiveness of teacher-computer-student communication	69%	85%
Effectiveness of student-computer communication	72%	63%

For four days, one group of students studied on their own with the help of a computer, while the teacher explained the material to the students of the other group using computer technology together. According to the obtained results, before the measures taken, 80% can be educated without the help of a teacher, 64% are not supported at the appropriate level by the teacher, the effectiveness of the teacher-computer-student relationship shows 69% indicators, after the conducted work, the students' minds began to change, that is, the indicator is that it is possible to learn without the help of a teacher. decreased by 48%, the rate of inadequate support from the teacher increased by 84%, the effectiveness of teacher-computer-student communication increased by 85%. The final test on computer science showed that the lesson conducted through the teacher-computer-student connection achieved good results.

Analysis and results. Effective classroom communication is the foundation of good educational outcomes. Research confirms that teachers who deliver lessons lead to better grades and retention rates, and higher dropout rates are due in part to poor classroom relationships. In order to maintain the "teacher-computer-student" connection, it is important to have a good relationship between teachers and students. Good teacher communication improves student engagement, including learning to express themselves, persuade, advocate, and ask questions. Good classroom communication can improve behavior and communication, identify social problems at school before they start, and act as a foundation for social and emotional learning. Students who can communicate effectively are better able to protect their social and emotional needs and are less likely to engage in acting out, distraction, or other negative behaviors [9].

Teachers who keep up with the times are now psychologically and technically ready to use information technology in teaching. Any stage of the lesson can be revived by introducing new technical tools. The introduction of information and communication technologies into the educational process allows teachers to organize various forms of educational and cognitive activities in the classroom, to create active and purposeful independent work of students. The computer can be used at all stages of the lesson: during the preparation of the lesson, and during the learning process: during the explanation of new material, during lesson approval and during lesson monitoring.

Communication between a teacher and computer learners can take various forms, depending on the context, technology, and goals of the learning process. Here are some common methods of communication:

In-Person Classroom Teaching:

In a traditional classroom setting, teachers and learners communicate face-to-face. This can involve lectures, discussions, group activities, and one-on-one interactions.

Virtual Classrooms:

In virtual classrooms, teachers and learners communicate through video conferencing tools like Zoom, Microsoft Teams, or Google Meet. They can see and hear each other in real-time, making it similar to in-person communication.

Online Learning Platforms:

Many educational institutions use online learning management systems (LMS) like Moodle, Canvas, or Blackboard. Teachers can post lectures, assignments, and quizzes, and learners can communicate through discussion boards, messaging, and email within the platform.

Email:

Teachers and learners often use email for asynchronous communication. Learners can ask questions, seek clarification, and submit assignments via email.

Chat and Messaging Apps:

Tools like Slack, Microsoft Teams, or WhatsApp can facilitate real-time communication between teachers and learners. They can create dedicated groups or channels for discussions and announcements.

Discussion Forums and Social Media:

Teachers can create discussion forums on platforms like Reddit or use social media groups for educational purposes. Learners can participate in discussions, share resources, and ask questions.

Video Tutorials and Webinars:

Teachers can create pre-recorded video tutorials or host live webinars to deliver content and interact with learners. Learners may have the option to ask questions during live sessions.

Feedback and Assessment:

Teachers provide feedback on assignments and assessments. This can be done through written comments, audio feedback, or even video feedback to offer personalized guidance.

Office Hours:

Teachers may schedule virtual office hours where learners can join for one-on-one or small group discussions to seek help or clarification on course material.

Collaborative Tools:

Tools like Google Docs, Microsoft Office 365, or collaborative coding platforms allow real-time collaboration on documents or coding projects, enabling teachers to provide guidance as learners work.

Learning Analytics:

Learning analytics tools can help teachers monitor learner progress and engagement, allowing them to intervene or offer support when needed.

Feedback Surveys:

Teachers can use surveys and feedback forms to gather input from learners about their experiences, understanding, and needs in the course.

Effective communication is essential for successful teaching and learning. Teachers should choose the communication methods that best suit their teaching style, the subject matter,

and the needs of their learners. It's also important to consider accessibility and inclusivity to ensure that all learners can participate in the communication process.

Having a close relationship with the student and the computer, the teacher can solve many problems and contradictions of teaching related to the reception, processing, reception, use of scientific data and assimilation of rapidly developing new knowledge. Teachers are the creators of productive classroom environments that can develop the skills needed now and in the future. Teachers from different districts, cities, schools and classes are united by one goal: to help students learn and study. School closures during the pandemic have forced teachers to quickly adopt new online learning methods and learn how to use technology in the classroom. New computer technologies allow teachers to adapt to any learning style. Teachers need communication skills, interpersonal skills, critical thinking skills, problem solving skills, and more. not only know the importance of such skills, but at the same time they should be able to teach these skills to their students by mastering these skills in order to communicate effectively [10].

Students can access educational resources with the help of computer technology. These resources are presented in text or video format. In teaching complex concepts, it is necessary to create opportunities for students to use the network and view the material. In learning through new ways of teaching and learning, students do not only listen and copy, but also take active actions. Active activities include thinking, reading, speaking, discussing, writing, arguing, debating. With the help of new technology, the child learns and learns to make decisions independently. In teaching through new methods of education and learning, knowledge is not given in a ready state, it is acquired only through active actions, that is, having a hand-to-hand relationship with students, working together with them, creating a dialogue [11].

Conclusion. Modern innovative technologies are a guarantee of improving the quality of education. Using it in its own degree has a great influence on making the student creative. I use new technologies in my classes to increase the effectiveness of teaching. The peculiarity of new technologies is their comprehensive impact on the student. That is, it not only acquires knowledge or the curriculum, but also leads to the improvement of the individual's cognitive abilities, self-actualization, formation of creative abilities, self-education, desire to search and entrepreneurship, study-cognitive enthusiasm, and comprehensive development of the individual. Each teacher is the leader of his class. It's up to you how you want to start the migration [12]. And the ability to correctly direct the movement depends on his skills. The use of computers in school and distance education should only be used as an additional method of instruction and should be used only when necessary. Nothing can replace a lively relationship between a student and a teacher.

When a teacher teaches a child, both sides participate in the process, but when a child is taught by a computer, only the student is active. When we are looking for a solution to a problem, the computer has a fixed set of answers and cannot add anything from its own experience, providing specific answers to specific questions. If you start asking additional questions, you will most likely see "no answer found" on the screen. At the same time, if the student asks the teacher, he can get an answer to any question. In addition, the student should read the topic carefully, because the teacher is unlikely to show possible answers to his questions [13].

When teaching a person with a computer, it does not require the student to delve deeply into the meaning of the topic being taught, if problems arise, the child can postpone the study and then not return to the missed material at all. We find that unless we are given clear deadlines, we rarely try to finish what we start on our own. Very few people finish work unless

necessary. In fact, there is an emotional connection between the teacher and the students who need care and attention. After all, getting an education is not easy for everyone. If the day comes when computers replace teachers, the day may also come when humans no longer need the family because many jobs can be done by machines. But there are things that cannot be replaced by anything else. The most important of them are emotions like love, care and affection. Even though we are technologically advanced, neither these things nor the teacher's approach to teaching can ever be replaced, but online learning is becoming more and more popular every day. The use of computer technologies in the educational process, project creation, video, graphic design, animation and structural determination - leads to the emergence of a new method and its type of organization. At the level of the modern developed society, if we believe that it is necessary to educate socially active individuals with developed creative abilities for the future of our country, its foundation lies in the teaching of computer science. As the field of education evolves, it is very important to prioritize strengthening the teacher-computer-student system. Using an integrated research methodology that includes both qualitative and quantitative approaches, this article explores the importance of this relationship. Based on the information obtained from the literature, we understand that the powerful system "teacher-computer-student" has a positive effect on the activity, motivation and learning results of students.

Achieving this goal requires cooperation between teachers and students. This requires a holistic approach to the effective integration of technologies supported by teacher professional development programs. By using technology as a tool for collaboration and personalized learning, teachers can foster meaningful connections and create a rich learning environment. Undoubtedly, using the potential of the "Teacher-Computer-Student" system will pave the way for improved quality of education that prepares students for the demands of the digital age.

List of references

1. Fomichenko A.S. Relationships in the "teacher-student" system as a condition for the success of the school's activity // Psychological science and education. 2017. Volume 22. No. 5. S. 39–47. DOI: 10.17759/pse.2017220505
2. Pianta R.C., Hamre B.K., Burchinal M. A course on effective teacher-child interactions: Effects on teacher beliefs, knowledge, and observed practice // American Educational Research Journal. 2012. Vol. 49. P. 88-123.
3. Johnson, M. L., Becker, S. A., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Hall, C. (2018). NMC/CoSN Horizon Report: 2017 K12 Edition. The New Media Consortium.
4. Albion, P. R. (2016). Evaluating the Impact of a Classroom Response System in Higher Education. Australasian Journal of Educational Technology, 32(2), 59-74.
5. Ertmer, P. A. (2015). Teacher Pedagogical Beliefs: The Final Frontier in Your Quest for Technology Integration? Educational Technology Research and Development, 63(3), 483-500.
6. Graham, C. R. (2013). Emerging Practice and Research in Blended Learning. In M. G. Moore (Ed.), Handbook of Distance Education (3rd ed., pp. 333-350). Routledge.
7. Jyoti Bhalla. Computer Use by School Teachers in Teaching-learning Process // Journal of Education and Training Studies – 2013 - DOI:10.11114/jets.v1i2.98
8. Britt J.E. Teacher-student relationships and student achievement in grades six and seven mathematics. VA, Lynchburg: Liberty University, 2013. 287 p.
9. Sannikova M.Yu., Antropova T.S. Increasing the efficiency of interaction in the "teacher-student" system // Municipal education: innovations and experiments. 2013. No. 4. S. 57-61.

10. Siddiq, F., Scherer, R. The relationship between teachers' emphasis on the development of students' digital information and communication skills and computer self-efficacy: the moderating roles of age and gender. Large-scale Assess Educ 4, 17 (2016). https://doi.org/10.1186/s40536-016-0032-4
11. Gablinske, Patricia Brady, "A CASE STUDY OF STUDENT AND TEACHER RELATIONSHIPS AND THE EFFECT ON STUDENT LEARNING" (2014). Open Access Dissertations. Paper 266. https://digitalcommons.uri.edu/oa_diss/266
12. Blokhovtseva G.G. Prospects for the development of remote education. Advantages and disadvantages. International scientific journal "Symbol Nauki", No. 10-2/2016.
13. Grinchenko N.A. Indicators of health culture of students in an educational school. International scientific journal "Symbol Nauki", No. 10-2/2016.

DATA MINING: THEORY AND PRACTICE IN THE MODERN WORLD

Shadman I.N.
e-mail:ilias00shadman@gmail.com
Institute of Automation and Information Technologies of KazNTRU

Abstract. This scientific article is devoted to data mining (Data Intelligence) and its role in modeling complex systems and making decisions based on data. We discuss mathematical models, statistical methods, and modern technologies, as well as identify challenges and prospects in this area. Mathematical models for optimization of complex systems are analyzed, methods of mathematical logic and statistics are applied. Programming languages and technologies for processing big data, including artificial intelligence and neural networks, are considered. Current challenges in the field of data privacy are discussed and prospects for the development of data mining in the future are identified.

Introduction. In the modern information society, data has become an integral part of life, and their analysis and processing play a key role in various fields, from business to science. Data mining (Data Intelligence) is a set of methods and technologies designed to extract valuable information from data, as well as to model and optimize complex systems.

The purpose of this article is to review the theoretical foundations and practical aspects of data mining, with an emphasis on its role in modeling and optimizing complex systems and business processes. We will consider mathematical models, statistical methods and modern computing technologies used in this field.

Table 1

Basic concepts in data mining

Concept	Description
Data mining	a data analysis methodology for identifying patterns and creating predictive models.
Mathematical models	formal descriptions of real systems used for their analysis and optimization.
Statistical methods	Statistical-based methods for data analysis and hypothesis testing.

Least squares method:

$$min_{\beta} \sum_{i=1}^{n} (y_i + X_i\beta)^2 \quad (1)$$

Formula (1) is an optimization problem, where
min_{β} - model parameters,
y_i - observed values,
$X_i\beta$ - features.

Table 2

Examples of modern technologies in data analysis

Technology	Description
Machine learning	Algorithms that allow computers to "learn" from data and predict results.
Neural networks	Models inspired by biological neural networks used in image and text processing tasks.
Big Data processing	Technologies for storing, processing and analyzing large amounts of data (Big Data).

In this article, we will present an overview of the main concepts, methods and applications of data mining, as well as consider the challenges and prospects in the development of this area.

Chapter 1: Modeling and Optimization of Complex Systems

1.1. Definition of Data Mining and Its Place in the Modeling of Complex Systems

Data mining, also known as knowledge discovery in databases (KDD), is a multidisciplinary field that plays a pivotal role in understanding and extracting valuable insights from large datasets. In the context of modeling complex systems, data mining encompasses a wide range of techniques and methodologies for analyzing data to reveal hidden patterns, relationships, and trends. These insights serve as the foundation for constructing mathematical models that capture the behavior of complex systems.

At its core, data mining involves the systematic process of data collection, preprocessing, exploration, and interpretation. The goal is to transform raw data into actionable knowledge. This knowledge can then be used to construct mathematical models that represent the underlying dynamics of complex systems.

Complex systems are characterized by numerous interacting components, making them inherently difficult to understand and optimize through traditional analytical approaches. Data mining bridges this gap by providing tools and techniques to uncover the underlying structure within the complexity. Whether it is modeling the behavior of financial markets, predicting the performance of manufacturing processes, or optimizing transportation networks, data mining offers a powerful set of tools to tackle these challenges.

1.2. Mathematical Models of Complex Systems

Mathematical modeling is a fundamental aspect of understanding and optimizing complex systems. These models provide a formal representation of the relationships between the components of a system, allowing for analysis, prediction, and optimization. In the context of data mining and complex systems, mathematical models serve as the bridge between data- driven insights and actionable decisions.

Mathematical models can take various forms, such as differential equations, statistical models, or machine learning models. They encapsulate the quantitative relationships between the system's variables, parameters, and constraints. These models

aim to capture the essential characteristics of the system, enabling us to simulate its behavior under different conditions and make informed decisions.

The selection of an appropriate mathematical model depends on the nature of the complex system and the available data. For instance, in financial modeling, stochastic differential equations may be used to capture the dynamics of asset prices, while in supply chain optimization, linear programming models can be employed to find the most efficient allocation of resources.

1.3. Examples of Optimization Problems Using Machine Learning and Data Analysis Methods

Example 1: Healthcare Resource Allocation

In the healthcare sector, optimizing the allocation of resources, such as hospital beds, medical staff, and medical supplies, is critical to ensure efficient patient care and minimize costs. Data analysis can help healthcare institutions make informed decisions.

Problem: Given historical patient admission data, optimize the allocation of hospital beds to minimize patient wait times while staying within budget constraints.

Solution: Using machine learning, hospitals can predict patient admission rates and acuity levels. These predictions enable the dynamic allocation of beds and staffing levels in real-time. Data-driven decision-making leads to better patient outcomes and resource utilization.

Example 2: Energy Consumption Forecasting

Energy companies face the challenge of optimizing energy production and distribution while minimizing costs and environmental impact. Predictive analytics can help optimize energy generation and distribution.

Problem: Forecast electricity demand at various times and locations to optimize power generation and minimize excess capacity.

Solution: By analyzing historical consumption patterns, weather data, and other factors, machine learning models can predict electricity demand accurately. Utilities can adjust power generation in real-time, reducing the need for backup power sources and decreasing costs.

Example 3: E-commerce Sales and Inventory Management

Online retailers need to optimize inventory levels to prevent overstocking or stockouts, which can lead to financial losses and poor customer experiences.

Problem: Optimize inventory levels for thousands of products to maximize sales and minimize holding costs.

Solution: Machine learning models can analyze historical sales data, seasonality, marketing campaigns, and external factors like holidays to predict future demand. Retailers can adjust inventory levels accordingly, reducing holding costs and improving customer satisfaction.

Example 4: Transportation Routing and Delivery

Logistics companies aim to optimize delivery routes to reduce fuel consumption, delivery time, and operational costs.

Problem: Optimize delivery routes for a fleet of vehicles to minimize fuel consumption and delivery times while adhering to traffic constraints.

Solution: Data analysis and machine learning can consider real-time traffic conditions, delivery schedules, and vehicle capacities to determine the most efficient routes. This optimization reduces fuel costs and enhances delivery efficiency.

These examples illustrate the versatility of data mining and machine learning in solving optimization problems across different domains, from healthcare and energy to e-commerce and transportation. By leveraging data-driven approaches, organizations can make smarter decisions, allocate resources efficiently, and enhance overall system performance.

Chapter 2: Mathematical Logic and Statistical Methods

2.1. The Role of Mathematical Logic in Data Mining

Mathematical logic serves as the foundation for formalizing relationships and patterns within data. It enables the development of precise models and rules for data-driven analysis.

Table 3

Truth Table for Propositional Logic

P	Q	P AND Q	P OR Q	NOT P
0	0	0	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	0
1	1	1	1	0

In data mining, propositional logic, as exemplified by the truth table above, helps formulate rules and conditions for association rule mining.

2.2. Statistical Methods for Data Analysis and Their Mathematical Justification

Statistical methods are essential for analyzing data, making predictions, and quantifying uncertainty. They are grounded in mathematical principles and logic.

Formula 2: Confidence Interval for Population Mean (μ) with Sample Mean ($\bar{x}$) and Standard Error (SE)

The confidence interval is calculated as:

$$CI = \bar{x} \pm Z * (SE) \quad (2)$$

Where:

CI - Confidence Interval,

$\bar{x}$ - Sample Mean,

Z - Z-score (critical value based on confidence level), SE - Standard Error.

Table 4

Hypothesis Testing Steps

Step	Description
1. Formulate Hypotheses	Define null and alternative hypotheses.
2. Collect Data	Gather relevant data for analysis.
3. Choose Significance Level	Select the desired confidence level (e.g., α = 0.05).
4. Perform Test	Conduct the statistical test (e.g., t-test or chi-square).

5. Analyze Results	Assess if results are statistically significant.
6. Make Conclusion	Accept or reject the null hypothesis.

2.3. Examples of the Use of Statistical Methods in Solving Problems

Example 1: A/B Testing in Online Marketing

A/B testing involves comparing two variations (A and B) to determine which performs better in terms of user engagement or conversion rates. The formula for calculating the t-statistic in a two-sample t-test is:

$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{\frac{s^2_1}{n_1} + \frac{s^2_2}{n_2}}} \tag{3}$$

Example 2: Predictive Analytics in Healthcare

Logistic regression models are used for predicting binary outcomes, such as patient readmission. The logistic regression equation is:

$$\ln\left(\frac{1}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_k X_k \tag{4}$$

Example 3: Quality Control in Manufacturing

Control charts are employed for monitoring and controlling processes. The control chart formula for the upper control limit (UCL) is:

$$UCL = \overline{X} + Z\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \tag{5}$$

In this chapter, we have explored the role of mathematical logic and statistical methods in data mining, providing tables and formulas to illustrate key concepts. These tools form the basis for rigorous data analysis and modeling. In subsequent chapters, we will delve deeper into specific mathematical and statistical techniques and their practical applications.

Chapter 3: Computational Mathematics and Programming

3.1. Fundamentals of Computational Mathematics in Data Analysis

In the field of data analysis, computational mathematics forms the backbone of algorithm development, enabling the processing and interpretation of vast datasets. It provides the mathematical foundations for data-driven insights and analytical solutions.

Computational mathematics encompasses a range of mathematical techniques, including numerical analysis, linear algebra, and optimization methods. These techniques are essential for solving complex data analysis problems, such as regression analysis, clustering, and machine learning.

Table 5

Numerical Methods for Data Analysis

Method	Description
Newton-Raphson	Iterative method for finding roots of equations.
Gaussian Elimination	Technique for solving systems of linear

	equations.
Gradient Descent	Optimization algorithm for function minimization.

The update rule for gradient descent is:

$$\theta_{i+1} = \theta_i - \alpha \nabla J(\theta_i) \tag{6}$$

Where:
θ_{i+1} - Parameter vector at iteration,
θ_i = Learning rate,
$\alpha \nabla J$ = Gradient of the cost function with respect to θ_i.

3.2. Programming Languages for Implementing Data Analysis Algorithms

Selecting the right programming language is crucial for implementing data analysis algorithms efficiently. Different programming languages offer distinct advantages for various data analysis tasks.

Table 6

Programming Languages for Data Analysis

Language	Strengths
Python	Widely used for machine learning and data manipulation.
R	Specialized for statistics and data visualization.
Julia	Known for high-performance numerical computing.
SQL	Ideal for database querying and data retrieval.

Each of these languages is tailored to different aspects of data analysis, allowing data scientists and analysts to choose the most suitable tool for their specific needs.

3.3. Implementation and Optimization of Algorithms

Efficient implementation and optimization of algorithms are critical for processing large datasets in a reasonable time frame. This involves algorithm design, code optimization, and parallelization techniques.

The time complexity of an algorithm, often denoted as O(f(n)), represents the growth rate of computational time as a function of input size, n.

Optimization techniques, such as parallel computing, can significantly accelerate data analysis tasks. Parallelization allows data analysts to leverage multiple CPU cores or distributed computing environments for faster processing.

Table 7

Performance Improvement through Parallelization

Number of Cores	Execution Time (seconds)
Single Core	120 seconds
Dual Core	65 seconds
Quad Core	32 seconds

In this chapter, we have explored the fundamentals of computational mathematics in data analysis, discussed programming languages suitable for implementing data analysis algorithms, and touched upon algorithm implementation and optimization techniques. These elements are essential for data analysts and scientists to navigate the complexities of data analysis effectively.

References:

1. Chua L., Yang L. Introduction to Data Mining / IEEE Transactions, 1998. – Vol. 35. – P. 1273–1290).
2. Ou C. Python for Data Analysis / Nonlinear Analysis: Real World Applications, 2019. – Vol. 10. – P. 2652– 2658.
3. Hartman P. Ordinary differential equations / Hartman P. – Boston: Birkhauser, 2002.
4. Akhmet M., Fen M.O. Data Science for Business / Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul., 2017. – Vol. 48. – P. 85–94.
5. Ahmed Mahfouz, Tarek M. Mahmoud, Ahmed Sharaf Eldin. A Survey on Behavioral Biometric Authentication on Smartphones. Journal of Information Security and Applications, 2017. - Vol. 37.
6. Elena Pagnin, Aikaterini Mitrokotsa. Privacy-Preserving Biometric Authentication: Challenges and Directions. Hindawi, Security and Communication Networks, 2017.
7. Zhang Rui, Zeng Yan. A Survey on Biometric Authentication: Toward Secure and Privacy-Preserving Identification. in IEEE Access, 2019. - Vol. 7.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОИЗОЛИРОВАННОГО СТЕРЖНЯ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

Кудайкулов А.К.[1], Ташев А.А.[1,2], Аршидинова М.Т.[2], Айтбаева Р.Б.[1]

e-mail: mukaddas_arshidi@mail.ru

[1] Институт механики и машиностроения КН МНВО РК, Казахстан [2]Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, Казахстан

Аннотация. *Во многих отраслях машиностроения в качестве несущих деталей используются стержни переменного поперечного сечения ограниченной длины, которые находятся под воздействием разнородных источников тепла. Для выбора оптимальных характеристик материала несущих элементов необходимо исследовать термомеханические характеристики этих деталей. В статье рассматривается аналитическое решение задачи теплопроводности в стержне переменного сечения ограниченной длины, так же исследуются другие термомеханические характеристики стержня.*

Ключевые слова. Тепловой поток, температура, деформация, напряжение, перемещение, удлинение и осевая сила.

Введение. В [1,2] рассматриваются общие проблемы по использованию метода конечных элементов для определения термомеханических характеристик различных твердых тел.

В [3] предложены вычислительный алгоритм и метод определения температурного поля по длине стержня ограниченной длины и переменного поперечного сечения. Они основаны на фундаментальных законах сохранения энергии. Также получено аналитическое решение задачи.

В [4] рассматривается энергетический метод определения закона распределения температуры, трех составляющих деформации и напряжений, при условии жесткого закрепления обоих концов стержня переменного поперечного сечения. При этом на один конец стержня воздействует тепловой поток, а на другом конце происходит теплообмен с окружающей средой.

В [5] получено стационарное решение задач теплопроводности для стержня прямоугольного сечения с заданной начальной температурой. При этом использован метод, называемый временным разделением.

В [6] рассматриваются точные нестационарные решения теплопроводности в двумерных прямоугольниках, нагреваемых на границе. Для решения задачи использован стандартный метод разделения переменных, состоящий из двух частей: стационарной и переходной. Даны новые процедуры для построения стационарного решения в виде одного суммирования, одно из которых имеет собственные значения в однородном направлении, а другое имеет собственные значения в неоднородном направлении. Показано , что нестандартные решения имеют гораздо лучшую сходимость на нагретой границе и вблизи нее, чем стандартные формы.

В [7] исследуется стационарная задача теплопроводности с использованием локальной дробной производной. Получено аналитическое решение локального дробного уравнения Пуассона. Предлагается метод локального дробного функционального разложения для нахождения аналитического решения уравнения в частных производных для стационарной задачи теплопроводности.

В [8] рассматриваются теплопроводность, конвективный теплообмен, теплообмен излучением, тепловой и гидромеханический расчеты теплообменных устройств, а также тепло- и массообмен при фазовых и химических превращениях.

В [9] изложены основы расчета теплопередачи через слой вещества. Приведены решения задач по определению потоков тепла через слой вещества с различными условиями на границах слоя и различными свойствами вещества слоя. Рассмотрены случаи цилиндрических и сферических слоев.

В [10] предлагается локальный дробный метод Эйлера для решения стационарной задачи теплопроводности. Приведено численное решение локального дробного уравнения теплопроводности. Произведено сравнение численного и точного решений.

Работа [11] посвящена численным методам решения задач нестационарной теплопроводности с учетом релаксации теплового потока. Представлена математическая модель на основе системы уравнений теплопроводности гиперболического типа для расчета температурного поля в двухслойной бесконечно-протяженной пластине с условиями сопряжения идеального контакта.

Постановка задачи. Теплоизолированный по бокам стержень переменного сечения (радиус меняется линейно *ax+b)* с длиной *L,* с левого торца которого подается тепловой поток *q*, а на правом конце происходит теплообмен с окружающей средой, температура которой *Toc* (рисунок 1). Необходимо определить термомеханические характеристики стержня.

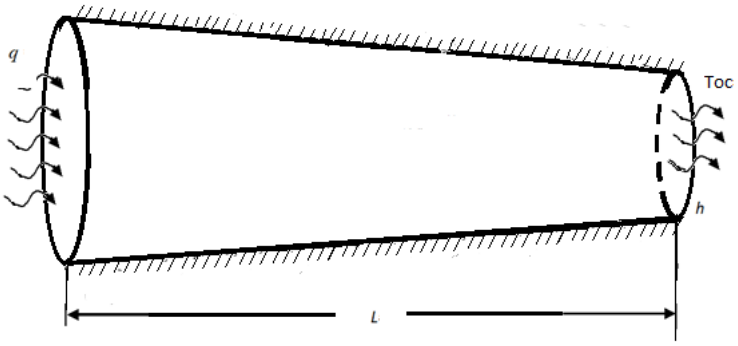


Рисунок 1. Расчетная схема

Уравнение теплопроводности для этой задачи имеет вид

$$Kxx\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+Kxx\frac{\partial T}{\partial x}\left(\frac{1}{F(x)}\frac{dF(x)}{dx}\right)=0 \qquad (1)$$

или

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial T}{\partial x}\frac{dLn(F(x))}{dx}=0,$$

при ограничениях

$$K_{xx}\frac{\partial T}{\partial x}|_0 - q|_0 = 0, \tag{2}$$

$$K_{xx}\frac{\partial T}{\partial x}|^L + h(T - T_{oc})|^L = 0. \tag{3}$$

Радиус меняется как $ax+b$. Поэтому площадь поперечного сечения в точке x есть $F(x)=\pi(ax+b)^2$, а $\frac{dF(x)}{dx} = 2\pi a(ax+b)$. Подставляя в уравнение (1) имеем

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \left(\frac{2a}{ax+b}\right)\frac{\partial T}{\partial x} = 0. \tag{4}$$

Для решения этого уравнения делаем замену переменных $y=\frac{\partial T}{\partial x}$. Тогда $\frac{\partial y}{\partial x}=\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$.

Тогда уравнение имеет вид

$$\frac{\partial y}{\partial x} + \left(\frac{2a}{ax+b}\right)y = 0.$$

Решаем это уравнение

$$\int\frac{\partial y}{y} = -\int\frac{2a}{ax+b}dx.$$

$$Ln(y) = -2\int\frac{d(ax+b)}{ax+b}dx + Ln(c_1).$$

$$Ln(y) = -2Ln(ax+b) + Ln(c_1)$$

Или

$$Ln(y) = Ln\left(c_1(ax+b)^{-2}\right).$$

Отсюда

$$y = c_1(ax+b)^{-2}.$$

Значит

$$\frac{\partial T}{\partial x} = y = c_1(ax+b)^{-2}.$$

Определим *T(x)*

$$T(x)= \int ydx = \int c_1(ax+b)^{-2}dx = -\frac{c_1}{a}(ax+b)^{-1}+c_2 . \quad (4)$$

Из ограничения (2) имеем

$$K_{xx}\frac{\partial T}{\partial x}|_0 = Kxx\frac{c_1}{b^2} = q.$$

Отсюда $c_1 = \frac{qb^2}{Kxx}$.

Из ограничения (2) имеем

$$K_{xx}\frac{\partial T}{\partial x}|_L = Kxx\frac{c_1}{(aL+b)^2} + h\left[\frac{c_1}{a}(aL+b)^{-1}+c_2-T_{oc}\right].$$

Отсюда получаем

$$c_2 = -\frac{c_1 Kxx}{h(aL+b)^2} + \frac{c_1}{a}(aL+b)^{-1} + T_{oc} .$$

Окончательно имеем

$$T(x) = -\frac{c_1}{a}(ax+b)^{-1}+c_2 .$$

Основной код программы имеет вид

```
def F(x):   c1=q*b**2/Kxx
            c2=-c1*Kxx/(h*(a*L+b)**2)+(c1/a) *(a*L+b)**(-1)+Toc
            return -(c1/a)*(a*x+b)**(-1)+c2
```

Определим закон распределения температуры для примера с исходными данными *Kxx = 75, L=7.5 ,Toc=40, h=10, q=-150, a=-0.0333, b=8*

Получим следующие значения температуры в трех узловых точках

T= [71.4657, 68468, 55.9823].

Эти же значения в трех узловых точках получаются при использовании вариационного подхода , изложенного [20], то есть аналитический и вариационный методы дают одинаковые результаты.

Определим термомеханические характеристики стержня [20]:

1) Удлинение стержня

$$\Delta L = \alpha\int_0^L T(x)dx = \int_0^L \alpha\left(-\frac{c_1}{a}(ax+b)^{-1}+c_2\right)dx = \alpha c_2 L - \frac{\alpha c_1}{a^2}\ln((aL+b)/L). \quad (5)$$

2) Осевое термическое усилие R. Воспользуясь (4) имеем

$$R = -\frac{E\Delta L}{\int_0^L \frac{1}{\pi(ax+b)^2}dx} = -\frac{\pi E\Delta L b(aL+b)}{L}. \quad (6)$$

3) Термо-упругое напряжение $\sigma(x)$ определяется как:

$$\sigma(x) = \frac{R}{F(x)} = \frac{R}{\pi(ax+b)^2}. \quad (7)$$

4) Термо-упругая деформация $\varepsilon(x)$:

$$\varepsilon(x) = \frac{\sigma(x)}{E}. \quad (8)$$

5) Температурная деформация $\varepsilon_T(x)$:

$$\varepsilon_T(x) = -\alpha T(x). \quad (9)$$

6) Температурное напряжение $\sigma_T(x)$:

$$\sigma_T(x) = E\varepsilon_T(x). \quad (10)$$

7) Упругая деформация $\varepsilon_x(x)$:

$$\varepsilon_x(x) = \varepsilon - \varepsilon_T(x). \quad (11)$$

8) Упругое напряжение $\sigma_x(x)$:

$$\sigma_x(x) = \sigma - \sigma_T(x). \quad (13)$$

9) Перемещение определяем
Тогда перемещение определяется как

$$u(x) = \int_0^x \varepsilon(z)dz. \quad (14)$$

Подставляя $\varepsilon(x)$ из (8) и вычисляя интеграл получим

$$u(x) = C_2 + \frac{C1}{\pi Eb(ax+b)} + \frac{\Delta Lx}{\pi L(ax+b)} + \alpha c_2 x + \frac{\alpha c_1}{a^2}\ln\left(\frac{b}{(ax+b)}\right). \quad (16)$$

где $C_2 = -\frac{C1}{\pi Eb^2}$.

$$C_1=\frac{\dfrac{\Delta L}{\pi(aL+b)}+\alpha c_2 L+\dfrac{\alpha c_1}{a^2}\ln\left(\dfrac{b}{aL+b}\right)}{\dfrac{1}{\pi E b}\left(\dfrac{1}{b}-\dfrac{1}{aL+b}\right)}.$$

Результаты аналитического решения представлены на рисунке 2

Были получены следующие результаты:

	Аналитический метод	Вариационный метод
Температура	T= [71.99 68.21 64.37 60.47 56.51];	T= [71.99381 68.21432 64.37489 60.474052 56.51034];
Удлинение	ΔL = 0.097508;	ΔL = 0.09682;
Осевое усилие	R= -310710.600608913;	R= -318670.7;
Деформация	eps(x)= [-0.000772673874343128, -0.000784877512404041, -0.000797372567288637, -0.000810168391913750, -0.000823274717452243];	epsx= [-0.00079 -0.0008 -0.00082 -0.00083 -0.00082] ;
	epsT(x)= [-0.000893, -0.000846, -0.000798, -0.000749, -0.000699];	epsT= [-0.0009 -0.00085 -0.0008 -0.00076 -0.00071];
	epsx(x)= [0.000120647263738160, 6.11999031868728e-5, 7.11987246358259e-7, -6.08437979154044e-5, -0.000123495723172768];	epsxx= [1.075e-04 4.770e-05 -1.310e-05 -7.500e-05 -1.114e-04] ;
Напряжение	sigma(x)= [-1545.34774868626, -1569.75502480808, -1594.74513457727, -1620.33678382750, -1646.54943490449];	sigmax= [-1584.938 -1609.9706 -1635.6008 -1661.8481 -1635.6008];
	sigmaT(x)= [-1786.6422761625756, -1692.1548311818271, -1596.16910906999,	sigmaT= [-1799.8455 -1705.358 -1609.3723

	-1498.649187996692, -1399.5579885589507]	-1511.8513 -1412.7585] ;
	sigmax(x)= [241.294527476321, 122.399806373746, 1.42397449271652, -121.687595830809, -246.991446345536]	sigmaxx= [214.9074 95.3873 -26.2285 -149.9968 -222.8423] .
Перемещение	U= [0, 0.000170642217812029, 0.000228849308934409, 0.000172644771655781, 2.77555756156289e-17]	U= [0. 0.00017094 0.00022924 0.00017294 2.77555756156289e-17]
Время вычисления	0.18 минут	0.27 минут

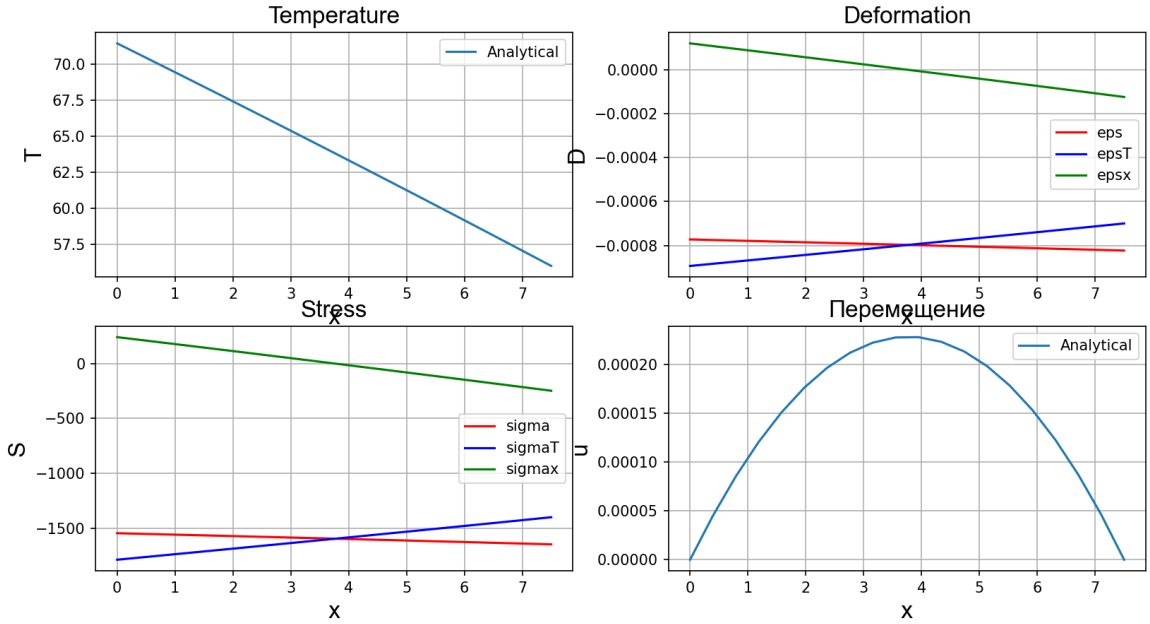


Рисунок 2. Результаты аналитического решения

Результаты решения вариационным методом представлены на рисунке 3.

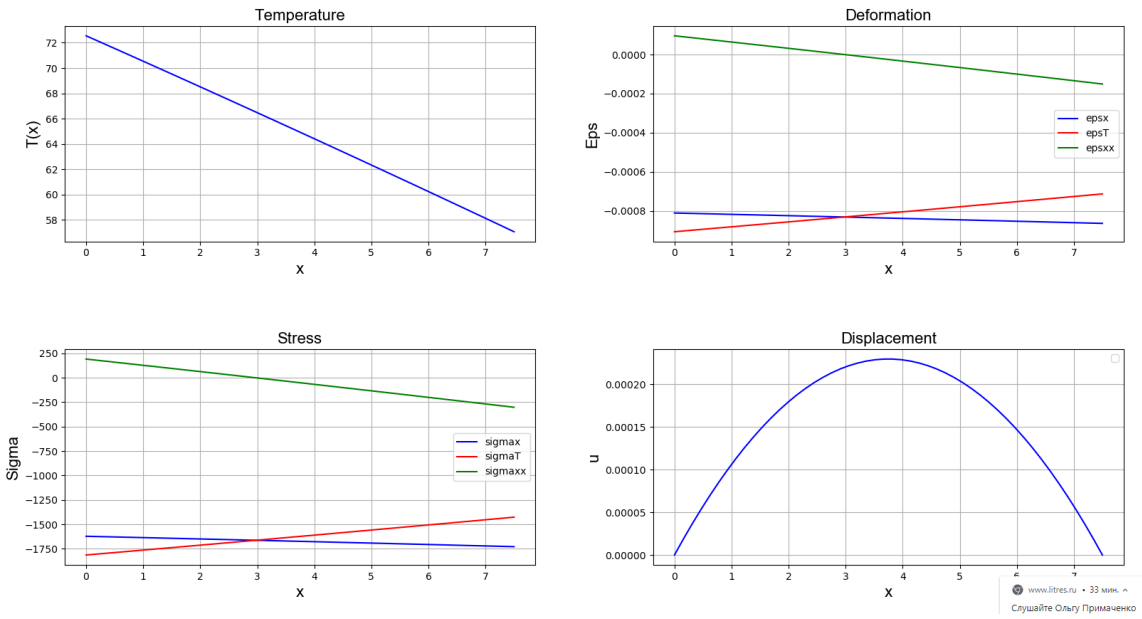


Рисунок 3. Результаты решения вариационным методом

Заключение. Получены аналитические решения задач определения закона распределения температуры и термомеханических характеристик стержня переменного сечения с теплоизолированной боковой поверхностью при воздействии теплового потока с лева и теплообмена справа, и сделан сравнительный анализ с решениями полученными вариационным методом. Показано, что результаты термомеханических характеристик, полученные в узловых точках, аналитическим и вариационным методами практически совпадают.

Работа выполнена в рамках финансирования фундаментальных научных исследований в институте механики и машиноведения имени академика У.А.Джолдасбекова.

Литература

1. Applied Finite Element Analysis by Larry J. Segerlind, 1976
2. Зенкеевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация М.: Мир, 1986-318 с.
3. Kudaykulov A., Tashev A.A., Askarova A. Computational algorithm and the method of determining the temperature field along the length of the rod of variable cross section. Open Engineering, june 2018, Warsaw POLAND (SCOPUS)
4. Arshidinova M., Begaliyeva K., Kudaykulov A., Tashev A., Numerical Modeling Of Nonlinear Thermomechanical Processes In a Rod Of Variable Cross Section In The Presence Of Heat Flow // 2018 5th International Conference on Information Science and Control Engineering. – Zhengzhou, China,2018. – P.351-354. (Scopus,Thomson Reuters 2019)
5. Beck, J. V., et al., Verification solution for partial heating of rectangular solids, International Journal of Heat and Mass Transfer, 47 (2004), 19–20, pp. 4243–4255
6. Beck, J. V., Cole, K. D., Improving convergence of summations in heat conduction, International Journal of Heat and Mass Transfer, 50 (2007), 1–2, pp. 257–268
7. Wang, X. Y., Local fractional functional decomposition method for solving local fractional Poisson equation in steady heat-conduction problem, Thermal Science, 20 (2016), Suppl. 3, pp. S785–S788

8. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.:Энергия. 1975. 488с.
9. Крайнов А.Ю. Основы теплопередачи. Теплопередача через слой вещества: учеб. пособие. – Томск : STT, 2016. – 48 с. ISBN 978-5-93629-558-4
10. F., Gao, X. J., Yang, “Local fractional Euler’s method for the steady heat-conduction problem”, Thermal Science, vol. 20, Suppl. 3, pp. S735–S738, March. 2016.
11. Петрова Л.С. Математическое моделирование процессов нагрева кусочно-однородных тел с учетом релаксации теплового потока. Интернет-журнал «Науковедение», том 9, №1 (2017),
12. Yilmazer, A., Kocar, C., Heat conduction in convectively cooled eccentric spherical annuli: A boundary integral moment method, Thermal Science, 21 (2017), 5, pp. 2255–2266
13. Endalew Getnet Tsega Численное решение трехмерного уравнения нестационарной теплопроводности в цилиндрических координатах, "Numerical Solution of Three-Dimensional Transient Heat Conduction Equation in Cylindrical Coordinates", Journal of Applied Mathematics, vol. 2022, Article ID 1993151, 8 pages, 2022.
14. Галанин М. П., Прошунин Н.Н., Родин А. С., Сорокин Д.Л. М.П.Галанин Решение трехмерного нестационарного уравнения теплопроводности методом конечных элементов с учетом фазовых переходов // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2016. No 66. 27 с. doi:10.20948/prepr-2016–66 Москва — 2016
15. В. М. Головизнин, В. Н. Котеров, В.М. Кривцов. Расчет уравнения теплопроводностина неструктурированных криволинейных сетках. // Журнал вычислительной математики и математической физики, 2011, том 51, No 11, с. 2075–2083
16. Стационарное трехмерное численное моделирование теплообмена для оценки тепловых мостов. Politehnica University of Timisoara, Faculty of Civil Engineering, Civil Engineering and Services Department, Traian Lalescu Street, Timisoara, Romania. Journal of applied engineering sciences vol. 16(19), ISSUE 1/2016 ISSN: 2247-3769 / e-ISSN: 2284-7197 ART.NO. 198, pp. 17-22
17. Р. В. Жалнин, М. Е. Ладонкина, В. Ф. Масягин, В. Ф. Тишкин Решение трехмерных уравнений теплопроводности с помощью разрывного метода Галеркина на неструктурированных сетках. // Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва, Россия, 430005, Саранск, ул. Большевистская, 68. 2 Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, Россия, 125047, Москва, Миусская пл., 4.
18. Yuriy Povstenko &Tamara Kyrylych. Fractional heat conduction in solids connected by thin intermediate layer: nonperfect thermal contact.Continuum Mechanics and Thermodynamics volume 31, pages1719–1731(2019)
19. Дождиков В.И., Порядин С.В., Дождиков К.В., Оптимизация управления процессом теплопроводности в твердом теле. Вестник ТГУ, т.14, вып.4, 2009, стр.704-705
20. Arshidinova M., Tashev A., Kudaykulov A. Developing a method of accounting for the existence of local surface heat exchange in rods of variable cross-section// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(7 (123), 53–64. DOI:10.15587/1729-4061.2023.273635 Q3- 47

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ MIMO – СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕДИКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Горбунов Д. В.
e-mail: dmitriy.gorbunov@stud.satbayev.university
Институт автоматики и информационных технологий КазНИТУ им.К.И.Сатпаева, Казахстан

Аннотация. *В данной статье рассматривается применение метода предиктивного управления (Model Predictive Control, MPC) для оптимизации динамики переходных процессов MIMO-системы над процессами бумажного производства. Основное внимание уделяется сравнению эффективности системы с использованием MPC и без него. Результаты исследования демонстрируют значительное улучшение характеристик системы при применении предиктивного управления. Также отмечается циал для снижения производственных затрат и минимизации воздействия на окружающую среду за счет оптимизации использования ресурсов и сырья.*

Ключевые слова. *Предиктивное управление, Model Predictive Control, MIMO-системы, бумажное производство, оптимизация, сложные процессы.*

Введение. Бумажное производство играет важную роль в социально-экономической структуре многих стран, предоставляя существенные возможности для развития и устойчивости [1]. Однако, несмотря на его значимость, этот сектор сталкивается с рядом проблем, связанных с эффективностью и точностью, что подчеркивает необходимость более продвинутых систем управления.

Актуальность реализации автоматизированных MIMO-систем и метода предиктивного управления (Model Predictive Control, MPC) для оптимизации процессов в бумажном производстве становится все более очевидной. Эти технологии обещают значительное улучшение характеристик системы, предоставляя гибкость и адаптивность, необходимые для современного производства.

Метод исследования. Применение методов предиктивного управления может решить ряд проблем, таких как неэффективность и неточность традиционных систем управления, сложность координации нескольких систем и отсутствие быстрой корректировки производственных процессов [2]. Исследование этих аспектов предоставит ценные данные и направления для дальнейшего развития и внедрения автоматизированных систем управления в бумажное производство.

В качестве объекта управления - бумагоделательная машина (БДМ). Этот объект представляет собой сложную многомерную и взаимосвязанную систему Multi Input Multi Output (MIMO), что делает его оптимальным для анализа возможностей предиктивного управления.

Применение метода предиктивного управления (Model Predictive Control, MPC) в данной системе направлено на создание модели, способной предсказывать будущие состояния процесса на основе текущих данных и внешних воздействий. Это позволяет оперативно корректировать входные параметры в ответ на изменения внешних условий

и требований к продукции, что обеспечивает стабильность и оптимизацию производственного процесса.

Известна математическая модель БДМ, полученной на основе структурной и параметрической идентификации, где входными параметрами для БДМ являются скорость потока сырья и температура в цилиндре [3]. Эти переменные напрямую влияют на ключевые характеристики конечного продукта, такие как влажность и толщину бумаги, которые являются выходными параметрами системы. Основываясь на идею статического диагонального упрощения (Static Diagonal Decoupling), было получено развязывающее управление объекта управления, где структурная схема развязывающего управления представлена на Рисунке 1 [4].

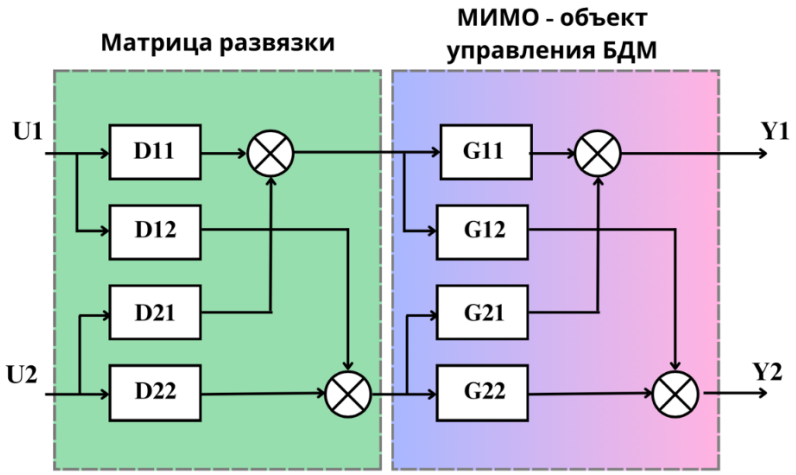


Рис. 1. Структурная схема развязывающего управления бумагоделательной машины

Передаточные функции, объекта управления БДМ принимают следующий вид:

$$G_{11}(s) = \frac{3.868}{s + 6.092};$$

$$G_{12}(s) = \frac{0.003842}{s + 0.0219};$$

$$G_{21}(s) = \frac{0.2669}{s + 0.07414};$$

$$G_{22}(s) = \frac{0.01622}{s + 0.01803}.$$

где, u_1 – поток сырья; u_2 – температура Янки-цилиндра; y_1 – влажность бумаги; y_2 – плотность бумаги;

Таким образом, $G_{11}(s)$, $G_{12}(s)$, $G_{21}(s)$ и $G_{22}(s)$ обозначают передаточные функции, характеризующие взаимосвязь между входными (u_1, u_2) и выходными (y_1, y_2) переменными процессов бумажного производства в рамках рассматриваемой MIMO-системы.

Для реализации развязывающего управления найдена развязывающая матрица $D(s)$:

$$F(s) = D(s) \cdot G(s),$$

где $F(s)$ – диагональная матрица объекта управления, передаточных функций.

С использованием статического диагонального упрощения элементы матрицы $D(s)$ будут равны обратным значениям статических коэффициентов диагональных элементов $G(s)$

На основе статического диагонального упрощения получены элементы развязывающей матрицы $D(s)$, а также матрица развязывающего элемента $D(s)$ с использованием найденных коэффициентов развязывания:

$$D(s) = \begin{bmatrix} D_{11}(s) & D_{12}(s) \\ D_{21}(s) & D_{22}(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.575 & 0 \\ 0 & 1.1116 \end{bmatrix}.$$

Коэффициенты $D_{12}(s)$ и $D_{21}(s)$ развязывающей матрицы $D(s)$ равны 0, это означает, что развязывающий элемент упрощает MIMO объект управления до диагональной формы. В данном случае развязывающее управление обеспечивает независимое управление каждым контуром управления.

Рассматривая применение предиктивного управления для этой системы. Предиктивное управление (Model Predictive Control, MPC) — это вид управления, при котором будущее поведение системы прогнозируется на основе математической модели и текущих измерений. Затем оптимизируется управляющее воздействие, чтобы минимизировать разность между прогнозируемыми и желаемыми выходными значениями системы в течение определенного горизонта прогноза [5].

Перевод системы в форму состояния-пространство (state-space) является ключевым этапом в процессе разработки контроллера с применением метода предиктивного управления (MPC) [6]. Форма состояния-пространство позволяет эффективно моделировать динамику системы, описывая, как система переходит из одного состояния в другое под воздействием управляющих сигналов. Это особенно важно для MPC, где требуется прогнозировать будущее поведение системы. Метод пространства состояний хорошо подходит для работы с многомерными системами, где имеется несколько входов и выходов [7]. Это делает его удобным для применения в MPC, который часто используется для управления сложными системами. Запишем метод пространства состояний для нашей системы:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t),$$
$$y(t) = Cx(t) + Du(t),$$

где $x(t)$ – вектор состояния системы; $u(t)$ – вектор входов (управляющих воздействий); $y(t)$ – вектор выходов; A, B, C, D – матрицы состояний.

Согласно, применению развязывающего управления и преобразования системы в форму пространства состояний, мы получили следующие матрицы системы:

$$A = \begin{bmatrix} -6.092 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.074 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.021 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0-0.018 \end{bmatrix};$$

$$B = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 0.5 & 0 \\ 0 & 0.0625 \\ 0 & 0.125 \end{bmatrix};$$

$$C = \begin{bmatrix} 3.046 & 0 & 0.096 & 0 \\ 0 & 0.578 & 0 & 0.1423 \end{bmatrix}.$$

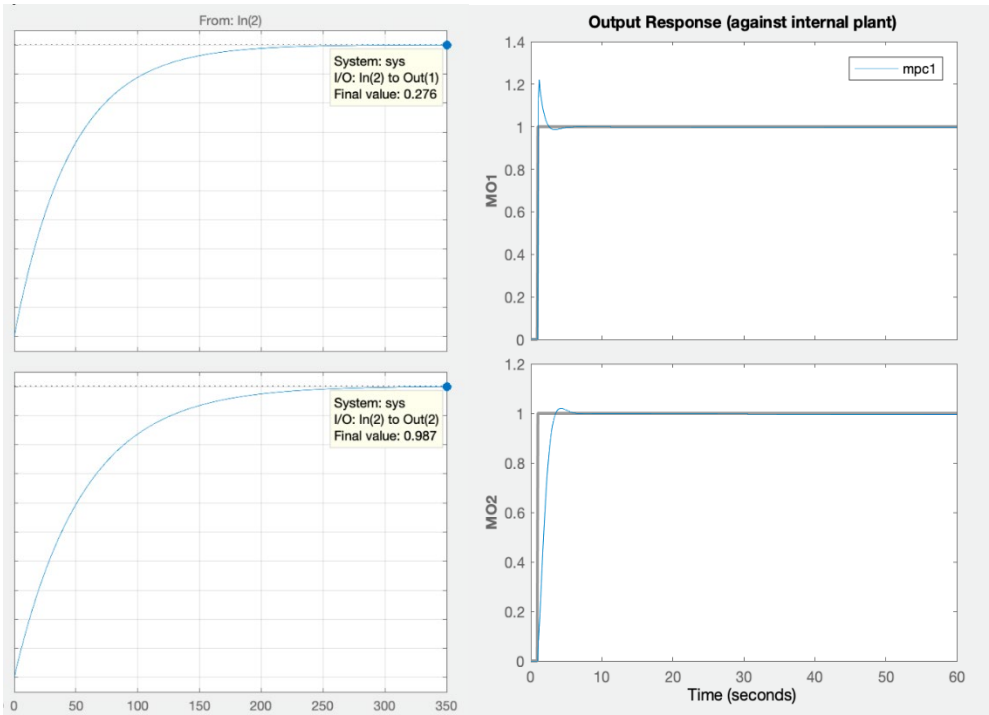
Модельное предиктивное управление (MPC) базируется на оптимизации входных сигналов системы с целью минимизации целевой функции. Эта функция представляет собой сумму квадратов отклонений выходных величин от их желаемых значений и изменений управляющих воздействий [8]:

$$J = \sum_{k=1}^{N_p} (y(k) - r(k))^2 + \sum_{k=0}^{N_{u-1}} \Delta u(k)^2,$$

где J- целевая функция; N_p – горизонт прогноза; N_u – горизонт управления; $y(k)$ – выход системы на момент времени k; $r(k)$ – желаемое значение выхода; $\Delta u(k)$ – изменение управляющего воздействия.

В среде MATLAB для настройки и анализа MPC контроллера был использован mpcDesigner. Эмпирическим путем на основе заданной математической модели бумагоделательной машины, описанной в виде пространства состояний, были выбраны значения горизонта прогноза и горизонта управления [9]:

$$N_p = 18;\ N_n = 5.$$



а) без контроллера MPC б) с контроллером MPC

Рис. 2. График выходного сигнала MO1 и MO2

В результате оптимизации удалось добиться сходимости выходных сигналов MO1 и MO2 к желаемому значению (Рисунок 2).

Канал управления 1: Вход – Расход сырья и выход – влажность бумаги (y_1). Данный канал описывает влияние расхода сырья на влажность бумаги.

Канал управления 2: Вход – Температура цилиндра и выход – Плотность бумаги (y_2). Данный канал описывает влияние температуры цилиндра на плотность бумаги.

Результаты. При помощи модельного предиктивного управления и инструментов MATLAB удалось эффективно управлять MIMO системой и добиться сходимости выходных сигналов к заданным значениям.

На Рисунке 2(б), представлены графики выходных сигналов MO1 и MO2 соответственно. Голубая линия на графиках показывает реальные значения выходных сигналов, а серая линия – желаемые или целевые значения, к которым стремятся сигналы. Как видно из графиков, с использованием подобранного MPC контроллера, выходные сигналы успешно сходятся к заданным значениям.

Результаты показывают, что применение контроллера MPC значительно улучшает точность и стабильность системы. Система с контроллером MPC быстрее достигает установившегося состояния и обеспечивает более точное слежение за заданным референтным сигналом. Это подчеркивает преимущества использования предиктивного управления в современных системах управления для достижения высокой точности и надежности. Графики переходных процессов системы с контроллером и без подтверждают эти выводы, демонстрируя повышенную точность при использовании контроллера MPC.

Заключение. В данной статье получены основные результаты:

Была разработана и проанализирована модель MIMO системы на основе данных передаточных функций объекта управления, связанных с процессами производства бумаги. Система была преобразована в форму пространства состояний, что позволило более детально исследовать её динамику и поведение.

Была успешно применена концепция развязывающего управления, для чего разработана и внедрена соответствующая матрица передаточных функций. С использованием инструмента MPC Tool в MATLAB, к системе был применен контроллер предиктивного управления.

По результатам моделирования было выявлено, что применение контроллера MPC существенно улучшает качество управления, обеспечивая более быстрый и точный отклик системы на единично ступенчатое воздействие.

Проведен сравнительный анализ работы системы с применением контроллера MPC и без него. Результаты анализа подтвердили значительные преимущества использования MPC, включая улучшенную стабильность и точность системы. На основе полученных данных были построены графики, демонстрирующие поведение системы с применением предиктивного управления и без. Графический анализ наглядно иллюстрирует улучшение характеристик системы при применении предиктивного управления.

В целом, результаты данного исследования подтверждают эффективность применения метода предиктивного управления для улучшения характеристик многомерных систем управления и могут быть использованы в качестве основы для дальнейших исследований и практического применения в области производства бумаги и других промышленных процессах.

Литература

1. Горбунов, Д.В., Ширяева, О.И. Разработка автоматизированной MIMO-системы управления процессами бумажного производства / Д.В. Горбунов, О.И. Ширяева // International Satbayev Conference. – 2023. – Vol. 4.– С. 279-286.
2. Суриков, В. Н., Буйлов, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств / В. Н. Суриков, Г.П. Буйлов/ ВШТЭ СПбГУПТД.-СПб. – 2017. – 116 с.
3. Tao, G., Multivariable adaptive control: a survey / G. Tao // Automatica. – 2014. – Vol. 11. – P. 2737–2764.
4. Yu, X., Yan, Y., Liu, Z. A. Multi-Variable Decoupling Control Method Based on Static Diagonal Decoupling for the Paper Machine / X. Yu, Y. Yan, Z.A. Liu // IEEE Access – 2011, - 9 p.
5. Evjemo, L.D., Gjerstad, T., Grøtli, E.I. Trends in Smart Manufacturing: Role of Humans and Industrial Robots in Smart Factories / L.D. Evjemo, T. Gjerstad, E.I. Grøtli // Current Robotics Reports. – 2020. – Vol. 1. – P. 35–41
6. Ay, M., Stemmler, S., Schwenzer, M. Model predictive control in milling based on support vector machines. /M. Ay, S. Stemmler, M. Schwenzer // IFAC-PapersOnLine – 2019. – Vol. 1. – P.1797–1802
7. Chen, B., Liu, Y., Zhang, C. Time series data for equipment reliability analysis with deep learning / B. Chen, Y. Liu, C. Zhang // IEEE Access. – 2021. – Vol. 8
8. Lee, J. Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems / J. Lee // Manufacturing Letters. – 2018. – Vol. 18. – P. 20-23.
9. Afram, A., Janabi-Sharifi, F. Artificial neural network (ann) based model predictive control (mpc) and optimization of hvac systems: a state-of-the-art review and case study of a residential hvac system / A. Afram, F. Janabi-Sharifi //Energy and Buildings – 2017. – P. 96-113
10. Saha, S. K., Chowdhury, S. H., Rashid, M. H. Application of expert system in pulp and paper industry / S.K.Saha, S.H. Chowdhury, M.H. Rashid // International Journal of Engineering Research & Technology – 2015. – Vol. 1.

СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ СЕПАРАЦИИ НЕФТИ

Кумекбаев Н.С.
e-mail: s.guzal.01@gmail.com
Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, Казахстан
Жусупбеков С.С.
e-mail:zhussupbekovs@mail.ru
Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Казахстан

Аннотация. *Одной из приоритетных задач экономики РК является повышение эффективности использования ресурсов в нефтедобывающем и нефтеперерабатывающем секторе. Разработка системы автоматического управления нефтегазосепаратором направлена на решение этой важной задачи, что обуславливает актуальность работы. В работе рассмотрено вопросы построение математической модели процесса подготовки нефти в трехфазном сепараторе. Математический модель установки сепарации нефти, осуществляющей разделения газа, нефти и воды, используется для устойчивой работы установки сепарации нефти. Управления нефтегазосепаратором позволит существенно улучшить качество разделения фаз в нефтесодержащей смеси на существующем технологическом оборудовании.*

Ключевые слова: *установки сепарации нефти, математический модель, синтез структуры управления, регулирование.*

Введение. Промысловая подготовка нефти является одним из важным технологическим процессом среди основных процессов, таких как добыча, сбор, подготовка и транспортировка нефти [1]. Нефть, добываемая из месторождений, всегда содержит в себе попутный газ, пластовую воду. Высокое содержание воды в нефти приводит к увеличению коррозии промыслового оборудования и трубопроводов, снижению производительности установок подготовки нефти, и как следствие, снижает их эксплуатационную характеристику, что приведет к снижению надежности работы нефтепромысловых установок [2].

Нефтепромысловые установки используется для разделения нефти, газа, воды и твердых примесей, т.е. подготовка нефти для соответствия товарным спецификациям. Технологический процесс нефтепромысловой установки состоит из сепарации (разделения жидких и газообразных веществ), которое производится в нефтегазовым сепараторе (НГС). Загрязненная и обводненная нефть, содержащую в своем составе легколетучие органические (от метана до пропана) и неорганические (сера, CO2) газовые компоненты, запрещается транспортировать и перерабатывать на нефтепереработающих заводах (НПЗ). Для транспортировки и переработки нефти необходимо провести тщательную первичную очистку на месте добычи [3,4].

В данной статье рассматривается задача создания автоматизированных систем управления на основе математической модели процесса сепарации, который позволяет снизить нагрузок оборудований первичной подготовки нефти и улучить работу магистральных нефтепроводов.

Математическая модель. Основной задачей системы управления процессом сепарации нефти является поддержание заданного значения уровня нефти, воды и давления газа в сепараторе в условиях изменения входных переменных и воздействий возмущающих факторов. Важную роль в процессе разработки систем управления занимает синтез структуры управления процессом сепарации нефти.

Рассмотрим математический модель установки сепарации нефти, осуществляющей разделения газа, нефти и воды [5-9]. Для устойчивой работы установки сепарации нефти необходимо обеспечивать: контроль расхода нефтяной эмульсии в сепаратор, уровня нефти, уровня воды и давлении газа в сепараторе, регулирование уровня нефти и воды.

Объектом регулирования является процесс сепарации нефти, а его выходные параметры – уровень нефти $h_{\text{нефть}}$, и воды $h_{\text{вода}}$, который необходимо поддерживать постоянным путем изменения производительности насосов $G_{\text{нефть}}$ и $G_{\text{вода}}$. Возмущающее воздействие в этой системе притока нефти $Q_{\text{нефть}}$ и притока воды $Q_{\text{вода}}$. Дифференциальные уравнения объекта имеют вид:

$$\frac{dh_{\text{нефть}}}{dt} = k_{\text{нефть}}^{\text{нас}}\left(Q_{\text{нефть}} - G_{\text{нефть}}\right); \quad (1)$$

$$\frac{dh_{\text{вода}}}{dt} = k_{\text{вода}}^{\text{нас}}\left(Q_{\text{вода}} - G_{\text{вода}}\right) \quad (2)$$

где $\frac{dh_{\text{нефть}}}{dt}, \frac{dh_{\text{вода}}}{dt}$ - соответственно скорость изменения уровня нефти и воды в НГС, м/с; $Q_{\text{нефть}}, Q_{\text{вода}}$- приток нефти и воды, $\text{м}^3/\text{с}$; $k_{\text{нефть}}^{\text{нас}}={}^{1}/_{F_{\text{н}}}$ - передаточный коэффициент объекта (F – площадь НГС по нефти, м^2; $k_{\text{вода}}^{\text{нас}} = {}^{1}/_{F_{\text{в}}}$ передаточный коэффициент объекта (F – площадь НГС по воде, м^2); $G_{\text{нефть}}$, $G_{\text{вода}}$-производительность насосов по нефти и воде соответственно, $\text{м}^3/\text{с}$.

Следовательно, передаточные функций объекта по каналам управления по уровню нефти и воды представляет собой астатическое звено первого порядка и имеет вид:

$$W_{\text{нефть}}(p) = \frac{h_{\text{нефть}}(p)}{(Q_{\text{нефть}} - G_{\text{нефть}})p} = \frac{k_{\text{нефть}}^{\text{нас}}}{p}; \quad (3)$$

$$W_{\text{вода}}(p) = \frac{h_{\text{вода}}(p)}{(Q_{\text{вода}} - G_{\text{вода}})p} = \frac{k_{\text{вода}}^{\text{нас}}}{p}. \quad (4)$$

Подставляя $k_{\text{нефть}}^{\text{нас}}={}^{1}/_{F_{\text{н}}}$ в уравнения (3) и $k_{\text{вода}}^{\text{нас}} = {}^{1}/_{F_{\text{в}}}$ в уравнения (4), получим передаточные функций

$$W_{\text{нефть}}(p) = 1/F_{\text{н}}p; \quad (5)$$

$$W_{\text{вода}}(p) = 1/F_{\text{в}}p \quad (6)$$

По переходному процессу расхода нефти насосного агрегата приближенно определяют передаточную функцию, который описывается апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием.

$$W_{н}(p) = \frac{k_{н}e^{-p\tau}}{T_{н}p+1} \quad (7)$$

Аналогично определяется передаточная функция процесса расхода воды насосного агрегата, который имеет следующий вид

$$W_{в}(p) = \frac{k_{в}e^{-p\tau}}{T_{в}p+1} \quad (8)$$

В результате передаточная функция эквивалентного объекта имеет вид:
- по нефти

$$W_{н}^{экв}(p) = W_{нефть}(p) \cdot W_{н}(p) = \frac{k_{н}e^{-p\tau_1}}{T_{н}p+1} \cdot (\frac{1}{F_{н}p}) \quad (9)$$

- по воде

$$W_{в}^{экв}(p) = W_{вода}(p) \cdot W_{в}(p) = \frac{k_{в}e^{-p\tau_2}}{T_{в}p+1} \cdot (\frac{1}{F_{в}p}) \quad (10)$$

где $k_{н}, k_{в}$ – коэффициенты пропорциональности; τ_1, τ_2 – запаздывания; $T_{н}$,$T_{в}$- постоянные времени.

Структурная схема системы регулирования уровня нефти и воды в сепараторе представлена на рисунке 1.

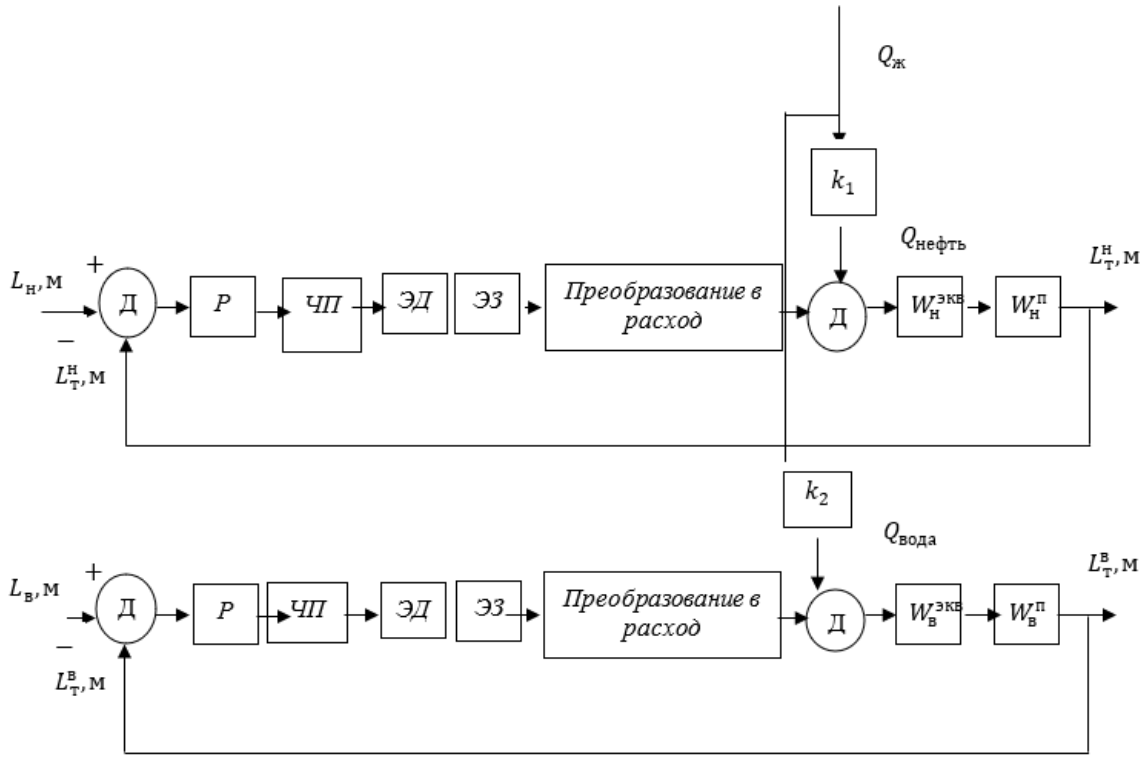


Рисунок 1. Структурная схема системы регулирования уровня нефти и воды в сепараторе

В системах регулирования технологическим процессом сепарации нефти имеется возмущающие воздействий, приводящих объект в неустойчивое состояние. В таких случаях для управления технологическим процессом используется двухконтурные системы регулирования основных параметров. Таким образом, регулирование основных параметров процесса состоит из двух контуров регулирования, каждый из которых регулирует свою технологическую величину.

Структурная схема системы автоматического регулирования (рис.1) включает следующие элементы:

Р- регулятор, ЧП- частотный преобразователь, ЭД- электродвигатель, ЭЗ- задвижка, $L_{\text{н}}$-задание по уровню нефти, $L_{\text{т}}^{\text{н}}$- текущий уровень нефти, $Q_{\text{ж}}$- расход жидкости на входе сепаратора, k_1, k_2 - коэффициенты пересчета нефти и воды, $W_{\text{н}}^{\text{п}}, W_{\text{в}}^{\text{п}}$- передаточные функций датчика уровня нефти и воды, $L_{\text{т}}^{\text{в}}$- текущий уровень воды в сепараторе.

Рассмотрим передаточные функции элементов структурной схемы автоматического регулирования уровни нефти и воды в сепараторе. Регулирующая задвижка обычно описывается интегральным звеном:

$$W_{\text{з}}(p) = \frac{1}{\text{p}} \tag{11}$$

Исполнительный электропривод в упрощенном виде может быть представлен с помощью апериодического звена первого порядка:

$$W_{\text{дв}}(p) = \frac{k_{\text{дв}}}{T_{\text{дв}}p+1} \tag{12}$$

Как и электропривод, частотный преобразователь в упрощенном виде определяется апериодическим звеном первого порядка:

$$W_{\text{чп}}(p) = \frac{k_{\text{чп}}}{T_{\text{чп}}p+1} \tag{13}$$

Преобразования доли открытия задвижки в значение расхода на выходе задвижки (соответствующий значению расхода на выходе сепаратора) рассчитывается по следующей формуле [*]:

$$G_{\text{нефть}}(\text{t})=S_{\text{н}} \cdot \sqrt{2g \cdot L_{\text{нефть}}(t)} \tag{14}$$

$$G_{\text{вода}}(t) = S_{\text{в}} \cdot \sqrt{2gL_{\text{вода}}(t)} \tag{15}$$

Передаточная функция датчика уровня можно описывать как пропорциональное звено:

$$W_{\text{н}}^{\text{п}}(p) = K_{\text{п}}^{\text{н}}, W_{\text{в}}^{\text{п}}(p) = K_{\text{в}}^{\text{п}} \tag{16}$$

В качестве регулятора выберем ПИД-регулятор, передаточная функция которого имеет вид:

$$W_{\text{пид}}(p) = K_{\text{п}} + \frac{1}{T_{\text{и}}p} + T_{\text{д}}p \tag{17}$$

ПИД-регулятор позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям. ПИД-регулятор используется в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра.

На основе экспериментальных данных и технических характеристик элементов системы управления (электродвигателя, задвижки и.т.д) определяем параметры передаточных функций.

$$W_{\text{в}}^{\text{экв}}(p) = W_{\text{вода}}(p) \cdot W_{\text{в}}(p) = \frac{1e^{-0,2}}{0,25p+1} \cdot (\frac{1}{10p})$$

$$W_{\text{дв}}(p) = \frac{3,14}{0,027p+1};\ W_{\text{чп}}(p) = \frac{2,5}{0,135p+1}$$

$$W_{\text{з}}(p) = \frac{1}{\text{p}};\ W_{\text{н}}^{\text{п}}(p) = 0,101;\ W_{\text{в}}^{\text{п}}(p) = 0,21$$

Предлагаемая система регулирования технологическим процессом сепарации нефти позволяет регулировать уровень жидкости и воды в сепараторе путем открытия или закрытия задвижки на выходе соответствующих контуров регулирования. Например, с помощью датчика уровня измеряется текущий уровень жидкости в сепараторе и сравнивается с заданием Lз. Заданное значение уровня, в соответствии с источником [6] рекомендуется принять равным 50% от высоты сепаратора, что обеспечивает максимальную площадь поверхности раздела фаз, поэтому Lз=1,524 м. В модели учитывается отвод газа. Для упрощения задачи считается, что отвод газа – величина постоянная.

Литература

1. *Слюсарев Н.И.* Основы разработки нефтяных месторождений. – СПб.: СПГГИ, 2004.
2. *Ушева, Н.В.* Влияние технологических параметров на процессы обезвоживания и обессоливания нефти [Текст] / НВ. Ушева, О.Е. Мойзес,С.Ф. Ким, С.Н. Гизатуллина С.Н. // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. -2014.-Т.57. Вып.11.- С.101-103.
3. *Громаков Е.И.* Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
4. Нефтегазовые сепараторы со сбросом воды НГСВ [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.tehnoeo.ru/product/separ/separato2/.
5. *В. Ц. Зориктуев, Ю. М. Дребская, В. В. Рощупкин*. Синтез математической модели процесса сепарации нефти в системе управления промысловой подготовкой нефти. Вестник УГАТУ, Том 13, №2 (35), Стр.78-82.
6. *Полуянов А. Н.1, Фарунцев С. Д.* Разработка математической модели процесса трехступенчатой сепарации установки подготовки нефти. Материалы XI Международной научно-технической интернет-конференции молодых ученых. Омск, 2021
7. *Паршуков А.Н.* Моделирование процессов сепарации нефти, газа и пластовой воды. *Вестник СибГУТИ.* 2021;(3):17-23. https://doi.org/10.55648/1998-6920-2021-15-3-17-23
8. Теория автоматического управления. Синтез систем автоматического объектами горного и нефтегазового производства. Методические указания к курсовой работе. – СПб.: СПГГИ, 2010, 58с.
9. *Ротач В.Я., Шавров А.В., Бутырев В.Н.* Синтез алгоритмов машинного расчета оптимальных параметров систем регулирования // Теплоэнергетика. 1987. № 12 С. 76–79.

ҚАЛАЛЫҚ СУМЕН ЖАБДЫҚТАУ СОРҒЫ СТАНЦИЯСЫНЫҢ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН SCADA-ЖҮЙЕЛЕРІ НЕГІЗІНДЕ ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Султанбаева Гузал Бахадирқызы
s.guzal.01@gmail.com
«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу Университеті» КЕАҚ
Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты

Аннотация. *Суды тарату жүйесі сенсорларды, есептегіштерді, сорғыларды және басқару клапандарын қоса алғанда, әртүрлі операциялық компоненттерден тұрады. Компоненттерді орнында немесе орталық нүктеден басқаруға болады. Бұрын бұл операциялар әдетте аспаптар мен басқару тақталарын қолдану арқылы орындалатын. Бұл панельдер әдетте индикаторлар, түймелер, жарық қосқыштары, реле және аналогтық басқару құралдары сияқты бірқатар электромеханикалық құрылғылардан тұрады. Соңғы жылдары көптеген коммуналдық қызметтер компьютерленген басқару және деректерді жинау жүйелеріне (SCADA) көшті, онда командалар коммутаторлар немесе түймелер арқылы емес, пернетақта, тінтуір немесе сенсорлық экран арқылы енгізіледі.*

SCADA жүйесі - бұл негізінен орталық орналасқан жерден далалық активтердің күйін қашықтан басқару және бақылау үшін қолданылатын кең таралған компьютерленген жүйе.

Түйін сөздер: *Суды тарату жүйесі, SCADA, сорғы станциялары.*

Кіріспе. Біздің планетамыздағы өмір бірегей зат – судың арқасында пайда болды. Барлық тіршілік иелерінің денсаулығы судың сапасына байланысты. Ел тұрғындарының өмір сүру жайлылығы мен денсаулығын арттырудың негізгі шарты экологиялық қауіпсіз су ортасын құру, орталықтандырылған сумен жабдықтау мен су бұрудың сенімділігі, ТКШ су секторын тиімді және теңгерімді дамыту болып табылады. Сонымен қатар, техникалық-экономикалық жағы туралы да ойлану керек: энергия үнемдеу және энергия тиімділігі мәселелері (шығындарды азайту және энергия ресурстарын тиімді пайдалану; электр энергиясын жеткізушімен коммерциялық есеп айырысу үшін сенімді мәліметтер алу), су алудың сенімділігі мен қауіпсіздігін арттыру, адамның еңбек шығындарын азайту, максималды экономикалық пайдамен құбыр суын жеткізу. Қалалық сумен жабдықтау сорғы станциялары үшін SCADA жүйелерін (Supervisory Control and Data Acquisition) әзірлеу және зерттеу сумен жабдықтау жүйесінің тиімді және сенімді жұмысын қамтамасыз етудің маңызды міндеті болып табылады. SCADA жүйелері операторларға сорғы станцияларының процестерін бақылауға және басқаруға, сондай-ақ шешім қабылдау және процесті оңтайландыру үшін жүйе жұмысының деректерін жинауға және талдауға мүмкіндік береді [1].

Зерттеу әдістері. Тақырыптың өзектілігі ірі қалалардағы қалалық сумен жабдықтау сорғы станцияларының (НС) маңызды энергия тұтынушылары болып табылатындығында. Мысалы, бір сорғы стансасы 1 мегаватқа дейін электр энергиясын тұтынады, ал қалада 100 НС астам. Ұлттық жиналыста электр энергиясын үнемдеу мәселесі өте маңызды мәселе болып табылады. Оны сақтау жолдарының бірі қазіргі заманғы

таратылған SCADA – жүйелерін құру болып табылады. Осылайша, қалалық сумен жабдықтау сияқты топологиялық байланысқан объектілер үшін SCADA жүйесінің жұмысын құру және талдау өзекті болып табылады.

Жұмыстың мақсаты: Экономикалық тиімділікті арттыру мақсатында SCADA қалалық сумен жабдықтауда автоматты басқару жүйесін әзірлеу және зерттеу.

Талдау және нәтижелер. Өнеркәсіптік сымсыз байланыс, диспетчерлік басқару және деректерді жинау (SCADA) үшін заманауи бағдарламалық жасақтаманы (бағдарламалық жасақтаманы) пайдалану Коммуналдық қызметтерге сумен жабдықтау және ағынды суларды тазарту жұмыстарын жақсы орындауға мүмкіндік берді. Жоба бойынша су және кәріз жүйесін жаңарту нақты уақыттағы материалдық активтер мен персоналды басқаруды жақсарту үшін жаңа сымсыз байланыс орнатуды қамтыды. Жүйелік интеграторлар коммуналдық қызметкерлерді далалық жағдайда барлығын тексеру және ауыстыру қажеттілігінен құтқару үшін заманауи басқару және деректерді жинау бағдарламалық құралын (SCADA) орнатуға көмектесті [3]. Қарастырылып отырған шешімнің артықшылығы уақытты қажет ететін қолмен талдауды жою және жүйенің айтарлықтай тиімділігіне қол жеткізу және оған қызмет көрсету мен қызметтерді тұтынушылармен есеп айырысуға байланысты уақытты үнемдеу болды.

Су айдау станциясына арналған SCADA жүйесін әзірлеу процесінде нақты жұмыс жағдайында енгізу алдында талаптарды талдау, жүйенің архитектурасын әзірлеу, сәйкес жабдықты таңдау, бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу және жүйені сынақтан өткізу қажет. Тағы бір маңызды қадам - жүйенің қауіпсіздігін және рұқсатсыз кіруден немесе бұзудан қорғауды қамтамасыз ету [7]. Сумен жабдықтау сорғы станцияларына арналған SCADA жүйелерін зерттеу жүйенің жұмысын оңтайландыруға, ресурстарды пайдалану тиімділігін арттыруға, авариялардың себептерін талдауға және олардың алдын алу алгоритмдерін әзірлеуге, сондай-ақ жаңа технологиялар мен әдістерді зерттеуге бағытталуы мүмкін. сумен жабдықтау жүйелерін басқару және бақылау саласы. Нәтижесінде, қалалық сумен жабдықтау сорғы станцияларына арналған SCADA жүйелерін әзірлеу және зерттеу сумен жабдықтау жүйесінің тиімділігі мен сенімділігін арттыруға ықпал етеді, сонымен қатар операторларға үздіксіз және жоғары өнімділікті қамтамасыз ету үшін сорғы станцияларын басқару және басқару мүмкіндігін береді. қаланы сапалы сумен қамтамасыз ету.

Су айдау станцияларына арналған SCADA жүйесін әзірлеу кезінде әдетте аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз етудің комбинациясы қолданылады. Аппараттық құрал қысым, су ағыны, су деңгейі мен температурасы сияқты параметрлерді өлшеуге арналған сенсорларды, сондай-ақ сорғылар мен клапандарды басқаруға арналған жетектерді қамтиды. Бағдарламалық жасақтама мәліметтерді жинақтау жүйесін, деректерді сақтауға және талдауға арналған мәліметтер базасын, операторларға арналған пайдаланушы интерфейсін және процесті басқару жүйесін қамтиды.

SCADA жүйелері, қалалық сумен жабдықтау сорғы станцияларында қолдануға болатын құнды ақпарат пен мүмкіндіктерді үнемдеуге арналады. Төменде SCADA жүйелері сорғы станцияларының тиімділігі мен үнемділігін арттырудың кейбір жолдары берілген:

Бақылау және бақылау: SCADA жүйелері сорғы станцияларының параметрлерін қысым, шығын, энергия тұтыну және басқа маңызды көрсеткіштерге көмек көрсететін бақылау және бақылау функционалдарын ұсынады. Бұл операторларға процессті жақтырмасыздай бейне алу және ауытқуларды жылдам жасау мүмкіндік береді. Мониторинг аралықтарында жағдайларды табу және ақауларды анықтауға көмек көрсетеді, олардың өнімділігін жақсартуға көмек көрсетеді.

Энергияны оңтайландыру: SCADA жүйелері сорғылардың жұмысын реттеуге және олардың жылдамдығы мен қуатын оңтайлауға мүмкіндік береді. Бұл электр энергиясының салдарын азайту мен жылдам шығындарын түсіндіруге көмек көрсетеді. Мысалы, SCADA жүйесі сорғының тұтыну деңгейін сақтап, су салу жылдамдығын автоматты түрде өзгерте алады.

Болжау және жоспарлау: SCADA жүйелері сумен жабдықтау сорғы станцияларының болжау және жоспарлауы үшін суды, басқа мәліметтерді пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл ресурстарды тиімдірек бөлу мен су жұмсалуын басқаруға көмек көрсетеді және су артық жұмсалуын алып тастауға мүмкіндік бермейді. Қашықтан басқару және автоматтандыру: SCADA жүйелері сорғы станцияларын қашықтан басқару және кейбір процестерді автоматтандыруға мүмкіндік береді. Бул операциялық шығындарды жасау қажеттілігін азайтады және аутоматты әрекеттерді орындауға мүмкіндік береді. Мысалы, SCADA жүйесі сорғыларды автоматты түрде ауыстыра алады немесе олардың жұмыс режимін өзгерте алады. Диагностикалау және алдын алу: SCADA жүйелері диагностикалық функциялар арқылы қазіргі жағдайларды анықтай алады, аномалияларды түсіндіреді және операторларды ықтимал мәселелер туралы хабарлайды. Бул қарқынды қызмет көрсетуге мүмкіндік береді және күрделі жарағыларды өнімділігіне қоршайды [6].

SCADA жүйелері сорғы станцияларының жұмысын басқару және оңтайлау үшін қажетті құнды ақпарат және мүмкіндіктерді ұсынады. Олар су өнімділігін жақсарту, энергияны тұтыну және жүйе өнімділігін жақсартуға әкелуі мүмкін [2].

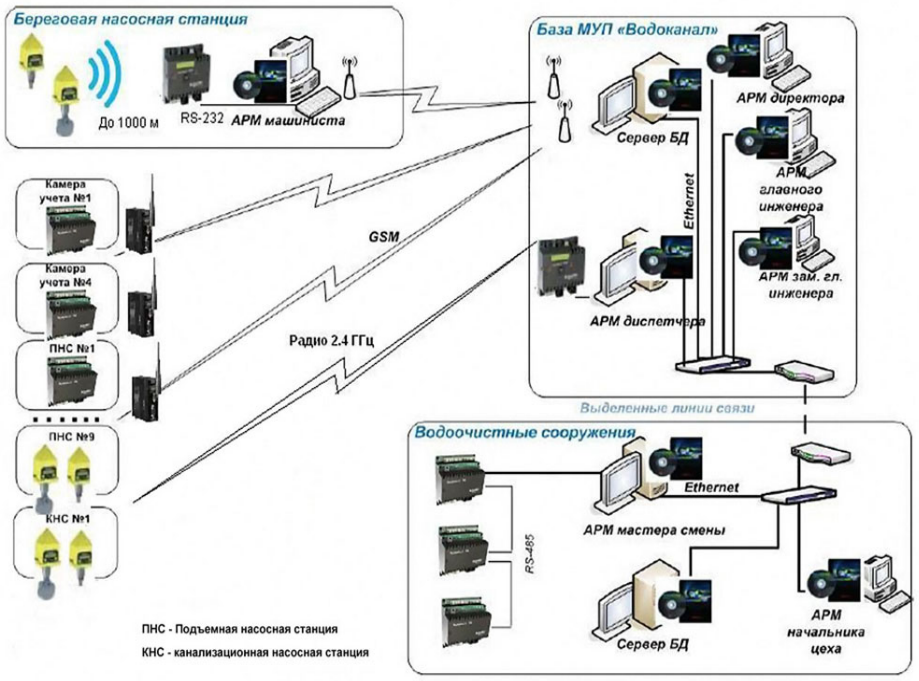
Технологиялық циклы бар заманауи аумақтық бөлінген кәсіпорынды сенімді автоматтандырылған диспетчерлік басқару жүйесінсіз (АДБЖ) елестету қиын, оның жабдықтары қатты жұмыс жағдайында – жылытылмаған бөлмелерде, ылғалдылық деңгейі жоғары, электрмен және байланыспен үзілістерге төтеп бере алады [4]. "Schneider Electric" – SCADAPack телемеханика контроллерлері, accutech сымсыз датчиктері және Expert clearSCADA бағдарламалық пакеті негізінде "Plxistems" компаниясы әзірлеген АДБЖ бақылау және басқару үшін келесілерде сәтті қолданыла алады:

- технологиялық сумен жабдықтау және су бұру сорғы агрегаттарымен;
- қалалық суық және ыстық сумен жабдықтау жүйелерімен;
- -бірінші, екінші көтеру сорғы станциялары, қысымды көтеру станциялары;
- -Ағынды суларды соратын кәріз сорғы станциялары;
- тазарту құрылыстары.

Су Арнасы кәсіпорындарында сумен жабдықтау (1-сурет) және су бұру жүйелерін диспетчерлік басқарудың автоматтандырылған жүйесін енгізу бірқатар маңызды міндеттерді шешуге мүмкіндік береді:

- сумен жабдықтау және су бұру технологиялық процесін диспетчерлік басқаруды құру;
- заманауи микропроцессорлық бағдарламаланатын контроллерлердің көмегімен жүзеге асырылатын параметрлерді орталықтандырылған бақылауды қамтамасыз ету;
- технологиялық жабдықты пайдалануға байланысты авариялық жағдайларды болжау және алдын алу;
- әрбір сорғы станциясындағы (НС) технологиялық процестерді бақылау;
- НС жабдығының жұмысын оңтайландыру және тиімділігін арттыру;
- технологиялық процеске адам факторының әсерін барынша азайту;
- келісілген ақпаратты су арнасының диспетчерлік пунктіне автоматты түрде беруді жүзеге асыру;
- бос тұрған қысымды көтеру станцияларына рұқсатсыз кіруге тез жауап беріңіз;

– технологиялық параметрлердің мәндері мен трендтері операторларының жұмыс станцияларының экрандарында мұрағаттауды және көрсетуді қамтамасыз ету;
– әртүрлі хаттамалар мен есептерді қалыптастыру және басып шығару;
– ресурстарды үнемдеу, айдалатын судың, энергия тасымалдаушылардың және электр энергиясының коммерциялық есебін жүргізу;
– агрегаттардың қызмет ету мерзімін ұзарту;
– бақылау және басқару функцияларын автоматтандыру арқылы персоналдың еңбек шығындарын азайту;
– персонал мен қоршаған орта үшін технологиялық процестің қауіпсіздігін арттыру.



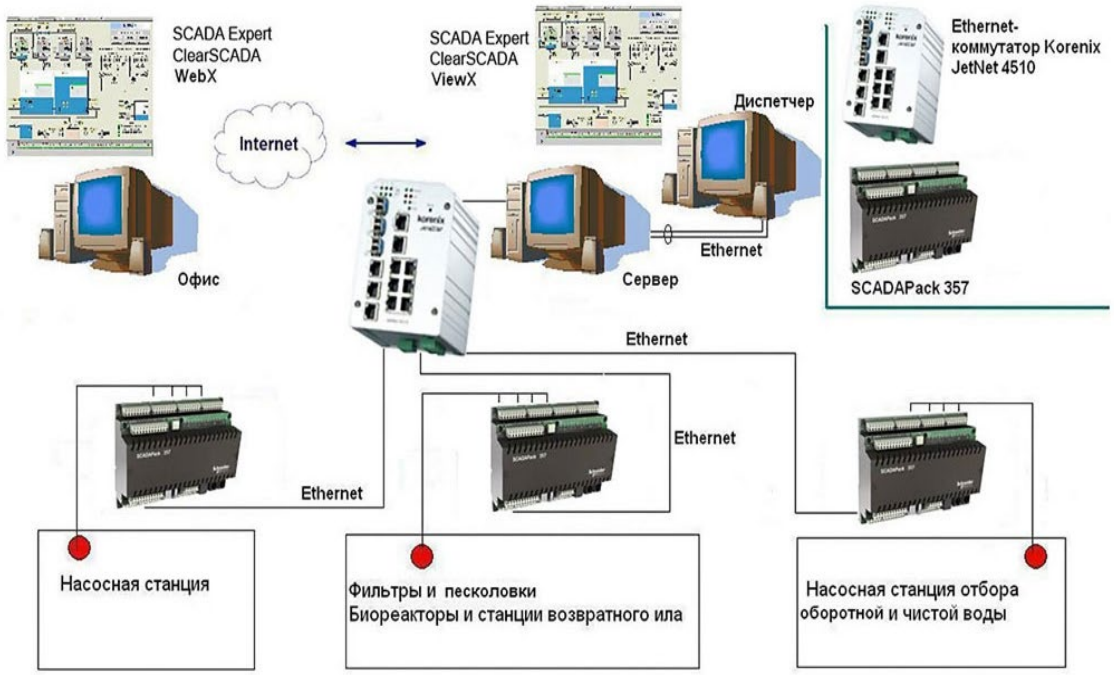
Сурет 1- Су Арнасы кәсіпорнындағы диспетчерлеу жүйесінің жалпы құрылымы

Сумен жабдықтау және су тазарту арқылы АДБЖ құру бойынша технологиялық шешімдер

Жүйеде жабдықтың үш деңгейін шартты түрде бөлуге болады:
– төменгі-сенсорлар мен жетектер;
– орташа – scadapack контроллері, аналогтық және дискретті кіріс және шығыс модульдері, ілеспе жабдықтар (терминал блоктары, қуат көзі, желілік жабдық, қайта зарядталатын батарея және т. б.) орналасқан автоматика шкафы;
– жоғарғы-SCADA Expert clearscada сервері мен кезекші оператордың АЖО функцияларын біріктіретін компьютер, SCADA-жүйесінің клиент-компьютерлері (операторлардың АЖО).

Қысым, деңгей, температура датчиктері ретінде accutech желіден тыс сымсыз датчиктерді пайдалануға болады. Accutech базалық станциялары стандартты Modbus протоколын қолдайды, бұл олардың өнеркәсіптік жабдықтар мен хост жүйелерінің кең ауқымымен үйлесімділігін қамтамасыз етеді[5]. Барлық Accutech далалық құрылғылары деректерді автоматты түрде Accutech орталықтандырылған базалық радиостанциясына

1000 м қашықтыққа жібереді. Әрбір өріс құрылғысы дербес, кіріктірілген 2,4 ГГц трансивері және берік батареясы бар. Accutech құрылғыларының желілері масштаб-талатын, 100-ге дейін далалық құрылғыларды базалық радиостанцияға және 256-ға дейін базалық радиостанцияларды желіге қосуға мүмкіндік береді. Жұмыс температурасы -40-тан +110 °С-қа дейін (кейбір модельдерде). Далалық құрылғыларда 5 жылдық кепілдігі болады. Жалпы жағдайда 1 және 2 деңгейлер жалпы өнеркәсіптік диапазондардың аналогтық және дискретті сигналдарымен байланысты . SCADA жүйесінің сервері мен контроллер арасындағы деректер алмасу Modbus TCP/RTU, Modbus ASCII, DNP3, DF1, HART протоколдары немесе сымсыз арналар арқылы сериялық байланыс арналары, Ethernet желісі арқылы жүзеге асырылады (2-сурет).



Сурет 2 - Industrial Ethernet стандартына негізделген диспетчерлеу және басқару жүйесі

Кеңейту мүмкіндігі бар бір SCADAPack контроллері қосымша енгізу/шығару модульдерін қосқанда (40-қа дейін) 1088 түрлі сигналдарды өңдей алады. Деректерді берудің сенімділігі dnp3 протоколының қолдауымен қамтамасыз етіледі, соның арқасында аударылған деректердің жоғалуы алынып тасталады. Байланыс желісі үзілген кезде контроллер берілмеген хабарламаларды жинақтайды, ал байланыс қалпына келтірілген кезде оларды уақыт белгісімен жібереді. Контроллерлерді диагностикалау, бағдарламалау және жөндеуді телемеханика жүйелерін пайдалану кезінде шығындарды азайтатын білікті мамандардың тікелей қатысуынсыз сымды және сымсыз байланыс арналары арқылы қашықтан қол жеткізу режимінде жүргізуге болады. Сонымен қатар, осының арқасында контроллерлерді техникалық қызмет көрсетілмейтін нысандарға орналастыруға болады.

Қорытынды. SCADA-да көптеген қосымшалар бар. Олардың бақылау функц-иялары нақты уақыт режимінде сүзгі қондырғылары, сорғы станциялары және бүкіл тарату желілері туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді.Клапандардан резервуарларға

дейін бақылауды қажет ететін әрбір жабдық сенсорлармен жабдықталуы мүмкін. Басқару релесін сорғылар, клапандар, ультракүлгін сәулелер немесе жебелер сияқты жабдыққа орнатуға болады.Үлкен су жүйесінің барлық аспектілері SCADA жүйесінен ерекше артықшылықтарға ие болады. SCADA жүйесін қолдану жобаны кеңейту кезінде еңбек шығындарын едәуір төмендетуге мүмкіндік береді. Әзірлеушінің жұмыс орны мен Expert clearscada сервері арасында байланыс арнасының болуы тиімділікті одан әрі арттыруға мүмкіндік береді -іс жүзінде жүйеге оның жұмысын тоқтатпай шексіз кең өзгерістер енгізуге болады

Әдебиеттер

1. Андреев Е. Б., Куцевич Н. А., Синенко О. В. SCADA-системы. Взгляд изнутри; РТСофт, 2004. - 176 с.
2. Калицун В. Н., Кедров В.С., Ласков Ю.М. Гидравлика, водоснабжение и канализация. - М.: Стройиздат, 2004. - 397 с.
3. Деменков Н. П. SCADA-системы как инструмент проектирования АСУ ТП: Учеб. пособие. - М.: «МГТУ им. Н. Э. Баумана», 2004. - 328 с.
4. SCADA продукты на российском рынке // Мир компьютерной автоматизации, 1999, №3, с.25-33.
5. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры: учебное пособие / И. А. Елизаров, Ю. Ф. Мартемьянов, А. Г. Схиртладзе, С. В. Фролов. – М.: Изд-воМашиностроение, 2004. – 180 с.
6. Пьявченко, Т. А. Проектирование АСУТП в SCADA-системе: учебное пособие / Т. А. Пьявченко. – Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2007. – 84 с.
7. Клюев А.С., Глазов В.В., Дубровский А.Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие. – М.: Энергия, 1980. -512 с.

АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СЕПАРАТОРОВ НЕФТИ И ГАЗА

Атапкелов Б.Б.
e-mail: atapkelov.bekzat@gmail.com
Институт автоматики и информационных технологий КазНИТУ им.К.И.Сатпаева, Казахстан

Аннотация. *В данной статье был произведен обзор сепараторов используемых на нефтегазовых предприятиях, были описаны принципы сепарационной очисти нефти, был произведен сравнительный анализ сепараторов, были выявлены их достоинства и недостатки. Исходя из анализа был выявлен наиболее эффективный сепаратор.*

Ключевые слова. *Очистка, сепаратор, разделение на фазы, нефтяное масло, газ, вода.*

Введение. Нефтяное масло играет важную роль во многих отраслях промышленности, выполняя функции теплового отвода, смазки, защиты и другие. Однако в ходе эксплуатации оно подвергается негативным воздействиям, таким как трение, высокие температуры, воздействие атмосферного кислорода и механических частиц грязи. В результате масло утрачивает свои свойства и не способно полностью выполнять свои функции. Поэтому в различных промышленных секторах применяются методы очистки загрязненных масел, чтобы избавиться от накопившихся примесей.

В статье используются методы анализа эффективности сепараторов для нефтегазового комплекса, анализ качества при работе со сложными жидкости, примесями, а также рассмотрение эксплуатационных данных устройств. Один из доступных методов очистки — это сепарация, которая осуществляется при помощи специальных устройств, называемых сепараторами. Сепараторы можно разделить на два типа: открытые сепараторы и вакуумные сепараторы. Вакуумные сепараторы, помимо механических частиц и взвешенной влаги, также способны удалять растворенную влагу и воздух из масла. Способ использования сепараторов зависит от характера загрязнения. Это может быть процессом осветления или очистки. Осветление используется для разделения нефти от небольших примесей, таких как твердые частицы, уголь и шлам. Все эти компоненты удаляются в специальное устройство, известное как барабанное грязевое отверстие. Очистка, с другой стороны, используется, когда масло состоит из двух жидких компонентов с разной плотностью. Это позволяет разделить их друг от друга путем непрерывной экстракции. Осветление чаще всего используется для очистки изоляционных масел, а также в случае, если турбинное масло загрязнено механическими примесями и содержит небольшое количество воды. Однако при превышении содержания воды в масле 0,3% и более, необходимо прибегать к очистке.

Сепаратор - это устройство, используемое для разделения жидких и газообразных компонентов в жидкостях, добываемых из нефтяных и газовых скважин. Скважинные потоки обычно представляют собой смесь газа, жидких углеводородов и свободной воды. Чтобы работать с этими компонентами отдельно, жидкости отделяются от газа с помощью водонефтегазового сепаратора. Поток газа/жидкость проходит через входное отверстие и изменяет направление потока под воздействием входного дивертора, что

вызывает первичное грубое разделение. Затем жидкость, благодаря разнице в плотности, отстаивается в секции гравитационного отстаивания, а газ поднимается и проходит через туманоуловитель. Туманоуловитель улавливает мелкие капли жидкости и твердые частицы из газового потока перед его выходом из сепаратора. Газ выводится через отверстие для газа, а жидкость - через отверстие для жидкости. Хотя существуют разные формы и размеры сепараторов, их основная цель одинакова - разделение поступающих компонентов. Сепараторы могут быть горизонтальными, вертикальными и сферическими в зависимости от своей конструкции [1].

В случае, когда скважинные потоки обладают низким или средним содержанием газа по сравнению с нефтью и предполагается наличие значительного объема жидкости, предпочтение обычно отдается вертикальному сепаратору. Вертикальный сепаратор способен обрабатывать большие объемы жидкости без риска утечки в газовую фазу, и регулировка уровня жидкости в нем не имеет такой критической важности [2]. Благодаря большему вертикальному расстоянию между уровнем жидкости и выходом газа, вероятность повторного испарения жидкости в газовую фазу снижается. Кроме того, вертикальный сепаратор занимает меньше площади, что является критическим фактором при ограниченном пространстве, например, на морской платформе. Структура вертикального сепаратора изображена на рисунке 1.

Тем не менее, во многих случаях применение сепараторов может быть неоправданным, так как они потребляют значительное количество энергии, и их эффективность в очистке не всегда соответствует современным стандартам и требованиям.

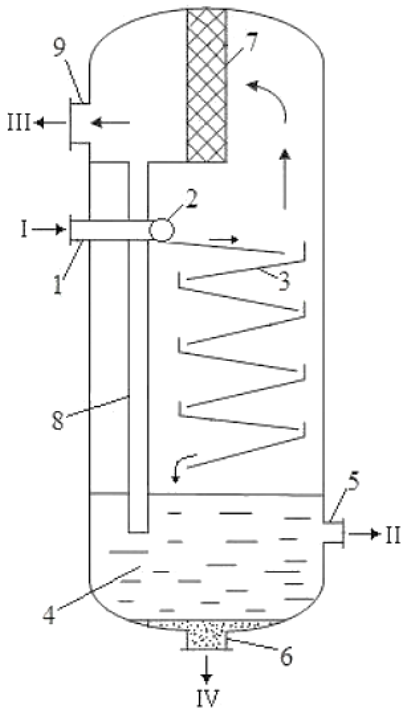


Рисунок 1 – Вертикальный сепаратор

где I – вход нефтегазовой смеси;
II – нефтяное масло (дегазированное);
III – выход фазного газа;

1 – место входа сырья (штуцер);
2 – коллектор (распределительный);
3 – специальные полки (наклонные);
4 – место помещения нефти;
5 – место выхода фазной нефти (штуцер);
6 – место выхода мех. Примесей (штуцер);
7 – каплеуловитель;
8 – труба (дренажная);
9 – место выхода газа (штуцер).

Преимущества вертикального сепаратора включают в себя:

- Ограниченная возможность повторного испарения жидкости в газовую фазу благодаря большому вертикальному расстоянию между уровнем жидкости и выходом газа;
- Наличие соответствующей системы нижнего слива и очистки;
- Уменьшение вероятности уноса;
- Возможность контроля перенапряжения.

Недостатки вертикального сепаратора:

- Без лестниц или подъездных платформ может быть сложно добраться до некоторых видов оборудования и предохранительных устройств;
- Для достижения сопоставимой производительности по газу требуется сепаратор большего диаметра по сравнению с горизонтальным сепаратором.

Горизонтальный однотрубный сепаратор представляет собой устройство, которое обладает существенно большей площадью поверхности для разделения газа и жидкости. Эта площадь создается за счет наличия длинного и изолированного газосепаратора, который обеспечивает более высокие скорости для газа [3]. Большая поверхность жидкости позволяет эффективно удалять газ из жидкости. Когда необходима повышенная производительность по газу, горизонтальный сепаратор обеспечивает большую площадь для разделения между жидкой и газовой фазами, что позволяет дополнительно улучшить разделение компонентов. В случае сепараторов высокого давления горизонтальная конструкция также оказывается экономически более эффективной из-за необходимости более прочных стенок при больших диаметрах.

Преимущества горизонтального однотрубного сепаратора включают в себя:

- Обеспечение более высокой эффективности разделения газа и жидкости благодаря наличию длинного и отгороженного газосепаратора;
- Экономия средств по сравнению с вертикальными сепараторами.

Недостатки горизонтального сепаратора:

- Требуется строгий контроль уровня и его поддержание;
- Для проведения процесса сепарации требуется большая площадь;
- Процедура очистки может быть затруднительной.

Горизонтальный двухтрубный сепаратор представляет собой улучшенную версию стандартного горизонтального сепаратора, обладающую несколькими преимуществами, она изображена на рисунке 2. Основное отличие заключается в наличии двух горизонтальных емкостей, установленных вертикально. Этот сепаратор принимает поступающую жидкость в верхнюю емкость, где с помощью перегородок происходит разделение на газ и жидкость [4]. Затем жидкость направляется в нижнюю емкость, где происходит ее отделение от нефти. Верхний ствол служит для извлечения газа, который свободен от нефти, в то время как нижний ствол предназначен для выделения нефти,

лишенной газа. Горизонтальный сепаратор с двумя бочками способен обрабатывать больший объем образующейся жидкости по сравнению с однотрубным горизонтальным сепаратором.

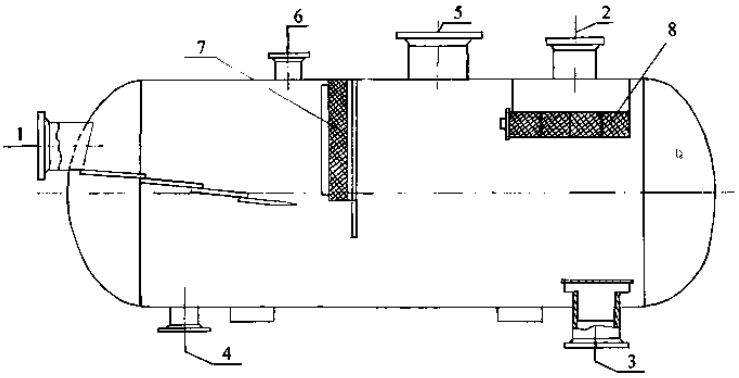


Рисунок 2 – Горизонтальный двухфазный сепаратор

где 1 – вход нефтегазовой эмульсии;
2 – выход газовой фазы;
3 – выход эмульсии;
4 – дренаж;
5 – люк-лаз;
6 – штуцер для предохранительного клапана;
7, 8 – каплеотбойник.

Преимущества горизонтального двухтрубного сепаратора включают:

- Эффективную работу при высоких скоростях потока газа, что уменьшает вероятность образования крупных пробок жидкости;
- Увеличение способности справляться с резкими изменениями уровня жидкости.

Недостатки горизонтального двухтрубного сепаратора:

- Потребность в дополнительных инвестициях и ресурсах для его эксплуатации.

Сферический сепаратор представляет собой разновидность вертикального сепаратора, который характеризуется доступной ценой и компактным расположением емкостей [4]. Эти сепараторы обладают относительно небольшим пространством для перенапряжения и секцией для оседания жидкости. Однако они неэффективны в случаях, когда скважинный поток содержит избыточное количество грязи, песка или подвергается воздействию вспенивающихся компонентов. Контроль уровня жидкости играет решающую роль в их работе. В связи с ограничениями, сферические сепараторы сегодня не находят широкого применения.

Преимущества сферического сепаратора включают:

- Экономическую выгоду, что делает их привлекательными с точки зрения стоимости;
- Эффективность при умеренных или низких соотношениях газа к нефти;
- Компактные размеры и простоту в транспортировке и установке.

Недостатки сферического сепаратора:

- Производительность данного сепаратора зависит от точного контроля уровня жидкости;

- Ограничения по пропускной способности и секции оседания жидкости существенно ограничивают его возможности;
- Из-за ограниченного внутреннего объема данный сепаратор сложно использовать в режиме сепарации трех фаз (нефть, вода и газ).

Существуют также два вида сепаратора это двухфазные и трехфазные.

Двухфазный сепаратор предназначен для разделения газа и жидкости, и при этом газ и жидкость выходят из сепаратора отдельно друг от друга [5]. Такие сепараторы могут иметь горизонтальное, вертикальное или сферическое исполнение. Регулирование уровня или использование сливных клапанов позволяет жидкости (например, масла или эмульсии) стекать из нижней части сепаратора. Газ, содержащийся в жидкости, проходит верхнюю часть сепаратора через туманоуловитель, который улавливает даже самые мельчайшие капли жидкости. На рисунке 2 изображен горизонтальный двухфазный сепаратор.

Трехфазный сепаратор, также известный как устройство для удаления свободной воды (FWKO), обычно используется для разделения сопутствующего газа и нефтесодержащей воды от сырой нефти [6]. Эти сепараторы также доступны в горизонтальном, вертикальном и сферическом исполнении. Главной задачей такого сепаратора является удаление свободной воды, которая может привести к различным проблемам, таким как коррозия и образование гидратов или образование плотных эмульсий, которые трудно разрушить. Для этого трехфазные сепараторы разрабатываются так, чтобы каждая фаза с различной плотностью занимала свой слой. Газ выходит из верхней части сепаратора, сырая нефть остается в середине, а вода с твердыми частицами оседает на дно (например, грязь, песок или мусор). Для создания двух независимых слоев из двух жидких фаз требуется определенное время удержания.

Эффективность работы сепаратора зависит от нескольких факторов:

- Давление: чем ниже давление, тем больше газа отделяется от нефтяного потока;
- Температура: чем выше температура, тем эффективнее отделяется газ;
- Количество полок: количество полок также влияет на производительность сепаратора, так как через них нефть проходит с повышенной интенсивностью испарения газов.

Для достижения оптимальных результатов сепарации в установках подготовки нефти обычно проводится постепенное понижение давления и постепенное повышение температуры.

На нефтепромысловых стыковых станциях часто применяются различные типы сепараторов, включая горизонтальные, вертикальные и сферические. Однако сферические сепараторы редко используются на таких станциях из-за их неудовлетворительной эффективности разделения, сложной конструкции и трудностей в обслуживании.

Вертикальные трехфазные сепараторы подходят для разделения жидкостей, содержащих больше твердых веществ и примесей, так как они оборудованы выпускным отверстием для примесей, обычно расположенным в нижней части сепаратора для удобства обслуживания и очистки. Однако у таких сепараторов есть недостатки, поскольку они не эффективно обрабатывают жидкости с высоким соотношением газа к жидкости. Пространство на границе раздела газ-жидкость в вертикальных трехфазных сепараторах ограничено, что затрудняет агломерацию и оседание мельчайших капель нефти в газовой фазе, а также увеличивает скорость удержания газа в жидкости [7].

Сравнив горизонтальные и вертикальные трехфазные сепараторы, можно выделить ключевую разницу в направлении осаждения нефтесодержащих капель в газовой фазе. В горизонтальных сепараторах это направление перпендикулярно потоку газовой фазы,

что обеспечивает достаточное время для оседания крошечных капель из газовой фазы в жидкую. Кроме того, растворенный газ в жидкой фазе легче поднимается в пространство газовой фазы.

Именно поэтому горизонтальные трехфазные сепараторы широко используются на крупных нефтепромыслах, благодаря их адаптивности, развитой теории проектирования и практическому опыту. На рисунке 3 показана принципиальная схема горизонтального трехфазного сепаратора.

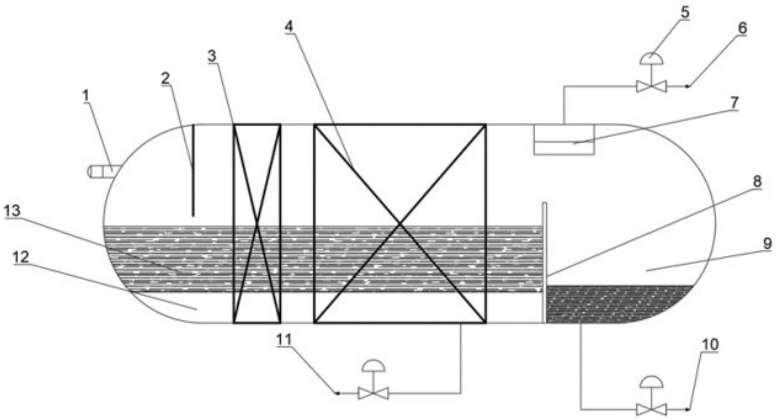


Рисунок 3 – Принципиальная схема горизонтального трехфазного сепаратора

где 1 – вход нефтегазоводяной смеси;
2 – входной элемент;
3 – корректирующий элемент;
4 – коалесцентный элемент;
5 – клапан регулирования давления;
6 – выход газовой фазы;
7 – каплеуловитель;
8 – масляная перегородка;
9 – масляное помещение;
10 – выход масляной (нефтяной) фазы;
11 – выход водной фазы;
12 – вода;
13 – масло (нефть) и эмульсия.

Обсуждение. Сепараторы нефти и газа играют ключевую роль в нефтегазовой промышленности, так как позволяют разделять нефть, газ и воду, которые часто смешаны в результате добычи. Следовательно, адаптивность и развитое проектирование выбранного трехфазного сепаратора позволяет повысить качество и эффективность процесса сепараций.

При процессе разделения нефти и воды в горизонтальном трехфазном сепараторе, смесь нефти и воды сначала проходит через сепарационную камеру, а затем попадает в осадительную камеру, где образуются слои нефти и воды. В слое нефти содержатся мелкие капли воды, а в слое воды содержатся мелкие капли нефти. Осуществляется анализ сил, воздействующих на капли в этой водонефтяной смеси. Вертикально на них действуют силы тяжести, плавучести и сопротивления движению, а горизонтально входной поток остается стабильным, и капли перемещаются равномерно под воздейст-

вием горизонтальной тяги. Предполагается, что капли водонефтяной смеси, поступающие в отстойную камеру сепаратора, распределены равномерно. Также скорость жидкой фазы в горизонтальном направлении одинакова и равномерна. Следовательно, движение капель в вертикальном и горизонтальном направлениях независимы друг от друга. Дополнительно, внутренние компоненты сепаратора не влияют на движение капель. В результате можно интерпретировать процесс разделения и осаждения нефти и воды в сепараторе как суммирование вертикального движения взвеси и оседания капель нефти и воды, а также равномерного движения в горизонтальном направлении [8].

Чтобы избежать перегрузки и перенапряжения, необходим постоянный контроль уровня жидкости и давления в системе. В этом контексте используются автоматизированные устройства, такие как жидкостные уровнемеры и датчики давления газа.

Заключение. В рамках данной статьи были рассмотрены все типы сепараторов, используемые на нефтегазовых комплексах, описаны процессы сепарации различных нефтегазосепараторов, были выявлены плюсы и минусы данных устройств, а также был выполнен их сравнительный анализ. При анализе выяснилось, что наиболее эффективным сепаратором для использования в нефтегазовых предприятиях является горизонтальный трехфазный сепаратор, за счет их адаптивности, развитой теории проектирования и практическому опыту.

Литература

1. Тронов В. П.. Сепарация газа и сокращение потерь нефти. Казань: «Фэн», 2002.—408 с.
2. Дунюшкин И.И. Сбор и подготовка скважинной продукции нефтяных месторождений: Учебное пособие. – М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2006. - 320с.
3. Eugenij Yu. Abramov, Valery V. Khlybova. Possibility of Accelerating the Degassing of Oil in oil Fields through Magnetohydrodynamic Separation. 2018, 14th International Scientific-Technical Conference APEIE – 44894.
4. S D Faruntsev and E S Gebel. Advanced process control system of oil-gas separator by the temperature channel. 2019, J. Phys.: Conf. Ser. 1210 012042.
5. Qi, G. Design and development of optimal control system for three-phase separator. Foreign Electron. Meas. Technol. 2021, 40, 78–81.
6. Bai, Y.; Zhang, R. Application of oil gas water three-phase separator in Oilfield. Chem. Manag. 2020, 12, 215–216.
7. Guo, S.; Wu, J.; Yu, Y.; Dong, L. Research progress of oil gas water three-phase separator. Pet. Mach. 2016, 44, 104–108.
8. Zhang, Y.; Yang, J.; Lei, K.; Ma, L. Theoretical analysis and interface height control of three-phase oil-water separator. Chem. Manag. 2022, 1, 136–139.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ ПЛОТНОСТИ ТОЧЕЧНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ПЛОСКОСТИ

Мустафин Т.
t_mustafin95@mail.ru
Казахстанско-Британский технический университет, Казахстан

Аннотация. *Описана процедура обнаружения областей заданной плотности точечных объектов на поверхности плоской фигуры.*

Ключевые слова: заданная плотность точечных объектов, тест-квадрат, мониторинг поверхности, задача автоматической классификации

В геоинформационных системах актуальной является задача выявления случаев допустимой (недопустимой) плотности точечных объектов на плоской поверхности. При эксплуатации геоинформационных систем определение плотности точечных объектов используется при реализации запросов на выдачу геометрических свойств объектов и их сочетаний, таких как выделение участков земной поверхности с заданной плотностью точечных объектов определенного типа. При создании карт и планов размещение на них точечных объектов производится таким образом, чтобы их плотность принимала значения в заданном требованиями интервале допуска. Например, задача нанесения на географическую карту рельефа местности отметок высот (пикетов).

На практике существует множество задач, решения которых направлены на равномерное расположение на местности точечных объектов с целью полного мониторинга исследуемого региона местности:

1. определение местоположения сейсмостанций;
2. выбор мест наблюдения за явлениями природных процессов (погодой, почвой и т.д.);
3. выявление мест расположения центров обслуживания населения

3.1 - станций скорой медицинской помощи;
3.2 - детских учреждений;
3.3 - автобусных парков;
3.4 - аптечных заведений и т.д.

С учетом сказанного, актуальной является задача разработки метода выявления допустимой (недопустимой) плотности точечных объектов на плоской поверхности, который с высокой надежностью выявлял бы однородности (неоднородности) и места допустимой (недопустимой) плотности точечных объектов независимо от их расположения. Это подчеркивает важность решения задачи выявления допустимой (недопустимой) плотности точечных объектов, расположенных на плоской поверхности.

Известный специалист геолог, проф. Дж. С. Дэвис [1] отметил, что “установление факта равномерности расположения точек на географической карте ни в коей мере не определяет природу равномерности, и в данном случае можно ожидать как регулярный, так и случайный типы однородности. Для ряда задач такое выявление равномерности распределения может оказаться достаточным. Если же нам потребуются дополнительные сведения об изучаемом расположении точек, то для их получения придется обратиться к другим критериям. Если точки равномерно распределены по карте, не

следует ожидать, что их число, приходящееся на каждый участок, будет одинаковым для всех участков. Скорее всего, мы увидим, что имеется число, наблюдаемое чаще других, тогда как отклонения от него в ту или иную сторону наблюдаются реже".

Слабая формализуемость такого рода задач вытекает из-за невозможности строго определить задачу выявления мест допустимой (недопустимой) плотности точечных объектов, расположенных на плоской поверхности, что вызывает неоднозначность решения задачи. Практика решения таких задач показала, что визуальный мониторинг не дает однозначного решения. Хотя интуитивно понятно, что для получения результата должно выполняться условие: любой выбранный квадрат, лежащий внутри заданной фигуры, должен иметь заданную допустимую (недопустимую) плотность точечных объектов.

Такое положение вызывает разработку методов и алгоритмов поиска обнаружения областей заданной плотности множества точек на плоскости.

В частности, было предложено использовать алгоритмы автоматической классификации, в которых однородность исходного множества точек означает выявление одного класса объектов. Но известным фактом является факт неоднозначности результатов классификаций разными алгоритмами, т.е. каждый алгоритм автоматической классификации «заточен» на свой класс однородности.

Цель работы состоит в повышение надежности проверки допустимости (недопустимости) оценки значений плотности точечных объектов за счет привлечения, приведенных выше правдоподобных замечаний:

любой выбранный квадрат, лежащий внутри заданной плоской фигуры, должен иметь заданную допустимую (недопустимую) плотность точечных объектов.

Решение поставленной задачи достигается за счет того, что перемещают выбранный тест-квадрат в различные положения сдвигами по горизонтали и вертикали на заданный порог, покрывая (заметая) всю исследуемую плоскую область, определяют множество квадратов, в которых плотность точечных объектов принимает допустимые (недопустимые) значения.

Задачей настоящей работы является расширение набора технических средств, направленного на создание модели определения подобластей допустимой (недопустимой) плотности расположения точечных объектов на плоскости и решения задачи поиска таких подобластей в заданной области. Объединение допустимых и недопустимых подобластей плотности точечных объектов плоской поверхности, составляет исходную область.

Техническим результатом модели является то, что она имеет меньшее количество правил ее осуществления при большей простоте и наглядности и может быть использована в ряде случаях для ручной обработки и анализа внутренней области рассматриваемой фигуры.

Технический результат достигается тем, что метод определения областей допустимой (недопустимой) плотности точечных объектов на плоскости содержит последовательность сдвигов тест квадрата на величину порога по перпендикулярным направлениям (вверх – вниз и вправо - влево).

Простейший метод определения недопустимой плотности точечных объектов на плоскости, описанный в [2] и принятый в качестве исходного, состоит в том, что выбирают величину тест-квадрата (обычно берется 1 дм в масштабе плана), разбивают всю площадь карты на квадраты и подсчитывают количество точечных объектов в каждом из квадратов полученного разбиения. Далее сравнивают полученные значения с заданными минимальным и максимальным допустимым значениями числа точечных

объектов на квадратный дециметр и определяют те квадраты, в которых плотность точечных объектов принимает допустимые значения. Там же построен пример, выявляющий недостатки предлагаемого метода, что позволило утверждать об ограниченной способности предлагаемого метода выявлять недопустимую плотность точечных объектов.

В [2,3] дано описание разработанного авторами процедуры, в которой предложено решение поставленной задачи, которое достигается за счет того, что выбирают величину квадрата, перемещают указанный квадрат в различные положения, покрывающие всю проверяемую поверхность, подсчитывают количество точечных объектов в каждом из квадратов, сравнивают полученные значения с заданными допустимыми значениями числа точечных объектов и определяют те квадраты, в которых плотность точечных объектов принимает допустимые (недопустимые) значения. При этом вместо тест-квадратов, соответствующих «паркетному» разбиению проверяемой поверхности, используют положения тест-квадрата, которые выбирают с учетом расположения точечных объектов. Утверждается, что за счет специального выбора дополнительных положений можно обеспечить надежное обнаружение всех мест допустимой (недопустимой) плотности точечных объектов независимо от их расположения.

В [2,3] рассматриваемая задача сформулирована на языке теории графов, что усложняет понимание решения задачи выявления свойств объекта исследования и выявила следующие недостатки выбранного прототипа:

- используется сложное решение, позволяющее по мнению авторов, обрабатывать до нескольких сотен тысяч точечных объектов;
- нечеткое описание действий вызывает сложность реализации метода по определению допустимой плотности точечных объектов плоскости;
- не определены характеристики точечных объектов, находящихся близко к границе исследуемой фигуры, по которой проводится обнаружение мест допустимой (недопустимой) плотности точечных объектов;
- неоднозначность результатов модели зависит от положения квадратной сетки, от шага сетки r, порога Δ и от конкретной информации.

Предварительные сведения. Пусть G плоская ограниченная фигура в прямоугольной декартовой системе координат. Дано множество точечных объектов, лежащих внутри G. Требуется выявить места, в которых плотность точечных объектов, лежащих внутри G, принимает допустимые (недопустимые) значения.

Допустимой (недопустимой) плотностью d $(\overline{d})$ квадрата назовем число точечных объектов квадрата, принадлежащее (не принадлежащее) интервалу допуска $[d^{min}, d^{max}]$.

Построим прямые, параллельные оси абсцисс и оси ординат на расстоянии r друг от друга. Эти прямые образуют квадратную сетку с шагом r и разбивают плоскость xOy на элементарные квадраты.

Пусть M – фигура, состоящая из элементарных квадратов, полностью лежащих внутри G и не пересекающих ее границы (влево заштрихованная область допустимой плотности на рисунке 1), а M' - фигура покрывающая G, состоящая из элементарных квадратов, которые имеют с границей G хотя бы одну общую точку (вправо заштрихованная область на рисунке 1).

Тогда имеем следующую постановку задачи.

Пусть G плоская ограниченная фигура в прямоугольной декартовой системе координат. Дано множество точечных объектов, лежащих внутри фигуры G.

Требуется найти множество квадратов фигуры G, в которых плотность точечных объектов, лежащих внутри G, имеет допустимые (недопустимые) значения (рисунок 1). Рассмотрим реализацию заявляемого метода определения допустимой (недопустимой) плотности точек исследуемой области G на плоскости.

Выбирают длину стороны тест-квадрата – r, располагают указанный тест-квадрат с допустимым (недопустимым) значением плотности в плоскости фигуры G, стороны которого параллельны оси абсцисс и оси ординат, перемещают указанный тест-квадрат в различные положения сдвигами по горизонтали и вертикали на заданный порог Δ, $\Delta < r$, покрывая (заметая) исследуемую фигуру G изнутри тест-квадратами, определяют квадраты, в которых плотность точечных объектов принимает допустимые (недопустимые) значения плотности, запоминают их. И т.д. до исчерпания внутренних квадратов фигуры G.

Результат покрытия фигуры G, получающегося в результате работы модели, зависит от длины стороны тест-квадрата r, порогового значения сдвига Δ и от конкретной информации.

Таким образом, имеем два параметра r и Δ, $\Delta < r$, с помощью которых определяют квадраты, в которых плотность точечных объектов принимает допустимые (недопустимые) значения.

В задачах №1, №2, №3 затраты на реализацию изложенного метода оказываются приемлемыми, поскольку высокая стоимость вместе с установкой точечных объектов, расположенных для равномерного полного охвата (покрытия) исследуемой фигуры, ограничивает число точечных объектов. Это позволяет вручную искать места допустимой (недопустимой) плотности посредством сдвигов тест квадрата (рисунок 1). Выбор длины стороны тест квадрата r и порога сдвига Δ, $\Delta < r$, осуществляют из экспертных соображений.

Заключения. Таким образом, предложен метод нахождения множества квадратов покрытия внутренности плоской фигуры G, в которых плотность точечных объектов принимает допустимые (недопустимые) значения.

Литература

1. Дж. С. Дэвис Статистический анализ данных в геологии. – М.: Недра, 1990. – 319 с.
2. Алчинов А.И., Кекелидзе В.Б. Технология составления рельефа местности на ЦФС «Талка» // Геопрофи, 2005, № 3, с.22-24
3. Алчинов А.И. Технология создания ортофотопланов по материалам космической съемки с помощью по ЦФС «Талка»» // Геопрофи, 2007, № 3, с.53-54

PEDAGOGICAL METHODS USED IN COLLABORATIVE LEARNING

Sakenova A.B.
e-mail: asemgulsakenova00@gmail.com
Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *This article analyzes pedagogical methods aimed at collaborative learning and their impact on the learning process. The study includes various strategies such as group work, pair work, collective work, as well as feedback projects, discussion, mutual help and the use of interactive technologies, which are among the options for cooperative learning. The advantages and disadvantages of each method are analyzed, as well as their impact on student performance and social interaction. The article notes that collaborative learning not only promotes a deeper understanding of educational material, but also promotes the development of collaboration, communication and critical thinking skills, making it an important tool in modern educational practice.*

Keywords: *collaborative learning, pedagogical methods, pair work, group work, collective work.*

In the modern era of globalization, thanks to the improvement of the education system, collaborative learning technology is of great importance in recognizing each citizen as an individual with high potential and broad erudition. This teaching technology teaches how to establish cooperation between students and between teacher and student, improves critical thinking abilities, develops gifted children, and improves leadership skills in the educational process and in the future.

The task of cooperative learning is to expand the student's worldview and form his own opinion and attitude. To do this, the student can independently study, understand and evaluate the meaning of the topic in group work. That is, students «know», «understand», «use», «analyze», «evaluate». Collaborative learning can also be called «group work». The term «teamwork» is a structure of activity aimed at achieving an end result or goal in which mutual actions are taken [1]. Group work involves solving more complex problems collectively rather than individually.

In general, joint work in groups is carried out for the following purposes:

Table 1.

Goals of group work

Social	*Educational*	*Emotional*
• Exchange of experience and ideas; *• Find a way to solve the problem together;* *• Achieving maximum collective results.*	*• Suggest ideas and exchange views on alternative ways of working;* *• Develop important skills and understanding.*	*• Reliance on the knowledge and experience of individual group members;* *• Provide a suitable environment to perform complex tasks.*

When carrying out joint teaching activities, many useful moments can be observed: the formation of an atmosphere of mutual cooperation among students, a further increase in activity and desire to learn, individualization of the individual, and opening the way to high-quality acquisition of knowledge. The method of dividing into groups allows you to conduct a lesson systematically and thoroughly [2]. I would like to say that when organizing a lesson, group work is more important than the traditional teaching system. But there are obstacles to working in a group. If I mention some of these obstacles, low performing students being left in the shadow of the crowd, noise from one group affecting another group, not completing a task in the given time, stagnation of creative work while one group is defending the work, other group members are busy doing of their work, a group of students of the same level should work in one group, students who study well are higher than students with poor performance. To avoid these disadvantages and get the most out of group work, it is important that teachers and students are aware of everything, that the teacher assigns tasks to each group member, that they develop interpersonal skills, express themselves, and support others during observation and communication. A big role is played by quickly and clearly answering questions, composing a story based on a picture, being able to ask questions about different situations, and composing sentences according to a diagram.

The use of different pedagogical methods in cooperative learning is classified according to forms of cooperative learning and task levels. First of all, as regards the forms of joint training, it is carried out in three different versions. These are pair learning, small group learning and collective learning [3]. As the name suggests, paired learning occurs with the participation of 2 students, while small group learning occurs among 4-5 students, and collective learning occurs among more than 5-6 students. Because of these options, there are many collaborative learning methods and tools available for teaching different task levels. In figure 1 below you can see several methods and tools in this direction, their target orientation and results.

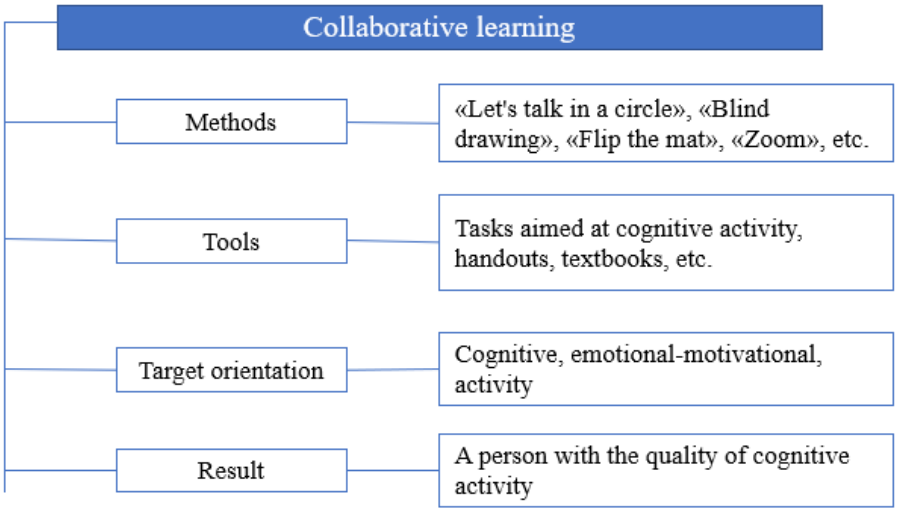


Figure 1. Collaborative learning features

The pedagogical methods used in cooperative learning contribute to the development of students' social and cognitive skills and their active participation in the learning process. Let us dwell on a number of pedagogical methods widely used in collaborative learning.

«Let's talk in a circle» method: the group is asked to form a circle around a long rope tied at the ends. Next, the team is asked to make shapes from the rope - a square, triangle, octagon, rectangle and many other shapes. To increase the level of difficulty, invite team members to repeat the exercise blindly/blindfolded. To make things more challenging, random group members may play «mute» at different times, making communication difficult.

This activity also tests the level of leadership and trust in the group.

«Blind drawing» method: the game requires two players to sit next to each other, with one group member given a picture of an object or word. Without directly stating what the object is, you should describe the image without using words that clearly convey the image. These should be unrelated words, for example if it is «flower» then it can be described as hearts connected together (forming petals), a string/string (stem) holding the hearts together, rain/water drops. leaves), etc. A person with pen and paper in hand describes an object in words and draws it based on his own interpretation.

The end result will be interesting to observe and visualize how two participants can effectively communicate, imagine, and innovate in each other's companies.

«Flip the mat» method: have 6-8 participants stand on a blanket/towel/tarp, leaving a quarter of the space open. Ask participants to turn over the next side of the mat. All this must be done without getting off the mat or touching the ground outside.

This forces the team to think of creative solutions and truly work together towards a common goal. It also indicates problems that create dilemmas for others if any team member refuses to cooperate.

«Zoom» method: the action takes about 30 minutes and requires 30 consecutive images that together tell a story. Images will be distributed to participants and are not recommended to be shown to others. They, of course, can talk and describe any features of their picture. The task requires you to create a single story and arrange the pictures in order, without looking at each other’s pictures.

This game gives you many opportunities to learn important things such as patient and intelligent communication, appreciating others' points of view, understanding available information, and being in control when leaders emerge [4].

«Snowball» method: students are divided into groups, write questions on a piece of paper on past topics and make a snow lump out of them. Throw the prepared pieces into each other and answer the questions inside.

«Jigsaw» method: students are divided into several groups according to the volume of text. For example, if there are four groups, the text is divided into four parts, and each group is given one part at a time. Each group reads the part that belongs to it for a certain period of time and explains it to other groups.

«Fishbone» method: draw a skeleton of a fish on a poster and write a title in the head. On the wings at the top of the body are written the causes of the idea, on the lower wings-the consequences of the idea. A key thought is written on the tail. Then you can give oral and written feedback.

«What's in the room?» method: they have to come up with a brand name, logo, slogan and detailed strategy to make their product a hit with the public. All this must be achieved within a certain period of time. Once the time is up, ask the team to present their object creatively and let them try to sell it to other teams at a reasonable price.The team that can sell the product with the most interesting marketing plan with the highest income is declared the winner. Discuss with the whole team the reasons why the winning team is successful and what other teams can do better. This will help the group see the same things from a new perspective and solve ideas and problems in difficult times [5].

These methods allow students to actively participate in the educational process, develop cooperation, communication and problem-solving skills, and gain a deeper understanding of the course material. When choosing methods of joint learning, it is important to take into account the needs and characteristics of students and adapt them to real educational conditions.

During group work, students actively participate in the lesson, patiently listen to opinions, and when completing a given task, respond with respect and understanding to the incorrect answers of other students. That is, the first thing is to take a critical look at yourself in order to stand out from the rest of the group, everyone can take responsibility for their tasks and show their competitiveness. Students can freely express their opinions while maintaining their freedom and freedom is always a necessary skill for everyone. Also, some students show themselves in other ways, for example: activity in artistic design when defending a poster, poetry in composing keywords, opening the way to creativity. That is why I, as a teacher responsible for the future of my students, take into account the above methods when conducting group work and focus on improving the personal qualities of each student.

Teachers who have a deep understanding of innovative technologies and know how to effectively use new methods in the educational process should be able to improve the thinking and reasoning of their students and contribute to the formation of their life position. To do this, it is necessary to introduce critical thinking into education in order to develop the creative abilities of students and express their own attitude to any situation. Critical thinking is a learning module that has already taken its place in the education system of our country [6]. To quickly and successfully get out of any situation, especially from a dead end, it is always important to look critically, analyze and present an analysis. When developing these qualities in a person from an early age, the teacher must be able to work with a constructive training program as an analyst.

In the traditional system of education, the main role is «played» by the teacher, in the modern era of globalization, the cognitive attitude towards the student is changing, the principle of «bilimger uni» is being formed, and students are active, showing «their roles». A special place in increasing the level of thinking and research abilities of students is given to critical thinking, increased interest in mastering the discipline. The history of development, the scope of application of this technology is deep. This module, included in the educational process as a result of the research of many well-known pedagogical scientists, is bearing fruit today.

In accordance with modern requirements, each teacher constantly hones his professional knowledge, uses new innovative technologies daily in accordance with modern trends, and not just one desired lesson, the lesson will undoubtedly be interesting, interesting and effective.

List of references

1. Yuldasheva M. M., Yuldasheva M. M. Application of methods of joint learning during practical classes //Biology and integrative medicine. – 2021. – No. 1. – pp. 436-443.
2. Adilova N. G. The importance of co–education in improving the effectiveness of primary education //International scientific review of the problems and prospects of modern science and education. - 2018. – pp. 90-91.
3. Askarova G. S. Efficiency of group work organization / / World science. – 2016. - Vol. 4. -№. 3 (7). - pp. 16-16.

4. Features and types of group work [Electronic resource]. - Access mode: https://articlekz.com/kk/article/32632 (Access date: 2.10.2023)
5. Rakhimov Z. T. The effectiveness of using the technology of co-education in the educational process //Bulletin of Science and Education. – 2019, №. 4-1 (58), pp.50-54.
6. Pronenko E. A., Tsakhilova K. O., Aghasyan A. A. Technology of joint learning as the implementation of joint mental activity: semantic aspects //The world of science. Pedagogy and Psychology, 2020, vol. 8, No. 2, p. 45.

THE IMPORTANCE OF USING CONTROL METHODS WITH THE HELP OF TECHNOLOGY

Kairbek A.B.
e-mail: bakytbekovna22@gmail.com
Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *The article discusses the importance of new technologies used in monitoring a student's knowledge in computer science lessons. Currently, one of the topical issues in the field of education is the constant monitoring of students' knowledge. Where there is control and evaluation, there will be education and upbringing. The article reflects the methods of control and evaluation and the possibilities of modern new technologies. Research work is carried out to determine the significance of control for the student, the results are reflected. Teachers will be informed about methods and exciting games designed to make the lesson more fun. By controlling students' knowledge using interesting methods, as well as using color technologies, we can increase their passion for lessons and motivate them to prepare for the next lessons*.

Keywords: knowledge control, computer science, control methods, new technologies.

The use of innovative technologies in education will improve the quality of education, increase the efficiency of the educational process, as well as prepare qualified specialists ready to work in the modern world. One of these technologies is online courses. They allow you to study at any time and in any place, regardless of the schedule of classes and geographical location. Online courses also allow you to learn from the best specialists in your field. Today, many educational institutions offer their students online courses as an additional and flexible way of learning. Online courses also allow students to independently determine the pace and depth of the material being studied, which increases the effectiveness of training. With the help of the latest technologies, it is possible to automate the process of controlling students' knowledge.

The control of the student's knowledge plays an important role in the educational process. This allows you to assess the level of understanding and assimilation of the material, as well as identify gaps and weaknesses. In addition, knowledge control can help the teacher adapt the learning process, allowing him to deepen the topics that cause problems, or move on to new material. For a student, knowledge control means the ability to self-evaluate and realize their achievements and failures [1]. This can serve as an incentive to improve learning activities and prepare for future classes.

New technologies play an important role in modern methods of controlling students' knowledge. Here are a few aspects that highlight the importance of new technologies in this context. These are: more efficient data processing: modern software and hardware allow you to more efficiently collect, analyze and store large amounts of data on student performance. This allows for a more accurate and detailed analysis of knowledge; adaptive testing: new technologies allow you to create adaptive tests that can adapt to the level of knowledge of each student [2]. This increases the accuracy of the assessment and allows you to identify individual needs; interactive forms of control: the capabilities of virtual platforms and applications allow you to create interactive tasks and tests that more effectively check the understanding of the material; improved feedback tools: with the help of new technologies, you can provide students

with detailed and visual feedback that will help them better understand their mistakes and improve your knowledge; distance testing: the possibility of online testing and knowledge monitoring simplifies the assessment process in distance learning, which is very important in modern realities; the use of analytics and artificial intelligence: modern technologies allow the use of data analysis and artificial intelligence to more accurately assess knowledge and determine individual needs of students; the development of creative assessment methods: new technologies for multimedia presentations, visual tasks, etc. allows you to create creative forms of knowledge control, such as, which makes the assessment process more interesting and exciting; improving the security and integrity of control: some technologies allow you to prevent fraud and plagiarism during testing.

Thus, new technologies significantly expand the possibilities of controlling students' knowledge, making the process more accurate, adaptable and effective. They also contribute to the development of modern and interactive assessment methods. Modern software and hardware make it possible to collect, analyze and store large amounts of data on student performance more efficiently. This allows for more accurate and detailed analyses of knowledge. The capabilities of virtual platforms and applications allow you to create interactive tasks and tests that more effectively test the understanding of the material.

The control of students' knowledge plays an important role in the educational process and has important aspects, as shown in Figure 1.

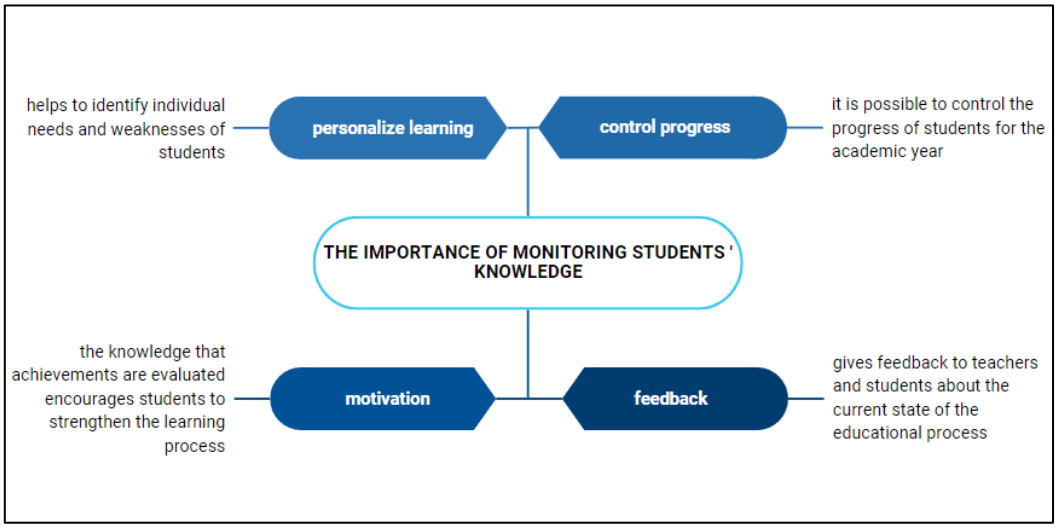


Figure 1. The importance of student knowledge control

The control of students' knowledge is the process of evaluating and measuring the level of students' assimilation of material [3]. Depending on the objectives and nature of the training, various methods of knowledge control can be used:

- Oral survey: the teacher asks students questions, and they must answer orally. This method allows you to evaluate the understanding and ability to express yourself.
- Sampling test: This can be a choice test (multiple choice), when students choose the correct answer from the suggested options, or a short answer test.
- Essay: Students are encouraged to write an essay or a short answer to a question that usually requires analysis and critical thinking.
- Essays and presentations: Students prepare essays or presentations on a given topic and present them to the class.

- Practical tasks and laboratory work: depending on the topic, these may be various tasks that require the use of practical skills.
- Projects and Research: Students can work in groups or individually on projects or research, presenting the results in the form of reports, presentations or demonstrations.
- Figurative identification: this method may interest the student with its colorfulness [4]. You can also show a student a subject that is not in the class using such comparisons.
- Seminars and exercises: tasks or exercises performed in the classroom or laboratory to test the practical skills of students.
- Case study: this is an analysis of a specific situation or problem that requires a solution based on past material.

As mentioned above, there are many methods used in high school to track students' knowledge. One of them is observation in the form of figurative identification. Figurative identification performs a special function in improving the memory of students. This is due to the fact that students interested in a color game get 81% of their memory by visualizing a topic and a task set using figurative images - it can be stored for a long time. The teacher can show the student the internal design of the computer using this method. In order to determine which technology we control based on figurative identification, we conducted a criteria analysis of new technologies and studied how they relate to the control of student knowledge. As a result, we found that it is important to offer the student a new topic, feedback, monitoring and evaluation through applications. The analysis included various technologies and applications. Of these, we chose the wordwall application, which will be simple, interesting, and accessible to 2nd grade students.

Wordwall is an interactive platform that teachers can actively use when developing various games and quiz questions during the lesson [5]. With this application you can perform crosswords, mock tests, crosswords, figurative identification, practical exercises. It is also a very effective program for teachers and students. The first 5 types of tasks allow you to perform for free, and the paid version gives 33 tasks. The only application that will help you create a tracking method based on figurative identification is WordWall. In order to practically test the importance of providing a student with a method of figurative identification using a new technology, we have developed a figurative identification for 2nd grade students, shown in Figure 2, using the WordWall application.

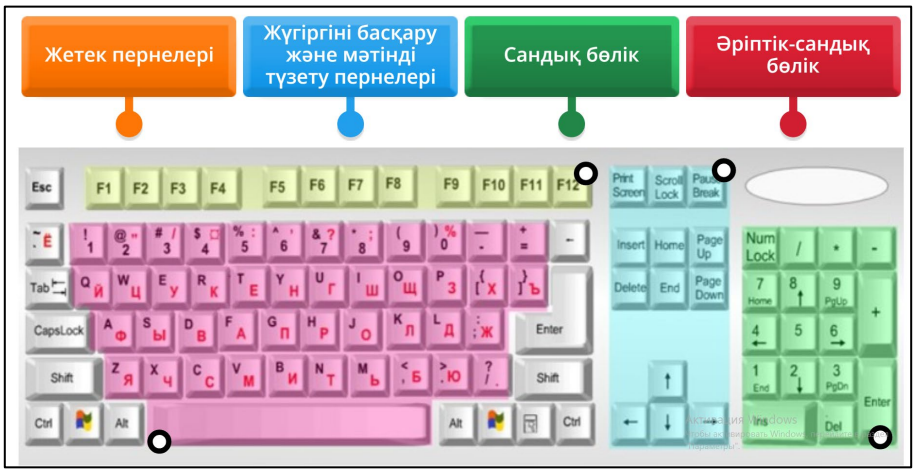


Figure 2. Identification created using the WordWall application

Students of the 2nd grade of secondary school №268 of Kyzylorda and secondary school №7 of Almaty took part in the experiment on control with figurative identification. According to the results shown in Figure 3, 73.3% of the students of the 2nd grade of secondary school №143 of the city of Kyzylorda answered the questions correctly.

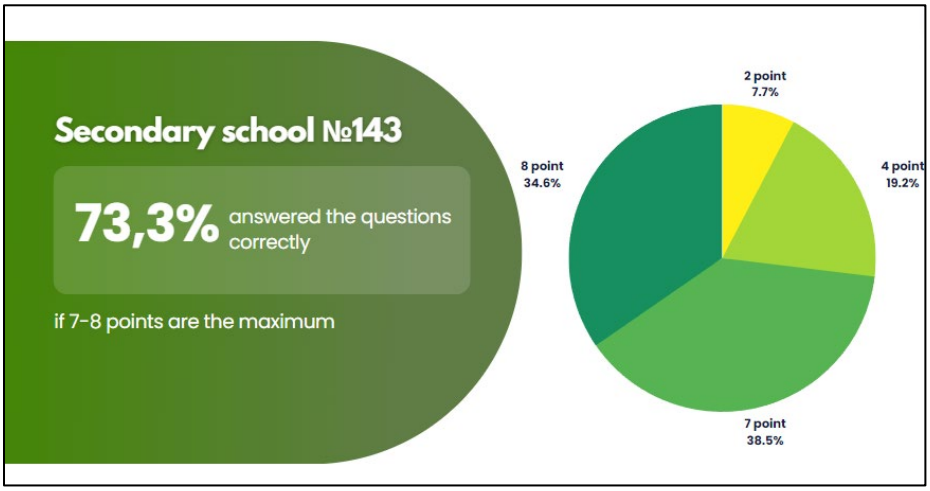


Figure 3. Results of students of the 2nd grade of secondary school №143

The results of the control conducted at secondary school №7 in Almaty, as shown in Figure 4, showed that 88% of 2nd grade students correctly answered the questions asked and satisfactorily completed the experience of controlling students' knowledge using a new technology using the control method.

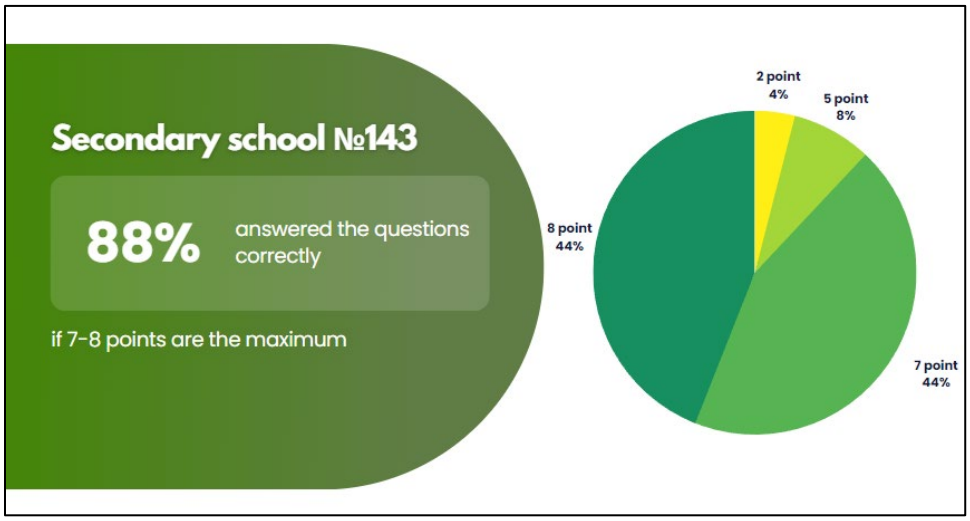


Figure 4. Results of students of the 2nd grade of secondary school №7

After the results of the conducted experimental studies, the interest of students in summing up the results of a new lesson through figurative identification increased, and a request was received to complete the lesson with interesting games. The results of the experiment showed that with the help of various exciting games we can increase interest, observation and improve the memory and cognitive abilities of students. Also, such control methods do not

choose age specifics. We can apply to any class, to any age. Only here it is necessary to take into account an important point-the ability to choose the right control methods and types of games, taking into account the age characteristics of students. For example, for 2nd grade students – "figurative identification", for 5th grade students – "case study", for 9th grade students - "trial test", for 10th grade students - control methods based on "practical work".

New technologies significantly enrich the pedagogical Arsenal, allowing students to evaluate their knowledge more effectively. They contribute to analytics, adaptive methods and the development of interactive forms of control [6]. This approach opens up new horizons in improving the quality of education and individualization of learning, contributing to the development of the potential of each student. With the help of new technologies, it is possible to provide more detailed and visual feedback to students, which helps them better understand their mistakes and improve their knowledge.

In conclusion, the control of the student's knowledge is of great importance. With its help, you can achieve many successes in the field of education. For example, assessment of the level of assimilation of material, identification of weaknesses, motivation to study, preparation for exams and tests, assessment of the quality of training, creation of adapted programs, preparation for future education or career. In general, knowledge control is an important tool that helps high school students get a quality education and successfully complete educational tasks.constant monitoring of students' knowledge leads to an increase in the quality of knowledge. In particular, the discovery of motivation for the next lesson with the involvement of students is carried out through exciting games, trial tests created with the help of new technologies. By introducing new technologies for knowledge control, students get more opportunities for self-study, and teachers receive valuable data for analyzing the progress of learning and adapting the learning process.

References:

1. Chubareva M. V., Kornienko A. K. Methods of knowledge control in a playful way on the example of a scene in the discipline "Psychology" //Actual problems of science and education in the context of modern challenges. – 2022. – pp. 125-130.
2. Kozhurenko N. V. Current control of students' knowledge in the conditions of distance learning. – 2021. – pp. 14-15.
3. Tikhonova N. V. Organization of control of students' knowledge in the conditions of remote learning //Kazan Linguistic Journal. – 2021. – Vol. 4. – No. 1. – pp. 111-125.
4. Musabayeva G. M., Tusupbekova N. S. An effective online testing platform as a method of knowledge control in teaching //Eurasian Scientific Association. – 2020. – No. 12-6. – pp. 433-436.
5. Web application "Wordwall" [electronic resource]. – Access mode: https://wordwall.net/.
6. Romas V. A., Zvereva L. G. Forms and methods of control of students' knowledge in mathematics lessons as a means of increasing efficiency //International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2020. – №. 5-3. – Pp. 155-158.

ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА И ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Усатова О.А.[1,2], Зейнолла А.М.[2*]
E-mail: 222126@astanait.edu.kz
[1]*Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, Алматы, Республика Казахстан*
[2]*Университет «Astana IT University», Астана, Республика Казахстан*

Аннотация. *Статья "Обучение персонала и пользователей в процессе внедрения CRM системы в образовании" рассматривает важный этап внедрения CRM решений в образовательных учреждениях. В ней подробно рассматриваются стратегии и методики обучения персонала и конечных пользователей системы, чтобы обеспечить успешное и эффективное использование CRM в учебном процессе.*

Ключевые слова: Обучение персонала, Пользователи CRM системы, Внедрение CRM в образовании, Эффективное использование CRM, Образовательные учреждения, Методики обучения, Обучающие ресурсы, Мониторинг прогресса, Автоматизация образования, CRM в школе.

Введение. Современное образование стало невозможно представить без использования информационных технологий. Эффективное управление образовательными процессами и взаимодействие с учащимися, родителями и персоналом школы требуют современных решений, способных справиться с огромными объемами данных и обеспечить коммуникацию на всех уровнях.

Именно здесь на сцену выходит CRM система (Customer Relationship Management), которая, хоть и имеет в названии "клиентов" (Customers), в контексте образования ориентирована на эффективное управление отношениями между образовательным учреждением и его "клиентами", включая учащихся, родителей, преподавателей и администрацию.

CRM системы в образовании предоставляют множество возможностей для автоматизации бизнес-процессов, повышения качества образования и улучшения взаимодействия всех участников образовательной среды. Они позволяют хранить информацию о студентах, управлять учебными планами, контролировать финансы, отслеживать успеваемость, а также обеспечивают эффективную связь с родителями и преподавателями [1].

Пользователи CRM системы представляют собой разнообразные группы людей, которые взаимодействуют с системой в рамках образовательного учреждения. Вот основные категории пользователей CRM системы в контексте образования:

1. Администраторы: Администраторы CRM системы обычно отвечают за управление самой системой. Они настраивают доступы, создают учетные записи пользователей, вносят изменения в настройки системы и обеспечивают ее бесперебойную работу.
2. Учителя и преподаватели: Учителя и преподаватели используют CRM систему для отслеживания успеваемости студентов, планирования занятий, ведения журналов и оценивания студенческих достижений. Они также могут использовать систему для взаимодействия с родителями студентов и сообществом [6].

3. Студенты: Студенты могут быть пользователями CRM системы, если им предоставляется доступ к своим данным и учебным ресурсам через систему. Они могут проверять свои оценки, доступ к расписанию, учебным материалам и общаться с учителями через систему.
4. Родители: Родители студентов также могут использовать CRM систему для отслеживания успеваемости своих детей, получения уведомлений о событиях в учебном процессе и общения с учителями.

Каждая из этих категорий пользователей играет свою уникальную роль в системе управления взаимодействием и обслуживанием клиентов в образовательном учреждении, и CRM система обеспечивает им инструменты для более эффективной работы [2].

Адаптация CRM (Customer Relationship Management) под образовательные нужды представляет собой процесс настройки и оптимизации CRM системы для удовлетворения уникальных требований образовательных учреждений. Этот процесс включает в себя ряд ключевых шагов и аспектов:

1. Анализ потребностей образовательного учреждения: Первый шаг в адаптации CRM под образовательные нужды — это детальный анализ требований и целей учреждения. Важно понять, какие процессы нуждаются в улучшении, какие данные необходимо собирать и анализировать, и какие цели должны быть достигнуты с помощью CRM [7].
2. Выбор подходящей CRM платформы: на основе анализа потребностей выбирается подходящая CRM платформа или система. Важно учесть, что CRM система должна быть гибкой и настраиваемой, чтобы соответствовать уникальным процессам и потребностям образования [10].
3. Настройка: CRM система настраивается с учетом специфических потребностей образовательного учреждения. Это включает в себя создание пользовательских полей, форм, рабочих процессов и отчетов. Важно также интегрировать CRM с другими системами, используемыми в учреждении, такими как системы управления учебными материалами или расписаниями [3].
4. Сбор и анализ данных: CRM система собирает данные о студентах, учителях, родителях и других участниках образовательного процесса. Эти данные используются для отслеживания успеваемости, анализа активности студентов, мониторинга учебных планов и других задач. Анализ данных помогает учреждению принимать информированные решения [8].
5. Интеграция с образовательными процессами: CRM система интегрируется в образовательные процессы, такие как ведение журналов, оценивание студентов, управление расписанием и документооборот. Она также может поддерживать коммуникацию между студентами, учителями и родителями [9].

Анализ обучения персонала в CRM-системах, таких как Bitrix24, AlfoSRM и собственной CRM-системе, может быть полезным для определения преимуществ и недостатков каждой системы. Давайте рассмотрим основные аспекты обучения персонала в этих системах:

Bitrix24 Преимущества:

1. Обширные ресурсы: Bitrix24 предоставляет обширные обучающие материалы, включая видеоуроки, документацию и форумы сообщества.
2. Онлайн-обучение: Пользователи могут получить обучение онлайн, что делает процесс обучения более гибким и удобным.
3. Интеграция с системой: Bitrix24 интегрирована с системой управления обучением (LMS), что упрощает создание курсов и тренингов для сотрудников.

Bitrix24 Недостатки:

1. Ограниченные настройки: несмотря на обширные обучающие ресурсы, Bitrix24 может оказаться ограниченным в настройке обучения под конкретные потребности компании.
2. Зависимость от сторонних ресурсов: Bitrix24 может требовать использования сторонних ресурсов для более сложных курсов и тренингов.

AlfoSRM Преимущества:

1. Удобство использования: AlfoSRM обычно предоставляет простой и интуитивно понятный интерфейс для обучения сотрудников.
2. Персонализированное обучение: Сотрудники могут получать персонализированные задания и обучающие материалы в соответствии с их ролями и задачами.

AlfoSRM Недостатки:

1. Ограниченные функциональные возможности: AlfoSRM может иметь ограниченные возможности в области создания и управления обучающими курсами.
2. Ограниченная масштабируемость: при росте компании AlfoSRM может оказаться менее масштабируемым и требовать пересмотра обучающих методик.

Собственная CRM-система Преимущества:

1. Индивидуальная адаптация: Система может настроить обучение сотрудников в соответствии с нашими уникальными бизнес-процессами.
2. Масштабируемость: CRM может быть масштабирована и адаптирована к изменяющимся потребностям.
3. Интеграция: Обучение может быть полностью интегрировано с другими бизнес-процессами и системами.

Собственная CRM-система Недостатки:

1. Ресурсы для разработки: Разработка и поддержка собственной CRM и обучающих материалов может потребовать значительных ресурсов.
2. Время внедрения: Процесс разработки и внедрения собственной системы может занять больше времени, чем использование готовых решений.

После проведения анализа CRM-система имеет свои преимущества и недостатки в обучении персонала. Нашей целью является создание собственной CRM, которая учтет наши уникальные потребности и максимально адаптируется под школьных учреждений.

Мониторинг прогресса и оценка результатов – это важная составляющая процесса обучения и управления образовательными учреждениями. Для успешной реализации этих задач важно использовать современные инструменты и системы, включая CRM системы, которые могут значительно упростить и улучшить процесс мониторинга и оценки. Вот несколько ключевых аспектов мониторинга прогресса и оценки результатов в образовании:

1. Системы учета и анализа данных: CRM системы могут использоваться для сбора и хранения данных об учениках и их активности. Это включает в себя информацию о посещении занятий, выполнении домашних заданий, результаты тестов и экзаменов. Эти данные могут быть использованы для мониторинга академического прогресса и определения областей, где ученикам требуется дополнительная поддержка [2].

2. Автоматизация учета оценок: CRM системы позволяют автоматизировать процесс ввода и хранения оценок. Это упрощает работу учителей и обеспечивает точность данных. Оценки могут быть легко доступны для учеников и их родителей через онлайн-порталы.
3. Системы аналитики и отчетности: CRM системы позволяют создавать отчеты и анализировать данные об учениках и учебных группах. Аналитика может помочь выявить тенденции в обучении, выявить успешные методики преподавания и определить области, требующие улучшения.

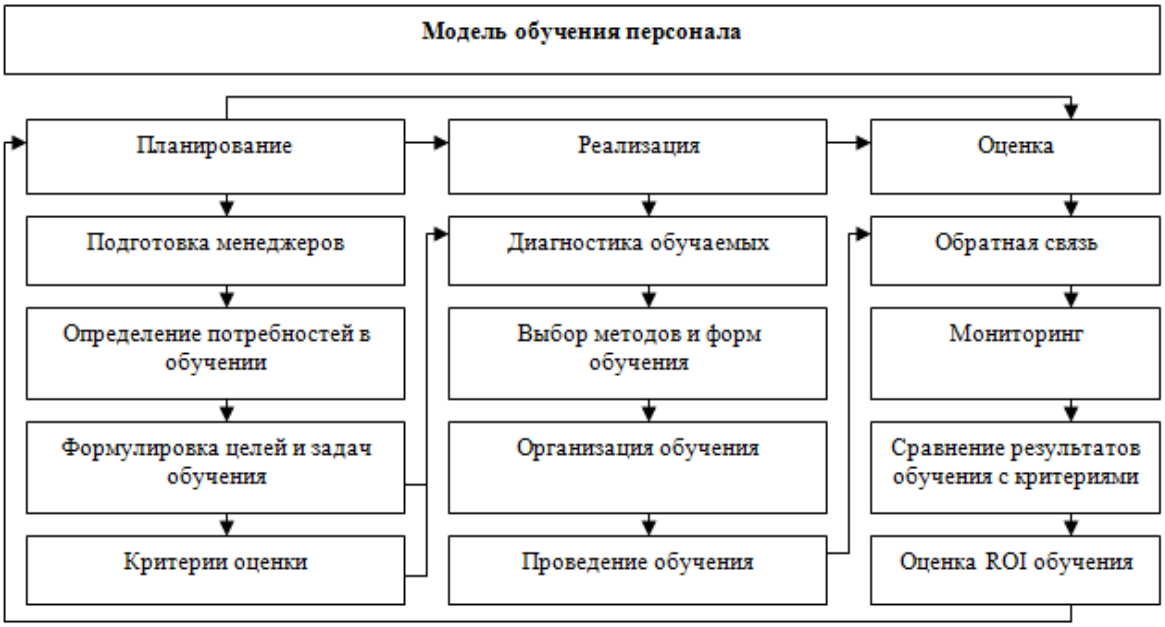


Рис. 1 Модель обучения персонала

Обучение персонала важный этап при внедрении CRM системы в образовательное учреждение. Вот несколько причин, почему обучение персонала необходимо:

1. Ознакомление с новой технологией: Внедрение CRM системы требует от персонала понимания, как она работает, и умения использовать ее функциональные возможности. Обучение помогает персоналу освоить новую технологию и уверенно работать с ней [4].
2. Максимальное использование функционала: CRM системы обычно предоставляют широкий спектр инструментов и функций, которые могут быть полезными для образовательных учреждений. Обучение позволяет персоналу узнать обо всех возможностях и способах использования CRM системы для оптимизации своей работы.
3. Повышение производительности: Грамотное обучение позволяет персоналу работать более эффективно. Он может использовать CRM систему для автоматизации повседневных задач, улучшения обслуживания клиентов и оптимизации рабочего процесса [5].
4. Сокращение ошибок и недоразумений: Знание технологии помогает избегать ошибок и недоразумений при взаимодействии с CRM системой. Это способствует более точной и надежной работе.

Модель обучение персонала играет ключевую роль в успешном внедрении и использовании CRM системы в образовательном учреждении, и его необходимость не следует недооценивать представлен на рисунке 1.

Заключение. CRM системы в сфере образования представляют собой мощный инструмент для оптимизации процессов, улучшения качества образования и эффективного управления учебными учреждениями. Внедрение и использование CRM системы в образовании требует тщательной разработки, обучения персонала и адаптации под специфические потребности учебных заведений. Преимущества автоматизации в образовании, такие как повышение профессионализма сотрудников, улучшение качества образования, эффективное управление данными и увеличение продуктивности, делают CRM системы неотъемлемой частью современного образования. Этапы разработки CRM системы включают в себя анализ потребностей, проектирование системы, программирование и тестирование, внедрение и обучение персонала. Каждый этап требует внимания к деталям и сотрудничества между разработчиками и конечными пользователями. Обучение персонала и пользователей является ключевым аспектом успешного внедрения CRM системы. Это обеспечивает эффективное использование системы, улучшает коммуникацию в учебных учреждениях и способствует повышению профессионализма сотрудников. Адаптация CRM системы под образовательные нужды включает в себя создание персонализированных решений для учебных учреждений, учет специфических процессов и потребностей образования, а также интеграцию с другими образовательными системами. Мониторинг прогресса и оценка результатов позволяют постоянно улучшать работу CRM системы в образовании. Анализ данных и обратная связь от пользователей помогают выявлять узкие места и вносить корректировки.Преимущества обучения персонала включают в себя повышение профессиональной компетентности, улучшение качества образования, эффективное управление данными, увеличение продуктивности, снижение ошибок и недоразумений, увеличение удовлетворенности сотрудников и адаптацию к изменениям.Внедрение CRM системы в сферу образования требует тщательной разработки, адаптации и обучения, но в итоге это способствует улучшению качества образования и эффективности учебных учреждений. CRM системы становятся неотъемлемой частью современного образования, обеспечивая более качественное и продуктивное обучение.

Литература

1. Обучение сотрудников работе в CRM https://luckru.ru/articles/vokrug-crm/obuchenie-sotrudnikov-rabote-v-crm/ [электронный ресурс]
2. Как обучить свою команду работе с CRM за 8 шагов https://vc.ru/services/403596-kak-obuchit-svoyu-komandu-rabote-s-crm-za-8-shagov [электронный ресурс]
3. Обучение работе в CRM https://crm.ru/obuchenie-rabote-v-crm/ [электронный ресурс]
4. CRM обучение, курсы по CPM системе https://integrator.digital/obuchenie/ [электронный ресурс]
5. Как избежать проблем с обучением сотрудников https://www.crmconsalting.ru/job [электронный ресурс]
6. Обучите сотрудников эффективно применять CRM https://crmacademy.kz/ [электронный ресурс]
7. Как организовать обучение CRM-системе сотрудников в компании https://okocrm.com/blog/obuchenie-crm-sisteme/ [электронный ресурс]

8. ОБУЧЕНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ https://www.exsolcom.kz/services/obuchenie-polzovateley/ [электронный ресурс]
9. Как организовать обучение CRM-системе сотрудников в компании https://okocrm.com/blog/obuchenie-crm-sisteme/ [электронный ресурс]
10. 5 вредных советов для обучения сотрудников работе в CRM-системе https://delovoymir.biz/5-vrednyh-sovetov-dlya-obucheniya-sotrudnikov-rabote-v-crm-sisteme.html [электронный ресурс]

ON BR´EZIS PSEUDOMONOTONE VARIATIONAL INEQUALITIES IN VECTOR TOPOLOGICAL SPACE

Ali Farajzadeh , Elman Hazar
farajzadehali@gmail.com, elman.hazar@igdir.edu.tr
Department of Mathematics, Razi University, Kermanshah 67149, Iran
Department of Mathematics, Igdir University, Igdir, Turkey

Abstract. In this talk we are going to introduce the topological vector space version of the B-pseudomonotone and then we show that there is no relation between it and monotinicity (by providing some examples), without adding additional assumptions. Also we establish a link between lower semicontinuity B-pseudomonotonicity and monotinicity. Finally, by using the notion of radially continuity and local boundedness we prove that the monotinicity can imply the B-pseudomonotonicity.

Keywords: B-pseudomonotonicity, Radially continuity, Monotinicity.

Introduction

In order to investigate the existence of solutions of VI(T, C), we will focus on a notion of monotonicity property for the operator T that was introduced by Brezis for single-valued operators in 1968 (see [3]), called in the sequel B-pseudomonotonicity. Let us emphasize that this kind of monotonicity has no direct relation with the monotonicity of mappings with respect to an ordering as the one introduced by Karamardian and Schaible in [4] and commonly known as algebraic pseudomonotonicity (see for instance [5]).

Main Results

Let X be a real, topological vector space, with dual X*, and write $\langle x, x^*\rangle$ in place of $x^*(x)$ for $x \in X$ and $x^* \in X^*$. We should be topologized in such a way that the canonical bilinear form $\langle .,.\rangle$ is continuous on $X \times X^*$.

Definition. Let $C \subseteq X$ be a nonempty set and $T: X \rightrightarrows X^*$, a set-valued mapping with $C \subseteq \mathrm{dom}(T) = \{x \in X: T(x) \neq \emptyset\}$. An element $\bar{x} \in C$ is called a solution of

(a) variational inequality (VI(T, C)), if for all $y \in C$,

$$sup_{x^* \in T(x)} \langle x^*, y-\bar{x}\rangle \geq 0.$$

(b) weak variational inequality (WVI(T, C)), if for every $y \in C$, there exists

$$x^*(y) \in T(\bar{x}) \text{ satisfying}$$
$$\langle x^*(y), y-\bar{x}\rangle \geq 0.$$

(c) strong variational inequality (SVI(T,C)), if there exists $x^* \in T(\bar{x})$ satisfying

$$\langle x^*, y-\bar{x}\rangle \geq 0 \text{ for all } y \in C.$$

Most of the existence results require some kind of continuity properties together with suitable assumptions of monotonicity of the operator T. One is the notion of pseudomonotonicity introduced by Karamardian and Schaible, arising from and extending the classical notion of monotonicity for operators; in this framework some existence results can be found, for instance, in [3] and the references therein. A different kind of pseudomonotonicity for operators, known as Br´ezis pseudomonotonicity (B-pseudomonotonicity, for short), was introduced by Brezis when dealing with integral equations and partial differential equations. As a matter of fact, the theory of B-pseudomonotone operators has played an important role in the study of solvability of operator equations and quasi–linear elliptic equations.

Definition. Let X be a topological vector space and T: X ⇉ X* a mapping. T is called B-pseudomonotone on a nonempty subset D of dom(T) if, for every net $\{x_i\}$ in D such that $x_i \to x \in D$, and for every $x^*_i \in T(x_i)$, with lim sup $\langle x^*_i, x_i - x\rangle \leq 0$, one has that for every $y \in D$, there exists $x^*(y) \in T(x)$ such that $\langle x^*(y), x - y\rangle \leq \liminf \langle x^*_i, x_i - y\rangle$.

Remark. If T is lower semicontinuous, then for each x in D, net $\{x_i\}$in D such that $x_i \to x \in D$ and each $x^* \in T(x)$ there exist subnet $\{x_{i_j}\}$ of $\{x_i\}$ and $x^*_{i_j} \in T(x_i)$ such that $x^*_{i_j} \to x^*$. Hence the continuity of the duality pairing implies $\langle x^*(y), x - y\rangle \leq \lim\langle x^*_{i_j}, x_{i_j} - y\rangle = \liminf \langle x^*_{i_j}, x_{i_j} - y\rangle$. The lower semicontinuity defines a kind of B-pseudomonotonicity. The following example shows that the lower semicontinuity of T can not imply the B-pseudomonotonicity of it in general:

$$T(x) = \begin{cases} [0, \infty), & x \neq 0 \\ \{0\}, & x = 0 \end{cases}$$

Also the mapping T in the example

$$T(x) = \begin{cases} [0, \infty), & x = 0 \\ \{0\}, & x \neq 0 \end{cases}$$

is B-pseudomonotone but it is not lower semicontinuous.

Definition. A set-valued map T: X ⇉ X* is said to be monotone on D ⊆ dom(T), if $\langle x^* - y^*, x - y\rangle \geq 0$, $\forall x, y \in D$, $\forall x^* \in T(x)$, $\forall y^* \in T(y)$.

Remark. The set-valued mapping defined by

$$T(x) = \begin{cases} [0, \infty), & x = 0 \\ \{0\}, & x \neq 0 \end{cases}$$

is not monotone on D = ℝ, but it is B-pseudomonotone. Also the set-valued mapping

$$T(x) = \begin{cases} [0, \infty), & x \neq 0 \\ \{0\}, & x = 0 \end{cases}$$

is monotone on D = [0, ∞), but not B-pseudomonotone. Consequently, there is no relation between monotone and B-pseudomonotone without additional conditions, we need the following definition for the relationship between monotone and B-pseudomonotone. We need

the next definitions and basic result in order to establish sufficient conditions which a monotone set-valued mapping is B-pseudomonotone.

Definition. Let T: X ⇉ X* and D ⊆ dom (T). We say that T is radially continuous on D if its graph, that is G_T = gph (T) = {(x, x*) ∈X × X*: x* ∈ T(x)}, satisfies the condition: for all x, y ∈ D, t_i ∈ [0, 1], $t_i \to 0$, if

$((1 - t_i)\, x + t_i y, z^*_i) \in$ gph (T), and $z^*_i \to z^*$.

Then (x, z*) ∈ gph (T).

Note that, if T is closed, that is its graph is a closed subset of X × X*, then, it is radially continuous, but the converse does not hold in general.

Brezis [3] proved that a radially continuous monotone single-valued mapping is B-pseudomonotone. Then, Bianchi et al obtained the set-valued version of Brezis [3] result in the setting of reflexive Banach spaces. In the following, we going to state two different versions of Bianchi et al result which the first one is based on the radial continuity and local boundedness in Frechet spaces spaces and the second version is based on the lower semicontinuity in the setting of topological vector spaces.

Proposition. Let X be a Frechet space with dual X*, C ⊆ int(dom(T)), C closed and convex, and T: X ⇉ X* be monotone, and radially continuous on C. Then T is B-pseudomonotone on C.

Proposition. Let X be a topological vector space with dual X*, and T: X → X* a lower semicontinuous mapping and C a nonempty closed and convex subset of domain of T. If T is monotone, then T is B-pseudomonotone on C.

The following example shows that proposition 1 is a real extension of Proposition 1 in [1].

Example. Let X be the space of all the real sequences (denoted by $\mathbb{R}^{\mathbb{N}}$) with the product topology is a Frechet space which is not normable. If T: X→X* is defined by T(x) = $\{0_{X^*}\}$ for all x in X then T satisfies all the hypotheses of proposition 1 while X is not a reflexive Banach space and so Proposition 1 in [2] fails for this example.

It is obvious that the solution set of VI(T, C) associated to (T, C) equals to the solution set of the following problem which is called equilibrium problem (EP):

(EP) x ∈ C such that G_T (x, y) ≥ 0 for all y ∈ C,

where G_T: C × C → R∪{+∞} given by

G_T (x, y) $= sup_{x^* \in T(x)} \langle x^*, y - x \rangle$,

It is clear that the solution set of (EP) for G_T equals to the set $\bigcap_{y \in C} F(y)$, where F : C → 2^C is defined by F(y) = {x ∈ C : G_T (x, y) ≥ 0}. In the other words,

($\bar{x} \in \bigcap_{y \in C} F(y) \Leftrightarrow G_T(\bar{x}, y) \geq 0, \ \forall y \in C$).

The equilibrium problem was formulated by Blum and Oettli in [2].

The following result provides sufficient conditions which under them the solution set of (EP) for G_T is nonempty and compact.

Theorem. Let C be a nonempty, closed and convex subset of a Hausdorff topological vector space E, and T: C → 2^{E^*} a set-valued mapping which the corresponding bifunction of T, that is G_T, satisfies in the following assumptions:

(i) for all y ∈ C the set {x ∈ C: G_T (x, y) ⩾ 0} is closed;

(ii) for all x ∈ C the set {y ∈ C: G_T (x, y) < 0} is convex;

(iii) there exist D,K ⊂ C, such that D is convex, compact and K is compact, and for every x ∈ C\D, there exists y ∈ K, G_T (x, y) < 0.

Then, there exists $\bar{x}$ ∈ C such that GT ($\bar{x}$, y) ⩾ 0 for all y ∈ C.

Now, we are ready to present our main theorem which is a generalization of reflexive Banach spaces to Hausdorff topological spaces (Theorem 2 in [1]) by omitting the B-pseudomonotonicity and a weaker coercivity condition.

Moreover, our assumptions guarantee the solution set of VI(T, C) is compact and convex.

Theorem. Let T: X ⇉ X* and C be a nonempty, closed and convex subset of dom(T). Suppose that:

(i) T(x) is weak*-compact for every x ∈ C;

(ii) T is closed;

(iii) there exist D,K ⊂ C, such that D is convex, compact and K is compact, and for every x ∈ C\K, there exists y ∈ D, $sup_{x*\in T(x)}$⟨x*, y − x⟩<0.

Then all the assumptions of Theorem 3 for G_T are satisfied and so the solution set of VI(T, C) is nonempty.

References

1. M. Bianchi, G Kassay, and R Pini. Regularization of brezis pseudomonotone variational inequalities. Set-Valued and Variational Analysis, 29 (2021),175-190.
2. E. Blum, W. Oettli, From optimization and variational inequalities to equilibrium problems, Math. Student 63(1994) , 123-145.
3. H. Brezis. Equations et inequations non lineaires dans les espaces vectoriels en dualite. In Annales de l'institut Fourier, volume 18 (1968),115-175.
4. S.Karamardian, S. Schaible, Seven kinds of monotone maps, J. Optim. Theory Appl. 66 (1990)37-46 .
5. B.T. Kien, M.M. Wong, N.C. Wong, N.C., J.C. Yao, Solution existence of variational inequalities with pseudomonotone operators in the sense of Br_ezis, J. Optim. Theory Appl. 140 (2009), 249-263.

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT ALGORITHM FOR FORECASTING AND OPTIMIZING THE FUNCTION OF ENRICHMENT PLANT STORAGE FACILITIES

Kulakova Ye.A., Zhanat A.Z., Shiryayeva O.I.
e-mail: ye.kulakova@satbayev.university
Satbayev University, Kazakhstan

Annotation. *A unified model of the organization of flows at processing plants has been developed, which would be applicable in practice for most processing plants in Kazakhstan and neighboring countries. The results of algorithms for predicting the fullness of the storage of the processing plant based on the regression equation and on the basis of the neural network were obtained and compared.*

Keywords. *Processing plant, regression equation, neural network, storage occupancy, forecasting, optimization.*

Introduction. A feature of the enrichment production is the redundancy of technological enrichment lines. This is primarily due to the need for weekly scheduled preventive repairs. In addition, in order to avoid downtime of the entire factory due to equipment malfunction is also relevant. Therefore, when designing enrichment plants, two enrichment lines are provided. This factor must be taken into account when managing production flows.

Thus, taking into account all the above-mentioned features of the processing plant, it is possible to develop a unified flow scheme at the processing plant that is relevant for almost all factories in Kazakhstan and neighboring countries. The technological scheme of the concentrating plant is proposed in an enlarged plan. The main conveyors carrying out ore transportation are shown. The diagram is shown in figure 1.

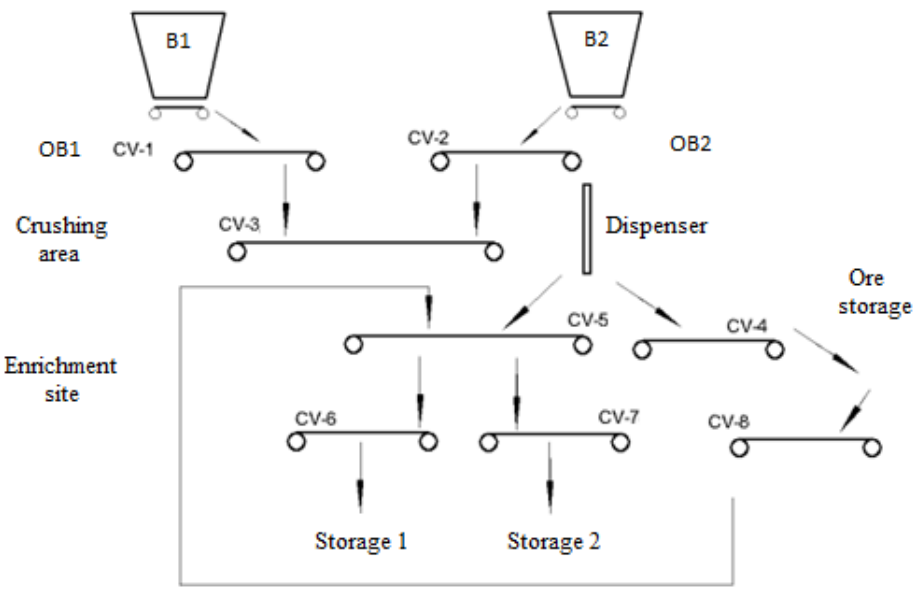


Fig. 1. Unified flow diagram at the concentrator

Ore is supplied to the processing plant from two sources (mines) by means of belt feeders OV1 and OV2. Ore is fed to feeders from bunkers B1 and B2. The maximum output of the mines for the source ore is equal. The ore enters the crushing site. After crushing, it is possible to supply ore to the enrichment site or to the ore storage, which provides ore supply, in case of shortage from sources. In addition, in the absence of ore in the storage, it is provided for the delivery of ore by motor transport. The enrichment site consists of two departments, the productivity of which for commercial ore is equal to 40% and 60% of the total productivity of the concentrator. Failure of one link leads to a halt of the entire enrichment process. Therefore, back-up lines, storage, the possibility of transporting ore by road and loading it into the process are provided at the processing plants.

The relevance of the proposed scheme for the unification of processing plants in Kazakhstan is explained by taking into account the main features of the processing production of the republic:

- analysis of literary sources has shown [1-3] that most of Kazakhstan's OFS are individual or group with the nearest location of mines;
- from the point of view of the movement of production flows, all OFS are organized identically – source – crushing (crushing) – enrichment – storage;
- availability of intermediate storage;
- availability of reservation of enrichment sites.

Problem statement. To develop an algorithm capable of predicting the amount of ore in the storage of a processing plant – a storage of crushed ore, storage of finished concentrate. The value of the mean square error should not exceed 0.03.

From a technological point of view, this forecast will optimize logistics operations for ore transportation, avoid their overflow, from the point of view of management, it will be useful for planning the productivity of the factory, modeling its operating modes.

At the first stage, it is proposed to construct a regression equation to predict the amount of ore in storage. To do this, you need to get input and output variables. The data will be obtained by compiling a matrix for planning a complete factorial experiment (PFE).

The planning method, which is a procedure for selecting the conditions for conducting all experiments, is a method of a complete factor experiment. All possible combinations of factor levels are implemented in the PFE. Ultimately, the PFE matrix is a training sample for the development of neural networks.

The number of levels is determined by the formula:

$$m = k^n \tag{1}$$

where k is the number of levels; n is the number of factors (controlled variables).

For example, for four-level factors, the total number of possible combinations of the number of factors with two input variables is $m = 4^2 = 16$.

In this case , normalization in the range from 0 to 1 of input and output variables is performed according to the formula:

$$\bar{x} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \tag{2}$$

where $\bar{x}$ – normalized value of an input or output variable, x – the current value of the variable, x_{min}, x_{max}– the minimum and maximum values of the variable.

When constructing the PFE matrix to predict the amount of ore in storage, it is necessary to take into account the following features of the technological process:

- ore supply can be carried out from one of the mines or from both together, with each of the sources working at 20, 50, 70 and 100% of maximum productivity;
- the presence of a distribution gate ensures a proportional division of the volume of crushed ore into enrichment sites or into an ore storage for temporary storage;
- the O1 and O2 enrichment sites have different maximum productivity: 60% and 40% for the initial ore;
- enrichment sites O1 and O2 can work simultaneously or separately, for example, during scheduled repairs or sudden shutdown of technological equipment;
- the yield of the product (the ratio of the mass of the product Wt to the mass of the processed starting material Wis for the same period of time) is assumed to be 0.67.

Table 2.1 shows the maximum productivity of the sites of the Concentrating plant for the initial and commercial (enriched) ore.

Table 2.1

Maximum productivity of the processing plant sections.

Site	$Winitial$, t/hour	$Wproduct$, t/hour
Source 1 (Pit 1)	75	
Source 2 (Pit 2)	75	
Crushing area	150	100
Enrichment site	150	100
O1 enrichment site	90	60
O2 enrichment site	60	40

After analyzing the technological modes of the equipment, we obtain input and output variables for the predictive algorithm (Table 2.2)

Table 2.2

Input and output variables

Input variables		Output variables	
The number of ore coming from mine 1, т	$W1_{initial}$	Quantity of ore in the crushed ore storage	W_{crush}
The number of ore coming from mine 2, т	$W2_{initial}$	The number of enriched ore in the storage of the enrichment site 1	$W_{product1}$
Mode of operation of the enrichment site 1	O1	The number of enriched ore in the storage of the enrichment site 2	$W_{product2}$
Mode of operation of the enrichment site 2	O2		

When receiving a training sample, it is necessary to take into account the operating modes of mines at 20, 50, 70 and 100% of maximum productivity, therefore, 15 tons / hour can be received from each source at 20% productivity, 37.5: 52.5, 75 with other modes [4-6]. This is

important for deciding on the degree of opening of the distribution gate. The modes of operation of the enrichment sites correspond to 0 at full stop and 1 at work.

In this case, the PFE matrix will be compiled based on the calculation that two input variables have the number of levels 5 (load from the mine 0, 20, 50, 70 and 100%) and two input variables of level 2 (work of enrichment sites O1 and O2 – 1 or 0). Therefore, formula 1 takes the form:

$$m = k_i^n * k_j^l \tag{3}$$

where k_i – number of variable load levels from the mine; n – number of factors (number of mines); k_j – number of levels (operating modes O1 and O2); l – the number of factors (the number of sections O1 and O2).

Thus, according to formula 3, the PFE matrix should consist of $m = 100$ combinations:

$$m = 5^2 * 2^2 = 25 * 4 = 100 \tag{4}$$

But since combinations of variables are possible in the PFE matrix that contradict the flow patterns at the enrichment plant, it has been modified. For example, operating modes are excluded, in which both enrichment sites are stopped, but the ore supply from the mines is carried out. In reality, such a situation is impossible, since in this case the supply of ore from the mines stops. After processing the PFE matrix, a matrix of the ratio of input and output values was obtained, consisting of 64 combinations of factors. The fragment is presented in Table 2.3.

Table 2.3

Fragment of the PFE matrix for predicting the fullness of storage F

Input variables				Output variables		
$Winitial$, Pit 1	$Winitial$, Pit 2	Operating mode O1	Operating mode O2	$Wcrush$	$Wprod1$	$Wprod2$
0	0,5	0	1	0	0	0,625
0	0,2	0	1	0	0	0,25
0	0,7	0	1	0	0	0,875
0	1	0	1	0	0	1
0,2	0	0	1	0	1	0,25

The data of the training sample passed the normalization procedure:

$$\bar{x} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \tag{5}$$

where $\bar{x}$ – normalized value of an input or output variable, x – the current value of the variable, x_{min}, x_{max} – the minimum and maximum values of the variable.

Thus, the input and output data are formed, we proceed to obtain regression equations. Since the number of output variables is 3, therefore, it is necessary to obtain 3 regression equations. The Matlab software package is used for this. Since the number of input variables is greater than 1, therefore, the regression function is used, which performs multiple linear

regression. In this case, the model has the form $y = Xb$. The function has syntactic constructions, returns a vector of regression coefficients:

$$b = regress\left(\frac{y}{x}\right) \tag{6}$$

where b – vector of regression coefficients; x – NxP size matrix, values of independent variables; y – vector of size $Nx1$, values of the dependent variable.

In Figure 2, the coefficients for the regression equation for predicting the occupancy of storage 1 are obtained. Consequently, its regression equation has the form

$$y_{storage1} = 0.2658X_1 + 0.2946X_2 - 0.2871X_3 - 0.5468X_4 \tag{7}$$

where X_1– the number of ore coming from the mine is 1, t; X_2 – the amount of ore coming from the mine 2, t; X_3– mode of operation of the enrichment site 1; X_4– mode of operation of the enrichment site 2.

Matlab software allows you to get the coefficients of the regression equation using only one command.

In the Matlab command window, it looks like this, Figure 2.

```
Command Window
   -0.1219

>> X1=xlsread('Predition.xlsx','Data','A4:D70');
>> Y=xlsread('Predition.xlsx','Data','G4:G70');
>> b=regress(Y,X1)

b =

    0.2658
    0.2946
   -0.2871
    0.5468

>> Y2=xlsread('Predition.xlsx','Data','F4:F70');
>> b=regress(Y2,X1)
```

Fig. 2. Obtaining the coefficients of the regression equation

Similarly, regression equations were obtained for two more output variables – the occupancy of storage 2 and ore storage, Figure 3.

```
>> X=xlsread('Predition.xlsx','Data','A4:D70');
>> Y=xlsread('Predition.xlsx','Data','E4:E70');
>> b=regress(Y,X)

b =

    0.4146
    0.3616
   -0.3002
   -0.1219
```

```
>> Y2=xlsread('Predition.xlsx','Data','F4:F70');
>> b=regress(Y2,X1)

b =

    0.2781
    0.2875
    0.4578
   -0.2017
```

Fig. 3. Obtaining the coefficients of the regression equation

Thus, all three regression equations for predicting the fullness of storage are obtained:

$$y_{storage1} = 0.2658X_1 + 0.2946X_2 - 0.2871X_3 - 0.5468X_4 \quad (8)$$
$$y_{storage2} = 0.2781X_1 + 0.2875X_2 + 0.4578X_3 - 0.2017X_4 \quad (9)$$
$$y_{ore\ storage} = 0.4146X_1 + 0.3616X_2 - 0.3002X_3 - 0.1219X_4 \quad (10)$$

In order to assess the adequacy of the regression model, a correlation was calculated between the output data obtained from the regression model and the target data. The correlation values are presented in Table 2.4.

Thus, the value of the correlation coefficient shows that the data calculated by the regression model does not agree with the target data, therefore, the regression model is not able to predict the fullness of the storage of the processing plant.

The analysis of literature sources allows us to conclude that the best option for predicting the number of ore in storage and determining operating modes at processing plants is the use of intelligent systems with artificial neural networks.

As a training sample, it was decided to use data sets that take into account the input variables of the process of movement of the production flows of the concentrator (Table 2.2) and output variables, such as the number of ore in storage and the content of the useful component in the initial ore of the $Winitial$. The last of the listed variables was recommended by the technolags of the enrichment plant. In addition, all the values of the output variables were indicated by these specialists, based on their many years of experience in the processing industry [7-8].

Table 2.4

Correlation of regression model values and target data

Output variable	Correlation coefficient R
Quantity of ore in the crushed ore storage, $Wcrush$	0,399
The number of enriched ore in the storage of the enrichment site 1, $W1product$	0,644
The number of enriched ore in the storage of the enrichment site 2, $W2product$	0,29

Thus, the training sample is based on the PFE matrix adjusted by experts.

The number of data sets with the introduction of one variable is determined by the formula:

$$m = k^n \quad (11)$$

Therefore, the training sample consists of $67 * 3^1 = 201$. The neural network is built in the Matlab software package. In the Command Window, the nnstart command is entered, which launches the Neural network toolbox. Next, we make the learning process – Figure 4.

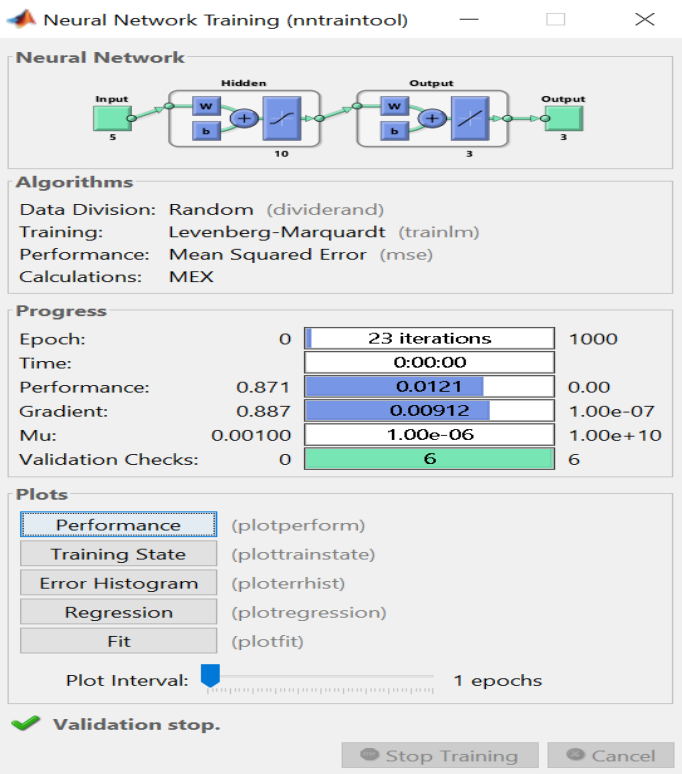


Fig. 4. Neural network learning process

The learning progress can be viewed in Figure 5. The value of the average quadratic error is 0.025.

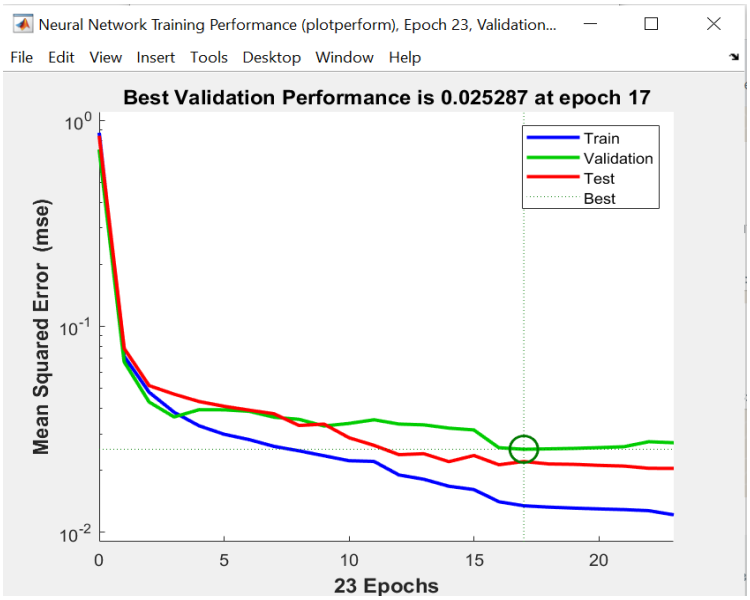


Fig. 5. The learning process

Thus, the developed neural network is designed to predict the productivity of a processing plant for a commodity product and an intermediate product (crushed ore). Information about the number of ore in storage simplifies production planning, primarily logistics operations.

Testing of the neural network showed satisfactory results.

Conclusion. In this article, the main results are obtained:

A comparison of methods for predicting the fullness of the storage of the concentrating plant for a unified flow scheme at the concentrating plant is carried out.

A regression model has been developed that is used to predict the fullness of the storage of the processing plant, did not give satisfactory results, since the correlation coefficient indicates insufficient consistency between the data obtained using this model and the target data. Therefore, the regression model is not suitable for this forecasting task.

Instead, a neural network has been developed that successfully predicts the productivity of a processing plant for a commodity product and an intermediate product (crushed ore) and can provide information about the number of ore in storage. This forecast is useful for optimizing logistics operations and planning factory productivity.

Testing of the neural network has confirmed satisfactory results, which underlines its effectiveness in this task.

Literature

1. Rao, R. V., & Kumar, K. J. (2012). Genetic algorithm and neural network for modeling and optimization of copper recovery. Expert Systems with Applications, 39(5), 5188-5198.
2. Ghodrati, B., Shafiee, M., & Saidi-Mehrabad, M. (2013). A simulation-based optimization framework for production planning in copper production. Resources, Conservation and Recycling, 73, 123-133.
3. Li, W., Li, S., Gao, L., & Cui, Z. (2014). A novel soft sensing model for flotation process based on deep belief network and support vector regression. Expert Systems with Applications, 41(14), 6261-6270.
4. Jia, F., Xie, J., Gao, Z., & Liu, X. (2015). Forecasting copper price with dynamic artificial neural network. Resources Policy, 44, 109-118.
5. Xu, J., Bai, Q., Li, C., Zhang, J., & Wang, Y. (2016). A novel hybrid forecasting model of copper ore grade applying empirical mode decomposition and BP neural network. Minerals Engineering, 95, 70-79.
6. Liu, Z., Sun, C., & Tang, S. (2017). An improved method for predicting copper prices based on a hybrid model. Resources Policy, 51, 74-83.
7. Eftekhari, A., & Hekmatfar, M. (2018). Copper price forecasting using the combination of ARIMA and neural network models. Resources Policy, 58, 84-93.
8. Deng, J., Li, J., & Zeng, Y. (2019). A hybrid forecasting model for copper price using a dual seasonal-trend decomposition and Elman neural network. Resources Policy, 61, 354-363.

АНЫҚТАЛМАҒАН СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ЖҮЙЕЛЕР КЛАСЫ ҮШІН ГЛОБАЛЬДЫ ПРАКТИКАЛЫҚ ШЫҒЫСТЫ ҚАДАҒАЛАУ

Г.Б.Бахадирова [1*], Ә.Ж. Жамбулатова [2],Н. Тасболатұлы[1], Қ.Әлімхан[2]
[1] *Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан*
[2] *Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан*
E-mail: gulnaz.bahadirova.84@mail.ru, zhambulatovaa@mail.ru
tasbolatuly@gmail.com, keylan@live.jp

Аннотация. *Бұл жұмыста уақыт бойынша өзгеретін кідірісі бар белгісіз сызықтық емес жүйелер класы үшін шығыс кері байланысын пайдалана отырып, глобальды практикалық шығыс бақылау мәселесін қарастырылады. Біріншіден, біртекті шығыс кері байланыс контроллері қуат интеграторының технологиясын қосу арқылы номиналды белгісіз жүйеге арналған. Содан кейін, сәйкес Ляпунов-Красовский функционалды және қысқартылған ретті бақылаушысының көмегімен біртекті үстемдік тәсілін қолдана отырып және тұйық жүйенің барлық күйлерінің шектелген күйінде қалуына және сонымен бірге қадағалау қатесін қалағандай аз ететініне кепілдік беретін шығыс кері байланыс контроллері сәтті әзірленді.*

Кіріспе. Соңғы онжылдықтарда сызықты емес жүйелердің нәтижелерін бақылау мәселесіне көп көңіл бөлінуде [1-16]. Сызықты емес бақылаушыны жобалауға жалпы және тиімді тәсілдің болмауына байланысты, бастапқыда анықталмаған сызықтық емес жүйелер үшін шығыс кері бақылау кері байланыс жағдайымен салыстырғанда өте қиын. Сондықтан бұл мәселені шешу үшін шығыс кері байланысты басқару теориясының дамуы салыстырмалы түрде баяу дамыды. Көптеген зерттеулер сызықты емес бақылаушыларды құру үшін қажетті сызықтық емес функциялар туралы нақты білімді талап етеді. Сызықты емес мүшелер белгісіз болған кезде жоғарыда аталған жұмыстарда ұсынылған бақылаушылар өзектілігін жоғалтады. Белгісіз сызықтық емес мүшелермеен күресу үшін [17] зерттеу жұмысында шығыс кері байланыс жүйесінің глобальды тұрақтандыруына қол жеткізу үшін кері байланыс үстемдігі әдісін әзірленді.

[3, 5-7, 9-11] жұмыстарында [17] ұсынылған біртекті үстемдік әдісін қолдана отырып, сызықты емес жүйелер үшін шығыс кері байланысын бақылау мәселесін шешуге көмектесетін кейбір нәтижелер берілген. Кері байланыс басымдылығы әдісінің басқа әдістермен салыстырғандағы артықшылығы: контроллер мен бақылаушы тек зерттелетін сызықты емес жүйенің номиналды жүйесі негізінде құрылатындығында. Функцияның сызықты еместігі туралы нақты ақпарат қажет емес. Басқаша айтқанда, динамикалық контроллер [17] жұмыстағы болжамды қанағаттандыратын болса, оны әртүрлі сызықтық емес жүйелерге қолданылуы мүмкін. Бұл қасиет анықталмаған сызықты емес жүйелермен жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Жақында бұл мәселе стохастикалық сызықтық емес жүйелерге және жоғары ретті коммутациялық сызықты емес жүйелерге кеңейтілді [14-16].

Әртүрлі инженерлік және физикалық жүйелерде және т.б. жүйелерде уақыттың кешігуі жиі кездеседі.

Бұл мақалада біз келесі түрдегі уақыт бойынша кідірісі бар белгісіз сызықты емес жүйелер класын қарастырамыз:

$$\begin{aligned} &\dot{x}_i(t) = \alpha_i x_{i+1}(t)^{pi} + \varphi_i(t, x(t), x_1(t-d_1(t)), ..., x_n(t-d_n(t)), u(t)) \\ &\dot{x}_n(t) = \alpha_n u(t) + \varphi_n(t, x(t), x_1(t-d_1(t)), ..., x_n(t-d_n(t)), u(t)) \\ &y(t) = \alpha_0 x_1(t) - y_r(t) \end{aligned} \tag{1}$$

мұнда $x(t) = (x_1(t), ..., x_n(t))^T \in R^n, u(t) \in R,$ және $y(t) \in R$, сәйкесінше сәйкесінше жүйенің күйі,басқаруы, шығысы. d_i, үшін $0 \le d_i(t) \le d_i$ тұрақтылар, $x(\theta) = \varphi_0(\theta),$ жүйенің бастапқы күйі, $\theta \in [-d, 0]$ с $d \ge \max_{1 \le i \le n}\{d_i\}.\varphi_i(\cdot), i = 1, ..., n$ үздіксіз функцияның белгісізі, $\alpha_i, i = 0, 1, ..., n$ анықталмаған тұрақтылар.(1) жүйедегі жалғыз өлшенетін сигнал $y.p_i \in R_{odd}^{\ge 1}$. шығыс сигналы болып табылады деп есептеледі.

Анықталмаған сызықтық емес мүшелердің және уақыт бойынша өзгеретін кідірістердің пайда болуына байланысты бақылаушылар мен Ляпунов-Красовский функционалдықтары (1) жүйеге қолданылмайды.

Міндеттерді, мақсаттарды, тарихты қою.

Бұл жұмыстың мақсаты (1) жүйе үшін бақылаушыға негізделген кері байланыс контроллерін пайдалана отырып, глобальды практикалық шығыс бақылау мәселесін шешу болып табылады. Сипаттамасы келесідей тұжырымдалады. Шығыс кері байланысты қолдану арқылы глобальды практикалық бақылау мәселесі: кез келген ε > 0 үшін шығыс кері байланыс контроллерінің конструкциясы

$$\begin{aligned} &\dot{\zeta} = \alpha(\zeta, y),\ \zeta \in R^m \\ &u(t) = g(\zeta, y) \end{aligned} \tag{2}$$

болады, осылайша тұйық жүйенің (1) және (2) барлық күйлері жақсы анықталған және глобальды $[0,\ \infty)$ шектелген және кез келген бастапқы шарт $(x(0),\ \zeta(0))$ үшін (1) және (2) жүйелердің бақылау қателігін

$$|\, y(t) \,| = |\, x_1(t) - y_r(t) \,| < \varepsilon, \quad \forall t \ge T > 0 \tag{3}$$

қанағаттандыратын $T(\varepsilon,\ x(0),\ \zeta(0)) > 0$ соңғы уақыты бар.

Зерттеу әдістері.

Мақсатқа жету үшін келесі гипотезалар қажет.

Гипотеза 1. Для *i = 0, 1, . . . , n* существуют положительные константы α и $\overline{\alpha}$ такие, что $\alpha \le |\, \alpha_i \,| \le \overline{\alpha}$.

Гипотеза 2. Тұрақтылар $C_1 > 0,\ C_2 > 0$ және $\tau \ \ge\ 0$ болса,

$$|\varphi_i(t,x(t),x_1(t-d_1(t)),...,x_n(t-d_n(t)),u(t)) \le$$
$$C_1\left(\sum_{j=1}^{i}|x_j(t)|^{(r_i+\tau)/r_j}+\sum_{j=1}^{i}|x_j(t-d_j(t))|^{(r_i+\tau)/r_j}\right)+C_2 \quad (4)$$

мұнда

$$r_1 = 1,\ r_{i+1} = (r_i + \tau)/p_i > 0, \quad i = 1, \ldots, n \quad (5)$$

және $p_n = 1$.

Гипотеза 3. $d_i(t)$ уақыт кідірістері дифференциалданады және $d_i, \gamma_i, i = 1, \ldots, n.$ тұрақтылары үшін $0 \le d_i(t) \le d_i,\ \ d_i(t) \le \gamma_i < 1$ қанағаттандырады.

Гипотеза 4. $y_r(t)$ тірек сигналы үздіксіз дифференцияланады. Сонымен қатар, тұрақты $M > 0$, болса $|y_r(t)| \le M,\ |\dot{y}_r(t)|(t) \le M, \quad \forall t > -d.$

1-4 гипотезаларға сәйкес, бұл жұмыстың негізгі мақсаты уақыт бойынша өзгеретін кідірістері бар белгісіз сызықтық емес жүйелер үшін шығысты бақылаудың практикалық мәселесін шешу үшін кері байланысты басқару жүйесін әзірлеу болып табылады (1). Осы мақсатқа жету үшін біз келесі түрлендіруді жүзеге асырамыз:

$$z_1(t) = \alpha_0 x_1(t), \quad z_i(t) = \tilde{\alpha}_i x_i(t), \quad i = 2,...,n \quad (6)$$

где $\tilde{\alpha}_{i-1} = \prod_{j=1}^{i-2}\alpha_j^{1/(p_{i-1}\cdots p_{i-2})}$, $p_0 = 1$. (6) жаңа координаттарын пайдаланып, (1) жүйені келесідей қайта жазуға болады:

$$\begin{aligned}
&\dot{z}_i(t) = z_{i+1}^{pi}(t) + \psi_i(t,z(t),z_1(t-d_1(t)),...,z_n(t-d_n(t)),u(t)), \quad i = 1,...,n-1,\\
&\dot{z}_n(t) = \tilde{\alpha}_n u(t) + \psi_n(t,z(t),z_1(t-d_1(t)),...,z_n(t-d_n(t)),u(t)),\\
&y(t) = z_1(t) - y_r(t)
\end{aligned} \quad (7)$$

мұнда,

$$\begin{aligned}
&\psi_i(t,z(t),z_1(t-d_1(t)),...,z_n(t-d_n(t)),u(t)) =\\
&\tilde{\alpha}_{i-1}\varphi_i(t,z(t),z_1(t-d_1(t)),...,z_n(t-d_n(t)),u(t)), \quad i = 1,...,n
\end{aligned}$$

және $\tilde{\alpha}_n = \left(\prod_{j=1}^{n-1}\alpha_{j-1}^{1/(p_{j-1}\cdots p_{n-1})}\right)\alpha_n$.

1 гипотезаны пайдалана отырып, 2 гипотеза ψ_i үшін де дұрыс екенін оңай дәлелдеуге болады,

$$|\psi_i(t,z(t),z_1(t-d_1(t)),...,z_n(t-d_n(t)) \le \overline{C}_1\left(\sum_{j=1}^{i}|z_j(t)\}|^{(r_i+\tau)/r_j}+\sum_{j=1}^{i}\left|z_j(t-d_j(t))\right|^{(r_i+\tau)/r_j}\right)+\overline{C}_2 \quad (8)$$

мұнда $\overline{C}_i, i = 1,2$ жаңа өсу қарқыны.

$$\begin{aligned} &\dot{\eta}_i(t) = \eta_{i+1}^{p_i}(t),\ \ i = 1,...,n-1, \\ &\dot{\eta}_n(t) = \tilde{\alpha}_n u(t), \\ &y(t) = \eta_1(t) \end{aligned} \tag{9}$$

Көрсетілген жүйе үшін шығыс кері байланыс реттегішін құрастырамыз.

Біз 1-фактіде сипатталғандай (9) жүйе үшін күйдің кері байланыс тұрақтандырғышын құруға мүмкіндік беретін [8]-ге ұқсас әдісті қолданамыз.

1-факт. (9) жүйесі үшін күйдің кері байланысы бар тұрақтандырғыш бар делік

$$u(\eta) = -\beta_n \xi_n^{(r_n+\tau)/\sigma} = -\beta_n(\eta_n^{\sigma/r_n} + \beta_{n-1}^{\sigma/r_{n-1}}(\eta_{n-1}^{\sigma/r_{n-1}} + ... + \beta_2^{\sigma/r_3}(\eta_2^{\sigma/r_2} + \beta_1^{\sigma/r_2}\eta_1^{\sigma})...))^{(r_n+\tau)/\sigma} \tag{10}$$

оң анықталған және тұрақты Ляпунов функциясымен,

$$V_n = \sum_{i=1}^{n} \int_{*\eta_i}^{\eta_i} (s^{\sigma/r_i} - \eta_i^{*\sigma/r_i})^{(2\sigma-\tau-r_i)/\sigma} ds \tag{11}$$

осылайша,

$$\dot{V}_n \le -\sum_{j=1}^{n} \xi_j^2, \tag{12}$$

мұндағы $\xi_i = \eta_i^{\sigma/r_i} - \eta_i^* = -\beta_{i-1}\xi_{i-1}^{r/\sigma}, \eta_1^* = 0, \sigma \ge \max_{1\le i\le n}\{\tau + r_i\}$ и $\beta_i, i = 1,...,n$ оң тұрақтылар болып табылады. Сонда тұйық жүйе (9) және (10) глобальдық асимптотикалық орнықты.

η2, күйлері болғанда. . . , η өлшеусіз, ол ηi-ді (9)-мен алмастыра алады, ол эквиваленттілік принципін қолдана отырып және [8]-ге ұқсас тәсілді қолдана алады, ол *2-фактіде* сипатталғандай (9) жүйе үшін шығыс кері байланыс тұрақтандырғышын құра алады.

2-факт. Келесі түрдегі жүйе (9) үшін бақылауға негізделген шығыс кері байланыс тұрақтандырғышы бар делік.

$$\begin{aligned} &\dot{\zeta}_2 = -l_1\hat{\eta}_2^{p_1}, \hat{\eta}_2^{p_1} = \left(\zeta_2 + l_1\eta_1\right)^{r_{2p_1}/r_1} \\ &\dot{\zeta}_i = -l_{i-1}\hat{\eta}_i^{p_{i-1}}, \hat{\eta}_i^{p_{i-1}} = \left(\zeta_i + l_{i-1}\hat{\eta}_{i-1}\right)^{r_{ip_{-1}}/r_{i-1}}, i = 3,...,n \end{aligned} \tag{13}$$

$$u(\hat{\eta}) = -\beta_n(\hat{\eta}_n^{\sigma/r_n} + \beta_{n-1}^{\sigma/r_{n-1}}(\hat{\eta}_{n-1}^{\sigma/r_{n-1}} + ... + \beta_2^{\sigma/r_3}(\eta_2^{\sigma/r_2} + \beta_1^{\sigma/r_2}\eta_1^{\sigma})...))^{(r_n+\tau)/\sigma} \tag{14}$$

оң анықталған, үздіксіз дифференциалданатын Ляпунов функциясымен,

$$Q = V_n + \sum_{i=2}^{n} U_i \tag{15}$$

$$V_n = \sum_{i=1}^{n} \int_{\eta_i^*}^{\eta_i} \left(s^{\sigma/r_i} - \eta_i^{*\sigma/r_i}\right)^{(2\sigma-\tau-r_i)/\sigma} ds, U_i = \int_{(\zeta_i + l_{i-1}\eta_{i-1})^{(2\sigma-\tau-r_{i-1})/r_{i-1}}}^{\eta_i^{(2\sigma-\tau-r_{i-1})/r_i}} \left(S^{r_{i-1}/(2\sigma-\tau-r_{i-1})} - (\zeta_i + l_{i-1}\eta_{i-1})\right) ds$$

осылайша

$$\dot{Q} \le -\sum_{j=1}^{n} \xi_j^2 - \sum_{j=2}^{n} e_j^2 \tag{16}$$

мұндағы $\xi_i = \eta_i^{\sigma/r_i} - \eta_i^{*\sigma/r_i}, \eta_i^* = -\beta_{i-1}\xi_{i-1}^{r_i/\sigma}, \eta_1^* = 0, \sigma \ge \max_{1\le i\le n}\{\tau + r_i\}, e_i = \left(\eta_i^{p_{i-1}} - \hat{\eta}_i^{p_{i-1}}\right)^{\sigma/(r_i p_{i-1})}$, и l_i, β_i, $i = 1, \ldots, n$ - оң тұрақтылар. Сонда тұйық жүйе (9), (13) және (14) глобальдық асимптотикикалық орнықты болып табылады.

1-2 *фактілердің* дәлелдері [8], 1-теоремадағыларға ұқсас, кейбір өзгертулері бар және бақылаушы үшін l_i, $i = 1, \ldots, n$ параметрлерді (13) [8] ұсынылған әдіспен де таңдауға болады. Сондықтан бұл жұмыста біз бұл дәлелді өткізіп жібереміз.

Q - ны құрастырудан Q-ның оң, анықталған және қатысты дұрыстығын тексеру қиын емес екенін ескеріңіз

$$H := [\eta_1, \ldots, \eta_n, \hat{\eta}_2, \ldots, \hat{\eta}_n]^T \tag{17}$$

Тұйық контурлы жүйелерде 9), (13) және (14) төмендегідей жазылуы мүмкін

$$\dot{H} = F(H) = \left[\eta_2^{p_1}, \ldots, \eta_n^{p_{n-1}}, \tilde{\alpha}u(\eta_1, \hat{\eta}_2, \ldots, \hat{\eta}_n, f_{n+1}, \ldots, f_{2n-1}\right]^T \tag{18}$$

мұндағы $f_{n+1} := \dot{\zeta}_2, f_{n+2} := \dot{\zeta}_3, \ldots, f_{2n-1} := \dot{\zeta}_n$.

Сонымен қатар, кеңейту салмағын енгізу арқылы,

$$\square = \underbrace{[r_1, r_2, \ldots, r_n}_{for\eta_{1,\ldots,\eta_n}}, \underbrace{[r_1, r_2, \ldots, r_{n-1}}_{for\hat{\eta}_{2,\ldots,\eta_n}}, \tag{19}$$

$F(H)$ біректі дәрежеге ие τ, *2 факт бойынша* (18) жүйе аимптотикалық орнықты, Ляпунов функциясы бар $Q(H)$ біртекті дәрежесі $2\sigma - \tau$ кеңейту салмағына арналған Δ қанағаттандыратынын анықтап, тексеруге болады

$$\left|\dot{Q}(H)\right|(18) = \left|\frac{\partial Q(H)}{\partial H} F(H)\right| \le -c_1 \|H\|_{\square}^{2\sigma} \tag{20}$$

мұндағы $c_1 > 0$ тұрақты болып табылады $\|H\|_{\square} = \left(\sum_{i=1}^{2n-1} |H_i|^{2/r_i}\right)^{1/2}$. Оның үстіне, тұрақты бар $c_2 > 0$, төмендегілер орындалатындай:

$$\left|\frac{\partial Q(H)}{\partial H_i}\right| \le -c_1 \|H\|_{\square}^{2\sigma-\tau-r_i}, c_2 > 0 \tag{21}$$

Содан кейін шығыс кері байланыс контроллері глобальдық практикалық шығыс бақылау мәселесін шешуге арналған.

Келесі координат түрлендіруін енгіземіз:

$$\begin{aligned} &x_1(t) := y(t), \\ &L^{K_i} z_i(t) := x_i(t), \quad i = 2,...,n, \\ &L^{K_{n+1}} \vartheta(t) := u(t) \end{aligned} \tag{22}$$

мұндағы $\kappa_1 = 0$, $\kappa_i = (\kappa_{i-1} + 1)/p_{i-1}, i = 2, \ldots, n$ и $L \geq 1$ анықталатын тұрақты шама болып табылады. (22) координатасына сәйкес (7) жүйе келесі түрде болады

$$\begin{aligned} &\dot{x}_i(t) = L x_{i+1}^{p_i}(t) + \psi_i(\cdot)/L^{Ki}, i = 1,...,n-1, \\ &\dot{x}_n(t) = L\tilde{\alpha}\upsilon(t) + \psi_i(\cdot)/L^{Kn}, \\ &y(t) = x_1(t) \end{aligned} \tag{23}$$

3 лемма және L ≥ 1 фактісін пайдаланып, келесі теңсіздіктердің орындалатынын дәлелдеу оңай:

$$\begin{aligned} &\frac{1}{L^{Ki}} |\psi_i(\cdot))| \leq \frac{C_1}{L^{Ki}} \Bigg(\big(|x_1(t)\big) + y_r(t)|^{(r_i+\tau)/r_1} + \sum_{j=2}^{i} |L^{Ki} x_j(t)|^{(r_i+\tau)/r_j} \\ &+ |x_1(t-d_1(t)) + y_r(t-d_1(t))|^{(r_i+\tau)/r_1} + \sum_{j=2}^{i} |L^{Kj} x_j(t-d_j(t))|^{(r_i+\tau)/r_j} \Bigg) + \frac{C_2}{L^{Ki}} \end{aligned} \tag{24}$$

Әрі қарай, 2 гипотеза негізінде біз оңай есептей аламыз

$$\frac{1}{L^{Ki}} |\psi_i(\cdot)| \leq \overline{C}_1 L^{1-\upsilon} \sum_{j=1}^{i} \left(|x_j(t)|^{\frac{r_i+\tau}{r_j}} + \left|x_j\left(t-d_j(t)\right)\right|^{\frac{r_i+\tau}{r_j}} + |x_j\left(t-d_j(t)\right)|^{\frac{r_i+\tau}{r_i}} \right) + \frac{\overline{C}_2}{L^{Ki}}, i = 1,...,n \tag{25}$$

мұнда $\upsilon = \min_{2 \leq j \leq i, 1 \leq i \leq n} \left\{1 - k_j(r_i+\tau)/r_j + k_i\right\} > 0$ и $\overline{C}_i > 0, i = 1,2$ байланысты ғана C_i, τ, κ_i және *M*.

Ары қарай масштабтау коэффициенті L бар бақылаушыны жазсақ,

$$\begin{aligned} &\dot{\zeta}_2 = -L l_1 \hat{x}_2^{p_1}, \hat{x}_2^{p_1} = (\zeta_2 + l_1 x_1)^{r_2 p_1 / r1} \\ &\dot{\zeta}_2 = -L l_{1-1} \hat{x}_i^{p_{i-1}}, \hat{x}_i^{p_{i-1}} = (\zeta_i + l_{i-1} \hat{x}_{i-1})^{r_i p_{i1} / r_{i-1}}, \quad i = 3,...,n \end{aligned} \tag{26}$$

және контроллер, бірдей дизайнды пайдалану (14), яғни,

$$u(t) = L^{K_n+1} \upsilon(\hat{x}) = -L^{K_n+1} \beta_n (\hat{x}_n^{\sigma/r_n} + \beta_{n-1}^{\sigma/r_n} (\hat{x}_{n-1}^{\sigma/r_{n-1}} + ... \beta_2^{\sigma/r_3} (\hat{x}_2^{\sigma/r_2} + \beta_1^{\sigma/r_3} \hat{x}_1^{\sigma}) ...))^{(r_{n+\tau})/\sigma}. \tag{27}$$

Әлбетте, бірдей белгіні (17), жүйені (23), (26) және (27) пайдалана отырып, келесі түрде жазуға болады.

$$\dot{X} = LF(X) + \left[\psi_1(\cdot), \frac{1}{L^{K_2}}\psi_2(\cdot), \psi_3(\cdot), ..., \frac{1}{L^{K_n}}\psi_n(\cdot), 0, ..., 0\right]^T \tag{28}$$

мұндағы $F(X)$ (18)-де анықталғанмен бірдей.

Демек, (15)-дегідей Ляпунов функциясын алсақ, оның (28)-ге қатысты туындыны қанағаттандырады.

$$\begin{aligned}\dot{Q}(X) &= L\frac{\partial Q(X)}{\partial X}F(X) + \frac{\partial Q(X)}{\partial X}[\psi_1(\cdot), \tfrac{1}{L^{K2}}\psi_2(\cdot), \psi_3(\cdot), ..., \tfrac{1}{L^{Kn}}\psi_n(\cdot), 0, ..., 0]^T \\ &\le -Lc_1\|X\|_{\square}^{2\sigma} + \sum_{i=1}^{n}\frac{\partial Q(X)}{\partial X_i}\frac{\psi_i(\cdot)}{L^{K_i}}.\end{aligned} \tag{29}$$

Әрі қарай (25) көмегімен аламыз,

$$\begin{aligned}&\dot{Q}(X) \le -Lc_1\|X\|_{\square}^{2\sigma} + \\ &\bar{C}_1\sum_{i=1}^{n}L^{1-\upsilon}\left|\frac{\partial Q(X)}{\partial X_i}\right|\left(\sum_{j=1}^{i}|x_j|^{\frac{r_i+\tau}{r_j}} + \sum_{j=1}^{i}|x_j(t-d_j(t))|^{\frac{r_i+\tau}{r_j}}\right) + \bar{C}_2\sum_{j=1}^{i}\frac{1}{L^{K_i}}\left|\frac{\partial Q(X)}{\partial X_i}\right|\end{aligned} \tag{30}$$

Лемма 2 және [23] сәйкес, $\frac{\partial Q(X)}{\partial X_i}$ дәрежесі бойынша біртекті $2\sigma - \tau - r_i$, мүшелері $\left|\frac{\partial Q(X)}{\partial X_i}\right|\sum_{j=1}^{i}\left|x_j\right|^{(r_i+\tau)/r_j}$ және $\left|\frac{\partial Q(X)}{\partial X_i}\right|\sum_{j=1}^{i}\left|x_j(t-d_j(t))\right|^{(r_i+\tau)/r_j}$ дәрежесі бойынша біртекті 2σ, сондықтан 1 және 2 Леммадан бар екендігі шығады

$\hat{\omega}_i, \breve{\omega}_i$ үшін оң тұрақтылар $i = 1,...,n$, солай

$$\left|\frac{\partial Q(X)}{\partial X_i}\right|\left(\sum_{j=1}^{i}\left|x_j\right|^{(r_i+\tau)/r_j} + \sum_{j=1}^{i}\left|x_j(t-d_j(t))\right|^{(r_i+\tau)/r_j}\right) \le \hat{\omega}_i\|X(t)\|_{\square}^{2\sigma} + \breve{\omega}_i\|X(t-d_i(t))\|_{\square}^{2\sigma}.$$

Сонымен қатар, 2, 4 және 5 леммадан оң тұрақтылар шығады $b_1, \bar{b}_2, \tilde{b}_2$ осылай

$$\begin{aligned}&\left|\frac{\partial Q(X)}{\partial X_i}\right| \le b_1\|X\|_{\square}^{2\sigma-\tau-r_1} = b_1(L^{\frac{1}{2\sigma}}\|X\|_{\square})^{2\sigma-\tau-r_1}(L^{-\frac{2\sigma-\tau-r_1}{2\sigma(\tau+r_1)}})^{\tau+r_1} \le \frac{c_1}{2}L\|X\|_{\square}^{2\sigma} + \bar{b}_2L^{-\frac{2\sigma-\tau-r_1}{\tau+r_1}} \\ &\frac{1}{L^{Ki}}\left|\frac{\partial Q(X)}{\partial X_i}\right| \le c_2\|X\|_{\square}^{2\sigma-\tau-r_i}\left(L^{-K_i/(\tau+r_i)}\right)^{\tau+r_i} \le \bar{c}_2\|X\|_{\square}^{2\sigma} + \tilde{b}_2L^{-2\sigma K_i/(\tau+r_i)}, i = 2,...,n\end{aligned} \tag{31}$$

$$\begin{aligned}&\dot{Q}(X(t)) \le -L\left(\frac{c_1}{2} - (n-1)\bar{c}_2L^{-1} - L^{-\upsilon}\bar{C}_1\sum_{i=1}^{n}\hat{\omega}_i\right)\|X(t)\|_{\square}^{2\sigma} \\ &+\left(L^{1-\upsilon}\bar{C}_1\sum_{i=1}^{n}\breve{\omega}_i\right)\|X(t-d_i(t))\|_{\square}^{2\sigma} + \bar{b}_2L^{-1} + \tilde{b}_2L^{-1} + \tilde{b}_2(n-1)L^{-K_{\min}}\end{aligned} \tag{32}$$

мұнда $\kappa_{min} = min\{\kappa_i\}$.

Уақыт кідірістерінің әсерін жою үшін біз Ляпунов-Красовский функционалдығын келесідей таңдадық:

$$V(X) = Q(X) + S(X), \quad S(X) = \sum_{i=1}^{n} \frac{\lambda}{1-\gamma_i} \int_{t-d_i(t)}^{t} \|X(s)\|_{\square}^{2\sigma} ds \tag{33}$$

мұндағы $\lambda > 0$ бұл кейінірек анықталатын параметр.

$Q(X) > 0$ үздіксіз дифференциалданатын және тұрақты болғандықтан, K_∞ функциялардың екі класы бар, π_1 және π_2, осындай

$$\pi_1(|X|) \le Q(X) \le \pi_2(|X|) \tag{34}$$

Біртекті теория бойынша тұрақтылар болады $\delta_i > 0,\ i = 1,2$, мұндай

$$\delta_1 \|X\|_{\square}^{2\sigma} \le W(X) \le \delta_2 \|X\|_{\square}^{2\sigma} \tag{35}$$

мұндағы $W(X) > 0$ - функция, біртекті дәрежесі тең 2σ. Сондықтан мыналар дұрыс:

$$\overline{\pi}_1(|X|) \le W(X) \le \overline{\pi}_2(|X|) \tag{36}$$

екі класс функциясымен K_∞.

$0 \le d_i(t) \le d_i$ и $d_i(t) \le y_i < 1$ көмегімен

$$\begin{aligned} &\sum_{i=1}^{n} \frac{\lambda}{1-\gamma_i} \int_{t-d_i(t)}^{t} \|X(s)\|_{\square}^{2\sigma} ds \le \overline{\delta}_i \int_{t-d_i}^{t} \tilde{\pi}_2(|X(s)|\, ds \le \overline{\delta}_i \int_{-d_i}^{0} \tilde{\pi}_2(|X(\varsigma+t)|\, d(\varsigma+t) \\ &\le \tilde{\delta}_i \sup_{-d_i \le \varsigma \le 0} \tilde{\pi}_2 \left|X(\varsigma+t)\right| \le \hat{\pi}_2 \left(X\left|(\varsigma+t)\right|\right) \end{aligned} \tag{37}$$

$\pi_2 = \breve{\pi}_2 + \breve{\pi}_2$ (33), (34) және (37), анықтай отырып, мынандай нәтиже шығады

$$\breve{\pi}_1(|X(t)|) \le S(X(t)) \le \pi_2(\sup_{-d \le \varsigma \le 0} |X(\varsigma+t)|) \tag{38}$$

$$\begin{aligned} \dot{V} &= \dot{Q} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\lambda}{1-\gamma_i} \|X(t)\|_{\square}^{2\delta} - \sum_{i=1}^{n} \lambda \|X(t-d_i(t)\|_{\square}^{2\sigma} \\ &= -L\left(\frac{c_1}{2} - (n-1)\overline{c}_2 L^{-1} - L^{-\nu} m_1 - L^{-1} \sum_{i=1}^{n} \frac{\lambda}{1-\gamma_i}\right) \|X(t)\|_{\square}^{2\mu} \\ &-(\lambda - L^{1-\upsilon} m_2) \|X(t-d_i(t))\|_{\square}^{2\mu} + \overline{b}_2 (L^{-1} + L^{-K_{\min}}) \end{aligned} \tag{39}$$

Сондықтан, $\lambda = m_2 L^{1-\upsilon}$ таңдау және жеткілікті үлкен L, $(n-1)\overline{c}_2 L^{-1} + L^{-\upsilon}\left(m_1 + m_2 \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{1-\gamma_i}\right) \le \frac{c_1}{2}$ қанағаттандырады

Сонда (39) теңсіздік болады

$$\dot{V}(X(t)) \le -\frac{c_1 L}{2}\|X(t)\|^{2\sigma} + \rho_1 \tag{40}$$

(33) $V_n(z)$ және $S(z)$ және біркелкі дәрежелер $2\sigma - \tau$ және 2σ сәйкесінше Δ кеңейту салмағына қатысты. Демек, 2-леммадан тұрақтылар бар $\lambda_i > 0$ және $v_i > 0$ олар үшін $i = 1,\ 2$

$$\lambda_1 \|X(t)\|^{2\sigma-\tau} \le Q(X(t)) \le \lambda_2 \|X(t)\|^{2\sigma-\tau} \tag{41}$$

$$\omega_1 \|X(t)\|^{2\delta} \le S(X(t)) \le \omega_2 \|X(t)\|^{2\sigma}. \tag{42}$$

Оның үстіне, байланысты $2\sigma - \tau \le 2\sigma,\ L(\tau - 2\sigma)/\tau < 1,\ \ \tau - 2\sigma < 0,\ \ L > 1$ және Лемма 4 бойынша бізде бар

$$\lambda_2 \|X(t)\|^{2\sigma-\tau} = L\left((\lambda_2 / L)^{1/\tau}\right)^{\tau} \|X(t)\|^{2\sigma-\tau} \le \frac{2\sigma-\tau}{2\sigma} L\|X(t)\|^{2\sigma} + \frac{\tau L^{(\tau-2\sigma)/\tau}}{2\sigma}\lambda_2^{2\sigma/\tau} \tag{43}$$

Келесі, бізде

$$V(X(t)) \le \rho_2 L\|X(t)\|^{2\sigma} + \frac{\tau L^{(\tau-2\sigma)/\tau}}{2\sigma}\lambda_2^{2\sigma/\tau} \tag{44}$$

$$\frac{1}{\rho_2} V(X(t)) \le L\|X(t)\|^{2\sigma} + \frac{\tau L^{(\tau-2\sigma)/\tau}}{2\sigma\rho_2}\lambda_2^{2\sigma/\tau} \tag{45}$$

мұндағы $p =: (\omega_2 + (2\delta - \tau)/2\delta.$

Демек, (33) және (44) төмендегідей шығады

$$\dot{V}(X(t)) \le -\frac{c_1}{2}\left(L\|X(t)\|^{2\sigma} + \frac{\tau L^{(\tau-2\sigma)/\tau}}{2\sigma\rho_2}\lambda_2^{2\sigma/\tau}\right) + \frac{\tau L^{(\tau-2\sigma)/\tau}}{2\sigma\rho_2}\lambda_2^{2\sigma/\tau} + \rho_1 \le -\frac{c_1}{2\rho_2} V(X(t)) + \overline{\rho}_1, \tag{46}$$

мұндағы $\overline{\rho}_1 = \frac{c_1 \tau L^{(\tau-2\sigma)/\tau}}{4\sigma\rho_2}\lambda_2^{2\sigma/\tau} + \rho_1 = \frac{c_1 \tau \lambda_2^{2\sigma/\tau}}{4\sigma\rho_2} L^{-(2\sigma-\tau)/\tau} + \overline{b}_2 L^{-1} + \tilde{b}_2 L^{-1} + \tilde{b}_2 (n-1) L^{-K_{\min}}.$

$$\frac{d}{dt}\left(e^{tc_1/(2\rho_2)} V(X(t))\right) \le e^{tc_1/(2\rho 2)}\overline{\rho}_1 \tag{47}$$

екі жағындағы интегралды алып,

$$e^{tc_1/(2\rho_2)}V(X(t))-V(X(0))\le\frac{2\rho_2}{c_1}\overline{\rho}_1\left(e^{tc_1/(2\rho_2)}-1\right) \tag{48}$$

Сондықтан шектеулі уақыт бар $T > 0$,

$$V(X(t))\le e^{-tc_1/\rho_2}V(X(0))+\frac{2\rho_2}{c_1}\overline{\rho}_1\left(1-e^{-tc_1/\rho_2}\right)\le\frac{6\rho_2}{c_1}\overline{\rho}_1 \tag{49}$$

кез келген $t > T$ үшін $\left|x_1(t)-y_r(t)\right|=\left|x_1(t)\right|\le\frac{3}{2\sigma L^{(2\sigma-\tau)/\tau}}\lambda_2^{2\sigma/\tau}+\frac{6\overline{b}_2\rho_2}{c_1L}+\frac{6(n-1)\tilde{b}_2\rho_2}{c_1L^{K\min}}$, түрінде болады

Осылайша, кез келген $\left|x_1(t)-y_r(t)\right|\le\varepsilon,\ \forall t > T > 0$ берілген $\varepsilon > 0$ үшін жеткілікті үлкен L бар, бұл біздің негізгі теореманың дәлелін аяқтайды.

Қорытынды.

Бұл мақала бақылаушыға негізделген кері байланысты басқаруды пайдалана отырып, уақыт бойынша өзгеретін кідірістері бар белгісіз сызықтық емес жүйелер класы үшін практикалық глобальдық шығысты бақылау мәселесін шешеді.

Біртекті үстемдік әдісін және жаңа Ляпунов-Красовский функционалдығын пайдалана отырып, ұсынылған шығыс кері байланыс контроллеріне масштабтау күшейту енгізіледі, бұл тұйық цикл жүйесінің барлық күйлерінің шектелген күйінде қалуын қамтамасыз етеді, сонымен бірге бақылау қатесін ерікті түрде аз етеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Qian C., Lin W. Practical output tracking of nonlinear systems with uncontrollable unstable linearization // IEEE Transactions on Automatic Control. – 2002. – 47. – P.21-36.
2. Lin, W., Pongvuthithum R. Adaptive output tracking of inherently nonlinear systems with nonlinear parameterization // IEEE Transactions on Automatic Control. – 2003. – 48. – P.1737-1749.
3. Gong Q., Qian C. Global practical output regulation of a class of nonlinear systems by output feedback // Automatica 2007, 43, 184-189.
4. Sun, Z.-Y., Liu, Y.-G. Adaptive practical output tracking control for high-order nonlinear uncertain systems // Acta Automatica Sinica 2008, 34, 984-989.
5. Alimhan K., Inaba H. Robust practical output tracking by output compensator for a class of uncertain inherently nonlinear systems // International Journal of Modelling, Identification and Control 2008, 4, 304-314.
6. Yan X., Liu Y. Global practical tracking for high order uncertain nonlinear systems with unknown control directions // SIAM Journal on Control and Optimization 2010, 48, 4453-4473.
7. Yan X., Liu Y. Global practical tracking by output feedback for nonlinear systems with unknown growth rate // Science China Information Sciences 2011, 54, 2079-2090.
8. Zhai J., Fei S. Global practical tracking control for a class of uncertain non-linear systems // IET Control Theory & Applications 2011, 5, 1343-1351.
9. Alimhan K., Otsuka N., Alimhan K., Otsuka N. A note on practically output tracking control of nonlinear systems that may not be linearizable at the origin // In Communications in Computer and Information Science; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2011; Volume

256, pp. 17-25.
10. Yan X., Liu Y. The further result on global practical tracking for high-order uncertain nonlinear systems // Journal of Systems Science and Complexity 2012, 25, 227-237.
11. Zhai J., Qian C. Global control of nonlinear systems with uncertain output function using homogeneous domination approach // International Journal of Robust and Nonlinear Control 2012, 22, 1543-1561.
12. Alimhan K., Otsuka N., Adamov A.A., Kalimoldayev M.N. Global practical output tracking of inherently non-linear systems using continuously differentiable controllers // Mathematical Problems in Engineering 2015, 2015, 932097.
13. Alimhan K., Otsuka N., Kalimoldayev M.N., Adamov, A.A. Output Tracking Problem of Uncertain Nonlinear Systems with High-Order Nonlinearities // In Proceedings of the 2015 8th International Conference on Control and Automation, Jeju, Korea, 25-28 November 2015; pp. 1-4.
14. Song Z., Zhai J. Practical output tracking control for switched nonlinear systems: A dynamic gain based approach // Nonlinear Analysis: Hybrid Systems 2018, 30, 147-162. Computation 2022, 10, 187.
15. Guo L.C. Practical tracking control for stochastic nonlinear systems with polynomial function growth conditions // Automatika 2019, 60, 443-450.

СЕКЦИЯ 2

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар: Деректер жүйелері мен желілерін тасымалдау. Интернет технологиялары. Бұлтты технологиялар. Параллельді есептеулер. Таратылған есептеулер. Суперкомпьютер және кластерлік жүйелер. Үлкен көлемдегі деректерді өңдеу (Big-data). Геоақпараттық жүйелер мен технологиялар. Инновациялық білім беру технологиялары.

Информационно-телекоммуникационные технологии: Системы и сети передачи данных. Интернет-технологии. Облачные технологии. Параллельные вычисления. Распределённые вычисления. Суперкомпьютерные и кластерные системы. Обработка больших объёмов данных (Big-data). Геоинформационные системы и технологии. Инновационные образовательные технологии.

Information and telecommunication technologies. Data transmission systems and networks. Internet technologies. Cloud technologies. Parallel computing. Distributed computing. Supercomputer and cluster systems. Big-data processing. Geographic information systems and technologies. Innovative educational technologies.

ДӘРІЛІК ПРЕПАРАТТАРДЫ БАСҚАРУДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТӘСІЛДЕРІ

Г.Б. Тынымбаева[2], Г.З. Зиятбекова[1,2]
e-mail: guldana.tynymbayeva@gmail.com
[1]Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан,
[2]әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
Ғылыми жетекші: Г.З. Зиятбекова

Аңдатпа. *Медицина және фармацевтика әлемі қазіргі уақытта айтарлықтай өзгерістерге ұшырауда және бұл дамудың негізгі факторларының бірі ақпараттық технологияларды енгізу болып табылады. Веб-сервистер арқылы дәрі-дәрмектерді басқарудың инновациялық тәсілдері барған сайын маңызды және өзекті бола түсуде. Олар дәрі-дәрмектерді тиімді таратуды, бақылауды және басқаруды қамтамасыз етеді, бұл медициналық көмектің сапасы мен пациенттердің қауіпсіздігін жақсартады. Бұл мақалада біз веб-сервистер арқылы дәрі-дәрмектерді басқарудың кейбір инновациялық тәсілдерін және олардың қазіргі фармацевтикаға әсері қарастырылды.*

Кіріспе

Ақпараттық технологиялар өмірдің барлық салаларына енетін әлемде денсаулық сақтау саласы шетте қалмайды. Дәрілік препараттар мен медициналық ақпаратты басқару веб-сервистерді қоса алғанда, инновациялық тәсілдердің арқасында тиімдірек және қолжетімді бола түсуде. Веб-сервистер дәрі-дәрмектерді басқаруда пациенттерге, дәрігерлерге және фармацевттерге көптеген артықшылықтар береді.

Дәрі - дәрмектерді басқарудың негізгі инновациялық тәсілдерінің бірі - электронды рецептілерді енгізу. Дәстүрлі қағаз рецептерінің орнына дәрігерлер электрондық рецепттерді веб-сервистер арқылы дәріхана жүйесіне тікелей жібере алады [1]. Бұл қағаз рецептерін жоғалту қаупін жояды және пациенттерге қажетті дәрі-дәрмектерді тез алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, веб-сервистер пациенттерге дәрі-дәрмек туралы ақпаратқа, соның ішінде қолдану жөніндегі нұсқаулыққа және ықтимал жанама әсерлері туралы білуге мүмкіндік береді. Бұл пациенттерге емделу туралы көбірек хабардар болуға және дәрігерлердің ұсыныстарын орындауға көмектеседі.

Дәріханалар мен ауруханалар үшін дәрі-дәрмектерді тиімді басқару маңызды. Веб-сервистер тапсырыс беру және түгендеуді есепке алу процестерін автоматтандыруға мүмкіндік береді [2]. Қоймаларды басқару жүйелері мен автоматтандырылған тапсырыстардың көмегімен олар тауарлы-материалдық құндылықтарды қолмен бақылау қажеттілігін азайту арқылы белгілі бір препараттарға қажеттілікті болжай алады. Бұл дәрі-дәрмектердің жетіспеушілігін немесе артық болуын болдырмауға көмектеседі.

Веб-сервистердің көмегімен пациенттер мен дәрі-дәрмектердің тиімділігі туралы үлкен көлемдегі деректерді жинауға және талдауға болады. Бұл әр пациенттің жеке ерекшеліктерін ескере отырып, жекелендірілген емдеу режимдерін жасауға мүмкіндік береді [3]. Деректерді талдау сонымен қатар трендтерді анықтауға көмектеседі және фармацевтер мен дәрігерлерге пациенттерге қандай дәрі-дәрмектер олар үшін ең тиімді және қауіпсіз болуы мүмкін екендігі туралы дәлірек ақпарат беруге мүмкіндік береді.

Веб-сервистер дәрі-дәрмектерді қабылдау кезінде қауіпсіздікті арттыруға көмектеседі. Олар әртүрлі дәрі-дәрмектердің өзара әрекеттесуін тексеруге және ықтимал қауіпті комбинациялар туралы ескерте алады [4]. Бұл әсіресе бірнеше дәрі-дәрмектерді бір уақытта қабылдайтын науқастар үшін өте маңызды. Яғни, веб-сервистер дәрілік заттар туралы ақпараттық ресурстар мен білім беру материалдарына қол жеткізуді қамтамасыз етеді. Пациенттер мен медициналық қызметкерлер дозалар, жанама әсерлер, басқа дәрі-дәрмектермен өзара әрекеттесу және т.б. туралы ақпарат ала алады. Сонымен қатар, веб-сервистер пациенттерге дәрі-дәрмектерді қабылдау туралы ескертулер жібере алады, бұл дәрігердің ұсыныстарын орындауға көмектеседі және емдеудің тиімділігін арттырады. Барлық артықшылықтарға қарамастан, дәріхана саласындағы веб-сервистердің де өз тәуекелдері бар [5]. Мұндай жүйелерде медициналық ақпаратты өңдеуге және сақтауға және оны рұқсатсыз кіруден және пайдаланудан қорғау қажеттілігіне байланысты қауіптер бар.

1-кестеде пациенттер мен денсаулық сақтау мекемелері үшін әртүрлі функциялар мен мүмкіндіктерді қамтамасыз ететін дәріхана саласындағы кейбір веб-сервистердің мысалдары келтірілген, сондай-ақ осындай жүйелерді пайдалануға байланысты кейбір қауіптер мен шектеулер көрсетілген.

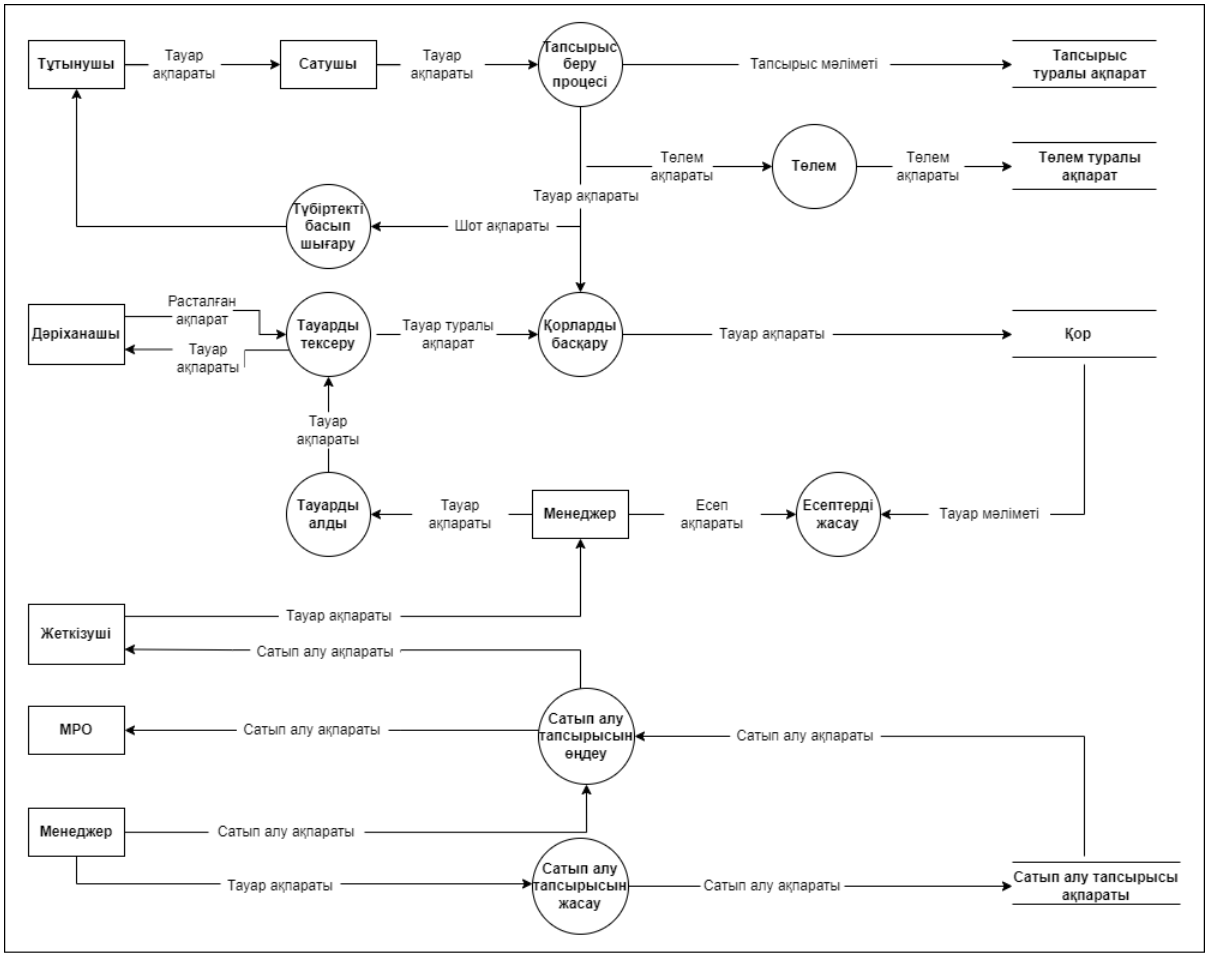
1-кесте

Дәріхана саласындағы веб-сервистер

Веб-сервис	Функциялар мен мүмкіндіктер	Тәуекелдер мен шектеулер	Кемшіліктері
FarmTrack	Дәріханалардан сату деректерін нақты уақыт режимінде бақылауды қамтамасыз етеді	Құпиялылық және деректер қауіпсіздігі мәселелері	Шағын дәріханалар немесе ауылдық жерлер туралы шектеулі мәліметтер
MedCabinet	Дәріханаларға тауарлы-материалдық құндылықтарды, сатылымдарды және тұтынушы деректерін бақылауға және басқаруға мүмкіндік береді	Деректердің бұзылуы, стандарттаудың болмауы	Нарықтық тенденцияларды немесе бәсекелестер туралы деректерді талдауға арналған шектеулі функционалдылық
PharmaWatch	Бәсекелестердің бағалары мен сату деректерін нақты уақыт режимінде бақылайды	Деректердің дәлдігі мен сенімділігі, шектеулі көлем	Шағын дәріханалар немесе ауылдық жерлер туралы шектеулі мәліметтер
HealthIQ	Дәріханалардағы сату деректері негізінде халықтың денсаулық тенденциялары туралы түсінік береді.	Құпиялылық және деректер қауіпсіздігі мәселелері, денсаулықтың нақты жағдайлары туралы шектеулі деректер	Шағын дәріханалар немесе ауылдық жерлер туралы шектеулі мәліметтер

Бұл кестеден байқағанымыздай бұндай жүйелерде шағын дәріханалар мен ауылдық жерлер туралы шектеулі мәліметтерге ие екен. Яғни, шағын дәріханаларға арналып жасалмаған. Сондықтан бұндай веб-сервистерді арнайы шағын дәріханаларға арнап жақсаған дұрысырақ. Осылайша, веб-сервис шағын дәріханаларға тиімділікті арттыруға, тұтынушыларға қызмет көрсетуді жақсартуға және дәрі-дәрмек нарығында бәсекеге қабілетті болуға көмектеседі.

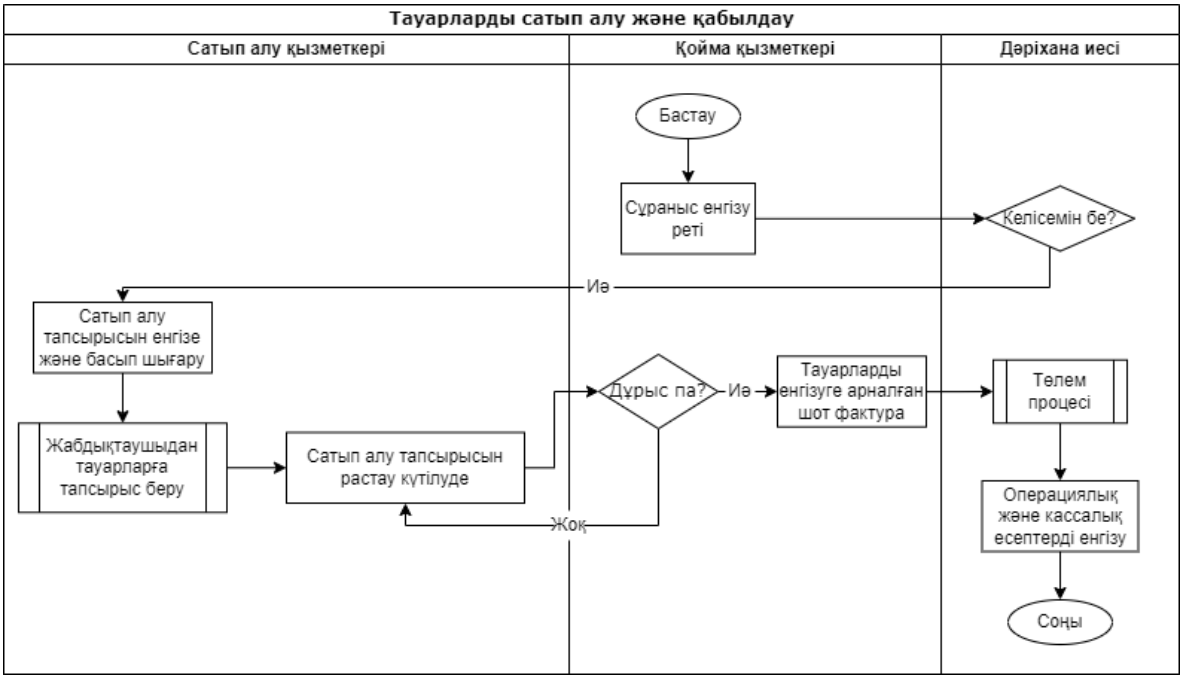
Сатуды бақылау веб-сервисінің деректер ағынының процесс диаграммасы жүйенің компоненттері арасындағы өзара әрекеттесуді визуализациялауда және талдауда маңызды рөл атқарады [6]. Бұл клиенттер мен веб-сервистің уақыт өте келе жүйеде қалай байланысып, әрекет ететінін анықтауға мүмкіндік береді. Диаграмма сонымен қатар жүйені оңтайландыру үшін пайдалы сатуды бақылау процесінде уақытша тәуелділіктер мен ықтимал кедергілерді анықтауға көмектеседі. Сонымен, процесс диаграммасы сатуды бақылаудың тиімді және сенімді веб-сервисін құруға көмектесетіндіктен веб-сервистің процесс диаграммасы жасалынды.



1-сурет. Жүйенің деректер ағынының процесс диаграммасы

Мәліметтер ағынының диаграммасы – ақпараттық жүйе арқылы деректер ағынының графикалық көрінісі, процестің аспектілерін модельдеу [7]. Біз диаграммада онлайн дәріхана инвентаризациясы мен тапсырыстарды басқару жүйесіне арналған ағынның шолуын көрсеттік. Дәрі-дәрмекті сатып алғысы келетін сатып алушы

сатушымен байланысады, ал сатушы тапсырысты өңдейді, төлемді алады және чекті басып шығарады. Бұл мәліметтердің барлығы дерекқорда сақталады. Менеджер электрондық пошта немесе басқа жүйелер арқылы жеткізушілерге немесе жеткізушілердің медициналық ұйымдарына (MPO) автоматты түрде жіберілетін сатып алу тапсырысын жасай алады. Фармацевт жеткізушілерден алынған барлық дәрілерді тексереді, ал менеджер оларды түгендеу базасына қосады (сурет 1).



2-сурет. Жеткізушілерден тауарды сатып алу және есеп алу мен құжат айналымы жүйесі

Дәріханада өнімді сатып алудың технологиялық процесі 2-суретте көрсетілген. Егер қор ең төменгі деңгейге жетсе қойма қызметкері дәріхана иесіне тауарды сатып алу туралы сұраныс жібереді. Дәріхана иесі қойма қызметкері берген тауарды сатып алуға өтінімді тексереді, қажет болған жағдайда сұраным сатып алу бөлімінің қызметкеріне беріледі. Сатып алу қызметкері өнімді сұраған жеткізушілерге бағдарламалық қамтамасыз ету арқылы тапсырыс жібереді. Сатып алу бөлімінің қызметкері күн сайын өтелмеген тапсырыстарды (қойма әкімшісі алмаған тапсырыстарды) үнемі тексеріп отырады. Тауар жеткізушіден келген кезде қойма қызметкері жеткізушіден келіп түскен тауарды алады және жарамдылығын тексереді. Қойма қызметкері қоймадағы тауардың санын, өнімнің атауын және өнімнің жарамдылық мерзімін бағдарламалық жасақтамаға енгізеді және тауарды алу туралы түбіртекті басып шығарады. Қойма қызметкері сатып алу бөлімінің әкімшісіне тауардың алынғандығы және талаптарға сай келетіндігі туралы хабарлайды. Егер тапсырыста сәйкессіздік болса, қойма әкімшісі жеткізушіге сәйкес келмейтін өнім туралы хабарлайды және сатып алу әкімшісі тауарға тапсырыс мәртебесі әлі анықталмаған деп санайды. Жеткізуші тапсырыстың шот-фактурасын басып шығарады, ал дәріхана иесі жеткізушімен келісімге сәйкес тауарды сатып алу үшін төлем төлейді. Дәріхана иесі бағдарламалық жасақтамаға есеп айырысу транзакциясын енгізу процесіне жауап береді.

Жеткізушілерден тауарды сатып алу және есеп алу мен құжат айналымы жүйесі туралы екінші сурет тауарлы-материалдық құндылықтарды бақылау мәселелерін шешуге, интеграцияланған ақпараттық жүйенің арқасында иесінен жақсы жауаптар алуға және алдыңғы тұтыну деректерін көруге болатын тауарлар мен қойма есептерінің қолданылуын ескере отырып, сатып алу дәлдігін жақсарту үшін ақпарат беруге арналған [8]. Түгендеу мен құжат айналымының жаңа моделін қолдану жарамдылық мерзімі өткен тауарлардың құнынан алынатын әлеуетті табысқа және тауарлардың сатылымда болмауына байланысты жоғалған сатылымдар санына әсер етеді.

Қорытынды

Қорытындылай келе, веб-сервистер арқылы дәрі-дәрмектерді басқарудың инновациялық тәсілдері фармацевтика саласын реформалап, оны қол жетімді, тиімді және қауіпсіз етеді. Электрондық рецепттер, тауарлы - материалдық құндылықтарды басқару, жеке емдеу және деректерді талдау, сондай-ақ ұсыныстарды сақтауды жақсарту – бұл дәрі-дәрмектерді басқару жүйесін өзгертетін инновациялық шешімдердің мысалдары. Сонымен қатар, веб-сервистер медициналық зерттеулер үшін құнды деректерді ұсынады. Бұл осы инновациялық дәуірдің басы ғана және болашақ веб-сервистер арқылы дәрі-дәрмектерді басқаруда одан да көп инновациялар әкеледі деп күтуге болады.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Baines D, Nørgaard LS, Babar ZU, Rossing C. The Fourth Industrial Revolution: Will it change pharmacy practice? Res Social Adm Pharm. 2020. doi: 10.1016/j.sapharm.2019.04.003
2. Романова О. В., Авруцкая С. Г. Внедрение цифровых технологий в фармацевтической отрасли //Вестник российского химико-технологического университета имени ДИ Менделеева: Гуманитарные и социально-экономические исследования. – 2020. – Т. 2. – №. 11. – Б. 87-101.
3. Kilova K, Mihaylova A, Ganchev G. Application of information and communication technologies in pharmaceutical care. The scientific works of USB – Plovdiv, Series G – Medicine, Pharmacy and Dental Medicine. 2020; XXIV:215-221. 2020; XXV: 215-221. ISSN 1311-9427 (Print), ISSN 2534-9392 (On-line))
4. Клунко Н. С., Сироткина Н. В. Основные тренды цифровой трансформации фармацевтической отрасли //Организатор производства.– 2021.– Т. 29. – №. 2. – Б. 89-97.
5. Izmaylov A, Saraev A, Barinova Z. The Development of the Domestic Pharmaceutical Industry in the Context of Digitalization. In: Ashmarina S, Mantulenko V, editors. Current Achievements, Challenges and Digital Chances of Knowledge Based Economy. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 133. Springer, Cham; 2021. Б. 181-188. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47458-4_21
6. Исаян С. А., Катасонова С. Д., Качкова О. Е. Цифровая трансформация фармацевтической отрасли в современных реалиях //Цифровая трансформация промышленности: новые горизонты. – 2022. – Б. 216-222.
7. Кривцов А. И. и др. Влияние цифровизации на развитие фармацевтической промышленности //Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – №. 3. – Б. 19-26.
8. Клунко Н. С. Цифровизация в фармацевтической отрасли: современное состояние и перспективы развития //Бизнес информ. – 2020. – №. 5 (508). – Б. 329-335.

DESIGNING AN AUTOMATED FIRE SURVEILLANCE SYSTEM

A.A. Sametova[2,3]*, T.Zh. Mazakov[1,2], G.Z. Ziyatbekova[1,2], A.T. Dossanalieva[3]
e-mail: sametova_aygerim@mail.ru
[1]*Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan;*
[2]*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*
[3]*Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev*

Abstract. *The advantages of Automated Fire Surveillance Systems are far-reaching. They significantly reduce response times, thus saving lives and property. The high precision of these systems ensures minimal false alarms, enhancing their reliability. Moreover, they make efficient use of resources by optimizing sensor placement and response strategies. Ultimately, the deployment of such systems plays a pivotal role in enhancing public safety and environmental protection.*

The integration of mathematical modeling into the design of Automated Fire Surveillance Systems constitutes a major leap in fire safety. These systems offer unprecedented accuracy in fire prediction, optimal sensor placement, and efficient fire detection, all of which contribute to the safety and security of communities and the environment. The continuous evolution of this technology promises to set new standards in fire prevention and response.

Key words: *automated system, mathematical modeling, fire monitoring systems*

Introduction

Fire is a force of nature, both captivating and destructive. While it has served humanity for millennia, it also poses significant risks. The rapid spread of fire can lead to devastating consequences for people and property. Therefore, preventing, detecting, and responding to fires swiftly and effectively are paramount concerns for society. In this context, the combination of mathematical modeling and advanced technology has resulted in the creation of Automated Fire Surveillance Systems. These systems represent a critical advancement in fire prevention and safety, offering more precise fire prediction, optimized sensor deployment, and efficient fire detection. This article delves into the details of designing an Automated Fire Surveillance System through mathematical modeling, its advantages, and its significance.

The design and implementation of an Automated Fire Surveillance System through Mathematical Modeling represent a critical advancement in fire prevention and safety. In an era where wildfires, industrial accidents, and urban fires pose substantial threats to both lives and property, the development of sophisticated automated fire monitoring systems has become an imperative. This abstract provides an overview of the key elements and significance of such a system, shedding light on the multifaceted approach of merging mathematical modeling with cutting-edge technology. Mathematical modeling serves as the cornerstone of this system, enabling a profound understanding of fire behavior under diverse conditions. By considering factors such as fuel type, humidity, wind speed, and temperature, the mathematical model

allows us to predict fire spread accurately. This prediction capability is a game-changer, as it offers insights that can be utilized for preventive measures, resource allocation, and evacuation planning.

The allocation of sensors constitutes another crucial facet of this system's design. Various sensor types, including thermal sensors, smoke detectors, and video cameras, are deployed strategically to minimize blind spots and provide comprehensive fire monitoring coverage. The optimal positioning of these sensors is determined by the mathematical model, ensuring that every inch of the area under surveillance is accounted for.

Equally vital are the fire detection algorithms. These algorithms, incorporating machine learning and image analysis, are responsible for the rapid and accurate detection of fires. By analyzing sensor data in real time, they distinguish actual fires from false alarms, reducing response time and resources wasted on non-threatening incidents.

Upon fire detection, the system initiates a swift and organized response, notifying the fire department, activating fire suppression systems. The automation of this process is pivotal in mitigating the devastating effects of fires, minimizing human error, and facilitating immediate action.

Research Material and methods

Description of the algorithm and modules. The Role of Mathematical Modeling. Understanding Fire Behavior. At the core of the Automated Fire Surveillance System is mathematical modeling. This modeling allows us to gain a profound understanding of fire behavior under various conditions. Fires depend on a multitude of factors, including fuel type, humidity, wind speed, and temperature. To predict fire behavior accurately, we need a tool that can factor in these variables and offer insights into fire dynamics.

Mathematical models achieve precisely this. They simulate fire propagation by considering the physics and chemistry of combustion. By inputting parameters such as fuel properties, environmental conditions, and topography, we can create virtual fire scenarios. These simulations provide critical information about how fires will spread in specific situations.

Predictive Capabilities. One of the most significant advantages of mathematical modeling in fire surveillance is its predictive capabilities. It allows us to anticipate how a fire will evolve. This foresight can be utilized for various purposes:

1. Preventive Measures: By predicting the path of a wildfire or the potential fire hazards in a factory, preventive actions can be taken in advance. This might include controlled burns, creating firebreaks, or enhancing fire-resistant building materials.
2. Resource Allocation: During a fire incident, resources are often limited. Mathematical models can assist in optimizing the allocation of resources like firefighting personnel, equipment, and materials. This maximizes the efficiency of fire response.
3. Evacuation Planning: In the case of urban fires or wildfires, knowing how a fire will spread is crucial for evacuation planning. Models can predict where the fire is likely to reach and help define safe evacuation routes.
4. Firefighter Safety: For firefighting operations, understanding fire behavior is paramount. Models can assist in planning strategies and ensuring firefighter safety.

The Design Process. Sensor Placement. Once we have a mathematical model of fire behavior, the next step is to design an efficient sensor placement strategy. Sensors are the eyes and ears of an Automated Fire Surveillance System. These sensors include thermal detectors, smoke detectors, and cameras, each serving a specific purpose.

The mathematical model assists in determining the optimal placement of these sensors. It takes into account factors such as topography, wind patterns, and the likely path of a fire. By

strategically positioning sensors, we aim to minimize blind spots and achieve comprehensive coverage. This ensures that no portion of the area under surveillance goes unnoticed.

Fire Detection Algorithms. Sensor data is invaluable for fire surveillance, but it's the algorithms that make sense of this data. Fire detection algorithms, often powered by machine learning and image analysis, play a critical role in the system. They are responsible for distinguishing real fires from false alarms, reducing response time, and avoiding unnecessary panic.

The algorithms work by analyzing the data from sensors in real time. Thermal sensors can detect sudden temperature spikes, smoke detectors identify particulates in the air, and cameras can recognize flames and smoke patterns. The combined data from these sensors, when analyzed by advanced algorithms, provides a highly accurate means of fire detection.

The Importance of Swift Response. Fire, once detected, is relentless and unforgiving. In the case of fire, time is of the essence. Therefore, a fundamental feature of an Automated Fire Surveillance System is its ability to trigger an immediate and organized response.

Upon fire detection, the system activates a predefined response protocol. This typically includes:

Notification of Authorities: Automatic alerts are sent to the fire department or relevant authorities. This minimizes the delay between fire detection and the arrival of firefighting resources.

Activation of Fire Suppression Systems: In buildings or industrial facilities, the system can automatically activate fire suppression systems such as sprinklers or fire extinguishing agents.

Evacuation Protocols: If humans are in danger, the system can initiate evacuation procedures, directing people to safety and ensuring minimal loss of life.

The advantage of automation in this process is that it minimizes human error and ensures that the response is immediate and well-coordinated. This is particularly important in situations where a delayed response can lead to catastrophic consequences.

Advantages of Automated Fire Surveillance Systems. The deployment of Automated Fire Surveillance Systems offers several advantages:

Reduction in Response Time. Automated systems reduce the time between fire detection and response. Every second counts when dealing with fires, and a swift response can significantly reduce the extent of damage and potential loss of life.

Enhanced Precision. Mathematical modeling and advanced algorithms ensure a high degree of precision in fire detection. This results in minimal false alarms, reducing unnecessary panic and resource wastage.

Efficient Resource Utilization. By optimizing sensor placement and response strategies based on mathematical modeling, Automated Fire Surveillance Systems make efficient use of resources. This is crucial, particularly during large-scale incidents when resources may be limited.

Public Safety. Ultimately, the deployment of these systems enhances public safety and minimizes the impact of fires on communities and the environment. They play a pivotal role in saving lives and protecting property.

Result and discussion

The development of Automated Fire Surveillance Systems through mathematical modeling represents a significant leap forward in fire safety. The combination of predictive mathematical models, optimized sensor placement, and advanced detection algorithms has the potential to revolutionize the way we approach fire prevention and response.

As technology continues to evolve, we can expect these systems to become even more sophisticated. Machine learning and artificial intelligence will likely play an increasingly prominent role, allowing the system to adapt and improve over time. Furthermore, the integration of these systems with other smart technologies and the Internet of Things (IoT) promises enhanced fire prevention and response capabilities.

In conclusion, the integration of mathematical modeling into the design of Automated Fire Surveillance Systems is a watershed moment in fire safety. These systems offer unprecedented accuracy in fire prediction, optimized sensor placement, and efficient fire detection, all of which contribute to the safety and security of communities and the environment. The continuous evolution of this technology promises to set new standards in fire prevention and response.

Conclusion

The fusion of mathematical modeling with modern technology has opened up new horizons in fire surveillance. Automated Fire Surveillance Systems, driven by mathematical models, are paving the way for more effective fire prevention, faster detection, and organized responses.

The work was carried out at the expense of the Research Institute of Mathematics and Mechanics at Al-Farabi Kazakh National University and grant funding for scientific research for 2023-2025 under the project AP19678157 “Development of a hardware and software complex for monitoring the state of the occupancy level of a reservoir.”

References

1. T.Zh. Mazakov, A.A. Sametova. Classification of mathematical models of forest and steppe fires.“Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan”. No. 5 (339) (2021), pp. 219 – 225
2. Zhou L., Zhang L., & Liu Y. (2019). Design of an Automated Fire Suppression System for Urban Areas Using Mathematical Modeling. Fire Safety Journal, 107, 101857
3. Rein G. (2018). Review of bushfire dynamics. Progress in Physical Geography, 42(4), 458-485
4. T.Zh. Mazakov, A.A. Sametova. System for monitoring the development of forest and steppe fires. VI - International Scientific and Practical Conference "Computer Science and Applied Mathematics". Institute of Information and Computing Technologies. Almaty, 2021.-p.60-64
5. Anderson H. E. (1982). Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station
6. Cohen J. D. (2008). Relating flame radiation to home ignition using modeling. International Journal of Wildland Fire, 17(4), 589-600.
7. A.A. Sametova, A.S. Salimkhanova. Systems for monitoring the development of forest and steppe fires in real time // Novinata for Naprednali Science - 2020, Sofia, 2020,N 4
8. G.A. Dorrer.Dynamics of forest fires. Novosibirsk: SO RAN, 2008. -404 p.
9. A. M. Grishin, Mathematical modeling of forest fires and new ways to deal with them. / A. M. Grishin. - Novosibirsk: Nauka, 1992. - 408 p.
10. G.M. Byram. Forest fire behavior. /G.M. Byram // Forest Fire: Control and Use. - New York. -1959. - P. 113-126.
11. I. P. Kurbatsky. Modern theory of the spread of forest ground fires. / I. P. Kurbatsky, G. P. Telitsyn // Modern studies of forest typology and pyrology. - Arkhangelsk. - 1976. - S. 90-96.

12. Z.M. Mitchell. Rule of thumb determining rate of spread / Z.M. Mitchell // Fire Control Notes. - 1937. - Vol. 6.-P.395-396.
13. N.N. Krasovsky. Game problems about the meeting of movements / N.N. Krasovsky. - M.: Nauka, 1970. - 420 p.
14. G. A. Dorrer. Dynamics of forest fires. / G. A. Dorrer. -Novosibirsk: Publishing house of SO RAN, 2008. - 404 p.

ВОПРОС О РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМ ТРУБЧАТЫХ ПЕЧЕЙ

Радченко В.В.
e-mail: vaasiliyrad@gmail.com
Институт автоматики и информационных технологий КазНИТУ, Казахстан

Аннотация. *Данная статья рассматривает важную роль автоматизации в промышленности, особенно в контексте использования трубчатых печей. Она подчеркивает, как современные технологии автоматизации способствуют повышению производительности, снижению затрат и улучшению качества продукции в различных отраслях, включая металлургию, химическую промышленность и производство стекла. Статья также описывает технологии автоматизации, успешные примеры и будущие перспективы развития этой области, подчеркивая важность ее для долгосрочной устойчивости предприятий и экологической ответственности.*

Ключевые слова. *Автоматизация, трубчатые печи, производительность, эффективность, системы управления, мониторинг, экологическая устойчивость, будущее технологий.*

Введение

Трубчатые печи являются важным элементом в различных отраслях, включая металлургию, химическую промышленность и производство стекла[1]. Они используются для плавки, нагрева и термической обработки материалов. Однако, для максимизации производительности и эффективности таких печей, современные технологии автоматизации играют ключевую роль[2]. В этой статье мы рассмотрим, как автоматизация трубчатых печей способствует повышению производительности и снижению затрат. Трубчатые печи, несомненно, являются хребтом многих промышленных процессов[3]. Они применяются в металлургии для плавки различных металлов и сплавов, в химической промышленности для синтеза химических соединений и в производстве стекла для создания высококачественных изделий[4]. Эти печи представляют собой технически сложные устройства, и их эффективная работа имеет огромное значение для конечного продукта.

Трубчатые печи представляют собой многозадачные устройства, спроектированные для обработки разнообразных материалов, начиная с металлов и заканчивая стеклом и химическими соединениями. Они играют решающую роль в преобразовании сырья в готовые продукты, которые затем находят применение в различных сферах промышленности. Однако, как и во всех сферах промышленности, современные требования к производительности, качеству и эффективности производства ставят перед технологией трубчатых печей новые вызовы[5].

Однако, чтобы оставаться конкурентоспособными в современной промышленности, предприятия должны стремиться к постоянной оптимизации своих процессов и ресурсов[6]. Именно здесь на сцену выходят современные технологии автоматизации, которые, будучи интегрированными в работу трубчатых печей, способны перевернуть представление о производственных операциях.

Преимущества автоматизации трубчатых печей. Автоматизация трубчатых печей приносит множество преимуществ:

1. Повышение производительности: Автоматизированные системы способны работать непрерывно без перерывов на отдых или смену, что обеспечивает более высокую производительность.
2. Улучшенное управление температурой: Автоматические контроли позволяют поддерживать строго заданные температурные режимы, что важно для процессов плавки и обработки материалов.
3. Экономия энергии: Системы автоматического управления способны оптимизировать потребление энергии, снижая затраты и воздействие на окружающую среду.
4. Снижение ошибок и отходов: Автоматизированные печи минимизируют человеческий фактор и, следовательно, снижают количество дефектных изделий.
5. Увеличение безопасности: Системы автоматизации могут контролировать и мониторить процессы без участия человека, снижая риск производственных аварий.
6. Сокращение времени остановок: Автоматические системы мониторинга и предупреждения о неисправностях позволяют быстро реагировать на проблемы, сокращая временные остановки оборудования и обеспечивая непрерывность производства.
7. Гибкость и масштабируемость: Системы автоматизации могут быть легко настроены и адаптированы к разным производственным задачам и объемам, что делает их идеальным решением для современных динамичных рынков.
8. Улучшение условий труда: Автоматизация позволяет перераспределить операторов на более качественные задачи, улучшая их рабочие условия и снижая риски воздействия вредных факторов на здоровье.
9. Мониторинг и аналитика данных: Системы автоматизации собирают обширные данные о процессах печи. Анализ этих данных позволяет идентифицировать тенденции, прогнозировать потенциальные проблемы и оптимизировать производственные параметры.
10. Снижение воздействия на окружающую среду: Автоматизация помогает контролировать и оптимизировать процессы с целью снижения выбросов вредных веществ и энергопотребления, что способствует экологической устойчивости.
11. Улучшенное качество продукции: Автоматические системы контроля и регулирования позволяют поддерживать стабильные производственные условия, что сказывается на качестве конечного продукта.
12. Сокращение операторских ошибок: Автоматизация минимизирует влияние человеческого фактора, что снижает риск ошибок и улучшает безопасность.

Технологии автоматизации. Современные трубчатые печи могут быть оборудованы следующими технологиями автоматизации:

Системы управления температурой: Автоматические регуляторы температуры поддерживают необходимые значения, контролируя подачу топлива и поток газа.

Системы мониторинга: Датчики и системы мониторинга следят за состоянием оборудования и процессами, предупреждая о возможных проблемах.

Автоматическая подача сырья: Роботизированные системы могут автоматически подавать сырье в печь, оптимизируя процесс загрузки.

Системы управления горением: Контроль горения с помощью автоматизированных систем помогает снизить выбросы и улучшить эффективность сжигания топлива.

Системы безопасности: Автоматические системы безопасности контролируют условия внутри печи и могут автоматически отключать оборудование в случае необходимости.

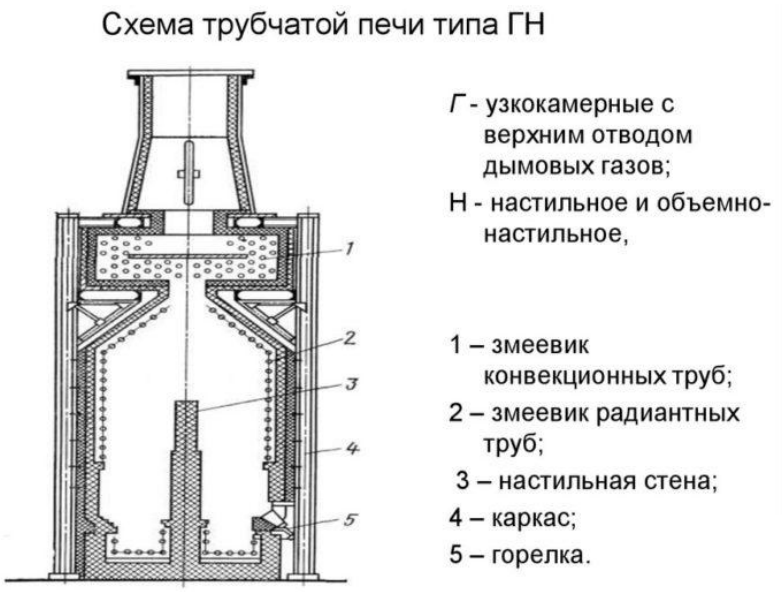


Рис. 1. Схема трубчатой печи

Искусственный интеллект (ИИ): Алгоритмы машинного обучения и нейронные сети позволяют предсказывать и предотвращать сбои, а также оптимизировать режимы работы печей на основе данных и опыта.

Роботизация: Роботы могут выполнять множество задач, связанных с обслуживанием и обследованием печей, что уменьшает риск для операторов.

Системы управления процессом: Интегрированные системы контроля могут следить за множеством параметров, включая давление, скорость нагрева, состав атмосферы и многое другое, обеспечивая точный контроль над процессом обработки.

Оперативные системы визуализации: Графические интерфейсы позволяют операторам мониторить состояние печи в реальном времени и принимать быстрые решения.

Автоматизированные системы подачи сырья: Роботизированные манипуляторы обеспечивают точную и равномерную подачу сырья в печь, что повышает качество продукции.

Системы совместной работы роботов и человека: Коллаборативные роботы, совместно работающие с операторами, могут обеспечивать максимальную гибкость в производственных операциях.

Примеры успешной автоматизации трубчатых печей. Пример 1: Металлургическая отрасль

Крупные сталелитейные заводы всё чаще внедряют автоматизированные трубчатые печи для плавки металла. Это позволяет им повысить производительность и снизить затраты на энергию, что является ключевым фактором в конкурентной борьбе.

Пример 2: Производство стекла

Печи, используемые в производстве стекла, также могут быть автоматизированы. Это улучшает качество стекла, снижает отходы и сокращает трудозатраты.

Пример 3: Химическая промышленность

В химической промышленности автоматизированные трубчатые печи используются для синтеза химических соединений и обработки сырья. Благодаря автоматизации, эти процессы могут быть более точными и безопасными, что особенно важно в данной отрасли.

Пример 4: Производство керамики

В производстве керамики автоматизированные печи обеспечивают строгий контроль над процессом обжига, что влияет на качество конечного продукта. Модернизация таких печей помогает производителям снижать отходы и улучшать экологические характеристики производства.

Пример 5: Производство электроники

В электронной промышленности автоматизация трубчатых печей используется для пайки и сушки печатных плат. Это позволяет создавать мелкие и точные электронные компоненты с высокой надежностью.

Пример 6: Производство солнечных батарей

В сфере производства солнечных батарей трубчатые печи с автоматизацией играют важную роль в создании высокоэффективных солнечных панелей, что способствует развитию возобновляемой энергетики.

Будущее автоматизации трубчатых печей

Автоматизация трубчатых печей будет продолжать развиваться. Ожидается, что в будущем мы увидим еще более совершенные системы, включая использование искусственного интеллекта для оптимизации процессов. Это позволит увеличить производительность и снизить экологические нагрузки. Сегодня мы видим лишь начало потенциала автоматизации трубчатых печей. Будущее этой области связано с дальнейшим развитием технологий и интеграцией более широкого спектра инноваций, включая 3D-печать, материалы с интеллектуальными свойствами и даже более продвинутые методы контроля и мониторинга. С каждым годом автоматизация трубчатых печей будет становиться более интегрированной, гибкой и интеллектуальной. Ожидается, что развитие роботизации, искусственного интеллекта и интернета вещей продолжит трансформировать эту область. Системы автоматизации будут все более умными, способными адаптироваться к изменяющимся условиям производства и предсказывать потребности в обслуживании и ремонте.

Заключение

Автоматизация трубчатых печей играет важную роль в современной промышленности, помогая повышать производительность, снижать затраты и улучшать качество продукции. С развитием технологий автоматизации, эти системы будут продолжать эволюционировать, способствуя долгосрочной устойчивости. С каждым новым шагом в развитии автоматизации, трубчатые печи становятся более интеллектуальными и адаптивными. В условиях стремительных изменений и растущих требований со стороны потребителей и регулирующих органов, автоматизация трубчатых печей остается неотъемлемым элементом стратегии предприятий, направленной на эффективность и экологическую устойчивость. Использование искусственного интеллекта, машинного обучения и сенсорных технологий позволяет предсказывать и реагировать на изменения в реальном времени, минимизируя риски и оптимизируя ресурсы. Более того, автоматизация трубчатых печей способствует уменьшению экологической нагрузки, что становится все более важным аспектом в современном мире. Снижение выбросов и

оптимизация энергопотребления в печах помогают предприятиям соблюдать строгие нормативы в области экологии и устойчивого развития. Исходя из вышесказанного, можно с уверенностью утверждать, что автоматизация трубчатых печей - это не просто современный тренд, но и неотъемлемое условие успеха в современной промышленности. Эта технология продолжит эволюционировать, внося ключевой вклад в повышение эффективности производства, сокращение затрат и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Литература

1. Dudnikov E. G. Automatic Control in the Chemical Industry: A Textbook for Universities / Dudnikov E. G. // Moscow: Khimiya, 1987.
2. Stefani E. P. Fundamentals of Process Control Systems / Stefani E. P. // Moscow: Energoizdat, 1982.
3. Lapshenkov G. I., Polotsky L. M. Automation of Production Processes in the Chemical Industry / Lapshenkov G. I., Polotsky L. M. // Moscow: Khimiya, 1982.
4. Golubyatnikov V. A., Shuvalov V. V. Automation of Technological Processes in the Chemical Industry / Golubyatnikov V. A., Shuvalov V. V. // Moscow: Khimiya, 1985.
5. Smilyansky G. L. Handbook for the Designer of Automated Production Control Systems / Smilyansky G. L. // Moscow: Mashinostroenie, 1983.
6. Pluzhnikov L. N. Automation of Technological Processes in the Light Industry: A Study Guide / Pluzhnikov L. N.// Moscow: Higher School, 1984.
7. Klyuev A. S. Designing Automation Systems for Technological Processes: Reference Guide / Klyuev A. S. // Moscow: Energoatomizdat, 1990.
8. Valkov V. M., Vershin V. E. Automated Control Systems for Technological Processes / Valkov V. M., Vershin V. E. // Leningrad: Politekhnika, 1991.
9. Lysenko E. V. Designing Automated Control Systems for Technological Processes / Lysenko E. V. // Moscow: Radio i Svyaz, 1987.
10. Klyuev S. Installation of Measurement and Automation Equipment. Handbook / Klyuev S. // Moscow: Energoizdat, 1988.

ИНТЕРНЕТ ФОРУМНЫҢ ДЕРЕКТЕР БАЗАСЫ МЕН МӘТІНДІК ХАБАРЛАР АҒЫНЫНЫҢ МОДЕЛІ

Мамбетов С.Т.[1], Бегимбаева Е.Е.[2,3], Джолдасбаев С.К.[4]
mambetov.saken@gmail.com
[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Қазақстан
[2]Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті, Қазақстан
[3]Ғұмарбек Дәукеев атындағы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан
[4]Халықаралық Ақпараттық технологиялар университеті, Қазақстан

Аннотация. *Аталмыш мақалада интернет форумдардың деректер базасының моделі, соған қоса сол форумдардың мәтіндік хабар ағынының моделі көрсетіледі. Интернет-форумдар-бұл танымал форматтағы онлайн-қауымдастық, онда пайдаланушылар бір-бірімен ақпарат алмасады, сұрақтар қояды және әртүрлі тақырыптарды талқылайды. Мұндай форумдардың тиімді жұмыс істеуі үшін мәліметтер базасының жақсы дамыған моделі және мәтіндік хабарламалар ағынын өңдеу жүйесі қажет. Жұмыс барысында форумдар негізінде хакерлік тақырыптардағы нақты форумдар қарастырылады. Деректер базасы интернет форумдардан жиналған хабарламаларды белгілі бір сипаттарға сәйкес сақтауға мүмкіндік береді. Ал мәтіндік хабарлар ағыны жиналған деректерді зерттеуге және талдауға болады.*

Қазіргі әлемде интернет-форумдар ақпарат алмасуда, әртүрлі сипаттағы тақырыптарды талқылауда және онлайн қауымдастықтар құруда маңызды рөл атқарады. Бұл платформалар бүкіл әлем бойынша миллиондаған пайдаланушылардың білімін, тәжірибесін және пікірлерін бөлісудің маңызды құралы болып табылады. Интернет-технологиялардың дамуымен және пайдаланушылар санының артуымен интернет-форумдардың сәтті жұмыс істеуінің маңызды аспектісі мәліметтер базасын тиімді басқару және мәтіндік хабарламалар ағынын өңдеу болды [1,2].

Бұл жұмыстың мақсаты-мәліметтер базасының моделін және интернет-форумдардағы мәтіндік хабарламалар ағынын өңдеу жүйесін зерттеу және талдау. Жұмыста осындай форумдардың тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін қажетті негізгі аспектілер қарастырылады [3]:

Деректер базасы моделі: пайдаланушылардың хабарламаларын, талқылау тақырыптарын, пайдаланушы профильдерін және басқа мәліметтерді қоса алғанда, үлкен көлемдегі деректерді тиімді сақтау мен басқаруды қамтамасыз ету. Мәліметтер базасының моделі ақпаратқа жылдам қол жетімділікті және сұраныстардың тиімді орындалуын қамтамасыз ететін етіп жасалуы керек.

Мәтіндік хабарламалар ағынын өңдеу: Интернет-форумдар үнемі жаңа хабарламалармен жаңартылып отырады және мәтінді талдауға, хабарламалардың мазмұны мен тақырыбын анықтауға және мазмұнды автоматты түрде модерациялауға қабілетті жүйенің болуы маңызды. Бұл ақпараттың өзектілігін қамтамасыз етіп қана қоймай, форум ережелері мен саясатының сақталуын қолдайды.

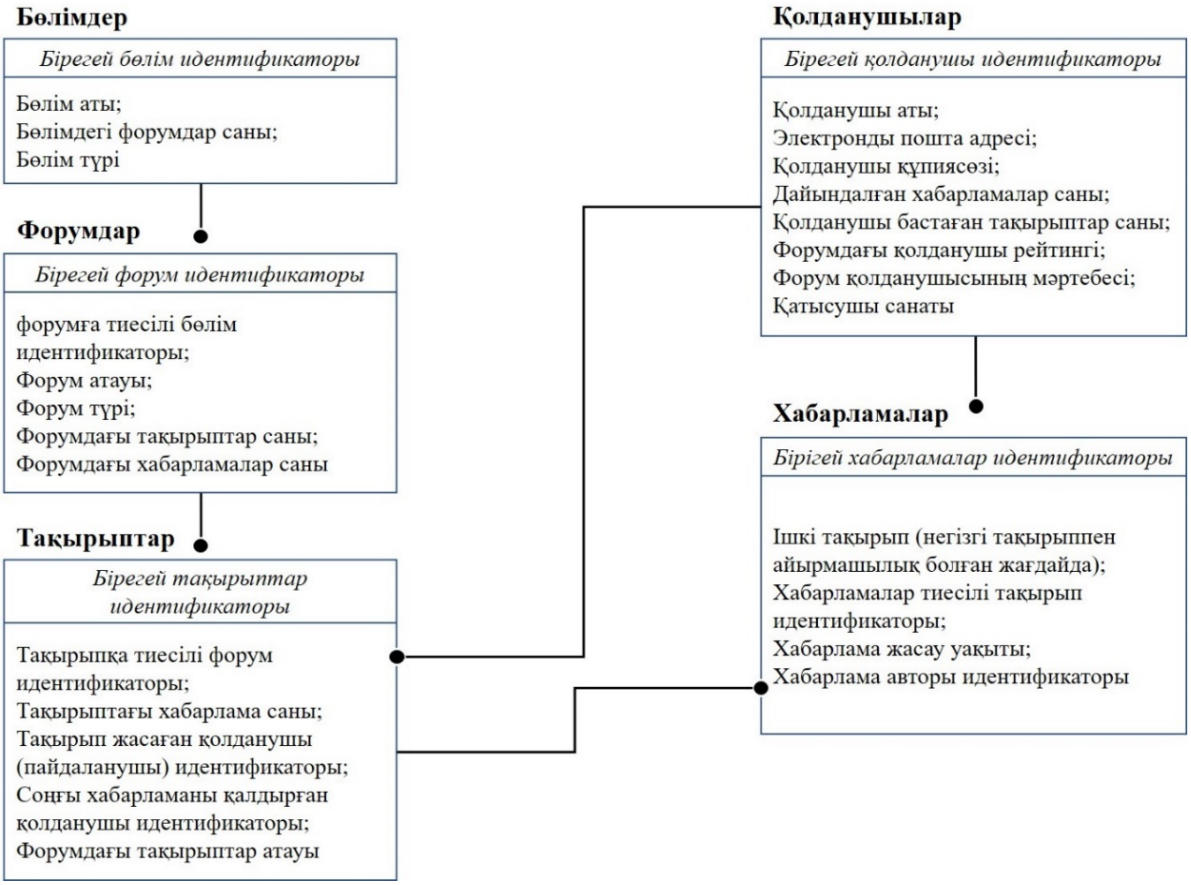
Пайдаланушыларды басқару: Пайдаланушыларды басқару жүйесі, соның ішінде аутентификация, авторизация және рөлдер мен қол жеткізу құқықтарын орнату пайдаланушы деректерінің қауіпсіздігі мен құпиялылығын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады.

Масштабтау: форумның ауқымын, оның үлкен көлемдегі деректерді өңдеу қабілетін және жоғары жүктемені есепке алу, әсіресе белсенді талқылаулар немесе іс-шаралар кезеңдерінде дамудың маңызды аспектісі болып табылады.

Кез-келген форумды зерттеу үшін оның құрылымын қарастыруға тура келеді. Біз қарастыратын хакерлік интернет форумдарды құру кезінде мынадай бағдарламалық платформалар қолданылған [4]:

- Invision Power Board (IPB);
- Vanilla;
- PunBB;
- vBulletin;
- phpBB;
- XenForo;
- Simple Machines Forum (SMF).

Жоғарыда аталған бағдарламалық платформаларды іске асыру кезінде құрылымдары ерекшеленетін деректер базасы қолданылады.



Сурет 1 Интернет-форумдар базасының логикалық моделі

Сонымен қатар, олардың әрқайсысында деректер мәтіндік хабарламалар үшін олардың белгілі бір форумға, авторға, автордың рейтингіне, құрылу уақытына, форум тақырыбына, сондай-ақ форум тақырыбындағы хабарламалар санына қатыстылығын анықтауға мүмкіндік беретін етіп сақталады. Осыған байланысты интернет-форумдардың деректер базасының құрылымы (моделі) қалыптасты. Тақырыптық интернет-форумның деректер базасының әзірленген моделі, пікірталас тақырыптық ақпараттық ресурстарды құру үшін ең танымал бағдарламалық платформалар негізінде іске асырылған интернет–ресурстардың деректерін зерттеуге және талдауға мүмкіндік беретін әмбебаптығымен ерекшеленеді (Сурет 1). Осы модельді қолдана отырып, ақпараттық қауіпсіздіктің қауіптері мен осалдықтарын болжау кезінде оларды іске асыруда қолданылатын нақты платформаға қарамастан, қолданыстағы тақырыптық интернет–ресурстардың көпшілігін талдауға болады.

Әрбір хабарлама жеке құрылым болып табылады, келесі өзара байланысты элементтерден тұрады (Сурет 2).

Сурет 2 Интернет-форум хабарламаларының құрылымы

Мәтіндік хабарламалар ағыны – бұл пайдаланушылар жасаған көптеген интернет форумдардағы мәтіндік хабарламалар жиыны.

Мәтіндік хабарламалар ағынын модельдеуге байланысты тақырыптық интернет-ресурстар келесі мақсатта жүзеге асырылады ақпараттық қауіпсіздіктің қауіптері мен осалдықтарын болжау, модельді құру үшін оны жүзеге асыру мүмкіндігін қарастыру қажет белгілі бір форумға, авторға, автордың рейтингіне, құрылу уақытына, форум тақырыбына, сондай-ақ форум тақырыбындағы хабарламалар санына байланысты хабарламаларды статистикалық және семантикалық талдау.

Бұрын айтылғандай, қазіргі уақытта онтология ең көп белгілі бір пәндік саланы сипаттаудың тиімді құралы. Онтологиялық тәсіл пәндік саланы олардың арасындағы байланыстар мен олардың қасиеттерін ескере отырып, ұғымдардың ұйымдасқан жиынтығы ретінде ұсынудан тұрады.

Жалпы алғанда, мәтіндік хабарламалар ағынының моделі онтологиямен берілген пәндік сала үштікпен ұсынылатын болады:

$$S_\tau = (M, O, T) \quad (1)$$

Мұндағы, S - τ уақыт мезетіндегі мәтіндік хабарламалардың ағыны;

M - ағындағы хабарламалар жиыны;

O - пәндік саланың онтологиясы;

$T = \{1, \dots, \tau\}$ - хабарламалар ағынын бақылау жүргізілген уақыт мезеттері (сағаттар, күндер, айлар және т.б.).

$$O = (E, R, F) \tag{2}$$

Мұндағы, E – зерттелу саласының терминдер жиыны;
R – зерттелу саласының терминдерінің арасындағы қатынастар жиыны;
F – интерпретация (аксиоматизация) функцияларының онтологиясының терминдері мен қатынастары бойынша берілген жиыны.

Форумдағы әрбір хабарлама $d \epsilon M$ мынадай түрде ұсынылады:

$$d = (s, t, F_d, A) \tag{3}$$

Мұндағы, s – хабарлама мәтіні;
$t \in \{1, \dots, \tau\}$ – хабарлама жазылу (жасау) уақыты;
$F_d = \{w_1, \dots, w_k\}$ – O онтология бойынша берілген, зерттелу саласындағы хабарламаны білдіретін вектор;
k – O онтология бойынша терминдер саны;
$w_i (i = 1, \dots, k)$ координаттары – хабарламадағы терминдердің салмағы;
A – хабарлама авторының рейтингі.

Хабарламаның салмағын есептеу кезінде TF–IDF (term frequency-Inverse document frequency) моделі қолданылады, оған сәйкес хабарлама терминінің салмағы тікелей оның хабарламаға кездесу жиілігіне тура пропорционал және ол кездесетін хабарламалар санына кері пропорционал [5].

$$w_i = F_i \log(\frac{D}{DF_i}) \tag{4}$$

Мұндағы, w_i – хабарламадағы i терминінің салмағы;
F_i – хабарламадағы i терминінің жиілігі;
D – хабарламалардың жалпы саны;
DF_i – i термині кездесетін хабарлама саны.

Дегенмен, көрсетілген модель хабарламалардың әртүрлі ұзындықтары кездесетінін ескермейді, соған байланысты хабарламалардың ұзындығына байланысты терминнің жиілігі мен салмағы азаяды. Осы себепті хабарламадағы терминдердің салмақтары оларды евклидтік нормаға бөлу арқылы нормаланады (яғни, хабарлама векторының ұзындығы) [6]:

$$w_i^* = \frac{w_i}{d} = \frac{w_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{k} w_i}} \tag{5}$$

Тақырыптық интернет-форумның деректер базасының әзірленген моделі, тақырыптық ақпараттық ресурстарды мен форумдарды құру үшін ең танымал бағдарламалық платформалар негізінде іске асырылған интернет–ресурстардың деректерін зерттеуге және талдауға мүмкіндік беретін әмбебаптығымен ерекшеленеді. Осы модельді қолдана отырып, ақпараттық қауіпсіздіктің қауіптері мен осалдықтарын

болжау кезінде оларды іске асыруда қолданылатын нақты платформаға қарамастан, қолданыстағы тақырыптық интернет–ресурстардың көпшілігін талдауға болады. Мысалы, ретінде хакерлік форумдар алынды [7].

Онтология бойынша берілген зерттелу саласына қатысты мәтіндік хабарламалар ағынының әзірленген моделі белгілі бір форумға, авторға, автордың рейтингіне, құрылу уақытына, форум тақырыбына, сондай-ақ форум тақырыбындағы хабарламалардың санына байланысты хабарламаларды семантикалық сүзу және статистикалық талдау жүргізу мүмкіндігімен ерекшеленеді, бұл тақырыптық ақпараттық ресурстардың деректерін зерттеуге және талдауға мүмкіндік береді.

Бұл жұмыста деректер базасын модельдеудің және интернет-форумдардағы мәтіндік хабарламалар ағынын өңдеудің негізгі аспектілерін көрсетілген. Олардың тиімді жұмыс істеуі және пайдаланушылардың қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін маңыздылығын атап көрсетеді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Z. -H. Zhou, N. V. Chawla, Y. Jin and G. J. Williams, "Big Data Opportunities and Challenges: Discussions from Data Analytics Perspectives [Discussion Forum]," in IEEE Computational Intelligence Magazine, vol. 9, no. 4, pp. 62-74, Nov. 2014, doi: 10.1109/MCI.2014.2350953.
2. Мамбетов С.Т., Бегимбаева Е.Е., Хикметов А.К., & Джолдасбаев О.К. Тақырыптық интернет ресурстардан деректерді алу алгоритмін әзірлеу. Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. 2023. № 2 (88) https://doi.org/10.47533/2023.1606-146X.6
3. Ярушкина, Н.Г. Средства data minig для нечетких реляционных серверов данных / Н.Г.Ярушкина, А.П. Вельмисов, А.А. Стецко // Информационные технологии. – 2007. – № 6. – С. 20–29.
4. C. C. Aggarwal, Data Streams: Models and Algorithms., Springer, vol. 31, 2007.
5. Андреев И.А., Башаев В.А., Клейн В.В., Мошкин В.С., Ярушкина Н.Г. Семантическая метрика терминологичности на основе онтологии предметной области // Автоматизация процессов управления. – 2014. – № 4 (38). – С. 76–84.
6. Deepa Mulimani, Suvarna G. Kanakaraddi, Shashikumar G. Totad, Prakashgoud R. Patil, "Weighted Averaging Ensemble Model for Concept Drift Adaptation in Streaming Data", 2022 2nd International Conference on Intelligent Technologies (CONIT), pp.1-8, 2022.
7. Z. -H. Zhou, N. V. Chawla, Y. Jin and G. J. Williams, "Big Data Opportunities and Challenges: Discussions from Data Analytics Perspectives [Discussion Forum]," in IEEE Computational Intelligence Magazine, vol. 9, no. 4, pp. 62-74, Nov. 2014, doi: 10.1109/MCI.2014.2350953.

КОНТЕЙНЕРЛЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫН ТАЛДАУ АРҚЫЛЫ МҮМКІНДІКТЕРІН БАҒАЛАУ

С.У. Аралбаев[2], Г.З. Зиятбекқызы[1,2]
e-mail:serikbolsynaralbayev@gmail.com
[1]Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан,
[2]әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан,
Ғылыми жетекшісі: Г.З. Зиятбекова

Аңдатпа. *Бұл мақала контейнерлеу технологиясының күрделі құрылымы мен оның архитектурасын зерттейді. Зерттеу қолданбаларды және олардың тәуелділіктерін оқшауланған жеңіл контейнерлерге орауды қамтитын контейнерлеудің негізгі тұжырымдамасын түсіндіруден басталады. Docker және Kubernetes сияқты танымал контейнерлеу платформаларын талқылау арқылы контейнерлік оркестрдің техникалық аспектілерін зерттейді. Олар тиімді контейнерлеуді жеңілдету үшін контейнер кескіндерінің, контейнер жұмыс уақытының және контейнер тізілімдерінің маңыздылығын көрсетеді. Сонымен қатар, бұл мақалада контейнерлеу технологиясының негізгі компоненттері қарастырылады, контейнерлердің, Namespaces кеңістіктерінің, жұмыс топтарының және контейнерлік желілердің ішкі жұмысы талданады. Ол контейнерлеудің қауіпсіздікке әсерін, соның ішінде оқшаулау механизмдері зерттеледі.*

Кілттік сөздер: *контейнерлеу, контейнер архитектурасы, контейнер қауіпсіздігі, оқшаулау, портативтілік.*

Кіріспе

Контейнерлеу – бұл қосымшаны оның тәуелділіктері мен конфигурацияларымен бірге контейнер деп аталатын жеңіл және оқшауланған ортада орауға және іске қосуға мүмкіндік беретін технология. Контейнер операциялық жүйе ядросында жұмыс істейтінін және виртуалды машина сияқты компьютердің аппараттық мүмкіндіктерімен емес, операциялық жүйенің құралдарымен оқшауланғанын түсіну өте маңызды. Қазіргі танымал контейнерлеу технологияларына Docker, Apache Mesos, Jail жатады. Бұл құралдар контейнерлерді басқаруды және оларды бірнеше серверлер мен платформаларда ұйымдастыруды жеңілдетеді. Бұл ұйымдарға қолданбаларын жылдам және тиімді масштабтауға мүмкіндік береді. Контейнерлеу технологиясы заманауи қосымшаларды әзірлеу мен орналастырудың маңызды компонентіне айналды және оны көптеген компаниялар мен ұйымдар өз қосымшаларын құру және орналастыру үшін қолданады [1].

Зерттеу тәсілдері

Әдебиеттерге шолу: Біз ең алдымен, білім қорын құру және қазіргі түсініктегі олқылықтарды анықтау үшін тиісті зерттеу жұмыстарын, кітаптарды және салалық

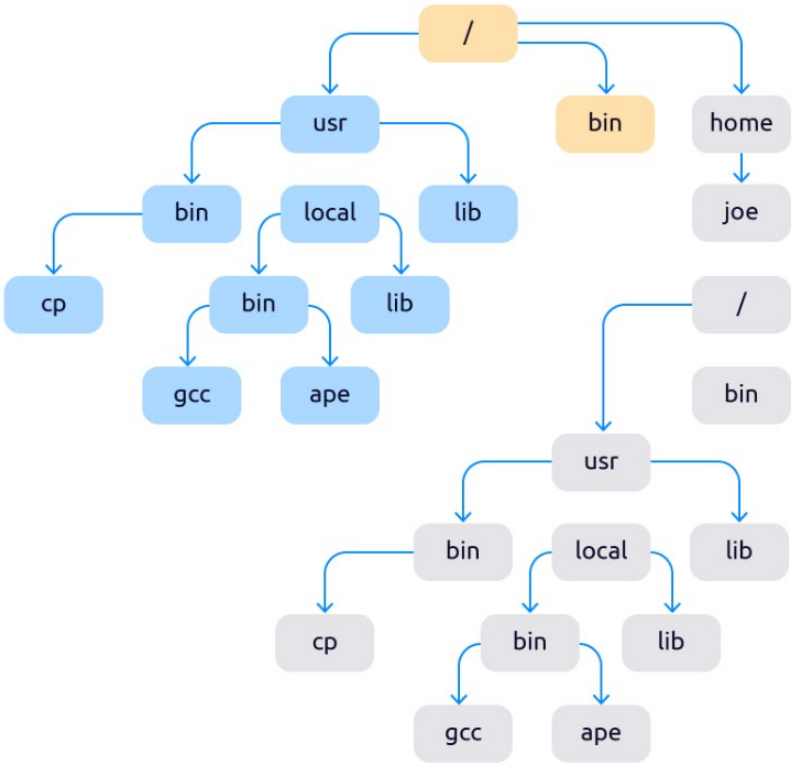
құжаттаманы зерттей отырып, контейнерлеу технологиясы бойынша бар әдебиеттерді жан-жақты шолудан бастадық.

Архитектуралық талдау: Контейнердің архитектуралық аспектілерін, соның ішінде контейнердің оқшаулау технологиясын, қауіпсіздік механизмдерін зерттедік. Құрылымды түсіндіру үшін архитектуралық диаграммалар мен модельдерді қолдандық.

Тарихи талдау: Мақалада контейнерлеу технологиясының эволюциясы туралы тарихын зерттедік. Оның пайда болуынан қазіргі күйіне дейін дамуын көрсеттік.

Талдау

Қазіргі контейнерлеу технологиясын тереңдеп түсіну үшін біз алдымен контейнерлеу технологиясының тарихына қысқаша тоқталсақ. Мамандар пайдаланушы кеңістігін оқшаулау туралы 1979 жылы Unix ядросында chroot технологиясы пайда болған кезде ойлана бастады. Chroot – бұл процестер тобына арналған файлдық жүйенің түбірін ауыстыру немесе таңдалған процестерді іске қосу үшін түбір мен мәтінмәнді уақытша өзгерту. Дәлірек айтсақ: chroot жүйеге "/" екінші түбірлік каталогты қосады, ол пайдаланушының көзқарасы бойынша біріншісінен айырмашылығы болмайды. 1-суретте көрсетілгендей, Chroot қолданғаннан кейін файлдық жүйе келесі құрылымға ие бола бастады:



Сурет 1. Файлдық жүйенің құрылымы

Енді файлдық жүйе бір-біріне әсер етпейтін екі бөлікке бөлінді. Қазір chroot кез келген *Nix-ОЖ үшін стандартты мүмкіндік болып табылады. Бұл технология 1982 жылы BSD 4.2 пайда болғанға дейін еш өзгеріссіз қолданыста болды. Сондықтан көптеген кемшіліктер бар:

- Жалпы процесс кеңістігі. Chroot-та жұмыс істейтін процесс басқа барлық процестерді көреді;
- Ортақ желі. Әртүрлі chroot-тарда серверлерді оқшаулап іске қосу мүмкін емес;
- Ресурстарға шектеулер қою мүмкіндігі жоқ. Chroot-тағы процесс жүйедегі басқа процестер сияқты барлық ресурстарды бір уақытта бір өзі иеленіп кете алады.

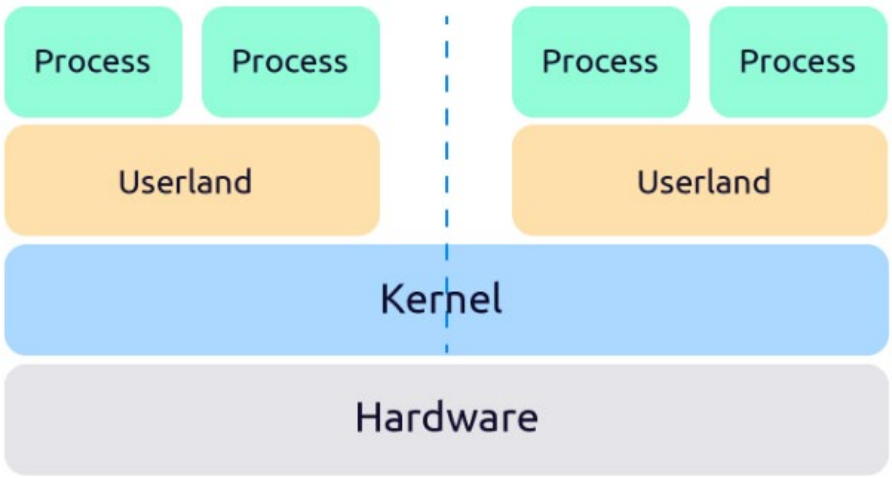
Chroot әлі күнге дейін мынадай тапсырмаларда қолданылады:

- FTP протоколы арқылы қосылған анонимді пайдаланушылардың құқықтарын шектеу;
- SSH протоколы арқылы қосылған пайдаланушылардың құқықтарын басқару.

Chroot процестерді оқшаулауға қызмет етеді. Мысалы, көптеген Linux дистрибутивтеріндегі bind chroot-та іске қосылады, көптеген демондар артықшылықтарды төмендетпес бұрын chroot-ты бос каталогқа айналдырады [2].

Jail 1999-2000 жылдары FreeBSD 4.0-де пайда болды. 2-суретте көрсетілгендей, jail chroot-тың күрделірек түрі. Jail-де алғаш рет желіні оқшаулау мүмкіндігі пайда болды. Алайда, FreeBSD-де бұл оқшаулау жартылай болды десек қателеспейміз. Өйткені желілік интерфейстер кез келген ортада көрінді, бірақ қоршаған ортаға байланысты белгілі бір интерфейстерге тағайындалған белгілі бір IP-мекен-жайлар ғана көрінді. Осылайша, loopback ортақ болды.

Jail chroot-тан әлдеқайда озық болды, тіпті хостингтер де салынды, бірақ ресурстарда әлі де шектеулер болған жоқ. Ресурстарға лимиттер тағайындау RCTL ресурстарын басқару механизмінің пайда болуымен FreeBSD 9.0 нұсқасында ғана мүмкін болды. Бұл жүйе ресурстарды жеке пайдаланушылар мен процестерге де, бүкіл jail-ге де шектеуге мүмкіндік береді.

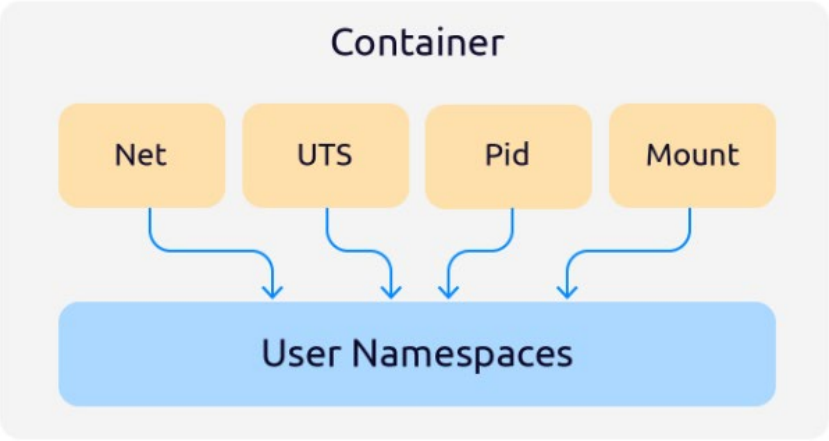


Сурет 2. FreeBSD 4.0-дегі Jail контейнерлеу технологиясы

Қазіргі таңда Jail технологиясы көбінесе веб-хостинг үшін қолданылады, онда ол бірнеше веб-сайттарды бір серверге орналастыру үшін қауіпсіз ортаны қамтамасыз етеді. Әрбір веб-сайт өз кеңістігінде оқшауланған, бұл бір веб-сайттың басқалардың өнімділігіне немесе қауіпсіздігіне әсер етуіне жол бермейді. Ол сондай-ақ бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу және тестілеу үшін қолданылады, онда ол хост жүйесіне әсер етпестен қолданбаларды сынау үшін таза ортаны қамтамасыз етеді.

Jail технологиясын көбінесе Docker және Kubernetes сияқты басқа контейнерлеу технологияларымен салыстырады. Бұл технологиялар жетілдірілген мүмкіндіктерді қамта-
масыз етеді және икемді болғанымен, олар көп ресурстарды қажет етеді және оларды орнату мен басқару қиынырақ. Jail технологиясы жеңіл балама болып табылады, оны пайдалану оңай және көптеген пайдалану жағдайлары үшін қауіпсіз және оқшауланған ортаны қамтамасыз етеді [3].

Ресурстарды оқшаулауда қазіргі күнге дейін қолданылатын Namespaces API 2002 жылы Linux ядросының 2.4.19 версиясында пайда болды. Namespaces — бұл физикалық ресурстардың үстіндегі бағдарламалық қабат. Бұрын процестер ресурстарға тікелей жүгінетін еді. Namespaces технологиясы пайда болғаннан бері барлық сұраулар осы қосымша абстракция қабатынан өтетін болды. Namespaces технологиясының құрылымы 3-суретте көрсетілген.



Сурет 3. Namespaces құрылымы

Network – желінің үстіндегі абстракция: интерфейстер, маршруттау кестелері және т.б. Network атау кеңістігі негізінен желінің әртүрлі атау кеңістіктері арасындағы туннель рөлін атқарады.

UTS (Unix time Sharing) – hostname және NIS кеңістігіндегі абстракция. UTS контейнерлерге NIS Domain Name меншікті домендік атауларына және Nodename контейнер атауларына ие болуға мүмкіндік береді.

PID – процесс нөмірлерінің кеңістігіндегі абстракция. PID процестердің ID кеңістігін оқшаулайды. Әр түрлі кеңістіктегі процестер бірдей идентификаторға ие болуы мүмкін.

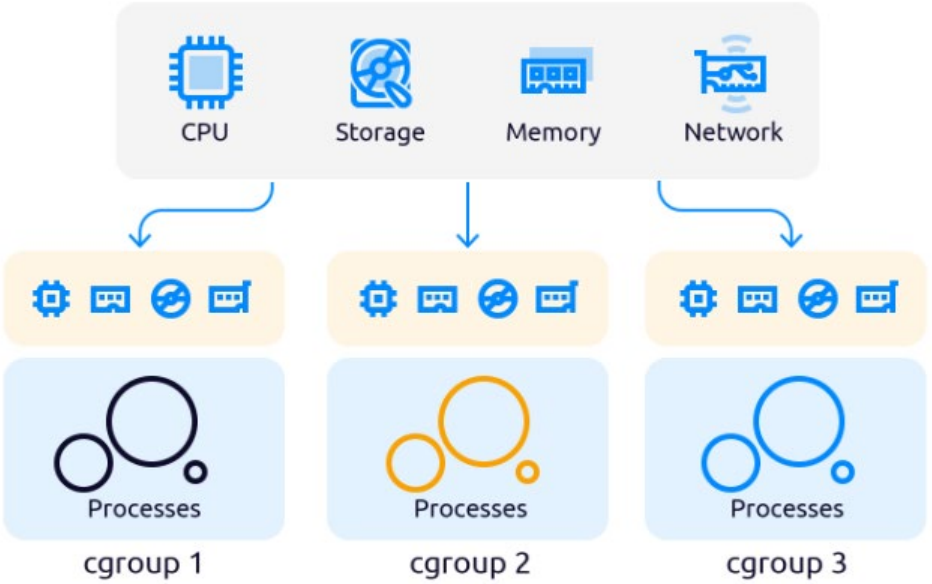
Mount – файлдық жүйелерге арналған атау кеңістігінің үстіндегі абстракция. Mount жаңа құрылғыны әр кеңістікте орнатудың орнына бірнеше файлдық жүйенің атау кеңістігіне бірден орнатуға мүмкіндік береді.

IPC – процестер арасындағы өзара әрекеттесу бойынша абстракция. IPC атау кеңіс-тігіндегі процесс басқа атау кеңістігіне жататын IPC ресурстарын оқи да, жаза да алмайды. Осылайша, бір контейнердегі процестер басқа контейнерлерге кедергі жасай алмайды.

User – пайдаланушы кеңістігінің абстракциясы. User пайдаланушылар мен топтардың идентификаторын, түбірлік каталогты, кілттерді оқшаулайды.

Осылайша, Namespaces технологиясы оқшаулау мәселелерін шешті, бірақ оқшауланған процестер үшін ресурстарды шектеу мәселесін шеше алмады. Бұл мәселенің шешімі 2008 жылы 2.6.20 ядросының шығарылуымен Cgroups механизмі арқасында ойлап табылды [3].

Cgroups (control group) — Linux ядросының есептеу ресурстарына (процессор, желі, жад ресурстары, енгізу-шығару ресурстары) оқшауланған және шектеулер қойылған Linux процестерінің тобы. Cgroups – контейнерлеу технологиясын алға жылжытқан тамаша шешім. 4-суретте көрсетілгендей, осы механизм көмегімен контейнерлерді бір-бірінен оқшаулап қана қоймай, олардың қолданатын ресурстарын шектеп отыра аламыз.



Сурет 4. Ресурстарды шектейтін cgroups технологиясы

Cgroups (control group) — Linux ядросының есептеу ресурстарына (процессор, желі, жад ресурстары, енгізу-шығару ресурстары) оқшауланған және шектеулер қойылған Linux процестерінің тобы. Cgroups – контейнерлеу технологиясын алға жылжытқан тамаша шешім. Осы механизм көмегімен контейнерлерді бір-бірінен оқшаулап қана қоймай, олардың қолданатын ресурстарын шектеп отыра аламыз.

Cgroups көбінесе әртүрлі ресурстық талаптары бар бірнеше қолданбаларды іске қоса алатын жеңіл және оқшауланған орталарды жасау үшін атау кеңістігі(Namespaces) сияқты басқа контейнерлеу технологияларымен бірге қолданылады. Мысалы, процессорды қажет ететін қосымшаны орындайтын контейнерге cgroup-та процессордың жоғары жалпы ресурсы берілуі мүмкін, ал жадты қажет ететін қосымшаны орындайтын контейнерге басқа cgroup-та жоғары жад шегі берілуі мүмкін [4].

Cgroups сонымен қатар контейнерлерді және онымен байланысты ресурстарды басқару үшін жоғары деңгейлі абстракцияны қамтамасыз ететін Kubernetes сияқты контейнерлерді оркестрлеу платформаларында қолданылады. Kubernetes контейнерлерді тиімдірек және автоматтандырылған басқаруды қамтамасыз ете отырып, ресурстарды бөлуді және контейнерленген қолданбаларды масштабтауды басқару үшін cgroups пайдаланады [5].

Жоғарыдағы зерттеулер нәтижесінде контейнерлеу технологиясы туралы бірқатар қорытындыға келсек болады. Сонымен, контейнерлеу технологиясының біз анықтаған мынадай артықшылықтары бар:

- Портативтілік: контейнерлер тасымалданады, яғни оларды контейнерлеу технологиясын қолдайтын кез келген платформада немесе инфрақұрылымда іске қосуға болады. Бұл қолданбаларды әзірлеу, сынау және өндіру орталары арасында және әртүрлі бұлттық қызмет провайдерлері немесе жергілікті деректер орталықтары арасында оңай жылжытуға мүмкіндік береді.
- Консистенция: контейнерлер қай жерде орналастырылғанына қарамастан, келісілген орындау ортасын қамтамасыз етеді. Бұл қолданбалардың әртүрлі платформаларда және әртүрлі орталарда бірдей әрекет етуін қамтамасыз етеді, үйлесімділік мәселелері мен қателер қаупін азайтады.
- Масштабтау: контейнерлер масштабталатын етіп жасалған, яғни оларды өзгеретін талаптарға сәйкес оңай үлкейтуге немесе кішірейтуге болады. Бұл трафиктің секірулерін өңдеуге немесе өсіп келе жатқан пайдаланушы базасын қолдауға арналған қосымшаларды масштабтауды жеңілдетеді.
- Тиімділігі: контейнерлер жеңіл және дәстүрлі виртуалды машиналарға қарағанда ресурстарды аз пайдаланады. Бұл оларды тиімдірек және үнемді етеді, өйткені олар аз жабдықты қажет етеді және бір инфрақұрылымда көбірек қолданбаларды іске қоса алады.
- Қауіпсіздік: контейнерлер дәстүрлі қолданбаларға қарағанда қауіпсіз жұмыс ортасын қамтамасыз етеді, өйткені олар хост операциялық жүйесінен және басқа контейнерлерден оқшауланған. Бұл қолданбаларды қауіпсіз және басқаруды жеңілдету арқылы осалдықтар мен шабуылдар қаупін азайтады.
- Икемділік: контейнерлер әзірлеушілерге күрделі инфрақұрылымды немесе конфигурацияны қажет етпестен қолданбаларды жылдам және оңай жасауға, сынауға және орналастыруға мүмкіндік береді. Бұл ұйымдарға нарық талаптары мен тұтынушылардың өзгеретін қажеттіліктеріне тезірек және тиімді жауап беруге мүмкіндік береді.

Контейнерлеу технологиясының көптеген артықшылықтары болғанымен, білуіміз керек кейбір кемшіліктерін де анықтадық:

- Қауіпсіздік тәуекелдері: контейнерлер хост операциялық жүйесінен толығымен оқшауланбаған, яғни бір контейнер бұзылса, ол басқа контейнерлерге немесе хост жүйесіне әсер етуі мүмкін. Ұйымдар бұл тәуекелді азайту үшін тиісті қауіпсіздік шараларын қабылдауды қамтамасыз ету үшін шаралар қабылдауы керек.
- Шектеулі оқшаулау: контейнерлер хост операциялық жүйесімен бірдей ядроны бөліседі, яғни олар виртуалды машиналар сияқты оқшауланбаған. Бұл ықтимал үйлесімділік, өнімділік және қауіпсіздік мәселелеріне әкелуі мүмкін.
- Қиындық: Контейнерлеуді орнату және басқару қиын болуы мүмкін, әсіресе контейнерлері көп үлкен орталарда. Ұйымдарға контейнерлерді ұйымдастыруды, желіні және қауіпсіздікті басқару үшін арнайы дағдылар мен құралдарға инвестиция салу қажет болуы мүмкін.
- Ресурстардың шектеулері: контейнерлер виртуалды машиналарға қарағанда тиімдірек болғанымен, олар әлі де процессор мен жад сияқты ресурстарды қажет етеді. Егер ұйым бір хостта тым көп контейнерлерді іске қосса, олар қолданбаның жұмысына әсер ететін ресурстардың шектеулеріне тап болуы мүмкін.

• Үйлесімділік мәселелері: контейнерлер тек контейнерлеуді қолдайтын операциялық жүйелермен үйлесімді, яғни олар ескі немесе мұраланған жүйелерде жұмыс істемеуі мүмкін.

• Деректерді басқару: контейнерлер эфемерлік етіп жасалған, яғни олар әдетте тұрақты деректерді сақтауға арналмаған. Ұйымдар контейнерлік қолданбалар жасаған деректерді қалай басқаруға және сақтауға болатынын ойластыруы керек.

Қорытынды

Қорытындылай келе, контейнерлеудің көптеген артықшылықтары болғанымен,

ұйымдар оның ықтимал кемшіліктері туралы біліп, оларды жеңілдету үшін шаралар қабылдауы керек деп айтуға болады. Кез келген ықтимал тәуекелдерді азайту кезінде контейнерлеудің қажетті пайда әкелуін қамтамасыз ету үшін дұрыс жоспарлау және басқару өте маңызды.

Әдебиеттер

1. Jung, Kwang wook, Chao, Yang-Ki, Tak, Yong-Jin. “Containers and orchestration of numerical ocean model for computational reproducibility and portability in public and private clouds: Application of ROMS 3.6”, (2021) Simulation Modelling Practice and Theory, 109 p.
2. Rodriguez-del-Pino, Rubio-Royo, Hernandez-Figueroa. Edited by: Chova, Belenguer, Martinez. “Scalable architecture for secure execution and test of students' assignments in a virtual programming lab”, (2011) Edulearn Proceedings, pp. 4315-4322.
3. Stan, Rosner, Ciocirlan. Edited by: Gasner. “Enforce a global security policy for user access to clustered container systems via user namespace”, (2020) RoEduNet International Conference, pp. 3560-3568.
4. Sveshnikova, Gankevich. Edited by: Smari. “Using virtualization for reproducible research and code portability”, (2017) 2017 International conference on high performance computing & simulation (HPCS), pp. 891-892.
5. Eric Hitimana, Gaurav Bajpai, Richard Musabe, Louis Sibomana and Kayalvizhi Jayavel. Containerized Architecture Performance Analysis for IoT Framework Based on Enhanced Fire Prevention Case Study: Rwanda. (2022) Sensors, 22(17).

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ О ПАРАМЕТРАХ И СОСТОЯНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАСС СОГЛАСНО СТАНДАРТАМ

Сагиндыков К.М., Кусаинова А.Т., Жусупов Т.А.,
Абдикаримова С.К., Аманов Р.С.
e-mail: ksagin@mail.ru, ainurkussainova89@gmail.com,
t.zhussupov@sapaortalygy.kz, samala.enu.ask@gmail.com, rauan1405@mail.ru
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Казахстан

Аннотация. *В работе представлен подробный анализ информации о параметрах и состоянии элементов дорожной одежды автомобильных трасс Республики Казахстан. Изучены мировые и отечественные стандарты автомобильных дорог, нормативно правовые и техническими акты, требования при проектировании автомобильных дорог, строительные нормы. Приведены результаты сбора информации об автомобильных трассах республиканского значения и изучены многослойные конструкции и параметры дорожной одежды этих трасс.*

Ключевые слова*. Дорожная одежда, стандарты автомобильных дорог, многослойные конструкции дорожной одежды, классификация дорожной одежды.*

Введение.

Автомобильные дороги Республики Казахстан подразделяются на автомобильные дороги общего пользования, хозяйственные автомобильные дороги, а также на улицы населенных пунктов. В ходе работы рассмотрены основные параметры элементов дорожной одежды автомобильных трасс согласно с Законами Республики Казахстан "Об автомобильных дорогах" [1] , "Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан" [2], нормативно правовыми и техническими актами, регламентирующими требования к проектированию автомобильных дорог, в частности СН РК 3.03-01-2013 Автомобильные дороги, Технический регламент "Требования безопасности при проектировании автомобильных дорог", утвержденный постановлением Правительства Республики Казахстан от 31 марта 2008 года № 307, и строительным нормам Республики Казахстан СН РК 3.03-04-2014, СП РК 3.03-103-2014 "Проектирование жестких дорожных одежд", СП РК 3.03-104-2014 "Проектирование нежестких дорожных одежд", СТ РК 2068-2010 Дороги автомобильные общего пользования [3-6]. В соответствии с Законом Республики Казахстан от 17 июля 2001 года "Об автомобильных дорогах" дорожная одежда - это многослойная конструкция в пределах проезжей части, воспринимающая нагрузку от автотранспортного средства и передающая ее на грунт [1].

Методы исследования.

Сбор и анализ информации о параметрах и состоянии элементов дорожной одежды автомобильных трасс Республики Казахстан совместно с сотрудниками организации РГП на ПХВ «Национальный центр качества дорожных активов» (НЦКДА).

Обсуждение и результаты.

Согласно документу Р РК 218-149-2018 для исследования, сбора и анализа информации о параметрах и состоянии элементов дорожной одежды автомобильных трасс требуется использовать следующие термины [1]:

Земляное полотно - конструктивный элемент, служащий основанием для размещения дорожной одежды, а также технических средств организации дорожного движения и обустройства автомобильной дороги [1].

Конструктивный слой - каждый слой дорожной одежды, состоящий из однородных материалов и отличающийся от соседних слоев видом материалов, его прочностью и составом. Учитывается при расчете прочности дорожной одежды [1].

Покрытие дорожное - Одно- или многослойная верхняя часть дорожной одежды, устраиваемая на дорожном основании, непосредственно воспринимающая нагрузки от транспортных средств и предназначенная для обеспечения заданных эксплуатационных требований и защиты дорожного основания от воздействия атмосферных факторов [1].

Основание дорожное - нижний несущий слой дорожной одежды, воспринимающий нагрузки от транспортных средств совместно с покрытием и предназначенный для ее распределения на дополнительные слои или непосредственно на грунт земляного полотна [1].

Классификация по типу дорожных одежд СНГ (ГОСТР 59120—2021) [7]. Классификация в зависимости от капитальности, характеризующей работоспособность, дорожные одежды представлена на рисунке 1.

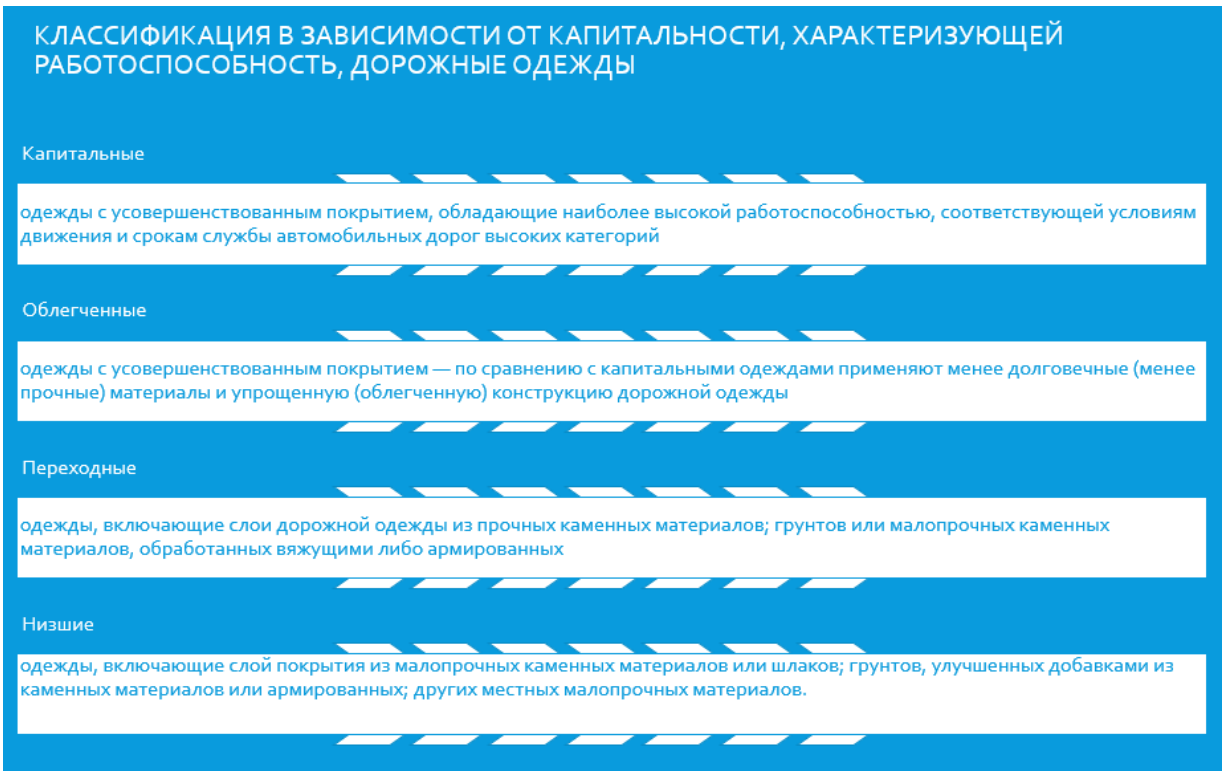


Рисунок 1. Классификация в зависимости от капитальности, характеризующей работоспособность, дорожные одежды

На рисунке 2 приведена *Классификация по виду и материалам дорожных покрытий СНГ (ГОСТР 59120—2021)*

Рисунок 2. Классификация по виду и материалам дорожных покрытий СНГ

Классификатор деформаций дорожных одежд и покрытий представлен на рисунке 3.

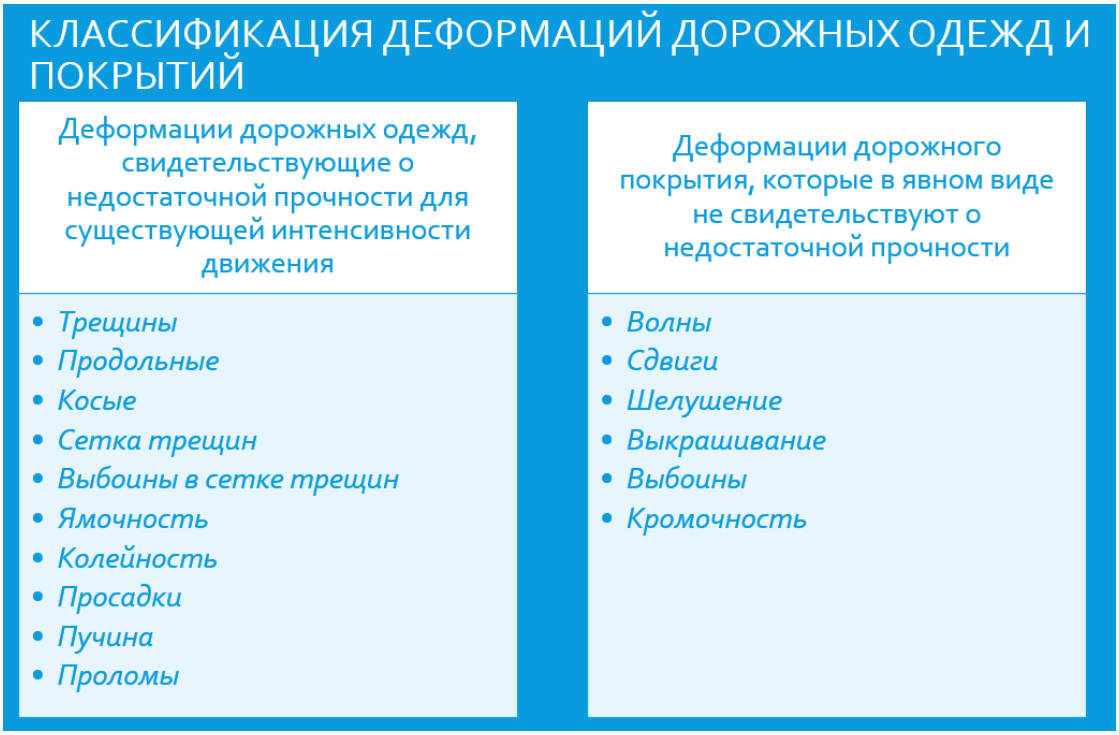


Рисунок 3. Классификатор деформаций дорожных одежд и покрытий представлен

Для практического исследования дорожной одежды на территории Республики Казахстан были изучены архивные данные РГП на ПХВ «Национальный центр качества дорожных активов», выложенные в открытый доступ на сайте - https://sapaortalygy.kz/ru/, а также были проведены собственные исследования.

Исследование, сбор и анализ информации о параметрах и состоянии элементов дорожной одежды проводилось по автомобильным трассам республиканского значения:

1) Участок автомобильной дороги в направлении «Астана – Кокшетау» протяженность 287 км, официальное название «А-1 Астана-Петропавловск». Покрытие проезжей части выполнено и цементобетона толщиной и щебеночно-мастичного асфальта (ЩМА). Состояние удовлетворительное.

Конструкция дорожной одежды участка 17-18,2, 69,3-196,6 и 242,6 -2 67 км автомобильных дорог с покрытием из ЩМА – верхний слой покрытия - ЩМА - 5 см; нижний слой покрытия – пористый крупнозернистый асфальтобетон - 9 см, верхний слой основания из черного щебня - 12 см, нижний слой основания из фракционного щебня 0-40 мм -12 см и дополнительный слой фракционного щебня 0-80-12 см. Ширина проезжей части 22,5 ит 15 м.

Конструкция дорожной одежды участков с 18,2 – 69,3 км и 196,6 – 242,6 км автомобильных дорог с покрытием из цементобетона класса В30 – 25 см, средний слой основания из щебеночно-песчаной смеси (ЩПС), укрепленной 7% цемента -18 см. Ширина проезжей части 22,5 м. Интенсивность движения 12641 авт/сут (по данным на 2023 год).

2) «Астана- Караганда» или М-36 участок «Астана-Темиртау», протяженность 78 км. Ширина проезжей части 15 м. Интенсивность движения 16005 авт/сут (на 2023 год). Состояние удовлетворительное.

Конструкция дорожной одежды:

Км 1275-1284 - верхний слой из плотного слоя мелкозернистого асфальтобетона - 5 см; нижний слой из крупнозернистого пористого асфальтобетона - 7 см, слой основания из оптимальной щебеночной смеси - 35 см;

Км 1284-1291 - верхний слой из ЩМА - 5 см; нижний слой из крупнозернистого пористого асфальтобетона - 10 см, верхний слой основания - ЩПС - 20 см; средний слой основания из оптимальной щебеночной смеси - 25 см; нижний слой основания из укрепленного шлако-цементного слоя - 30 см;

Км 1291-1308 и км 1320-1353 - верхний слой покрытия из цементобетона В30-27 см; нижний слой - ЩПС-20 см; верхний слой основания из оптимальной щебеночной смеси - 35 см; нижний слой основания -укрепленный шлако-цементный слой - 30 см.

3) Автомобильня дорога Р-2 «Астана – Коргалжын» протяженность 161 км. Ширина проезжей части 7 м. Интенсивность движения на участке км 19-51 составляет 5086 авт/сут (на 2023 год), на участке км 51-124 интенсивность движения 633 авт/сут (по данным на 2023 год). Состояние не удовлетворительное.

4) Р-3 «Астана - Кабанбай батыра - Энтузиаст – Киевка» протяженность 35 км. Ширина проезжей части 7 м. Интенсивность движения на участке составляет 5122 авт/сут (на 2023 год). Состояние удовлетворительное.

Конструкция дорожной одежды: верхний слой из плотного слоя мелкозернистого асфальтобетона - 5 см; нижний слой из крупнозернистого пористого асфальтобетона - 10 см, верхний слой основания из из крупнозернистого пористого асфальтобетона – 12

см, нижний слой основания из щебеночно-гравийно-песчанная смесь -20 см, дополнительный слой из песка природного -15 см.

Также, был обследован участок автомобильной дороги областного значения «Восточный обход г. Астана – ст. Сарыоба», где Акиматом Акмолинской области в текущем году проводился капитальный ремонт. Протяженность дороги охваченной капитальным ремонтом 41 км – 2 участка 0-23 км и 23-41 км.

Проектно-сметная документация разработана ТОО «ИнженерДорПроект» в 2020 году на участок от 0- 23 км.

Ширина проезжей части основной дороги составляет 6 м. Высота насыпи до 3 м. Конструктивные слои дорожной одежды представлены на рисунке 4.

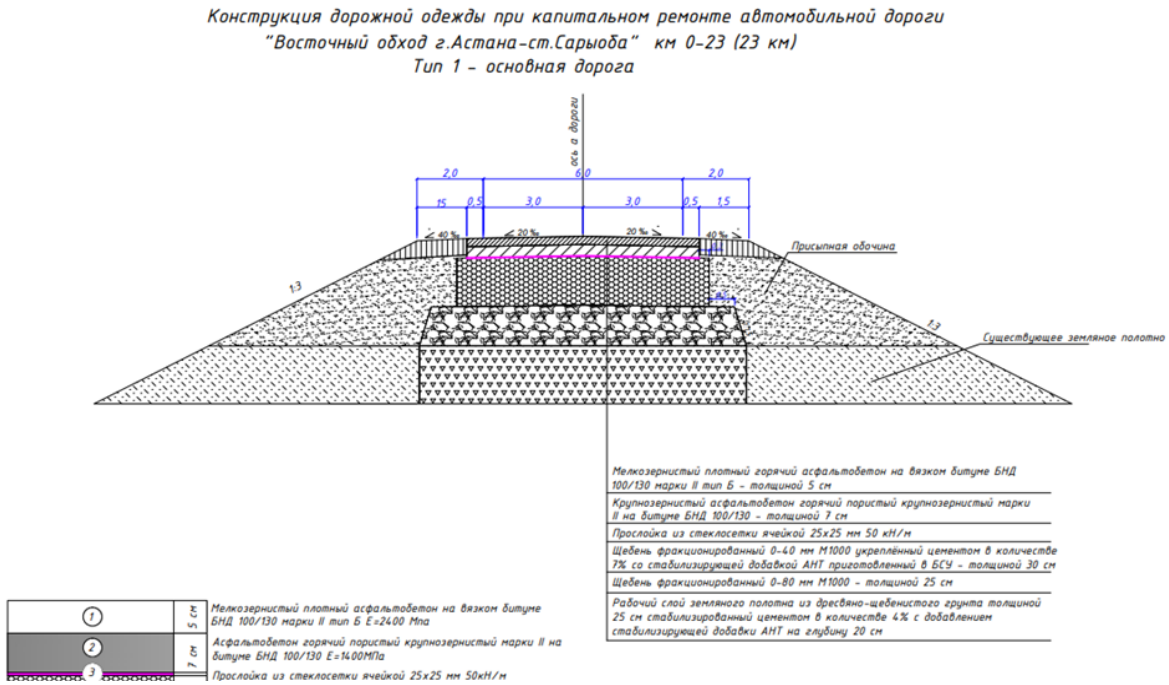


Рисунок 4. Конструкция дорожной одежды

Нижний рабочий слой земляного полотна из дресвяно-щебенистого грунта толщиной 25 см, стабилизированный цементом в количестве 4% с добавлением стабилизирующей добавки АНТ.

Далее, поверх рабочего слоя уложен щебень фракционированный 0-80 мм марки М1000 толщиной 25 см, поверх которого уложен 30 см слой из фракционированного щебня 0-40 мм марки М1000 укрепленный цементом в количестве 7% со стабилизирующей добавкой АНТ.

После уложена стеклосетка с размером ячейки 25х25 мм и 2 слоя асфальтобетонного покрытия (крупнозернистый пористый асфальтобетон марки 2 на битуме БНД 100/130 толщиной 7 см и мелкозернистый плотный асфальтобетон марки 2 тип Б на битуме БНД 100/130 толщиной 5 см)

Ширина проезжей части примыканий к основной дороге, также составляет 6 м. Различается конструкция дороги: рабочий слоя из щебня фракционированного 0-80 мм марки М1000 толщиной 20 см, поверх которого уложен 15 см слой из фракциони-

рованного щебня 0-40 мм марки М1000 укрепленный цементом в количестве 7% со стабилизирующей добавкой АНТ.

После уложена стеклосетка с размером ячейки 25х25 мм и 2 слоя асфальтобетонного покрытия (крупнозернистый пористый асфальтобетон марки 2 на битуме БНД 100/130 толщиной 6 см и мелкозернистый плотный асфальтобетон марки 2 тип Б на битуме БНД 100/130 толщиной 4 см)

Основание дороги уложено на грунт представленный дресвой, суглинком, супесями и глинами.

Заключение.

В ходе работы был проведен сбор и анализ данных элементов дорожной одежды совместно с сотрудниками организации РГП на ПХВ «Национальный центр качества дорожных активов» (НЦКДА). Приведены результаты сбора информации об автомобильных трассах республиканского значения и изучены многослойные конструкции и параметры дорожной одежды этих трасс.

Работа поддержана в рамках грантового финансирования МНиВО РК 2023-2025 по проекту AP 19680361 «Разработка вычислительных технологий для диагностики дорожной одежды автомобильных трасс».

Литература

1. Закон об автомобильных дорогах. Закон Республики Казахстан от 17 июля 2001 года N 245. – https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z010000245_ (14.09.2023).
2. Закон об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан. Закон Республики Казахстан от 16 июля 2001 года № 242. – https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z010000242_#z1 (14.09.2023).
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД Строительные нормы Республики Казахстан СН РК 3.03-03-2014, утверждены приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсам Министерства национальной экономики Республики Казахстан от 29 декабря 2014 года № 156-НҚ. – https://adilet.zan.kz/rus/docs/W14156123AD (14.09.2023).
4. Закон Республики Казахстан от 9 ноября 2004 года № 603-II "О техническом регулировании" с изменениями и дополнениями по состоянию на 03.07.2013 г. – https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z040000603_#z1 (14.09.2023).
5. СН РК 3.03-01-2013 Автомобильные дороги – https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=36922044 (14.09.2023).
6. Технический регламент "Требования безопасности при проектировании автомобильных дорог", утвержденный постановлением Правительства Республики Казахстан от 31 марта 2008 года № 307. – https://adilet.zan.kz/rus/docs/P080000307_#z2 (14.09.2023).
7. Дороги автомобильные общего пользования. ДОРОЖНАЯ ОДЕЖДА. Общие требования. ГОСТ Р 59120-2021 – https://euro-test.ru/Pub.Lib/Normativ_docs/GOSTR59120-21.pdf (14.09.2023).

Авторы, должности, место работы.

1. Сагиндыков Каким Молдабекович, к.т.н., доцент кафедры информационной безопасности, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева.
2. Кусаинова Айнур Толеубековна, старший преподаватель кафедры «Компьютерная и программная инженерия», магистр технических наук, докторант, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева.

3. Жусупов Талгат Амантаевич, директор департамента диагностики и ведомственной экспертизы РГП на ПХВ «Национальный центра качества дорожных активов», магистр технических наук.
4. Абдикаримова Самал Корганбековна, Преподаватель кафедры «Информатика», магистр, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева.
5. Аманов Рауан Серікұлы, магистрант кафедры «Компьютерная и программная инженерия», Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева.
3. Форма участие – очная.
4. Анализ информации о параметрах и состоянии элементов дорожной одежды автомобильных трасс согласно стандартам
5. Форма доклада – секционный
4 Автор-корреспондент ainurkussainova89@gmail.com.

IOT ТЕХНОЛОГИЯСЫ НЕГІЗІНДЕГІ ТРАНСФОРМАТОРДЫҢ ТАРАТУЫН БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ АҚАУЛЫҚТАРЫН ЖОЮ

М.Н. Калимолдаев[1], Ж.У. Шермантаева[1], Д.О. Алшинбаева[2]
e-mail: mktu-2015@mail.ru
[1]әль-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті
[2]Сәтбаев Университеті

Аннотация. *Мемлекет басшысы 2021 жылдың 1 қыркүйегіндегі Қазақстан халқына Жолдауында 2030 жылға қарай Қазақстанда электр энергиясының тапшылығы болатынын мәлімдеді. Бірақ елімізде электр қуатының тапшылығы бүгінде сезіліп отыр. Елдегі электр энергиясының тапшылығы 1,3 ГВт құрайды. Биылғы жылы бұрын-соңды болмаған жағдай орын алды: тұтыну рекордтық 7% - ға өсті, ал бұрын өсім жылына 1,5-2% құрады, бұл табиғи өсім ретінде бағаланады.*

Электр желісін қорғау және электр компоненттерін ақаулардан қорғаудың маңызды аспектісі болып табылады, бұл олардың қызмет ету мерзімін ұзартуға, зақымдалған компоненттерді қажетсіз ауыстыруды кешіктіруге және өсіп келе жатқан сұранысты қанағаттандыру үшін жеткізілім үздіксіздігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл жұмыстың негізгі мақсаты-жұмыс параметрлерін, яғни ток мәндерін, май деңгейін және т.б. бақылау және бақылау арқылы трансформаторды қорғау үшін пайдалануға болатын IoT (Заттар интернеті) негізіндегі жүйені әзірлеу және есеп беру. Заттар интернеті барлық салаларда трансформацияны қамтамасыз етеді. Бұл жүйе стандартты берілген деңгейден тыс параметрлерді анықтай алатындай етіп жасалған және трансформаторды тарату желісінен ажырату қажеттілігі туралы ескертеді. Бұл процесс кез келген қалыптан тыс жағдайларда трансформатордың қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Осылайша, бұл жұмыста трансформатордың ақауларын онлайн бақылау және бақылау және олар туралы хабарлау жүйесін әзірлеу ұсынылған. Бұл IoT жүйесі трансформатор базасында орналасқан және қарастырылып отырған параметрлер үнемі бақыланады, содан кейін Орталықтандырылған веб-серверге жіберіледі. Осылайша, деректер нақты уақыт режимінде трансформатордың күйін анықтау үшін пайдаланылады және болашақ талдау мақсатында сервер дерекқорында сақталады.

Түйінді сөздер – қуат жүйесі, трансформатор ақаулары, мониторинг, қорғау, заттар интернеті.

Кіріспе

Жақында электр желілері бүкіл әлемге электр энергиясының үлкен көлемін өндіруші қондырғылардан соңғы тұтынушыларға беру және тарату жүйелері арқылы беру үшін таралды. Қуат трансформаторы электр энергиясын беру және тарату жүйесіндегі маңызды элемент болып табылады[1, 2, 3, 6, 7, 8]. Трансформатордың мониторингі оның өнімділігін бағалау және оның жұмыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қажет [8]. Сондықтан жүктелген тарату трансформаторының жұмыс күйін үнемі бақылау маңызды. Мониторинг-бұл трансформатордың күйін бақылау және оның екі

түрі бар: офлайн және онлайн. Олардың арасындағы айырмашылық мынада: off-line режимінде трансформатор өшірулі, ал nline режимінде трансформатор деректерді өлшеу үшін қосулы күйде [6, 11-14]. Трансформатор ішкі және сыртқы ақаулардан қорғалуы керек [8]. Температураның осы ауытқуларының ішінде май деңгейінің төмендеуі және жүктеменің өзгеруі трансформаторды қорғау үшін үнемі бақылауды қажет етеді [1, 7]. Егер трансформаторлар қалыпты жағдайда жұмыс істесе, олардың қызмет ету мерзімі ұзақ; әйтпесе, олардың қызмет ету мерзімі айтарлықтай қысқарады. Трансформатордың істен шығуының негізгі себептері шамадан тыс жүктеме және тиімсіз салқындату болып табылады. Қуат трансформаторларының зауыттық тақтада көрсетілген мәннен асып кетуі майдың да, орамалардың да температурасының жоғарылауына әкеледі. Егер орамның температурасының жоғарылауы көрсетілген мәннен асып кетсе, оқшаулау зақымдалуы мүмкін [1, 3, 9]. Үздіксіз қыздыру оқшаулауды әлсіретеді және трансформатордың қызмет ету мерзімін тез қысқартады.

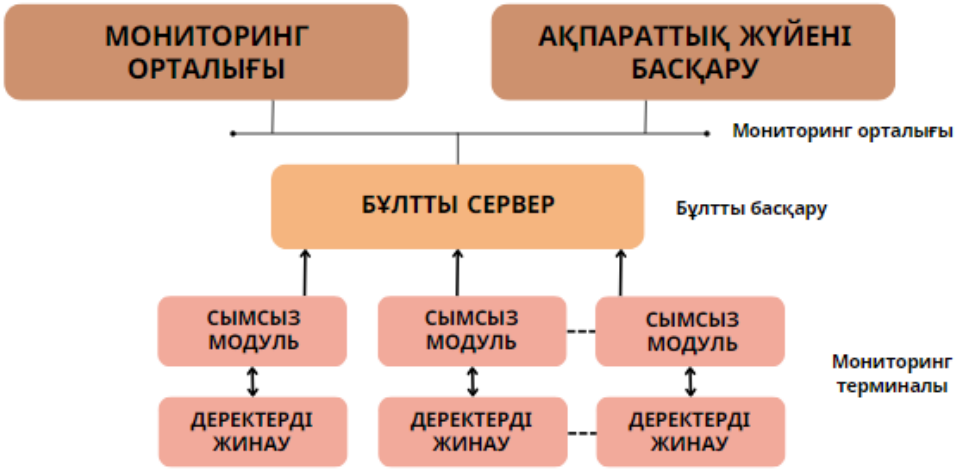
А. Әдебиетке шолу. Әдебиеттерге шолу зерттеу мақсаттарын анықтауда маңызды рөл атқарады. Бұл жұмысты сәтті аяқтауға және қажетті нәтижелерге қол жеткізуге көмектеседі. Байланыс және аппараттық технологиялар саласында көптеген жақсартулар жасалды-олардың ішінде үйді автоматтандырудан бастап өнеркәсіптік Заттар интернетіне дейінгі Заттар интернеті технологиясы перспективалы болып табылады. Заттар интернеті-бұл дамып келе жатқан технология және соңғы бірнеше жылда өте қызықты тақырып болды. Трансформаторды бақылау, басқару және қорғау туралы көптеген әдебиеттер бар және бұл салада үлкен жұмыс жасалды. Микроконтроллерге негізделген жүйе қосалқы станция трансформаторын шамадан тыс жүктеме салдарынан токтың жоғарылауынан бақылау және қорғау үшін ұсынылған [1]. Трансформатордың ішкі және сыртқы ақауларын анықтау үшін PLC негізіндегі автоматты басқару жүйесі [2, 3] ұсынылды. [4] жұмысында температура сенсоры, микроконтроллер, тұрғын үй кешені, GSM және XBee көмегімен электр қуатын басқару пультіне хабарлама жіберу үшін қорғаныс жүйесі ұсынылды.

Трансформаторды қорғау үшін ақауларды анықтаудың қарапайым әдісі қолданылды [5]. Қазіргі уақытта дірілді талдауға негізделген трансформатор ақауларын бақылау қосымша артықшылықтарына байланысты зерттеушілердің назарын аударуда. Бұл әдіс қанағаттанарлық нәтижелерді көрсетеді, бірақ оны әлі де деректерді талдау және сәтсіздікті болжау үшін компьютерлік алгоритмдерді пайдалану арқылы жақсартуға болады.

Бұл мақалада инвертор параметрлерін нақты уақыт режимінде бақылау және басқару үшін IoT негізіндегі жүйенің дамуы ұсынылған. Бұл жүйе трансформатордың жанына қойылып, есепке алынған параметрлер диагностикаланады және орталықтандырылған веб-серверге жіберіледі. Осылайша, деректер нақты уақыт режимінде трансформатордың күйін анықтау үшін пайдаланылады және кейінірек талдау үшін сервер деректер базасында сақталады.

Әдістемелік

Негізгі мақсат - қуат трансформаторларын қорғау және белгіленген мәннен асып кетпес бұрын проблемаларды анықтау үшін пайдалы әдістемені әзірлеу. Деректерді бақылау жүйесі 1-суретте көрсетілген



Сурет 1. Деректерді бақылау жүйесі

Негізінен RTU және жалпыға қол жетімді деректер жүйесінен (transmission) тұрады. RTU микроконтроллер блогын, периферияльық схемаларды және сымсыз байланыс модулін қамтиды. Аппараттық құрал әртүрлі Сенсорлардан тұрады - олардың барлығы трансформаторға қосылған және олардың шығыстары микроконтроллерге беріледі. Сымсыз модуль микроконтроллерге де қосылған. оның модулі деректерді Интернет арқылы серверге жібереді.

Берілген деректер деректерді өңдеу алгоритмі бар графикалық интерфейсі бар бұлтқа негізделген бақылау блогында қабылданады және көрсетіледі. Өңделген деректерде ауытқулар анықталған жағдайда Интернетке қосылған графикалық пайдаланушы интерфейсі мен периферияльық құрылғыларға ескерту хабары көрсетіледі. Сонымен қатар, оператор объектіде болмаған кезде трансформатордың күйін бақылау маңызды. Мұнда трансформатор мен оператор арасындағы байланысты конфигурациялауға арналған кіріктірілген жүйе, егер параметр мәндері алдын-ала анықталған мәннен асып кетсе, ескерту хабарламаларын жібереді. Бұл жұмыс сонымен қатар алынған мәліметтерге негізделген әртүрлі ақаулардағы трансформатордың дірілін бақылау үшін дірілді талдау алгоритмін ұсынады және бұл жүйе болашақ ықтимал ақауларды болжайды.

А. электр желісін қорғаудың маңыздылығы

Ақаулықтың пайда болуы электр энергиясын тұтынушыға да, электр желісінің өзіне де қауіп төндіреді. Пайдаланушы үшін өмір ең маңызды. Электр жүйесінің негізгі міндеті-электр компоненттерін бұзбай Электрмен жабдықтаудың үздіксіздігін сақтау.

В. трансформатордың ақаулары

Трансформаторда пайда болатын ақаулардың әртүрлі түрлері екі түрге бөлінеді:

А) сыртқы ақаулар

Трансформатордан тыс қысқа тұйықталу: бұл екі немесе үш фазаның арасында болуы мүмкін. Осыған байланысты қоректендіру трансформаторындағы Мыстың жоғалуы ақаулық кезінде күрт артады және трансформатордың ішкі қызуын тудырады [10].

Б) қуат трансформаторындағы ішкі ақаулар

Трансформатор ішіндегі бұл ақаулар ішкі қысқа тұйықталу ақаулары және басталатын ішкі ақаулар ретінде жіктеледі. Қысқа тұйықталудың ішкі зақымдануы әдетте бұрылыстар арасында немесе трансформатор орамаларында жерге тұйықталу кезінде пайда болады. Трансформатордың ішкі туындайтын ақаулары әдетте ылғалдың, қызып кетудің, дірілдің, кернеудің жоғарылауының және механикалық кернеудің әсерінен

оқшаулаудың біртіндеп нашарлауы түрінде баяу дамиды [6, 10], нәтижесінде ораманың істен шығуына әкеледі.

Әдістемені әзірлеу

А. аппараттық құралдарды әзірлеу

2-суреттегі құрылымдық диаграмма ұсынылған жұмыстың аппараттық архитектурасының компоненттерін көрсетеді. Ол трансформатордан, Сенсорлардан, қуат көзінен, микроконтроллерден және сымсыз модульден тұрады.

В. компоненттер: төменде қолданылатын компоненттер берілген. а) номиналды қуаты 230В/12В болатын үш бір фазалы кернеуге дейінгі фазалық кернеу.

б) қуат көзі: Үш фазалы трансформаторды қуаттандыру үшін кернеуі 230 В болатын үш фазалы қуат көзі қажет.

Сурет 2. Ұсынылған жүйенің аппараттық архитектурасы

в) Датчиктер: Сенсорлар физикалық шаманы өлшейтін және оны аналогты-цифрлық сигналға түрлендіретін трансформаторға орнатылған жағдайды бақылау құрылғыларынан басқа ештеңе емес.

Төмен/артық кернеу датчигі: жұмыс кернеуі трансформатордың номиналды кернеуінің төменгі/жоғарғы шегіне дейін төмендегенде/артқанда, төмен/артық кернеу ақаулығы орын алады. Кернеу сенсоры бұл ақаулықты анықтай алады.

Шамадан тыс жүктеме сенсоры: жұмыс тогы трансформатордың номиналды токының жоғарғы шегіне дейін өскенде, артық ток пайда болады. Ағымдағы сенсор бұл ақаулықты анықтай алады.

Температура датчигі: артық токтың әсерінен май температурасы жоғарылайды, бұл трансформатор орамасының оқшаулауының істен шығуына әкеледі. Трансформатордың температурасы номиналды температураның жоғарғы шегіне көтерілгенде, қызып кетудің бұзылуы орын алады. Бұл ақаулықты температура сенсоры (LM35) арқылы анықтауға болады.

Ылғалдылық датчигі: ылғалдылық датчигтерін (немесе гигрометр) анықтайды, ылғалдылық пен ауа температурасы туралы хабарлайды.

Вибрация датчигі: Пружиналық вибрация қосқыштары- бұл бағытталмаған діріл-ден туындаған жоғары сезімтал триггер қосқыштары. Коммутатор қозғалған кезде серіппе түйреуішті орнатқан кезде Орталық полюске тиеді. Сонымен, қозғалыс болған кезде екі түйреуіш жабық қосқыш ретінде әрекет етеді. Барлығы қалыпты болған кезде, қосқыш ашық күйде болады.

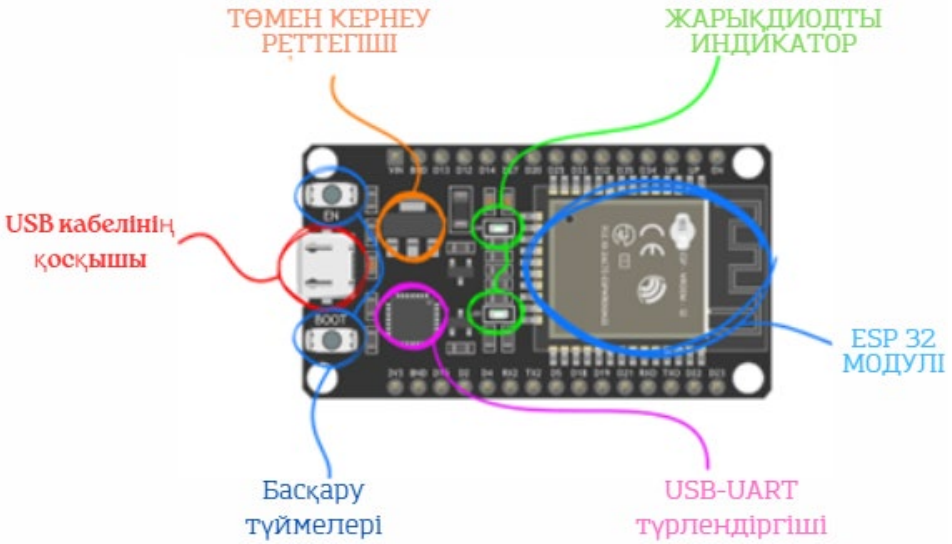
d) Түзеткіш схемасы

Бұл схема сенсорларға қуат беру үшін қолданылады. Бұл тізбек 12В айнымалы токты 12В тұрақты токқа түрлендіреді.С. Микроконтроллер тақтасы

3-суретте көрсетілген Arduino Uno - бұл ATmega328P негізіндегі микроконтроллер тақтасы. Ол микроконтроллерді қолдауға қажетті барлық нәрсені қамтиды; Жұмысты бастау үшін оны компьютерге (немесе қабырғадағы тиісті қуат адаптеріне) USB кабелі арқылы қосыңыз немесе айнымалы токтан тұрақты ток адаптерінен немесе батареядан қуат алыңыз. Бұл қосалқы микроконтроллерде пайдаланушыларға оны қайта бағдарламалауға мүмкіндік беретін өзінің USB жүктеушісі бар.

D. Wi-Fi модулі: ESP32

Бұл модуль (сурет. 3) GPIO арқылы белгілі бір қолданбаға тән датчиктер мен басқа құрылғыларды біріктіретін, ең аз әзірлеу шығындарымен және жұмыс уақытында ең аз жүктемемен жеткілікті қуатты кіріктірілген деректерді өңдеу және сақтау мүмкін-діктеріне ие. Оның құрамында кез-келген жұмыс жағдайында жұмыс істеуге мүмкіндік беретін және сыртқы радиожиілік компоненттерін қажет етпейтін өздігінен кали-брленетін радиожиілік түрлендіргіші бар.



Сурет 3. ESP32 Wi-Fi модулі

Нәтижелер және талқылау

Келесі диаграммаларда жұмыс параметрлері көрсетілген, атап айтқанда: трансфор-матордың қайталама орамасындағы кернеу, трансформатордың температурасы, транс-форматордың ішіндегі ылғалдылық және қалыпты/жарамды күйдегі май деңгейі. Трансформатордың қайталама орамасындағы кернеу бұл жүйе дербес бағдарламалары бар аппараттық құралдардың құрамына кіретін кіріктірілген микроконтроллер жүйеле-рінде жүзеге асырылады. Ол осы жұмыста анықталғандай тарату трансформаторының

жұмыс параметрлерін онлайн бақылауға негізделген. Arduino үшін stomp веб-розеткасына қосылуды қолдау үшін қарастырылып отырған жұмыс параметрлерін және ESP32 Wi-Fi модулін конфигурациялау коды жазылған. Кез-келген жұмыс параметрлері берілген мәннен ауытқыған кезде, бұл құрылғы трансформатордың күйі туралы ескертеді және коммуналдық қызметтерге жұмыс параметрлерін үнемі бақылауға көмектеседі. Егер трансформаторда қандай да бір ақаулық болса, бұл жүйе оны анықтап, басқару бөлмесіне хабарлама жібере алады. Содан кейін оператор хабарламаны оқиды және трансформаторды қорғау үшін ақауларды жою бойынша жедел шаралар қабылданады. Мысалы, бұл жүйеде трансформатордың температурасы белгіленген мәннен асып кетсе, желдеткіштер автоматты түрде қосылады. Сол сияқты, трансформатордағы кернеу берілген мәнмен салыстырғанда жоғарылағанда немесе төмендегенде, хабар дереу операторға жіберіледі. Оператор хабарламаны оқиды және трансформаторды қорғау үшін аралық басқару әрекеті басталады.

Қорытынды

Бұл жұмыста трансформаторларды қорғау және тіркеу үшін нақты уақыттағы бақылау және басқару жүйелерін әзірлеу және енгізу ұсынылды. Бұл жүйе тарату трансформаторын шамадан тыс жүктемеден, қызып кетуден және басқа да ауытқулардан қорғауға арналған. Трансформатордың жұмыс параметрлерін бақылау және басқару үшін заттар интернеті жүйесі қолданылады. IoT жүйесі трансформатор базасына жақын орналасқан және жоғарыда аталған опциялар тіркеліп, содан кейін Орталықтандырылған веб-қызметке жіберіледі. Осылайша, деректер нақты уақыт режимінде трансформатордың күйін анықтау үшін пайдаланылады және кейінірек талдау және ауыстыру кезінде дереу сақтық шаралары үшін серверде дерекқорда сақталады.

Әдебиеттер

1. Кальяни Мор, Ашвини Хайре, Судхир Халкар и П.Г. Салунке, Защита трансформатора на основе XBEE и испытания масла, Международный журнал научных исследований, инженерии и технологий, 4 (3), март 2015 г.
2. Рохит Р. Павар, Деосаркар С.Б., Система мониторинга состояния здоровья распределительного трансформатора с использованием Интернета вещей (IoT), Международная конференция по методологии вычислений и коммуникации, Erode India, февраль 2018 г.
3. Сатья Кумар Бехера, Рави Масанд и С.П. Шукла, Обзор защиты трансформатора с использованием системы ПЛК, Международный журнал цифровых приложений и современных исследований, 3 (2), 2014.
4. Патхак А.К., Колхе А.Н., Гагаре Дж.Т. и Хемнар С.М., Система мониторинга и управления распределительными трансформаторами на базе GSM.
5. Международный журнал передовых исследований «Инновационные идеи в образовании», 2 (2), 2016.
6. Юн, Дж.Т., Юн, Б.Д., Парк, К.М., Ли, В.Р., Надежная диагностика состояния на основе вибрации для режимов механических отказов силовых трансформаторов, В рамках конференции IEEE по прогнозированию и управлению работоспособностью, (2013) 1-5.
7. Кристина Чулаву, Елена Хелеря, Мониторинг начальных неисправностей силового трансформатора, Анналы Университета Крайовы, серия «Электротехника», № 32, 2008.

8. С. Гокула Кришнан, Т. Гокул, Дж. Абиная, М. Каннига, С. Баладжи, Система мониторинга неисправностей трансформатора на базе GSM, Международный исследовательский журнал техники и технологий, (3), 2019.
9. Праджакта Ашок Дангат и др., Система мониторинга и оповещения о неисправностях силового трансформатора, Resincap International Journal of Science & Engineering 1(3), 2017.
10. У.В. Патил, Кэте Мохан, Харкал Саураб, Вархад Нилеш, Мониторинг состояния трансформатора с использованием технологии GSM, IJARIIE, 2 (2), 2016.
11. Вишванат Р. и др., Новый подход к мониторингу состояния диагностики начальных неисправностей трансформаторов на основе GSM и XBEE, Международный журнал инженерных разработок и исследований, 3(2), 2015.
12. Ван Хармелен Ф., Тен Тейдже А., Приближения в диагностике: мотивация и методы, SARA, 1995.
13. Техническое руководство – Техническое обслуживание и приемочные испытания силовых трансформаторов, 1998 г.
14. Комитет по трансформаторам IEEE PES, Руководство IEEE по расследованию отказов, документации и анализу силовых трансформаторов и шунтирующих реакторов, Совет по стандартам IEEE.
15. Т.Аша Ракшана, Р.Палселвам, С.Прия, К.Генга Деви, IOT Based
16. Мониторинг и контроль неисправностей солнечных панелей с помощью модема Wi-Fi, Международный журнал электротехники и электроники SSRG 7 (1) (2020): 16-21.
17. [16] Лэнс Р. Леванд, Оценка состояния трансформаторов – анализ данных масла и его качества, Neta World: официальная публикация Международной ассоциации электрических испытаний, зима 2005–2006 гг

РАДИОАРНАЛАР ҮШІН ТАННЕР ГРАФЫН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ LDPC КОДТАРЫНЫҢ ҚАТЕЛЕРДІ ТҮЗЕТУ ӘСЕРІН ТАЛДАУ

Сайлау қызы Ж.[1], Сатыбалдина Д.Ж.[2], Аманов А.Н.[1], Жакина М.М.[1]
e-mail: s_k_zhuldiz@mail.ru, dina_saty@mail.ru, a.taimaganbetov02@mail.ru, m.zhakina@bk.ru
[1]Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан,
[2]Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан

Аннотация. *Мақалада қазіргі уақытта кодтау теориясында іске асырудың күрделілігін сақтай отыра, радиоарналар үшін Таннер графын қолдану арқылы, LDPC кодтарының қателерді түзетуі талданды. Гаусс каналындағы декодерлерге жүргізілген зерттеу нәтижелері , олардың өте жақсы түзету қабілеттерін көрсете отыра, код ұзындығынан сызықтық орындау күрделілігімен өте ұзын кодтарды оңтайлы декодтауға мүмкіндік беретіндігін көрсетті. Шеннон шекарасынан тек қана 0,6-0,8 дБ-ге артта қалу, 2,5-3,0 дБ-ге артықшылығы, DVB-S стандартымен салыстырғанда қуаттың 30% өсуінің болуы айқындалды. Қазіргі заманғы радиобайланыс жүйелерінде LDPC декодтау әдісін дамыту, жоғары жылдамдықты декодерлер және БЛИС-да практикалық маңыздылығын ашады.*

Қазіргі уақытта жоғары жылдамдықты сенімді радиобайланыс жүйелері қажетті спектрлік тиімділік пен деректердің жоғары сыйымдылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін арналарды ортогональды жиілікті бөлумен мультиплекстеу технологиясын қолдана отырып жүзеге асырылады. Бірақ ұзақ қашықтықтағы кең жолақты сымсыз байланыс кезінде көптеген қателер пайда болады, бұл қателерді тікелей түзету әдістерін қолдану қажеттілігіне әкеледі. Зерттеу идеясы сөнетін радиобайланыс желілерінде, сондай-ақ доплерлік ығысу және символаралық кедергілер болған кезде қолдану үшін қателерді түзетудің тиімді тәсілін енгізу болып табылады.

Сандық радиоақпаратты тарату жүйелерінде қолданылатын арналар спутниктік байланыс арналарына қарағанда айтарлықтай күрделі қате үлгісімен сипатталады. Атап айтқанда, радиоарналар жиі қуаттың әлсіреуіне немесе сигналдың әлсіреуіне әкелетін көп жолды сигналдың таралу әсерін көрсетеді. Әртүрлі өңсіздену түрлерімен күресу үшін әртүрлі тәсілдер қолданылады. Сөнумен күресудің ең тиімді әдістерінің бірі ретінде сигналдың уақыт, жиілік және кеңістіктегі әртүрлілігін ерекше атап өту керек. Әр түрлі тәсілдерді кешенді қолдану жақсы нәтиже беретіні анық, мысалы, жиіліктің селективті сөнумен күресу үшін бірнеше таратқыш және бірнеше қабылдағыш антенналары бар арнаны (кеңістіктік дисперсия), жиілікті бөлу тығыздағышын және шуылға төзімді кодтау әдістерін қолдануға болады. Гаусс арналарында жұмыс істеген кезде жақсы қалыптасқан шуға төзімді декодерлердің жаңа жоғары жылдамдықты бағдарламалық жасақтамасы осы жағдайларда да тиімді болады деп күтілуде.

В.А. Котельников, К. Шеннон және басқа да көптеген ғалымдардың еңбектерінде дамыған, кездейсоқ өзгеретін параметрлері бар арналар үшін тербеліске қарсы кодтаудың классикалық теориясы арналардың, сигналдардың және кедергілердің нақты

сипаттамаларын есепке алу бағытында дамуын жалғастыруда [1]. Қазіргі уақытта біз шекті деңгейге жақын тиімділік көрсеткіштеріне қол жеткізетін жүйелерді құру туралы айтып отырмыз. Шуға төзімді радио жүйелерін құрудың қиындығы әртүрлі радио және сымды байланыс желілерін жұптастыру қажеттілігі, әртүрлі радиобайланыс жүйелерінің стандарттарының сәйкес келмеуі сияқты факторларды кешенді есепке алу қажеттілігінде жатыр. Сондықтан жаңа буын ұялы байланысы әртүрлі байланыс жүйелерінің функционалды интеграциясы болуы керек, онда бірнеше байланыс жүйелеріне қол жеткізу үшін пайдаланушыда тек бір терминал болуы керек [2]. Мұндай терминалдарды дамытудың ең перспективалы технологиясы бағдарламалық жасақтамамен анықталған радио жүйелерінің технологиясы (a software-defined radio-SDR) болып табылады, ол пайдаланушыларға бағдарламалық жасақтаманы өз бетінше өзгерту арқылы байланыс және хабар тарату жүйелері арасында ауысуға мүмкіндік береді [3, 4]. Екінші жағынан, жоғары тарату жылдамдығы мен сенімділігін бір мезгілде талап ету, модуляцияның әртүрлі түрлеріне, байланыс арналарының архитектурасына және сипаттамаларына сәйкес келетін тиімді қателерді түзететін кодтарды пайдаланатын радиожүйелерді пайдалану қажеттілігіне әкеледі. Мысалы, 4-ші буын сымсыз байланыс стандарты LTE-A бір уақытта бірнеше технологияларды пайдаланады: OFDM және MIMO STC-пен біріктірілген [5-7].

Осы мақсатта қолдануға болатын көптеген кодтар бар. Қазіргі уақытта төмен тығыздықтағы паритет-тексеру коды кеңінен қолданылады (low-density parity-check codes, бұдан әрі LDPC коды). Төмен тығыздықтағы паритет-тексеру кодтарды 1963 жылы Р. Галлагер ұсынған [8]. LDPC коды ақпаратты беруде пайдаланылатын код, паритетті тексерумен блоктық сызықтық кодтың ерекше жағдайы. Ерекшелігі-тексеру матрицасының маңызды элементтерінің төмен тығыздығы, соның арқасында кодтау құралдарын жүзеге асырудың салыстырмалы қарапайымдылығына қол жеткізіледі.

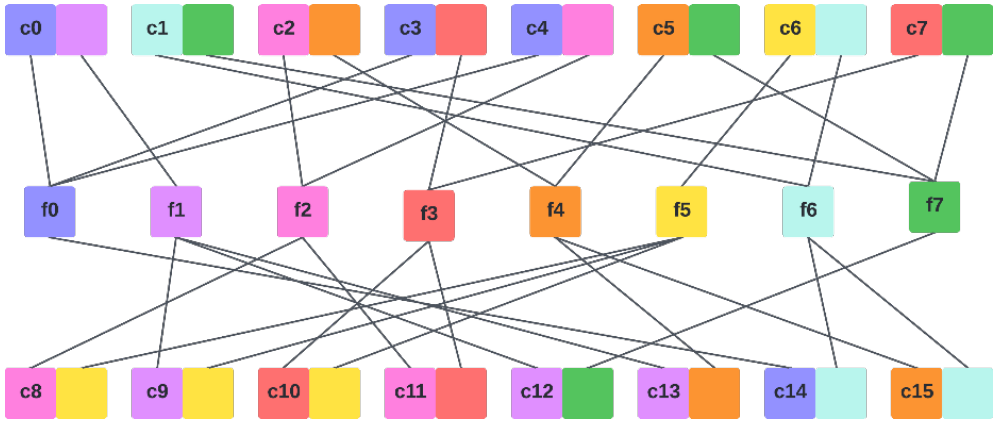
Сигнал беру кезінде негізгі мақсат әрқашан ең аз қателермен ең жоғары бит жылдамдығымен хабарлама жіберу болып табылады. Сымсыз технологияда Шеннон теоремасы сигналды берудің сенімділігі белгілі бір сигналдың шуылдық коэффициентінен (SNR) жоғары болуы мүмкін деп тұжырымдайды. Ақпаратты жіберудің сенімділігі желілік схеманың кодталуы мен декодталуына байланысты.

Жұмыстың мақсаты радиоарналар үшін Таннер графын қолдану арқылы LDPC кодтарының қателерді түзету әсерін талдау.

Зерттеуде ықтималдық теориясы, түзетуші кодтарының алгебралық теориясы және ақпарат теориясы әдістері қолданылады. Зерттеу үшін бір және пакеттік қатені түзетуге арналған жұптылықты тексерудің тығыздығы төмен коды (LDPC) алынды. Сипаттау тілі ретінде, аппаратураны анықтау және верификациялау үшін қолданылатын, Verilog HDL тілінің кеңейтімі болып табылатын Verilog HDL таңдалды. Аталған алгоритмдердің аппараттық іске асыруын жүзеге асыру үшін Xilinx жасаған Artix-7 отбасының FPGA типті БЛИС-ы қолданылды. Жобалау ортасы ретінде БЛИС үшін бағдарламалық жасақтаманы әзірлеуді қолдайтын Vivado таңдалды. Әзірленген аппараттық блоктарды баптау және тестілеу Nexys 4 DDR жөндеу тақтасында жүргізілді. Ақпаратты беру аддитивті Гаусс ақ шуымен (AWGN – Additive White GaussianNoise) арна бойынша бит пакеттерімен жүзеге асырылды.

LDPC кодының сипаттамасы. LDPC коды Таннер графы арқылы берілген [9] (1-сурет). Таннер графындағы түйіндер ақпараттық және тексеру түйіндері деп аталады, оларды сәйкесінше C және F деп белгілейміз. Графта F әрбір тексеру теңдеуі үшін тек-

серу түйіндері f және әрбір код сөз символы үшін бір С ақпараттық түйіндері с болатынын атап өтуге болады.



Сурет 1 Сызықтық блок коды үшін Таннер графы (8, 16)

(8, 16) - кодта генератор матрицасы (G) және паритет-тексеру матрицасы (H) келесі пішінге ие:

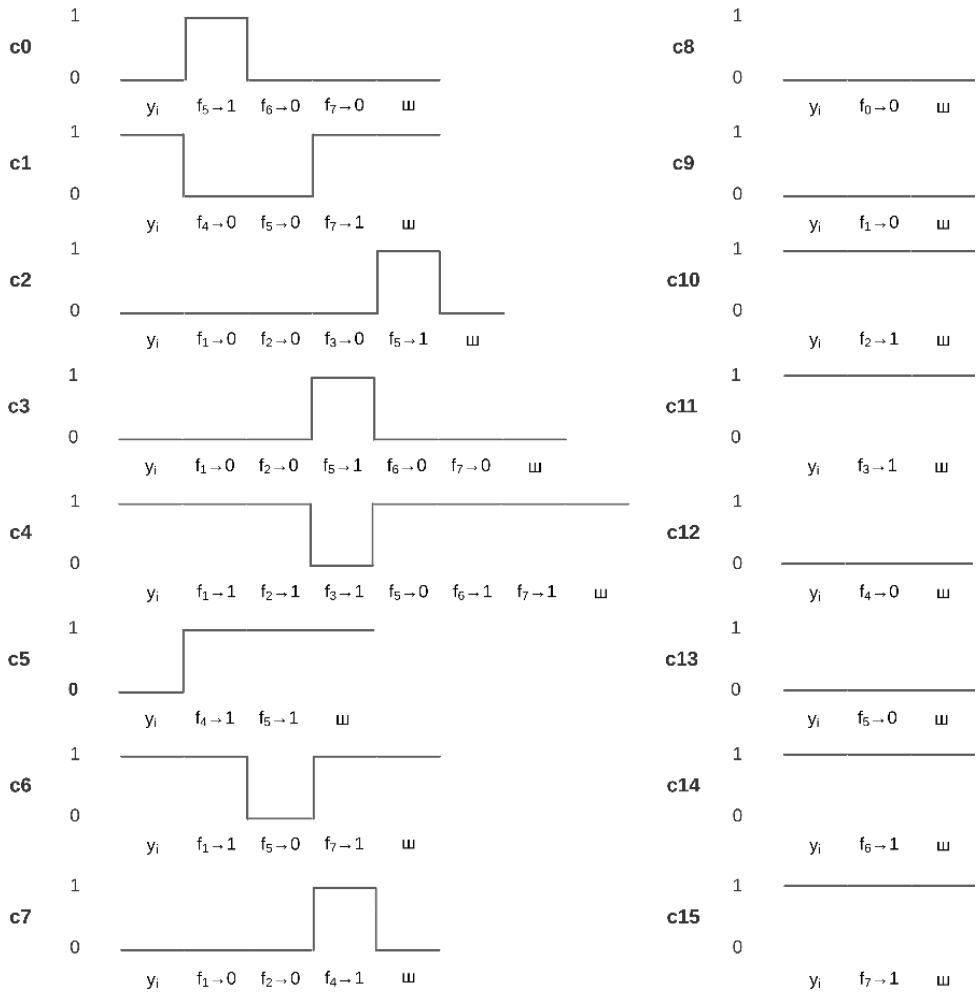
$$G_{16,8} = \begin{pmatrix} 1000000000000111 \\ 0100000000001101 \\ 0010000001110100 \\ 0001000001100111 \\ 0000100001110111 \\ 0000010000001100 \\ 0000001001000101 \\ 0000000101101000 \end{pmatrix} \qquad H_{16,8} = \begin{pmatrix} 0000000010000000 \\ 0011101101000000 \\ 0011100100100000 \\ 0010100000010000 \\ 0100010100001000 \\ 1111111000000100 \\ 1001100000000010 \\ 1101101000000001 \end{pmatrix}$$

Ақпараттық таңбаларды кодтауды қарастырайық [u=01001110].

1. [u] ақпараттық таңбаларын және G матрицасын көбейту арқылы біз код сөзін аламыз: 01001110 00110011
2. Алынған код сөзі шартты қанағаттандыруы тиіс.

$$U \times H = 0 \tag{1}$$

Декодтау әдісі. Bit-flipping алгоритмі LDPC кодтары үшін хабарды қатты декодтау әдісі болып табылады. Мысалда y = 01001**0**10 00110011 кодтық сөзі бар хабарлама шулы байланыс арнасына жіберіледі, егер оны кодтық сөздерге жататындығын тексерсек, нәтиже нөлге тең емес, сондықтан «y» векторы кодтық сөз емес, бұл хабарламаны жіберу кезінде қателер пайда болғаны анықталды. Инициализация орындалады және декодер кірісінен алынған мәндер биттік түйіндерге жіберіледі. Бірінші қадамда тексеру түйіндері разрядтық түйіндерден мәндерді оқиды және екінші қадамға хабарламалар жасайды. Екінші қадамда тексеру түйіндері мәндерді салыстыру үшін разрядтық түйіндерге жібереді.



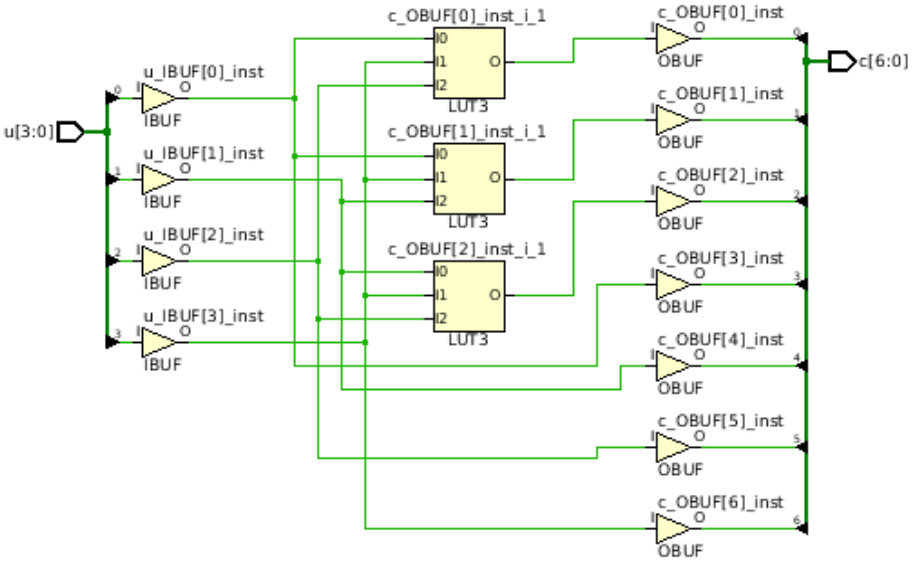
Сурет 2 Битті ауыстыру алгоритмі (bit-flipping algorithm)

Соңғы қадам жаңа хабарламаның H матрицасының тексеру теңдеулеріне сәйкестігін тексеруді бастайды (0-7 түйін үшін).

$$f_0 = y_8 = 0$$
$$f_1 = y_2 \oplus y_3 \oplus y_4 \oplus y_6 \oplus y_7 \oplus y_9 = 0$$
$$f_2 = y_2 \oplus y_3 \oplus y_4 \oplus y_7 \oplus y_{10} = 0$$
$$f_3 = y_2 \oplus y_4 \oplus y_{11} = 0$$
$$f_4 = y_1 \oplus y_5 \oplus y_7 \oplus y_{12} = 0$$
$$f_5 = y_0 \oplus y_1 \oplus y_2 \oplus y_3 \oplus y_4 \oplus y_5 \oplus y_6 \oplus y_{13} = 0$$
$$f_6 = y_0 \oplus y_3 \oplus y_4 \oplus y_{14} = 0$$
$$f_7 = y_0 \oplus y_1 \oplus y_3 \oplus y_4 \oplus y_6 \oplus y_{15} = 0$$

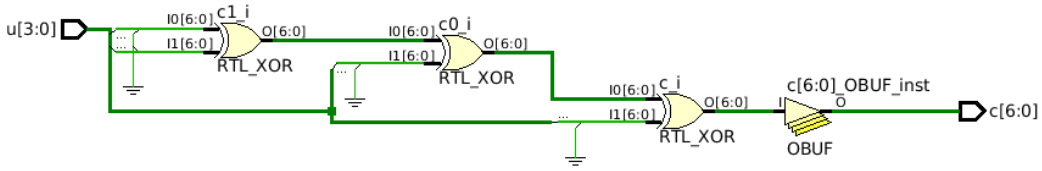
Тексеру нәтижесінде сәйкессіздіктер табылмады, сондықтан алгоритм тоқтап, қайтарылады 01001110 00110011.

Бағдарламалық жасақтаманы әзірлеуді қолдайтын Vivado ортасында құрылғы кодерінің принциптік схемасын әзірлеу 3-суретте көрсетілген.



Сурет 3 Кодер мен декодерден тұратын LDPC код жүйесінің құрылымдық схемасы

Кодтың тексеру матрицасының өрнектеріне сәйкес схема әзірленді [10]. Кодер өз кезегінде мыналарды қамтиды: параллель кодты сериялық кодқа түрлендіруді жүзеге асыратын ауыспалы регистр және тексеру таңбаларын қалыптастыруды жүзеге асыратын екі модульдің логикалық элементтері. Бұл элементтердің саны код комбинациясының тексеру элементтерінің санымен анықталады.

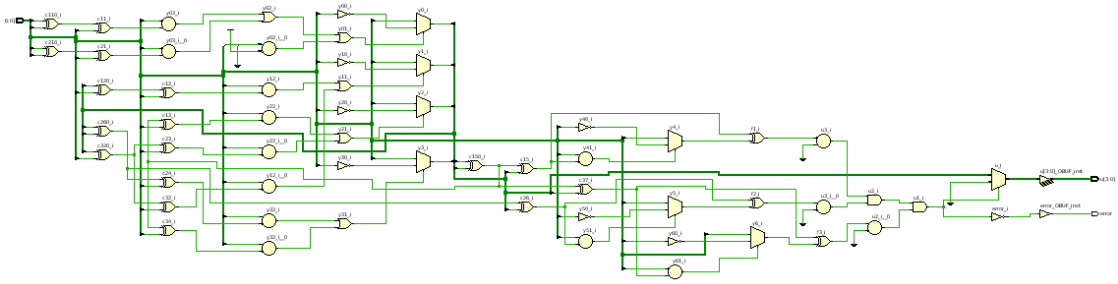


Сурет 4 Vivado ортасындағы LDPC кодерінің схемасы

4-суретте БЛИС-тағы кодердің құрылымдық схемасы көрсетілген. Кодердің негізгі элементтері: жедел жад құрылғысы – (ЖЖҚ), яғни екі ақпараттық блокқа арналған деректер буфері. Екі блок буфері кодер ағыны мен ағымдағы деректер блогын оқып, келесісін жаза алу үшін қажет; жедел жадты оқу және жазу мекен-жайларының, жазба (ЖЖҚ) рұқсат сигналдарының, есептеу блоктарына арналған инициализация және қалпына келтіру жалауларының генераторы; жылжу регистрлерінің блогы.

Декодер қабылданған комбинацияның дұрыстығын тексеріп қана қоймай, қате болған жағдайда оны түзетуі керек, сондықтан декодер екі бөліктен тұрады: синдромды анықтау схемасы және қатені түзету схемасы. Декодердің электрлік схемасы 5-суретте көрсетілген.

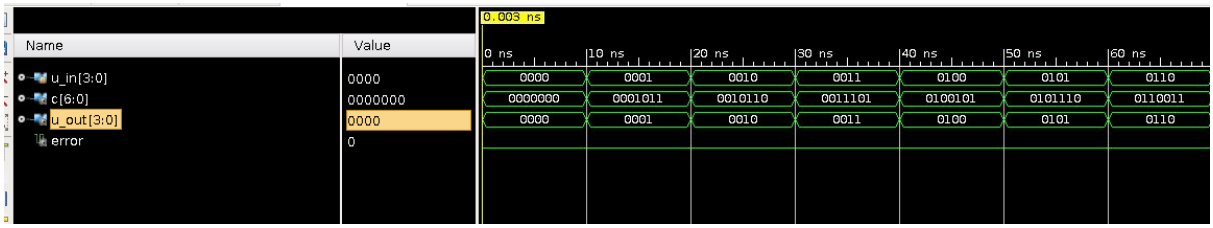
Код синдромын анықтау схемасы екі модуль үшін логикалық қосу элементтерінен тұрады. Олар тексеру таңбаларын және тексеру матрицасын анықтайды. Келесі модуль қосқыштарында - қабылдау кезінде алынған тексеру элементтері қосылады, нәтижесінде код синдромы алынады. Қатені түзету схемасы - қате разряды үшін ақаулық сигналы қалыптасатын логикалық элементтерден және қате разрядты түзету (оны инверттеу) жүзеге асырылатын екі модуль бойынша логикалық қосу элементтерінен тұрады.



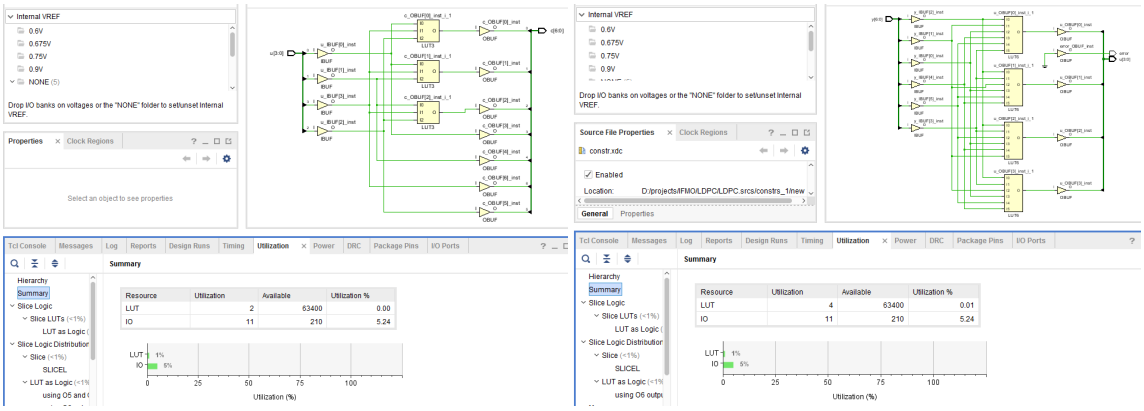
Сурет 5 Vivado ортасындағы LDPC декодерінің схемасы

Нөлдік итерация кезінде декодер арна тізбегін өңдеп, тексеру өлшемдерін есептейді, олардың ішінен қорытындыны қарастырады, содан кейін процесс бірнеше рет қайталанады (итерациялар). Сонымен, әр итерациямен ақпарат битіндегі қатенің орташа ықтималдығы біртіндеп төмендейді. Кодек моделінде тиімділікті салыстыру үшін әр операциядан кейін қатаң шешім есептеледі (шынайы кодекте мұндай қажеттілік жоқ, сондықтан қатаң шешім тек соңғы итерацияда есептеледі).

LDPC кодының симуляцияларын іске қосу:



Сурет 6 Vivado ортасындағы LDPC кодері мен декодерінің уақыт диаграммалары



Сурет 7 БЛИС-тағы LDPC кодері мен декодерін синтездеу нәтижелері

Модельдеу нәтижелері бойынша радиоарналар үшін Таннер графын қолдану арқылы LDPC кодтарының қателерді түзету әсерін талданды. Яғни артықшылығы блоктағы k-қателерді анықтайды, мұндағы k – тақ сан, Шеннон шекарасынан тек қана 0,6–0,8 дБ-ге артта қалу, 2,5–3,0 дБ-ге артықшылығы, яғни DVB - S стандартымен салыстырғанда қуаттың 30 пайыздық өсуінің болуы айқындалды. Кемшілігі кодтау

күрделілігінің код ұзындығына тәуелділігі. LDPC кодтарын іс жүзінде жүзеге асыру кодтың жылдамдығы мен блок ұзындығын қарапайым өзгертуге мүмкіндік бермейді, себебі жаңа тексеру матрицасын құруға тура келеді. Зерттеу нәтижесінде LDPC әдетте жақсы сипаттамаларды көрсететіні анықталды (Шеннон шекарасына жақын), бірақ кодтау процедурасы анағұрлым күрделі болып келетінін ескеру қажет.

Ұсынылған зерттеу Қазақстан Республикасы ғылым және жоғары білім министрлігінің қаржылық қолдауымен жүзесе асырылды (грант № AP19679505).

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Rolf Johannesson, Kamil Sh. Zigangirov Fundamentals of Convolutional Coding . // 2nd Edition. – Wiley – IEEE Press. – 2015.– 688 p.
2. H. Harada Software defined radio prototype toward cognitive radio communication systems. // First IEEE International Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks. – 2005.– DySPAN 2005., Baltimore, MD, USA, 2005.– pp. 539–547. doi: 10.1109/DYSPAN.2005.1542667
3. Mitola J., Maguire G.Q Cognitive radio: making software radios more personal Personal Communications. // IEEE, Volume 6, Issue 4, 1999.– pp. 13 – 18, doi: 10.1109/98.788210
4. M. Dillinger, K. Madani, and N. Alonistioti Software defined radio: architectures, systems, and functions. // Wiley, 2003.– 454 p.
5. S. Parkvall, A. Furuskar and E. Dahlman Evolution of LTE toward IMT-advanced. // IEEE Communications Magazine, vol. 49, no. 2, 2011.– pp. 84–91, doi: 10.1109/MCOM.2011.5706315
6. Z. Shen, A. Papasakellariou, J. Montojo, D. Gerstenberger and F. Xu Overview of 3GPP LTE-Advanced carrier aggregation for 4G wireless communications // IEEE Communications Magazine, vol. 50, no. 2, pp. 122– 130, 2012.
7. P. Aggarwal and V. A. Bohara On the Multi-Band Carrier Aggregated Nonlinear LTE-A System // IEEE Access, vol. PP, no. 99, 2017. – pp. 1-14, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2740498
8. Gallager R. G . Low Density Parity Check Codes. Cambridge, MA: MIT Press, 1963.
9. Sailaukyzy Zh., Gorlov S.S. Investigation of the principles of implementing LDPC code for channels with ABGS// Eger, Hungary, Materials of the International Scientific Conference "Global Science and Innovations 2018, February 28, 2018-pp. 13-15
10. Сатыбалдина Д.Ж., Сайлауқызы Ж., Садыков А.А., Ташатов Н.Н. Хэмминг кодын БЛИС негізінде аппараттық жүзеге асыру // Вестник ВКГТУ имени Д. Серикбаева. – 2018. – №2. – С. 144-149.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕБНО-УЧЁТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ CRM СИСТЕМЫ

Усатова О.А.[1,2], Зейнолла А.М.[2*]
e-mail: 222126@astanait.edu.kz
[1]*Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, Алматы, Республика Казахстан*
[2]*Университет «Astana IT University», Астана, Республика Казахстан*

Аннотация**:** *В данной статье рассматривается модель CRM системы для школьного образования. Модель ориентирована на разработку WEB-интерфейса CRM системы с целью создания эффективных автоматизаций для школ, что будет способствовать представлению дополнительных услуг для оптимизации бизнес-процессов и улучшения взаимодействия с учениками и их родителями.*

Ключевые слова: *Школьное образование, CRM система, модели процессов, взаимодействия с учениками.*

Введение

Современное образование стоит перед постоянными вызовами и изменениями, и одним из ключевых факторов для успешного обучения является эффективное управление учебно-учетной деятельностью в школах. В современном информационном обществе, где доступ к данным и их анализ играют важную роль, автоматизация становится неотъемлемой частью образовательного процесса [1].

В данной статье представлена модель системы автоматизации учебно-учетной деятельности в школах, используя современные CRM (Customer Relationship Management - CRM) технологии. Основная цель заключается в разработке и внедрении интегрированной платформы, которая помимо упрощения и оптимизации управления учебными процессами также способствует улучшению коммуникации между образовательными учреждениями, студентами и их родителями.

CRM системы, изначально предназначенные для управления взаимоотношениями с клиентами в бизнесе, в последние десятилетия стали находить все большее применение в сфере образования. Это связано с их способностью систематизировать и анализировать данные, автоматизировать процессы и, что наиболее важно, улучшать взаимодействие между образовательными учреждениями, студентами и их родителями.

CRM системы позволяют школам собирать, хранить и анализировать большие объемы информации о студентах и учебном процессе. Это включает в себя данные о успеваемости, посещаемости, расписаниях занятий и многие другие аспекты. Эта информация может быть легко доступной и использоваться для принятия важных управленческих решений. CRM системы создают возможность для более эффективной коммуникации между учителями, учениками и их родителями. Родители могут получать уведомления о успехах и проблемах своих детей, а также следить за их активностью в школе через веб-интерфейс. Это способствует более прозрачному и своевременному обмену информацией. CRM системы позволяют создавать индивидуальные учебные

планы для студентов, учитывая их потребности и способности. Это помогает учителям и администрации адаптировать образовательный процесс под каждого ученика, что способствует повышению успеваемости.

Системы автоматизации учебно-учетной деятельности позволяют школам более эффективно распределять свои ресурсы, включая учебный материал, учителей и административный персонал. Это может привести к экономии времени и ресурсов [2].

Изучение и внедрение CRM систем в образовании представляет собой перспективный путь к повышению эффективности образовательных процессов и улучшению взаимодействия между всеми участниками образовательной среды. Сравнительный анализ функциональности CRM системы представлен на рисунке 1.

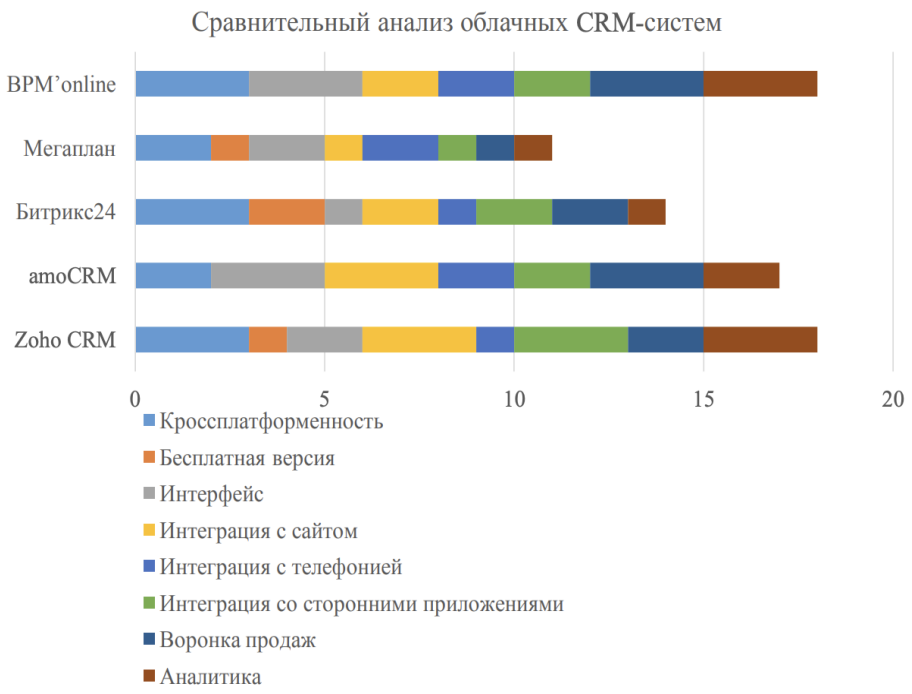


Рис. 1 Сравнительный анализ облачных CPM-систем

При проведении анализа для создания собственной CRM-системы были рассмотрены два популярных решения: Bitrix24 и AlfoSRM. Однако, как любой бизнес, не существует универсального решения, которое бы удовлетворяло все наши уникальные потребности и бизнес-цели.

Разработанная система интегрирована с другими образовательными ресурсами, что обеспечивает бесперебойное управление и обмен данными. При использовании системы CRM, управление учебными процессами становится более эффективным, что экономит время и ресурсы, понятный интерфейс делает систему доступной для всех пользователей, включая учителей, администраторов и учащихся.

Одним из основных преимуществ CRM системы является ее полная индивидуальная адаптация под наши бизнес-процессы. Разработанная система будет масштабируемой и готовой к росту бизнеса. Система легко внедряет новые функции и модули по мере необходимости, что позволяет адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям.

Конфиденциальность и безопасность клиентов – приоритет системы. Система гарантирует высокий уровень защиты данных.

Разработанный CRM будет интегрироваться с существующими системами и инфраструктурой, что позволит сократить издержки и улучшить эффективность бизнес-процессов.

Недостатки использования готовых CRM-систем представлен на рисунке 1:

1. Ограниченная настройка: Готовые CRM-системы могут иметь ограниченные возможности настройки под конкретные бизнес-процессы. Это может потребовать изменения собственных процессов, чтобы соответствовать системе.
2. Высокие затраты: В долгосрочной перспективе использование готовых CRM-систем может обернуться высокими затратами на лицензии, обслуживание и поддержку.
3. Зависимость от поставщика: Использование сторонней CRM-системы означает зависимость от поставщика. Изменение поставщика или переход на другую платформу может быть сложным и затратным процессом.
4. Ограниченная безопасность: Вносят данных клиентов в систему третьей стороны, и безопасность этих данных зависит от поставщика CRM. Это может вызвать опасения с точки зрения безопасности данных.

В итоге, создание CRM-системы предоставляет уникальную возможность максимально адаптировать ее потребности и долгосрочные бизнес-цели. CRM система предоставляет школам мощный инструмент для оптимизации учебного процесса, улучшения коммуникации и повышения качества образования[5].

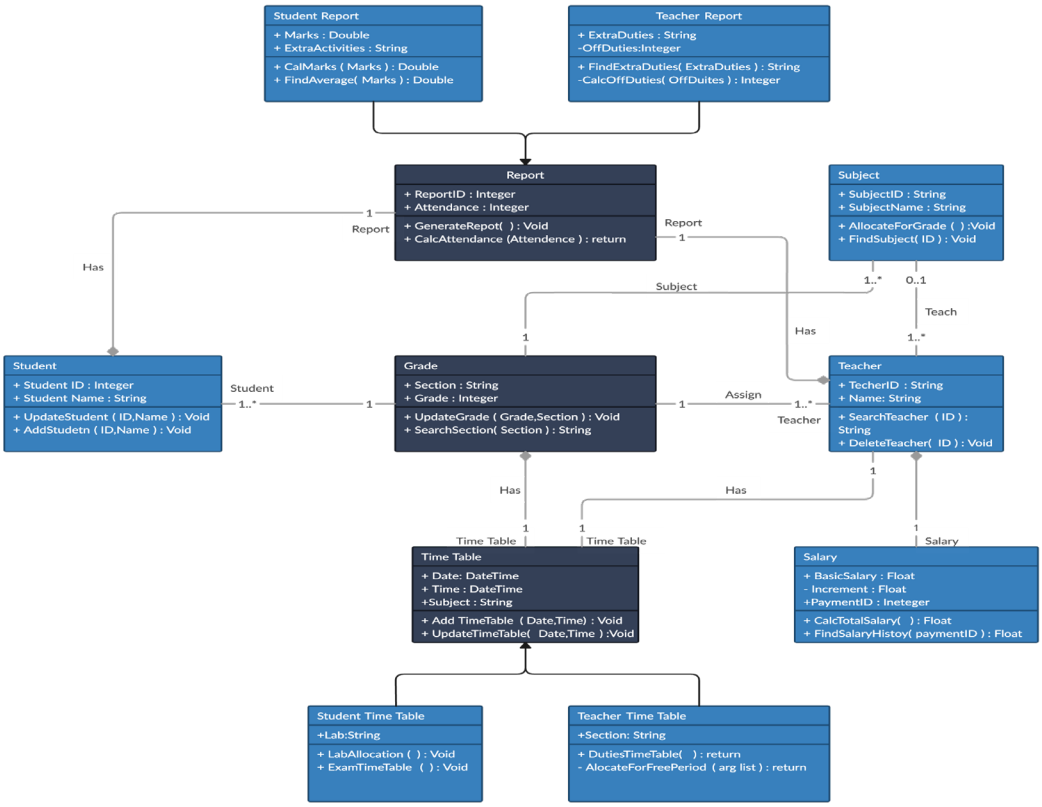


Рис. 2 Модель CRM-системы для образовательного учреждения

Моделирование CRM системы (Customer Relationship Management) в школе может быть весьма полезным для оптимизации учебных и учебно-административных процессов. CRM система помогает управлять взаимодействием со студентами и их родителями, а также с учителями и административным персоналом. Вот несколько ключевых аспектов моделирования CRM системы в школе, модель CRM-системы для образовательного учреждения представлен на рисунке 2:

1. Учет информации о студентах: CRM система должна предоставлять возможность хранить и обновлять информацию о каждом студенте, включая контактные данные, академическую историю, прогресс, посещаемость и другие важные сведения[3].
2. Взаимодействие с родителями: Система должна поддерживать коммуникацию с родителями, предоставляя им доступ к информации о своих детях, оценкам, домашним заданиям и уведомлениям от школы[6].
3. Учет активности студентов: CRM система может отслеживать учебную активность студентов, их участие во внеклассных мероприятиях, спортивных соревнованиях, исследовательских проектах и других мероприятиях.
4. Расписание и задания: Школьная CRM система должна предоставлять расписание уроков и заданий для студентов, а также оповещать их и их родителей о предстоящих событиях и сроках сдачи заданий[3].
5. Управление учителями и персоналом: CRM система также может включать в себя модули для управления информацией о преподавателях, административном персонале и ресурсах, таких как учебные материалы и оборудование[7].

Автоматизация в образовании предоставляет множество преимуществ как для учащихся, так и для учителей, администрации и всей образовательной среды. Вот некоторые из ключевых преимуществ автоматизации в образовании:

1. Повышение эффективности учебного процесса: Автоматизация может значительно сократить временные затраты на выполнение рутинных административных задач, таких как ведение учета посещаемости, учет оценок и составление расписания. Это позволяет учителям уделять больше времени непосредственно обучению.
2. Поддержка индивидуального обучения: Автоматизация позволяет создавать персонализированные образовательные планы и задания для каждого учащегося на основе их потребностей и способностей. Это способствует более эффективному обучению [4].
3. Улучшение доступности образования: Онлайн-платформы и дистанционное обучение делают образование доступным для большего числа людей, включая тех, кто находится в удаленных районах или имеет ограниченные физические возможности[8].
4. Сбор и анализ данных: Автоматизированные системы позволяют собирать и анализировать данные об учебном процессе и успеваемости студентов. Это помогает администрации школы и учителям выявлять проблемные моменты и разрабатывать более эффективные методики обучения.
5. Улучшение коммуникации: Электронная почта, онлайн-форумы и другие коммуникационные средства упрощают взаимодействие между учащимися, родителями и учителями. Это способствует более открытой и эффективной коммуникации[9].

Разработка CRM (Customer Relationship Management) системы представляет собой многоэтапный процесс, который включает в себя несколько ключевых этапов. Вот основные этапы разработки CRM системы

1. Анализ потребностей бизнеса и клиентов: Определите цели и ожидания бизнеса от CRM системы. Проведите анализ потребностей клиентов и определите, какие данные и функции будут полезными для улучшения взаимодействия с ними.
2. Планирование проекта: Разработайте план проекта, включая бюджет, сроки и ресурсы. Определите команду разработчиков и участников проекта. Создайте документацию с описанием требований к системе.
3. Выбор CRM платформы: Определитесь с тем, будете ли вы разрабатывать CRM систему с нуля или использовать готовую CRM платформу. Если вы выбираете готовую платформу, выберите подходящего поставщика, учитывая ваши потребности.
4. Разработка и программирование: На этом этапе начинается активное создание CRM системы в соответствии с проектной документацией. Программируйте функциональность, интегрируйте необходимые инструменты и сторонние сервисы. Проводите тестирование на каждом этапе разработки[10].

Заключение

В данной статье было рассмотрено введение в образовательную CRM систему и её неотъемлемую часть - обучение персонала и пользователей. Основываясь на преимуществах автоматизации в образовании и этапах разработки CRM системы, в статье выявлена важность обучения персонала для успешного внедрения системы в школе. Адаптация CRM под образовательные нужды и мониторинг прогресса и оценка результатов играют ключевую роль в повышении эффективности образовательного процесса.Разработанная система интегрирована с другими образовательными ресурсами, что обеспечивает бесперебойное управление и обмен данными. При использовании системы CRM, управление учебными процессами становится более эффективным, что экономит время и ресурсы, понятный интерфейс делает систему доступной для всех пользователей, включая учителей, администраторов и учащихся.

Список использованных источников

1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ОБЛАЧНОЙ CRM-СИСТЕМЫ BPM'ONLINE НА ПРИМЕРЕ ОРГАНИЗАЦИИ ООО «ОРАНЖ ПРОЦЕСС» https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/224367/1/zhlukta_dip.pdf [электронный ресурс]
2. Денис Запиркин, Андрей Парабеллум Развитие бизнеса с использованием CRM систем http://xn--90ahkajq3b6a.xn--2000-94dygis2b.xn--p1ai/management/men1-1/man62.pdf [электронный ресурс]
3. CRM-система https://salesap.ru/crm_sistemy_chto_eto [электронный ресурс]
4. КТО ПОЛУЧАЕТ ВЫГОДУ ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ CRM? https://www.creatio.com/page/kz/crm-definition [электронный ресурс]
5. https://alteg.io/ru?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=20436940208&utm_content=669014210785&utm_term=crm%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F&gclid=Cj0KCQjw1OmoBhDXARIsAAAYGSED4d1sAtYIuoll--HstlFVEbSiVDgyhEOjU1aX0IpOvVuMAi8CQQwaAhVCEALw_wcB [электронный ресурс]

6. Особенности национального CRM, или Как систематизировать взаимоотношения с клиентами на производстве https://profit.kz/articles/13431/Osobennosti-nacionalnogo-CRM-ili-Kak-sistematizirovat-vzaimootnosheniya-s-klientami-na-proizvodstve/ [электронный ресурс]
7. CRM-система – это упорядоченное хранилище данных о компании, сотрудниках и клиентах. https://profi-soft.kz/articles/crm-sistemy-dlya-biznesa/ [электронный ресурс]
8. Требования к API методам CRM системы https://help-ru.roistat.com/API/Integracija_CRM_sistem/ [электронный ресурс]
9. Интеграция CRM с сайтом — как сделать и зачем https://crm.ru/blog/integratsiya-crm-s-saytom/ [электронный ресурс]
10. БОЛЬШОЙ ОБЪЕМ «РУЧНОЙ» РАБОТЫ https://www.amocrm.ru/cases/eurovazon [электронный ресурс]

МРНТИ 37.01.77: 50.41.29

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

Боранбаев С.А., Оралбекова Ж.О., Бешеев Д.
e-mail: boranbaevsa@mail.ru, oralbekova@bk.ru, d.besheyev@gmail.com
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Казахстан

Аннотация. *В работе приведены результаты спектрального анализа радарограмм георадиолокационного обследования автомобильных дорог. Целью работы является уменьшение спектров пере отраженных дифракционных составляющих сигналов в трассе радарограммы. Приведены результаты предварительной очистки трассы радарограммы дорожной одежды от посторонних сигналов методами спектрального анализа.*

Ключевые слова: *Радарограмма, Спектр сигнала, Преобразование Фурье, Окно Хэмминга.*

Введение.

Георадиолокационного обследования дорог включают в себя записи одиночных сигналов, полученных при каждом положении георадара с помощью приемной антенны. Обычно эти записи представляются в виде радарограммы, которая представляет собой набор сигналов (трасс), полученных во временном интервале от момента отправки зондирующего импульса до окончания записи [1-3]. Результаты георадарного исследования представляют собой георадиолокационные профили, отражающие отражения от границ между средами с различными электрофизическими параметрами.

Необходимость обработки радарограмм обусловлена несколькими ключевыми факторами. В первую очередь, это необходимо для определения зависимости амплитуды сигнала от глубины его отражения в целях решения инженерных задач. Во-вторых, требуется устранение различных видов помех, которые могут затруднить обнаружение полезного сигнала. Спектральный анализ сигналов георадиолокации является одним из этапов предварительной обработки радарограммы [4, 5].

Завершающим этапом обработки радарограммы является интерпретация, на которой непосредственно решается поставленная инженерная задача. Интерпретация включает в себя анализ основных характеристик волновой картины и ее локальных особенностей.

Материал и Методы.

Для проведения экспериментального исследования участка был осуществлен выезд на трассу «Восточный обход г. Астана – ст. Сарыоба» автомобильным комплектом георадара «ОКО 2» с программно-измерительным комплексом «Дорога-ПРО».

На рисунке 1 изображена радарограмма полученная в точке наблюдения координаты GPS (широта 51.16.09.658, долгота 72.00.34.978, скорость передвижения авто 12 км/час, точка наблюдения по полотну трассы 0,166 км.). Построение радарограммы и графика спектра выполнены с помощью программы «Geoscan32» [6].

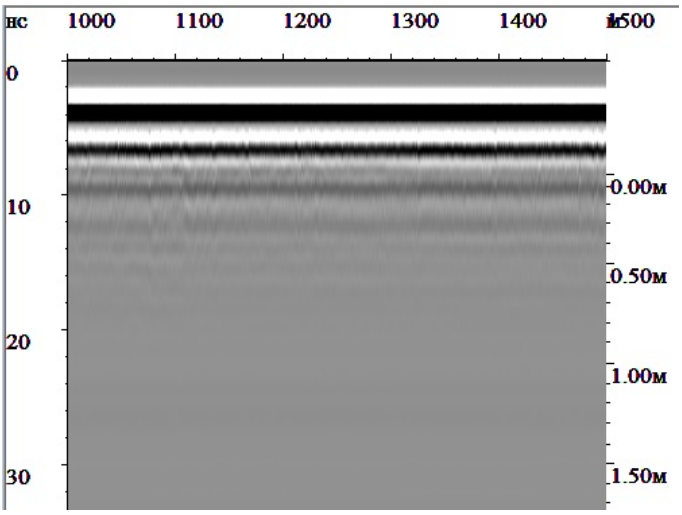


Рисунок 1. Радарограмма в точке наблюдения GPS (51.16.09.658, долгота 72.00.34.978,скорость передвижения авто 12 км/час, точка наблюдения по полотну трассы 0,166 км)

На рисунке 2 приведена график 890 трассы радарограммы.

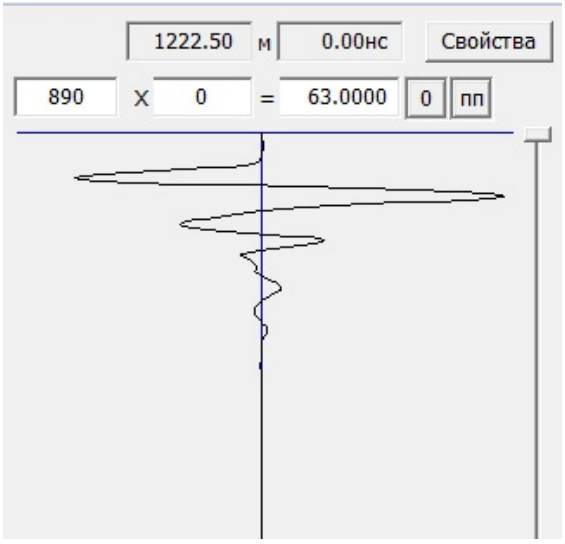


Рисунок 2. График необработанной трассы радарограммы

Спектр радарограммы вычисляется дискретное преобразование Фурье, вычисляемое по формуле [6, 7]

$$X_k = \sum_{i=0}^{N-1} x_i e^{\frac{-j2\pi ik}{N}} \quad \text{для } k = 0, 1, 2, \ldots, N-1, \qquad (1)$$

где x_i, $0 \le i \le N-1$, оцифрованный сигнал трассы, j – комплексная единица.

N = 512, количество отсчетов для каждой трассы георадара «ОКО 2».

Комплексные спектры вычисляются быстрым преобразованием Фурье [9]. На рис 3. представлен спектр указанной трассы.

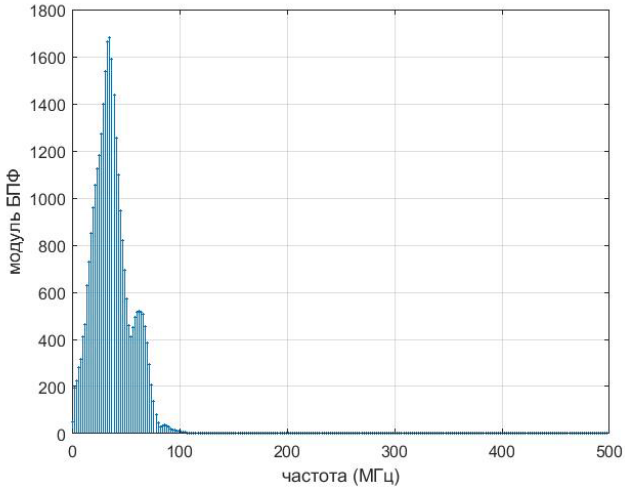


Рисунок 3. Спектр трассы радарограммы

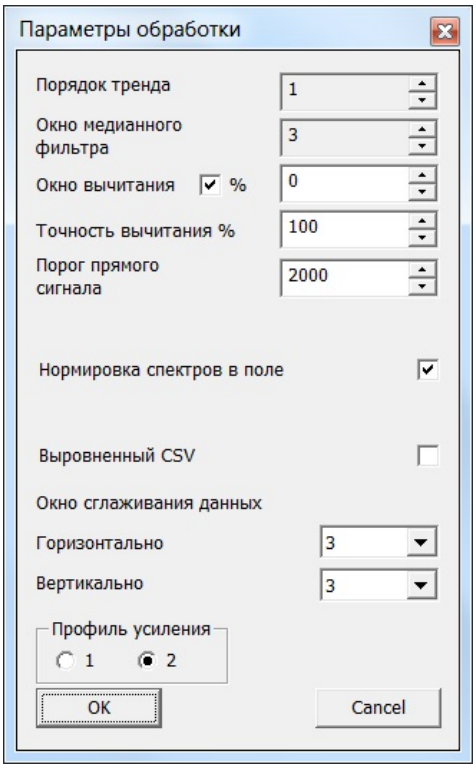


Рисунок 4. Параметры алгоритма вычитание среднего

Результаты и Обсуждение. Главной целью обработки георадиолокационных данных является выделение полезных сигналов, которые являются отражением искомых объектов, на фоне остальных сигналов. Один из эффективных методов для удаления постоянной составляющей сигнала и вычитания сигнала прямого прохождения, который обычно не содержит полезной информации, заключается в использовании операции

вычитания среднего значения [6]. Принцип работы этой обработки заключается в том, что среднее арифметическое группы отсчетов, расположенных на одной горизонтальной линии, вычисляется, а затем это значение вычитается поочередно из каждого отсчета на этой горизонтальной линии. Данный способ обработки радарограммы осуществлялось в программе «Geoscan32» с представленным на рис. 4 параметрами.

Результаты обработки радарограммы алгоритмом вычитание среднего представлены на рисунках 5 и 6.

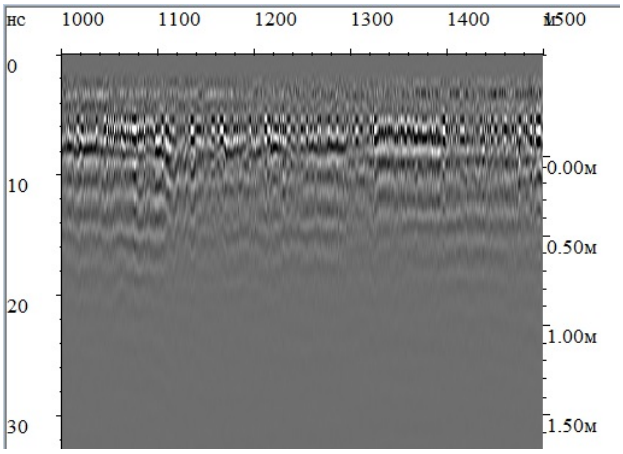


Рисунок 5. Радарограмма после вычитаник среднего.

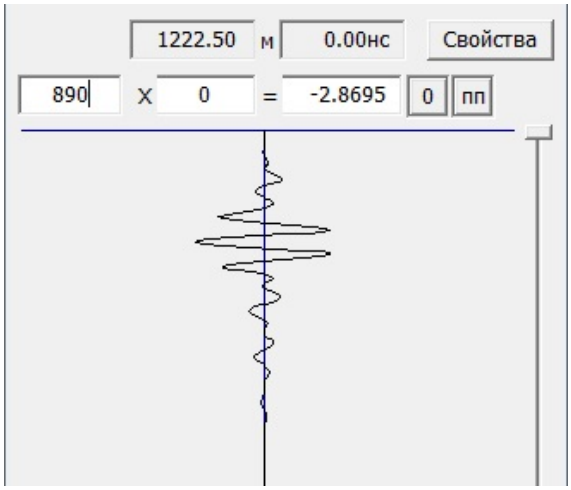


Рисунок 6. График трассы после вычитаник среднего.

Измененныые после вычитание среднего спектр трассы представлен на рисунке 7.

Для снижения эффекта растекания спектра при выполнении дискретных преобразований Фурье часто используют оконные функции. В данном случае сигнал умножается на оконную функцию *w(k)*, которая должна уменьшать вклад сигнала на краях сегмента. Оконное преобразование Фурье вычисляется по следующей формуле [10]:

$$X_w(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k)w(k)e^{-j\frac{2\pi nk}{N}}.$$

В качестве функции *w(k)* было выбрано окно Хэмминга.

$$w(k) = 0{,}54 - 0{,}46\cos\left(2\pi\frac{k-1}{N-1}\right).$$

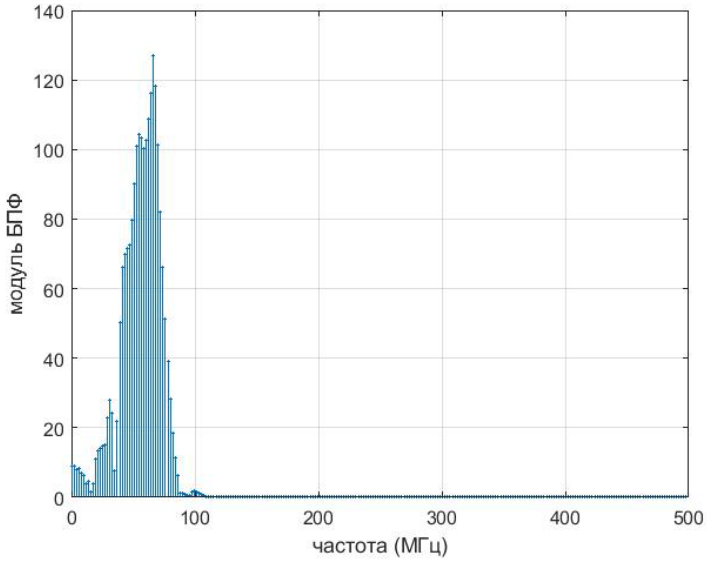


Рисунок 7. Спектр трассы после вычитаник среднего.

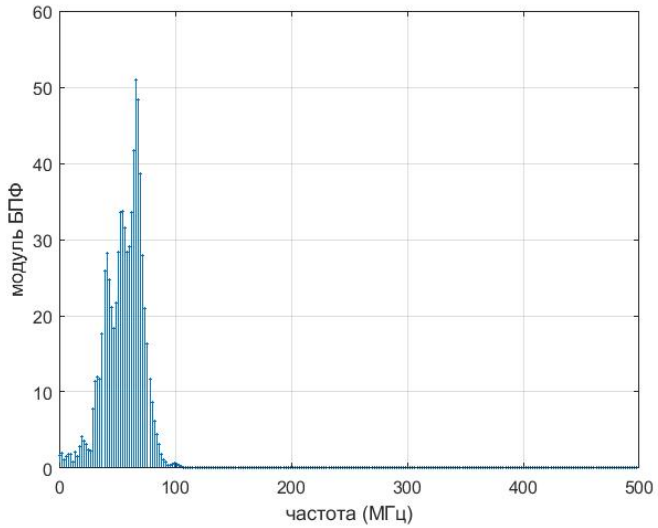


Рисунок 8. Спектр трассы после оконных преобразований Хэмминга.

В результате получили приведенную на рисунке 8 спектральный состав исследуемой трассы.

Заключение. Выявлено оптимальные параметры метода вычитания среднего в программе Geoscan32. Достигнута уменьшение спектров переотраженных дифракционных составляющих сигналов в трассе радарограммы вокруг центральной частоты.

Полученные результаты будут использованы для генерации цифровых фильтров при окончательной очистке радарограммы от посторонних сигналов.

Работа поддержана в рамках грантового финансирования МНиВО РК 2023-2025 по проекту AP 19680361 «Разработка вычислительных технологий для диагностики дорожной одежды автомобильных трасс».

Литературы

1. Juan Z. Digital Signal Processing: Fundamentals, Techniques and Applications. // New York: Nova Science Pub Inc, 2016. - 198 p
2. Harry M. Jol. Ground Penetrating Radar Theory and Applications // Elsevier, - 2008. - 544p.
3. Zhdanov M.S. Foundations of geophysical electromagnetic. Theory and methods //Elsevier, - 2018. - 787 p.
4. Santos V.R.N., Al-Nuaimy W., Porsani J.L., Hirata N.S.T., Alzubi H.S. Spectral analysis of ground penetrating radar signals in concrete, metallic and plastic targets. J. Appl. Geophy. 2014;100:32–43.
5. Pedret Rodés J., Martínez Reguero A., Pérez-Gracia V. GPR spectra for monitoring asphalt pavements. Remote Sens. 2020;12:1749.
6. Georadar “OKO”. Programof Control andVisualization of the Obtained Data GeoScan32. . – M.: OOO «LOGIS», 2018. – 126 p.
7. Oppenheim A., Schafer R. Discrete-Time Signal Processing - London: Pearson, 2014. — 1060p.
8. Juan Zhang Digital Signal Processing: Fundamentals, Techniques and Applications. Nova Science Pub Inc New York: Nova Science Pub Inc, 2016. — 198 p.
9. Spilsbury M.J., Euceda A. Transformada Rápida de Fourier. Rev. Esc. Fís. 2016;4:45–52.
11. Rao K.R., Kim D.N., Hwang J.J. Fast Fourier Transform - Algorithms and Applications (Signals and Communication Technology) // Springer, - 2010. - 444 p

THE IMPACT OF DIGITALIZATION ON MANAGEMENT ACCOUNTING

Orazalina R.K., Akhmetzhanova Sh.E., Oralbekova Z.O., Kurmangaziyeva L.T.
e-mail: oroza22@gmail.com, shina_70@mail.ru, oralkbekova@bk.ru, kurmangazieval@mail.ru
Suleyman Demirel University, Kazakhstan,
Taraz Regional University named after M.Kh. Dulaty, Kazakhstan,
L.N. Gumilyov Eurasian national university, Kazakhstan,
Kh. Dosmukhamedov Atyrau University, Kazakhstan

Abstract. *This paper presents a literature review exploring how management accounting has evolved in response to technological advancements and the digital age. It highlights key findings in this field, shedding light on the shift from traditional transaction-based practices to data-driven analysis and interpretation. Research is emphasized in terms of The Benefits of Applying BI&A Technologies to Support Reporting, Impact of BI&A on Decision-Making, The Assistance of BI in an Organization and Conducting Control in Companies, and Negative Aspects of Using Modern Technologies in Business. One central focus of this review is the role of Big Data in shaping reporting processes, along with the opportunities and risks it presents. The expanding role of management accounting, driven by the integration of business intelligence, predictive accounting, and information technology, is explored. The shift from historical cost reporting to real-time and forward-looking reporting is noted, along with the potential for automation through artificial intelligence. Regarding the Impact of BI&A on Decision-Making, the pivotal role of BI&A technologies in data-driven decision-making, particularly within large organizations, is discussed. The influence of Big Data and business intelligence on strategic analysis, forecasting, and decision-making processes is examined. The changing role of controllers is acknowledged, and how Big Data and analytics enable the use of structured and unstructured information for control purposes is explored. Simultaneously, Negative Aspects of Using Modern Technologies in Business are discussed, including challenges related to data volume management, data source heterogeneity, data quality, business process reengineering, and access to relevant data.*

Key words: *Management accounting, digitalization, Big Data, business intelligence, BI&A technologies, artificial intelligence.*

Introduction.

One of the areas that are now trending is the global expansion of the digital economy. As there has been a technology revolution in digital markets, business has been moving towards digitalization. As a result, there are now numerous new opportunities in accounting for processing, gathering, and storing data. Digitalization is known as using digital resources in corporate operations while reforming technological and operational procedures to enhance employee productivity, customer interactions, and other business partnerships [1]. Business leaders throughout the world prioritizes business development by emphasizing digitalization, technology, data, and analytics as transformative forces[2]. In determining the pace of implantation of automation, firm size also factors. In large organizations with a staff of more than 500 people, the percentage of digitalization of technologies to automatically solve issues

was about 72%. On the contrary, just 41 per cent of small businesses and freelancers have shifted towards automation[3].

As [1] remarked, "the buzz about Big Data and business intelligence (BI) as drivers of business information data collection and analysis continue to build steam".

BI incorporates applications and procedures for data analysis through the use of tools like analytics and data mining. As BI&A becomes an integral component of a company's strategy and operations over the next decade, these quickly developing technology processes will change professional accounting. This paper explores the impact of Big Data and BI on management accounting. The study of this topic is based on bibliographic research methods.

Research methods.

Bibliographic research involves a systematic review and analysis of existing literature, scholarly articles, books, research papers, and other relevant sources to gather information, insights, and knowledge about the the impact of big data, business intelligence and data analytics on management accounting.

Extensive search was conducted in academic databases such as PubMed, IEEE Xplore, Scopus, and Google Scholar to identify relevant literature on the subject.

Keywords and search terms, including "Big Data," "Business Intelligence," "Data Analytics," "Management Accounting," and related variations, were used to identify pertinent research papers and articles.

A comprehensive collection of peer-reviewed articles, books, and conference proceedings was assembled to ensure the inclusion of diverse perspectives and the latest research findings.

A systematic approach was employed to categorize and analyze the gathered literature. Articles were organized into thematic categories to identify common trends, key findings, and research gaps.

Critical analysis was conducted to assess the quality and credibility of the selected literature sources. Particular attention was given to empirical studies, case studies, and theoretical frameworks that provided relevant insights into the impact of Big Data, Business Intelligence, and Data Analytics on management accounting.

The synthesis of information involved identifying recurrent themes, concepts, and theoretical frameworks within the literature and drawing connections to establish a cohesive understanding of the topic.

The study does not involve primary data collection, surveys, or interviews, which could provide additional empirical insights.

By employing these bibliographic research methods, this study aims to offer a comprehensive overview of the impact of Big Data, Business Intelligence, and Data Analytics on management accounting, drawing upon a broad range of existing literature and research findings to inform the discussion and analysis presented in this paper.

According to sources, there are disputes about the impact of technological progress and digitalization on the management accounting system. Some experts have documented a trend in management accounting to move away from traditional transaction-based operations towards the analysis and interpretation of data from their firms [4], [5], [6]. Some articles explore the impact of Big Data on reporting processes, as well as what opportunities and risks are associated with these two categories [6].

Some sources discuss the interaction between BI&A and decision support systems [7]. Some authors consider the impact of BI&A technology on decision-making processes in the context of international business[8], [9], [10]. Modern methods of management accounting, which are being introduced based on the latest technologies, are discussed [11].

Despite the positive aspects of digitalization, some authors doubt and find negative manifestations in the processes of introducing BI&A and big data into business and management accounting [2], [5], [6], [9], [12], [13], [14] . Although many works have been published in this area, some authors argue that the scientific discussion of digitalization is just beginning [15].

Results and discussion.

Investigation has been structured around four key subtopics: "The Benefits of Applying BI&A Technologies to Support Reporting," "Impact of BI&A on Decision-Making," "The Assistance of BI in an Organization and Conducting Control in Companies," and "Negative Aspects of Using Modern Technologies in Business."

The tangible benefits that organizations accrue from implementing BI&A technologies, the transformative impact of these technologies on decision-making processes, and their instrumental role in organizational control and management are explored.

Furthermore, the potential negative aspects and challenges associated with the adoption of modern technologies in the business context are critically examined. Through an in-depth discussion of these subtopics, we aim to offer valuable insights into the complexities and dynamics of integrating BI&A technologies into management accounting practices. Analysis of these aspects of the research will provide a nuanced understanding of the implications, both positive and negative, that organizations must consider as they harness the power of data and analytics in the pursuit of informed decision-making and effective reporting in today's data-driven business landscape.

The benefits of applying BI&A technologies to support reporting

It seems necessary to consider the classical definitions to understand the current trends in professional management accounting. To quote authorities, management accounting aims to provide managers with operational and financial accounting information [16]. Several tasks specific to management accounting include cost management for long-term projects; managerial and operational control to calculate corporate performance; planning activities for intra-company costs; and preparation of reports [17]. According to [18], the role of management accounting is expanding towards performance management in a company with the introduction of business intelligence; predictive accounting and information technology management. With the development of technology in management accounting, there has been an expansion from historical cost reporting to real-time reporting and forward-looking reporting [18]. Due to the continuous nature of accounting and technology, financial transparency and processing speed can be greatly improved [19].

It is believed that in the future, many routine accounting transactions will be processed using artificial intelligence technology. For instance, it is likely that the machine algorithms, upon receipt of the invoice, will check it with the purchase order, and calculate the expenditure and the amount due. Next, the machine will place this invoice in the payments section so that the accountant can browse the documents and forward them for payment to suppliers [14].

Business Intelligence BI uses patterns in enterprise data. Viewing consolidated data in an aggregated form allows the firm to identify trends that are applicable for forecasting. For example, in customer relationship management, forecasting will allow companies to plan for peaks and troughs in sales, and control the quality of customer service, time and size of payments. Currently, analytics is used by accountants in the normal course of work. This allows them to determine amounts, averages, and structural changes to inform management about sales performance, risk, cost per customer, and inventory levels. Management accounting also performs variance analysis to explain results, which

can be useful for forecasting [20]. Accountants prepare both financial and management reports based on information system data for presentation to managers. As a result, the role of management accountants is changing from the provider of information to the user of the integrated information system [11].

Impact of BI & A on decision-making

The next question concerns the fact that management accounting is for decision-making. Decisions are generally made to maximize the competitive position of their companies and produce greater performance over the long term. Managers are not always able to make economically optimal decisions due to their limited information processing capabilities. For example, they cannot take into account all contingencies to draw up full-fledged contracts and avoid a wrong decision. Decision-makers need information as soon as possible, sometimes in real-time, to make a decision [2].

Today, almost every aspect of strategic analysis, forecasting and decision-making of large companies is influenced by big data and business intelligence [21]. Millions of data items can be created, purchased, extracted, collected, processed and analyzed by a firm on any given day to maintain a competitive edge. Some authors explore the expected impact of BI&A on business decision-making. They link the three most significant dimensions of BI&A: volume, variety, and velocity of data to three categories of business decisions—uncertainty, complexity, and dynamism [9], [14]. Fluctuations in information data caused by various events are difficult to process with primitive computing tools. Big data is a new data model that is generated at high speed, in huge volumes and a wide variety [14].

According to some authors, BI&A are part of decision support systems (DSS) to convert more data into the necessary information resources [7]. BI&A is defined as a technology for the process of analyzing and presenting useful information to make better decisions [22],[23], [24]. Access to big data combined with cloud-based analytics and BI tools greatly automates the decision-making process [19]. Thus, business intelligence and analytics technologies alleviate the gathering, analysis and transfer of data for decision-making activity [2].

The assistance of BI in an organization and conducting control in companies

Discussions on the interplay between technology and management accounting show the promise that digitalization can affect management accounting and control practices Controllers, who are considered the "conscience" of the company, must be aware of the viability of the company and its prospects in the field of digitalization [15]. Technological advances are known for introducing new informational characteristics that can change the implicit to the explicit [12]. Big data and analysis methods allow the use of structured and unstructured information for control purposes [14].

Each decision must be based on up-to-date and reliable information obtained from a reliable database. Formation of reliable information is one of the functions of controllers, which is a difficult task both for them and for IT departments [15]. Reliability is considered a category that reflects the unreliability and uncertainty hidden in data sources. Uncertainty and unreliability arise from incompleteness, imprecision, delay, inconsistency, subjectivity, and deception in the data [14]. Modern methods used in management accounting, such as quality management, activity-based costing (ABC) and balanced scorecard (BSC) and other control tools, must be in line with new technologies. This contributes to the activation of the development of management accounting as a necessary part of the business process [11].

Negative aspects of using modern technologies in business

Along with the advantages of using Big data, and BI&A in business processes and management accounting, there are opinions in the literature about the contradictions and shortcomings of modern technologies.

Implementing BI&A solutions can become unmanageable for a company. The reason may be the growing volume of various data streams [9]. The difficulty lies in the fact that the data is collected from several data sources. Heterogeneous data is more hard to gather, clean, keep and process. Therefore, it is needful to alleviate these problems based on open information sources, generic platforms and real-time treatment of data streams [14] , [2]**.** In addition, all data transformations must be included in internal systems, which is time-consuming and error-prone [5]. Two more problems, such as inconsistency and lack of data reliability, offset the merits of BI&A,[25].

Some authors note that in accounting areas [5] and the oil and gas industry, stewards do not use BI&A tools enough. Advanced business intelligence requires business process reengineering. Lack of access to the right and relevant data has resulted in nearly six out of ten European business leaders (58%) being forced to cancel a digital project [26].

In addition, information based on extensive datasets in various formats from various data sources may not meet data quality criteria. It is extremely important to provide access to data, the possibility of manipulating it and structuring it. Moreover, it is important to be able to use different analytical methods and see the results throughout the entire business process [2].

Conclusion

One of the most important priorities for today's business leaders is working with data. Business is entering a new era where data and technologies are the transforming forces. Despite the presence of negative assessments of the process of digitalization of the economy, most publications emphasize the beneficial aspects of introducing business intelligence & analytics (BI&A) technology into the business environment.

Management accounting in companies is designed to carry out such basic functions as reporting support, decision-making and control. And in a competitive environment, companies seek to implement and take advantage of technology. Modern BI&A is technologically advanced in terms of ease of use and data management. These include the type of data, the complexity of analysis methods, and the ability to visualize reporting. However, the main goal of these decisions stay on the identical: to collect, operation and analyze data for decision-formation and control. When BI&A and management accounting are considered, performance measurement and compliance are relevant. Criteria such as accuracy, validity, completeness and validity of the data are applied to the measurement process. Timeliness and usefulness are also important for decision support.

Thus, business intelligence and analytics technologies can undoubtedly be considered a transformative force in business, because their use to manage companies provides huge benefits.

References

1. Brands, K., 2014. Big Data and Business Intelligence for Management Accountants. *Strategic Finance,* Volume 96, pp. 64-65.
2. Rikhardsson, P. & Yigibasioglu, O., 2018. Business intelligence & analytics in management accounting research: Status and future focus. *International Journal of Accounting Information System,* Volume 29, pp. 37-58.

3. Kumar, V., 2019. *UK Companies Lag Behind in Digital Transformation.* Available at: https://www.analyticsinsight.net/uk-companies-lag-behind-digital-transformation/#:~:text=The%20firm's%20research%20found%20that,Italy%2C%20Turkey%2C%20and%20Spain
4. Agarwal, R. & Nijhawan, S., 2016. Big data and continuous monitoring: A synergy whose time has come? *Internal Auditing,* 31(1), pp. 19-26.
5. Appelbaum, D., Kogan, A., Vasarhelyi, M. & Yan, Z., 2017. Impact of business analytics and enterprise system on managerial accounting. *International Journal of Accounting Information Systems,* Volume 25, pp. 29-44.
6. Al-Htaybat, K. & Alberti-Alhtaybat, L., 2017. Big Data and corporate reporting: impact and paradoxes. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 15 May, pp. https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/AAAJ-07-2015-2139/full/html.
7. Phillips-Wren, G., Daly, M. & Burstein, F., 2021. Reconciling business intelligence, analytics and decision support systems: More data, deeper insight. *Decision Support System 146*, p. www.elsevier.com/locate/dss.
8. Cereda, J. & Arias-Perez, J., 2019. Information technology capabilities and organizational agility. *Multinational Business Review,* 27(2), pp. 198-216.
9. Ulman, M., Musteen, M. & Kanska, E., 2021. Big data and decision-making in international business. *Thunderbird International Business Review*, 20 July.
10. Heim, I., Le, W. & Liu, K., 2019. Value co-creation between foreign firms and indigenous small-and medium-sized enterprises (SMEs) in Kazakhstan's oil and gas industry: The role of information technology spillovers. *Thunderbird International Business Review,* 61(6), pp. 911-927.
11. Talha, M., Raya, J. & Seetharaman, A., 2010. A New Look At Management Accounting. *The Journal of Applied Business Research,* 26(4).
12. Bhimani, A., 2015. Exploring big data's strategic consequences. *Journal of Information Technology,* 31(1), pp. 66-69.
13. Moll, J. & Yigitbasiogly, O., 2019. The role of internet-related technologies in sharping the work of accountants: New directions for accounting research. *The British Accounting Review,* 51(6).
14. Lee, I., 2017. Big data: Dimensions, evolution, impacts, and challenges. *Business Horizons,* 60(3), pp. 293-303.
15. Möller, K., Schäffer, U. & Verbeeten, F., 2020. Digitalization in management accounting and control: an aditorial. *Journal of Management Control,* Volume 31, pp. 1-8.
16. Drury, C., 2020. *Management and Cost Accounting.* 11th ed. s.l.:Cengage Learning EMEA
17. Brands, K. & Holtzblatt, M., 2015. Business Analytics: Transforming the Role of Management Accountants. *Management Accounting Quarterly,* Volume 16, pp. 64-65.
18. Cokins, G., 2017. *Top 7 Trends with Management Accounting.* Cary, North Carolina USA, CPIM. Analytics-Based Performance Management LLC.
19. Bhimani, A., 2020. Digital data and Management accounting: why we need to rethink research methods. *Journal of Management Control,* Volume 31, pp. 9-23.
20. Kim Chu, M. & Ow Yong, K., 2021. Big Data Analytics for Business Intelligence in Accounting and Audit. *Open Journal of Social Sciences,* 9(9).
21. Griffin, P. & Wright, A., 2015. Commentaries on big data's importance for accounting and auditing. *Accounting Horizons,* 29(2), pp. 377-379.
22. Chaudhuri, S., Dayal, U. & Narasayy, 2011. An overview of business intelligence technology. *Commun. ACM,* pp. 88-98.
23. Davenport, T., 2014. *Big Data at Work: Dispelling the Myths, Uncovering the Opportunities.* Harvard, Harvard Business Review Press.
24. Howson, C., 2007. *Successful Business Intelligence: Secrets to Making BI&A a Killer App.* New York, McGraw-Hill

25. Matthias, O., Fouweather, I., Gregory, I. & Vernon, A., 2017. Making sense of big data - Can it transform operations management? *International Journal of Operations & Production Management,* 37(1), pp. 37-55.
26. Apian, 2021. *An Economic Intelligence Unit report sponsored by Appian.* Available at: https://appian.com/learn/resources/resource-center/success/economist-survey-european-businesses-digital-ambitions-success.html

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ НАКЛОННЫХ ВОЛОКОННЫХ РЕШЕТОК БРЭГГА

[1,2]Wojcik W., [1,3]Калижанова А.У., [1]Кунелбаев М., [1,4]Козбакова А.Х., [1,5]Айткулов Ж.С., [1]Орманов Т.А., [3]Ахсутова А.А., [1]Масимканова Ж.
kalizhanova_aliya@mail.ru, murat7508@yandex.kz, ainur79@mail.ru, jalau@mail.ru
[1]Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК
[2]Lublin Technical University, Poland
[3]Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Казахстан
[4]Алматинский технологический университет, Казахстан
[5]Казахский национальный женский педагогический университет, Казахстан,

Аннотация: *В данной работе рассмотрены распределенные системы из волоконно-оптических датчиков на основе брэгговских волоконных решеток для контроля и диагностики состояния строительных конструкций, которые позволяют проводить периодические измерения и контроль состояния инженерных конструкций, оценивать тенденции их технического состояния и тем самым облегчать выявление возможных угроз. В статье представлены схема приемопередатчика, программное обеспечение микроконтроллера и функциональных тестов для определения свойств предлагаемой системы. Основной задачей программы-процессора исследовательского блока является непрерывное измерение значений, выдаваемых датчиками (здесь оптическими детекторами), передача их в качестве входных данных в алгоритм управления, выполнение алгоритма управления, загрузка параметров управления в качестве выходных данных. от алгоритма управления и их применения путем управления системами вывода.*

Ключевые слова: распределенные волоконно-оптические датчики, волоконные брэгговские решетки, мониторинг, схема.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует значительный интерес к разработке специфических, чувствительных, недорогих и портативных оптико-электронных приборов. Последние разработки новых чувствительных и селективных материалов играют важную роль в сложных промышленных образцах, образцах окружающей среды. Кроме того, волоконно-оптическая технология широко применяется во многих процессах оптических измерений благодаря своим важным преимуществам, таким как помехозащищенность и возможность его использования для дистанционных и многопозиционных измерений.

В [1] разработали топологию светодиодов, драйверы светодиодов, анализ мощности или напряжения, а также диаграммы направленности светодиодов, которые являются технологиями светоизлучающих диодов (LED). В [2] разработали и исследовали новые возможности применения светодиодов с применением твердотельных технологий. В [3] исследовали стабильность, надежность и применения цифрового управления к применению светодиодных источников света. В [4] исследовали интенсивность света, которая регулировалась с помощью светодиодных драйверов для

управления излучением света, а также светодиодные источники, которые имеют фиксированную коррелированную цветовую температуру (CCT) и цветопередачу. Вот уже больше полвека светоизлучающие диоды (LED) представлены неустранимой частью ежедневной жизни. Вначале их свойство было незначительным, однако научно-технические разработки привели к расширению использования во многих областях [5,6,7,8,9,10,11]. В [12,13,14] разработали светодиодные осветители, которые обладают многими преимуществами по сравнению с традиционными лампами накаливания или газоразрядными источниками света. Такие преимущества включают способность синтезировать цвета, широкие углы излучения, высокую контрастность и светоотдачу, низковольтный источник питания и удобные для пользователя методы управления потоком. В [15,16,17] исследовали светодиодные источники, которые обладают своеобразными недостатками, такие как рассеивание светодиодов, обветшание светодиодов, температура окружающей среды, температуры соединений, электронный метод управления, время службы и влажность окружающей среды. В [18] рассмотрели высокую эффективность, конструктивные превосходства светодиодов и простота их подачи питания приводят к их все более широкому использованию. С развитием светодиодной технологии вначале мы постарались регулировать рабочую температуру раздельных светодиодов и комплектных светодиодных источников. В статье [19] описывается уникальный самоприспосабливающийся многоспектральный светодиодный источник света, который употребляет маленький спектрометр для управления его потоком в системе реального времени. Был предложен метод работы оптического датчика MEMS в качестве спектрометра настоящего времени. Впоследствии описывается осуществление схемы управления датчиком, которая описывает достоверность спектральных измерений и, следовательно, свойство выходного потока. Вдобавок представлен пользовательский способ соединения аналоговой части тракта измерения потока с системой аналого-цифрового преобразования и системой управления на базе ПЛИС. В [20] разработали оптико-электронные приборы для оптического химического (био) зондирования. Особое внимание было уделено самим химическим датчикам, впрочем, только немногие из них освещали течение проектирования оптико-электронных приборов. Также предложили изучение с оптическими приборами и технологиями оптических измерений, используемыми в этой области, для гарантировать совершенное представление областей применения.

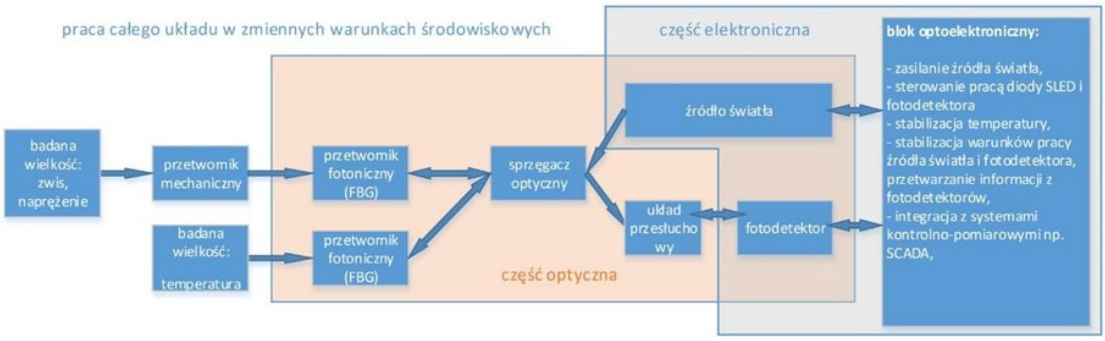


Рис. 1 Блок-схема разработанной системы измерения деформации ВЛ

Архитектура программного обеспечения должна обеспечивать связь с диагностическим устройством (диагностоскопом) во время испытаний и обслуживания. Связь с диагностоскопом должна обеспечиваться независимо от основного функционала

проектируемого устройства. Принимая во внимание возможность требований, требующих от процессора отправки определенных команд через диагностоскоп, связь с окружающей средой должна быть двунаправленной. Основным предположением построения измерительной системы было обеспечение того, чтобы функциональные возможности каждого модуля в системе были максимально приближены друг к другу. Каждый модуль подключается к аналоговым сигналам измерения, управления и связи через одни и те же контакты.

Инициализация микроконтроллера

С момента выхода из состояния RESET процессор приступает к выполнению последующих инструкций, содержащихся в его FLASH-памяти. Все необходимые операции по инициализации процессора, ядер, тактовых цепей, обработчика прерываний и других периферийных модулей должны быть выполнены в начале.

Только после соответствующей инициализации и активации периферийных систем можно приступать к выполнению процедур, связанных с измерением сигналов датчиков, передачей данных, диагностикой, алгоритмами управления и управлением исполнительными системами. Весь процесс инициализации представлен в виде блок-схемы на рисунке 2.

Рис. 2. Процесс инициации

Первый этап - это инициализация ядра процессора, и прежде всего его регистров и других структур. Этот процесс должен выполняться строго определенным образом, рекомендованным производителем процессора, чтобы после его проведения ядро процессора находилось в известном состоянии.

Следующим шагом является определение причины предыдущей перезагрузки процессора. Это могло произойти по многим причинам. Обычно это включение питания устройства, после чего процессор некоторое время удерживается в состоянии сброса, пока не установится соответствующее состояние окружающей электроники.

Во время нормальной работы только включение питания должно переводить процессор в состояние сброса. Другие причины означали бы возникновение нештатной ситуации, например какой-то сбой. Одна из таких причин заключается в том, что внутренний сторожевой таймер запускает сброс, что означает, что определенная часть программы выполнялась дольше предполагаемого времени. Программное обеспечение встроенных систем реального времени, особенно измерительных систем с высоким уровнем безопасности, должно характеризоваться детерминированным поведением. Это означает, что, например, время реакции на внешние события должно быть строго определено и не должно превышаться. Точно так же время выполнения обычных операций должно находиться в определенных пределах. Поэтому превышение времени выполнения фрагмента программного кода означает нештатную ситуацию и может означать, что система работает некорректно. Поэтому в такой ситуации система сторожевого таймера сбрасывает процессор. Это экстремальная ситуация, которой никогда не должно было случиться, но если бы это произошло, это, скорее всего, означает, что сам процессор не работает должным образом.

Затем должны запуститься циклы синхронизации PLL. Многим внутренним микросхемам процессора для работы нужны тактовые сигналы с правильными частотами, поэтому их необходимо настроить на этом этапе. Как только схема синхронизации работает правильно и сигналы синхронизации имеют правильные параметры, можно включить домены питания. Затем можно настроить параметры доступа к FLASH-памяти, чтобы обеспечить быстрое чтение из нее данных и программных инструкций. Следующим шагом является настройка параметров внутреннего тактового генератора LPO.

Следующим шагом является подключение периферийных устройств к соответствующим тактовым сигналам. После того, как все периферийные устройства правильно синхронизированы, необходимо инициализировать менеджер прерываний VIM и супервизор ESM. На этом этапе, когда наиболее важные структуры процессора запущены, следует запустить процедуру инициализации среды C/C++ (предоставляется производителем процессора в виде прилагаемой к компилятору библиотеки), а затем основную функцию main.

Обработка данных.

Описанный выше процесс следует повторять всякий раз, когда доступны новые входные данные. Благодаря применяемой архитектуре измерительной системы входные данные поступают из трех источников:

- на основе измерений аналоговых величин через встроенные преобразователи АЦП,
- на основе цифровой связи I2C (датчик параметров окружающей среды),
- на основе данных, полученных от модулей контроллера (последовательная передача).

Частота поступления входных данных зависит от того, как они получены. Сигналы с аналоговых датчиков непрерывно поступают на входы аналого-цифровых преобразователей. Их значения преобразуются в двоичное представление циклически преобразователем. Используемый процессор имеет преобразователь, способный выполнять 1 000 000 преобразований в секунду, а это означает, что новые данные с аналоговых датчиков доступны в среднем каждые 1 мкс.

Информация о текущих настройках терморегуляторов передаётся со скоростью 19200б/с. Поэтому эта информация поступает с такой частотой, как возникающие фронты цифровых сигналов (и как работает основной цикл программы). Поэтому эта информация обновляется во много раз реже, чем получаемая от аналоговых оптических детекторов.

В связи с этим загрузка данных с аналого-цифровых преобразователей, выполнение алгоритма управления и диагностики, связь и управление исполнительными системами должны происходить в основном цикле программы. Это гарантирует, что алгоритм управления будет выполняться как можно чаще, а другие функции не будут пропускаться или выполняться слишком редко.

В связи с вышеизложенным было принято решение, что реакция на наклоны цифровых сигналов вызовет возникновение прерываний. Когда аппаратный монитор цифровых сигналов обнаруживает фронт, он сигнализирует о необходимости инициировать прерывание. В ответ процессор прекратит выполнение основного цикла программы и запустит выполнение специального обработчика прерывания. Он перезапустится после того, как это будет сделано выполнение основного цикла программы, блок-схема которого представлена на рисунке 3.

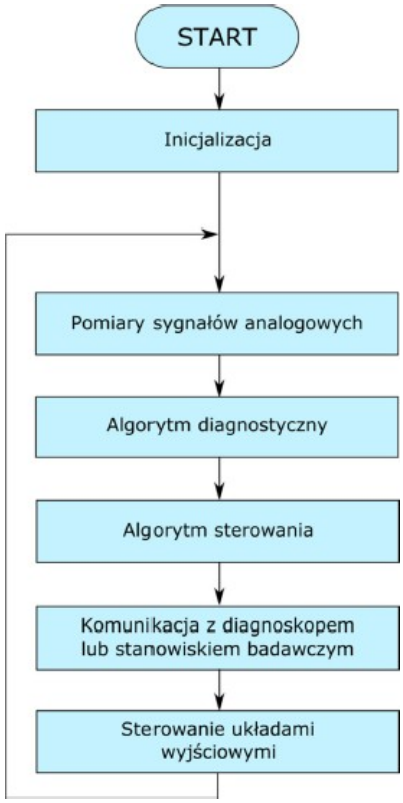


Рис. 3 Основной цикл программы

На этапе базового ПО, не включающего расширенную диагностику, должны быть активны только самые основные системы обработки ошибок, работа которых необходима для работы процессора. Поскольку реакция на генерируемые ими сигналы также должна быть максимально быстрой, их обработка также должна происходить в процедурах обработки прерываний.

Внутри микроконтроллера используются несколько источников тактовых сигналов. Эти сигналы выполняют различные функции, такие как тактирование ядер ЦП и периферийных модулей. Некоторые используются как резервные источники тактовых сигналов, применяемые в случае некорректной работы основного источника тактового сигнала. Часть тактовых сигналов также подается на выходы микроконтроллера, что позволяет синхронизировать внешние схемы во времени. Тактовые входы и выходы перечислены в таблице ниже.

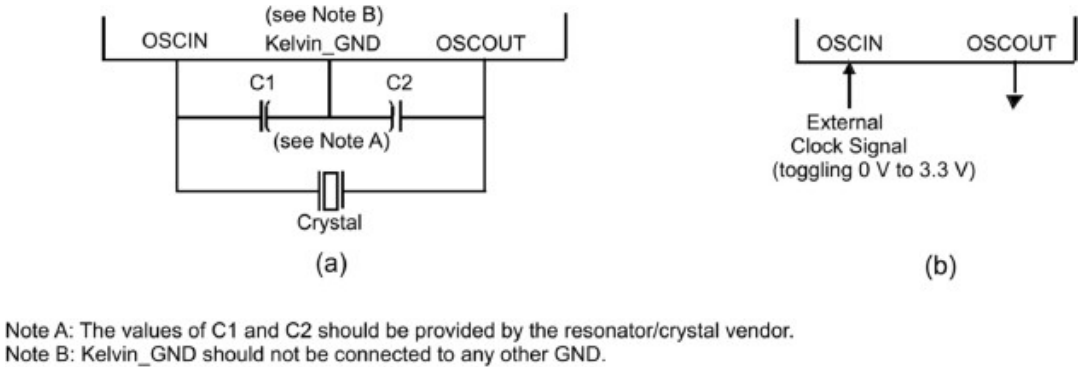


Рис. 4 Способ подключения кварцевого генератора к MCU

Основной генератор позволяет вам обеспечить базовый тактовый сигнал от внешнего генератора или через кварцевый генератор. Так как использование кварцевого резонатора требует подбора строгих номиналов конденсаторов (обозначены ниже C1 и C2) как для конструкции печатной платы, так и для модели и производителя резонатора рекомендуется использовать встроенный откалиброванный на заводе генератор тактовых сигналов. Это повышает надежность системы, снижая риск возникновения проблем при запуске кварцевого генератора или возникновения помех. На рисунке ниже показано, как подключить источник сигнала основного генератора: допустимо (а) и рекомендовано (б).

Процедура инициализации контура PLL:

- отключение контура PLL как источника тактовых сигналов с помощью регистра CSDISSET
- очистка флагов реестра GBLSTAT
- установка регистра PLLCTL1
- включить сброс в случае неисправности
- переключение на резервный источник синхронизации в вышеуказанном случае
- установка разделителей
- установка регистра PLLCTL2
- отключение функции «расширение спектра»
- установка внутреннего разделителя
- установка регистра PLLCTL3
- настройка выходного делителя

– установка делителя эталонного тактового сигнала
– настройка множителя
– запуск цикла PLL.

Функциональные тесты проверки правильности считывания измеряемых величин, связи с периферией и управления выходными системами проводились с использованием внешнего канала связи и ранее описанных структур данных. Измерения проводились для обоих каналов считывания, для обоих регуляторов температуры, для внутренних измерений напряжения питания процессора и его температуры, а также для датчика условий окружающей среды. Избранные измерения наблюдались с помощью цифрового осциллографа.

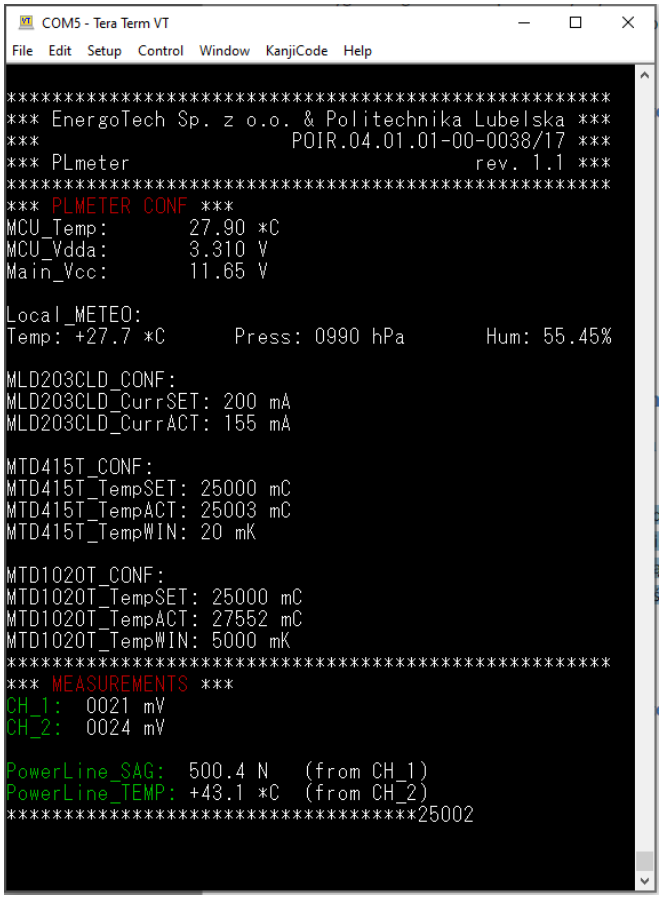


Рис. 5 Пример просмотра измерительного окна (на обоих каналах фоновое измерение)

Связь осуществляется путем отправки отдельных байтов, аналогично стандарту RS-232. Опять же, передача начинается со стартового бита, за которым следуют 8 бит (обычно), и всегда заканчивается стоповым битом. Структура одного байта передачи показана на рис. 7.

Построенная таким образом группа битов обеспечивает автоматический прием сообщений выделенными периферийными модулями процессора. В случае процессора, обсуждаемого в этой статье, это модуль SCI.

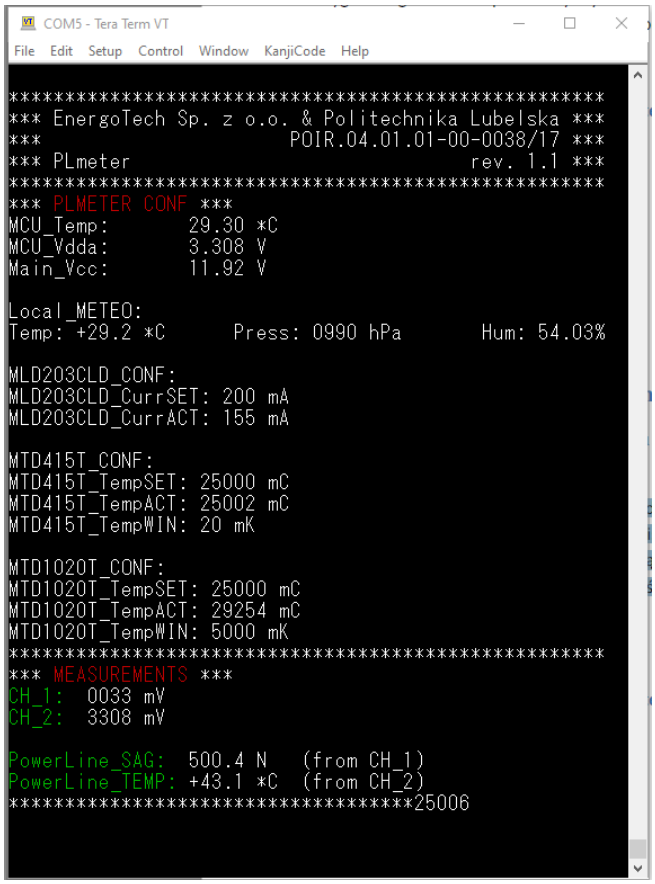


Рис. 6 Пример просмотра измерительного окна (канал 1-фон, канал 2-насыщенность)

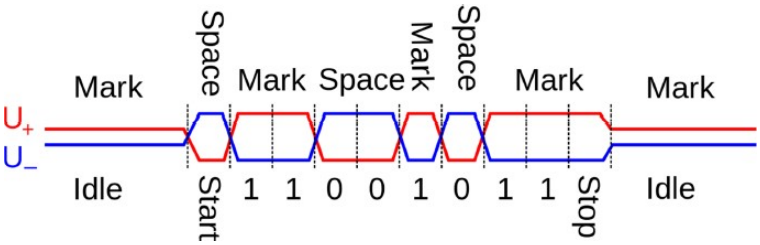


Рис. 7 Одиночный байт передачи

Как описано выше, за передачу и прием одиночных байтов отвечает специализированный аппаратный модуль SCI. Однако роль цифровой передачи данных гораздо сложнее – она позволяет отправлять в контроллер определенные данные, например, изменения конфигурации, а также загружать данные из контроллера, такие как результаты измерений или параметры алгоритмов управления. Он также должен обеспечивать возможность отправки команд, заставляющих контроллер выполнять определенные действия в определенное время. Это достигается назначением определенных функций протокола организованным последовательностям байтов, далее именуемым командами. Однако условия, в которых работает система, далеки от идеальных, поэтому протокол связи должен позволять обнаруживать правильность или

ошибку при передаче данных. Описываемый протокол инкапсулирует команды с помощью дополнительного уровня протокола - транспортного уровня. Этот уровень определяет следующий уровень организации байтов — одиночные коммуникационные кадры. В то же время были введены механизмы проверки полученных данных и обнаружения недостающих фрагментов передачи.

На рисунке ниже показана общая форма одного фрейма данных.

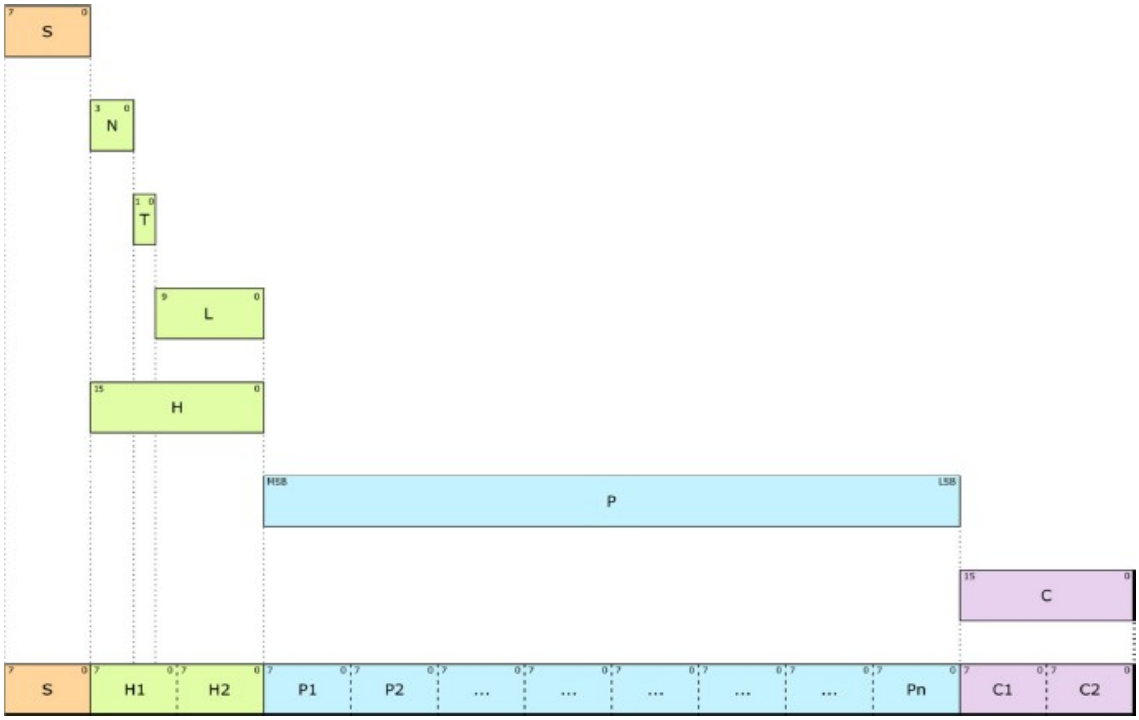


Рис. 8 Конструкция одинарной рамы

Такой кадр передается по каналу связи побайтно, и их порядок во времени соответствует порядку слева направо на рисунке выше.

Весь кадр разбивается на фрагменты, содержащие строго определенную информацию. Распределение этих фрагментов по отдельным полям показано над самим кадром. Каждый кадр передачи начинается со стартового байта, отмеченного на рисунке буквой S, которая является маркером начала кадра. Если приемник теряет синхронизацию, восстановление синхронизации упрощается, поскольку каждый кадр начинается с байта S. В следующем протоколе этот байт всегда равен 7Eh. Следующий фрагмент кадра — это заголовок, отмеченный буквой H. Заголовок всегда занимает два байта и содержит всю информацию о передаваемом кадре. Поместив заголовок в начало, получатель может подготовиться к следующим данным после их получения. Заголовок имеет размер 16 бит и состоит из битов 7-0 байта, обозначенного H1, и битов 7-0 байта, обозначенного H2. Первые четыре бита заголовка (15-12) образуют четырехбитное поле, которое может принимать значения в диапазоне от 0 до 15. Это поле указывает номер кадра и маркируется буквой N. Номера последующих кадры увеличиваются на единицу.

Заключение.

Это решение имеет два очень важных преимущества. Во-первых, он обнаруживает пропущенные кадры. Если последовательно полученные кадры имеют номера, отличающиеся более чем на единицу, это означает, что отправленные между ними кадры потеряны. Второе преимущество состоит в том, что стало возможным ввести очередь кадров. Приемник может сохранить в памяти до 16 кадров перед отправкой ответных кадров. Поскольку номера кадров ответа будут связаны с номерами входящих кадров, отправитель исходных кадров сможет назначать кадры ответа кадрам запроса.

Следующее поле заголовка представляет собой двухбитное поле T, состоящее из битов 11-10 поля H. Это поле может принимать четыре значения в диапазоне от 0 до 3 и используется для указания типа кадра. Для максимального уровня безопасности за счет повышения устойчивости к ошибкам передачи введена необходимость проведения процедуры установления соединения между передающим и принимающим устройством, и каждая ошибка обнаруженное одним из устройств, должно вызвать необходимость повторного подключения.

Экспериментальные исследования проводились в лабораториях Оптоэлектроники факультета электротехники и компьютерных наук Люблинского технического университета в рамках проектов ГФ №AP09259547 и ГФ №AP19679153 ИИВТ КН МНВО РК.

Литература

1. Rachev, I.; Djamiykov, T.; Marinov, M.; Hinov, N. Improvement of the Approximation Accuracy of LED Radiation Patterns. Electronics 2019, 8, 337.
2. Shur, M.S.; Zukauskas, R. Solid-state lighting: Toward superior illumination. Proc. IEEE 2005, 93, 1691–1703.
3. Schubert, E.F.; Kim, J.K. Solid-state light sources getting smart. Science 2005, 308, 1274–1278.
4. Wang, Y.; Alonso, J.M.; Ruan, X. A review of LED drivers and related technologies. IEEE Trans. Ind. Electron. 2017, 64, 5754–5765.
5. Jägerbrand, A.K. LED (Light-Emitting Diode) Road Lighting in Practice: An Evaluation of Compliance with Regulations and Improvements for Further Energy Savings. Energies 2016, 9, 357.
6. Paucek, I.; Appolloni, A.; Pennisi, G.; Quaini, S.; Gianquinto, G.; Orsini, F. LED Lighting Systems for Horticulture: Business Growth and Global Distribution. Sustainability 2020, 12, 7516.
7. Pirc, M.; Caserman, S.; Ferk, P.; Topič, M. Compact UV LED Lamp with Low Heat Emissions for Biological Research Applications. Electronics 2019, 8, 343.
8. Petkovic, M.; Bajovic, D.; Vukobratovic, D.; Machaj, J.; Brida, P.; McCutcheon, G.; Stankovic, L.; Stankovic, V. Smart Dimmable LED Lighting Systems. Sensors 2022, 22, 8523.]
9. Singh, D.; Basu, C.; Meinhardt-Wollweber, M.; Roth, B. LEDs for energy efficient greenhouse lighting. Renew. Sustain. Energy Rev. 2015, 49, 139–147.
10. Shelford, T.J.; Both, A.-J. On the Technical Performance Characteristics of Horticultural Lamps. AgriEngineering 2021, 3, 716–727.
11. Gilewski, M. The state of art in the horticulture lighting. Photonics Lett. Pol. 2020, 12, 100–102.
12. Ma, S.; Qi, Y.; Mu, G.; Chen, M.; Tang, X. Multi-Color Light-Emitting Diodes. Coatings 2023, 13, 182.
13. Wu, T.; Ma, J.; Su, P.; Zhang, L.; Xia, B. Full-Color Realization of Micro-LED Displays. Nanomaterials 2020, 10, 2482.

14. Jeon, Y.; Noh, I.; Seo, Y.C.; Han, J.H.; Park, Y.; Cho, E.H.; Choi, K.C. Parallel-Stacked Flexible Organic Light-Emitting Diodes for Wearable Photodynamic Therapeutics and Color-Tunable Optoelectronics. ACS Nano 2020, 14, 15688–15699.
15. Chakrabarti, M.; Thorseth, A.; Jepsen, J.; Dam-Hansen, C. Monte Carlo analysis of multicolour LED light engine. In Proceedings of the 28th Session of the International Commission on Illumination At: ManchesterVolume: Proceedings of 28th CIE Session, Manchester, UK, 28 June 2015–4 July 2015; ISBN 978-3-902842-55-8
16. Chang, M.-H.; Das, D.; Verde, P.; Pecht, M. Light Emitting Diodes Reliability Review. Microelectron. Reliab. 2012, 52, 762–782.
17. Tan, C.M.; Chen, B.K.E.; Xu, G.; Liu, Y. Analysis of humidity effects on the degradation of high-power white LEDs. Microelectron. Reliab. 2009, 49, 1226–1230.
18. Watjanatepin, N. Design Construct and Evaluation of Six- Spectral LEDs-Based Solar Simulator Based on IEC 60904-9. Int. J. Eng. Technol. 2017, 9, 023–931.
19. Marian Gilewski. Selective Light Measurement in the Control of Reference LED Sources. *Sensors* 2023, *23*(6), 3285
20. Francisco Ferrero Martín 1,* , Marta Valledor Llopis 1 , Juan C. Campo Rodríguez 1 , Alberto López Martínez 1 , Ana Soldado Cabezuelo 2,*, María T. Fernández-Arguelles 2 and José M. Costa-Fernández. Optoelectronic Instrumentation and Measurement Strategies for Optical Chemical (Bio)Sensing. Appl. Sci. 2021, 11, 7849

ПАТТЕРНЫ ИННОВАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБУЧЕНИЯ

Кубеков Б.С., Киселева О.В., Майнцер Д.А., Холидуллаева Д.Х.
e-mail: b.kubekov@mail.ru, o.kisseleva@turan-edu.kz, d.maintser@turan-edu.kz, kh.diana0@gmail.com
Учреждение «Университет Туран»

Аннотация. *В статье рассматривается решение проблемы обобщения знаний с помощью паттернов проектирования. Подчеркивается, что принципы получения знаний должны обязательно доводиться до некоторого обобщенного представления и применения, и что только таким образом можно обеспечить подготовку специалистов, способных качественно решать проблемы и задачи в своей профессиональной деятельности. На базе когнитивно-фреймовой модели представления знаний рассматриваются онтологические паттерны, а для компетентностно-проектной технологии обучения – паттерны знаний и реального опыта разработки программных систем и продуктов.*

Ключевые слова: *паттерны проектирования, онтологический паттерн, принципы получения знаний, модель компетенций.*

Переход образовательной системы от традиционной формально-знаниевой модели к модели компетенций, обусловлен рядом объективно-существующих причин, главными из которых являются, во-первых, общеевропейская и мировая тенденция к интеграции науки и экономики, во-вторых, в необходимости развития у обучающихся таких компетенций, которые, пронизывая друг друга, должны проявляться в процессе решения жизненно важных профессиональных задач разного уровня сложности, в разных контекстах многоуровневого образовательного пространства.

В отличие от традиционной формально-знаниевой модели, модель компетенций предполагает развитие целого комплекса сложных навыков, что в условиях модульных образовательных программ и принципов их проектирования, а также модульной формы образовательного процесса, должно происходить только на базе проектного подхода и с учетом профессиональных, базовых и дополнительных компетенций, в соответствии с циклами профилирующих, базовых и общеобразовательных дисциплин ГОСО высшего и послевузовского образования Республики Казахстан.

Профессиональные компетенции связаны с успехом личности в быстро меняющемся мире, и проявляются прежде всего в способности решать профессиональные задачи на основе использования информации, коммуникации, в том числе на иностранном языке, социально-правовых основ поведения личности в гражданском обществе. Базовые компетенции отражают специфику определенной профессиональной инженерной деятельности. Дополнительные компетенции отражают специфику предметной сферы обучения и профессиональной деятельности.

В инновационной модели обучения, под содержанием образования принята система моделей компетенций этапов разработки учебного проекта, интегрирующая совокупность взаимосвязанных личностно-профессиональных ориентаций, умений и знаний, ориентированная на эффективное решение обучающимися актуальных проблем своей предстоящей инженерной деятельности.

Компетенция определяется как «совокупность знаний, навыков и умений, формируемых в процессе обучения той или иной дисциплине, а также способностью к выполнению определенной профессиональной деятельности на основе полученных знаний, навыков и умений».

Под понятием «компетентность» понимается не суммарная совокупность, а целостная система личностно осмысленных знаний, умений и принятых ценностей, направленных на применение компетенций. При этом компетентность – это опыт успешного осуществления реальной проектной деятельности, а также способ существования того или иного содержания образования и его успешного воплощения в профессиональной деятельности.

В этой связи, новой парадигмой образования, на наш взгляд, должна стать парадигма усиления информации, в которой компетенции должны играть ключевую роль «информационного усилителя».

Рассмотрим, каким образом взаимообусловлены и взаимосвязаны трактовки понятий «компетенция», «опорное понятие», «онтология опорного понятия» и «выражение знания», используемые в инновационной модели обучения, в качестве иллюстрации знаний семантического контекста информационно-образовательных ресурсов областей знаний [1].

Компетенции, в силу своей абстрактной и всеобъемлющей рамки квалификаций, являются средством выделения и отображения знаний семантического контекста информационно-образовательных ресурсов областей знаний. В свою очередь, каждая компетенция представляется набором опорных понятий, где каждое опорное понятие моделируется в виде онтологии понятий и, наконец, спецификации онтологий опорных понятий, в виде выражений знания, - определяют знаниевый контент обучения.

Таким образом, компетенции, опорные понятия и выражения знаний совместно выступают в качестве информационного усилителя, питая запрос обучающегося на языке компетенций, и переводя этот запрос в понятийное знание, представляемое совокупностью структурированных понятий, то есть – онтологии понятий, поскольку понятийное знание – это знание об основах знаний! Ключевая роль компетенций в инновационной модели обучения заключается, таким образом, в том, что они, выступая в качестве формы инструментализации знаний, играют роль базового компонента «информационного усилителя».

Современные исследователи считают онтологии основной парадигмой управления знаниями предприятия.

Применяемая в инновационной модели обучения когнитивно-фреймовая модель отображения знаний, во многом определяется человеческим восприятием некоторого образа, сохраняя целостность этого образа и усиливая в нем стереотипность, за счет логики, практического опыта человека и его понятийного мышления, что и составляет основу парадигмы усиления информации.

Многочисленные исследования когнитологов объединены идеей о том, что знания человека организуются при помощи неких структур - когнитивных моделей. Одной из когнитивных моделей фрагментов действительности является фрейм, который рассматривается как иерархически организованная структура знаний об объекте, событии, действии, процессе и т.п. По мнению М. Минского, фрейм – это некая «структура данных», которая предназначена для представления стереотипной ситуации [2,3].

В инновационной модели обучения, под фреймом понимается некая структура понятий, которая предназначена для представления стереотипной ситуации, связанной с восприятием знаний, где под стереотипной ситуацией понимается сформированная экспертом мыслительная оценка семантического наполнения абстракции, в качестве которой выступает опорное понятие.

Категориально-понятийная структура когнитивно-фреймовой модели:

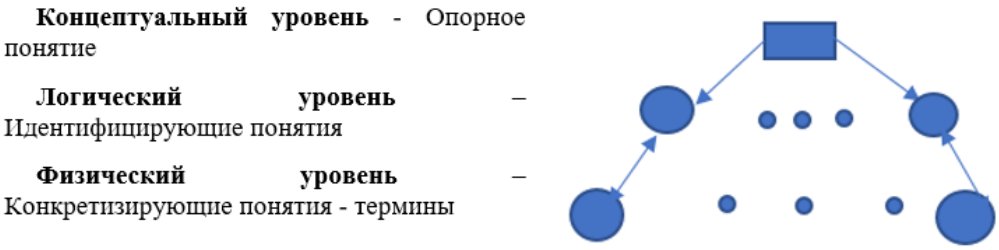


Рис 1. Категориально-понятийная структура когнитивно-фреймовой модели

Концептуальный уровень представлен опорным понятием - базовой абстракцией семантического контекста информационно-образовательных ресурсов области знания, обладающей индивидуальными свойствами, и определяющей свойство общности для своих дочерних понятий, в лице идентифицирующих и конкретизирующих понятий онтологии.

Логический уровень представлен совокупностью идентифицирующих понятий, с помощью которых происходит отождествление опорного понятия с его проекциями, каждая из которых представляет собой некоторый семантический контекст, в рамках которого определены конкретизирующие понятия, то есть, термины информационно-образовательных ресурсов.

Физический уровень состоит из конкретизирующих понятий, представляющих собой термины выделенных проекций, типичные и всевозможные сочетания которых ясно и недвусмысленно описывают опорное понятие, а также конфигурируют его как семантические, так и отличительные свойства.

В инновационной модели обучения, стереотипность оформляется в виде онтологических паттернов и паттернов компетентностно-проектной технологии обучения.

Как известно, любой паттерн проектирования представляет собой формализованное описание часто встречающейся задачи проектирования, удачное решение данной задачи, а также рекомендации по применению этого решения в различных ситуациях. Кроме того, паттерн проектирования обязательно имеет общеупотребимое наименование. Правильно сформулированный паттерн проектирования позволяет, отыскав однажды удачное решение, пользоваться им снова и снова.

Для паттерна установлено следующее правило: «Паттерн обязательно должен иметь *организующий принцип*, и этот принцип влечет за собой *повторение*, то есть, один и тот же принцип должен применяться снова и снова как внутреннее или внешнее повторение».

Когнитивно-фреймовую модель отображения знаний на основе онтологии понятий, можно считать онтологическим паттерном, поскольку организующий принцип модели представлен в виде уровневой структуры понятий, а вариативность спецификаций опорного понятия, за счет обновления понятий и терминов, не приводит к потере

семантики опорного понятия – в чем и заключается принцип семантического повторения.

Так как ментальность определяется набором паттернов восприятия, поэтому в наших построениях используются следующие типы *онтологических* паттернов:

– онтологический паттерн выражения знаний;
– *онтологический паттерн выражения компетенций.*

Данные паттерны реализуют единый принцип построения ментальных элементов, в качестве которых выступают такие системные абстракции, как выражение знаний и выражение компетенций.

Действительно, выражение знаний – это композиция понятий, каждое из которых представляет собой мысль, в которой отражаются общие существенные и отличительные свойства и связи объектов и явлений предметной области.

Выражение компетенций, являясь формой инструментализации знаний, представляет собой композицию компетенций, где каждая из компетенций – это динамическая совокупность операционных знаний, умений и опыта.

Таким образом, обоснование когнитивно-фреймовой модели в качестве онтологического паттерна, соответствует смыслу современного стиля обучения, подразумевающего осмысление принципов получения знаний и важности развития этих знаний до некоторого обобщенного представления.

Что касается компетентностно-проектной технологии обучения, то в контексте этапов разработки учебного проекта, также требуются обобщения как профессиональных знаний, так и корпоративного опыта.

Как известно, любая функция должна быть определена на любом отрезке пространства исходных данных. В наших построениях, такими отрезками являются проекции информационно-образовательных ресурсов, в которых релевантно компетенциям и их опорным понятиям, определены знания, требуемые для каждого этапа выполнения учебного проекта.

Знаниевый контент компетенций, представленный наборами опорных понятий и специфицированный в виде выражений знаний, и является формой обобщения знаний.

В качестве таких обобщений знаний, в инновационной модели обучения, введены паттерны этапов CDIO [4] разработки учебного проекта, которые должны обладать следующими характеристиками:

1. описывать учебный проект, его типовое решение, область применения типового решения и его результаты, а также рекомендации по реализации и примеры;
2. иметь организующий принцип, влекущий за собой повторение знаний и проверенного опытом проектных решений по разработке подобных, но реальных проектов;
3. определять некоторую определенную схему-образ, действующую как посредствующее представление, благодаря которому в режиме одновременности восприятия и мышления, можно выявлять закономерности в процессах разработки модели требований, модели анализа и модели проектирования учебного проекта и того, как они взаимодействуют в рамках этапов CDIO;
4. некоторой расплывчатостью применения паттернов, так как даже небольшое изменение проблемы или контекста приводит к множеству других возможных решений.

Далее, на рисунке 2, представим диаграмму, в которой показана иерархия уровней этапов разработки учебного проекта и формализмов, обуславливающих роль и место паттернов компетентностно-проектной технологии обучения.

Таким образом, так как знание – это есть результат систематизации понятий, а мышление человека осуществляется в понятиях, поэтому онтологический паттерн

определяется как фрейм, определяющий рамки и структуру понятий, связанных между собой определенным числом отношений. Онтологический паттерны реализует организующий принцип - понятийную структуру, в виде онтологии опорного понятия.

С помощью паттернов компетентностно-проектной технологии обучения, обобщаются знания областей знаний SWEBOK, а также корпоративного опыта реальных проектов, что в дополнение к учебному контенту, будет способствовать подготовке middle-специалистов по программной инженерии.

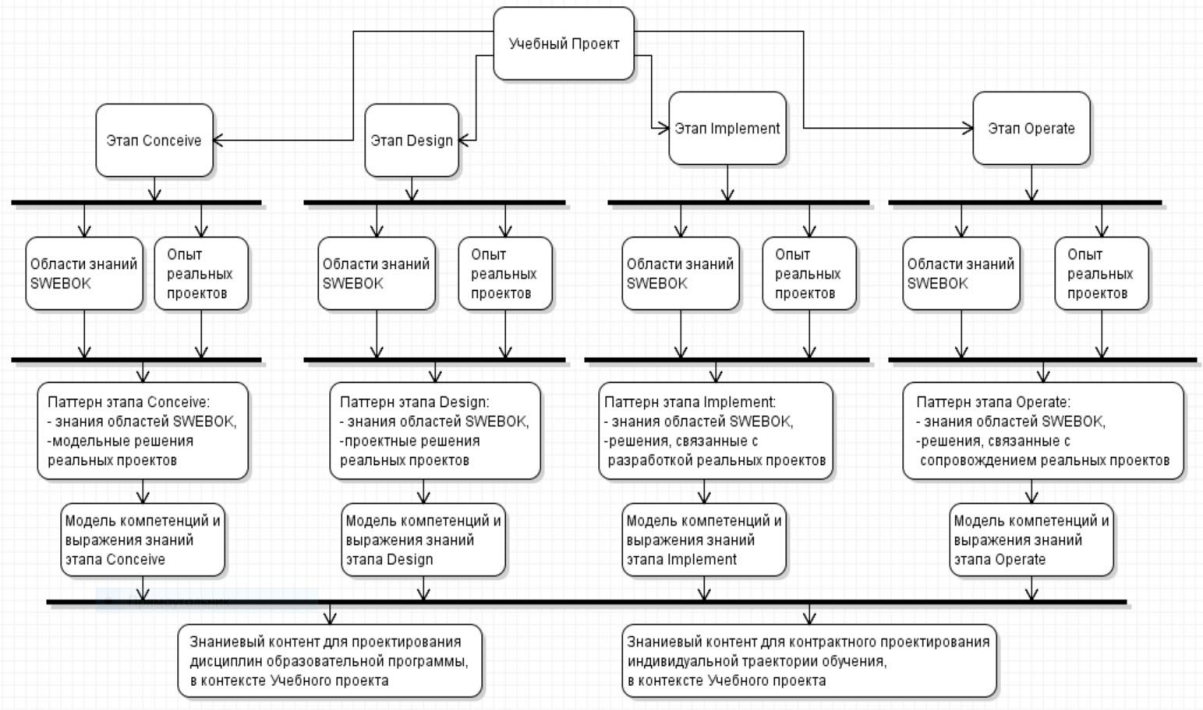


Рис 2. Диаграмма уровней этапов разработки учебного проекта и формализмов, обуславливающих роль и место паттернов компетентностно-проектной технологии обучения.

Литература

1. Кубеков Б.С. Организация и представление знаний планируемого обучения на основе онтологии. Монография. - Алматы: ИП «LP-Zhasulan», 2019-336с. ISBN 978-601-332-353-4
2. Мински М. Фреймы для представления знаний. - М.: Энергия, 1979.
3. Филлмор Ч. Фреймы и семантика понимания // НЗЛ, 1988. Вып. 23: Когнитивные аспекты языка. - С. 24-25.
4. Кроули Е.Ф., Программа CDIO: Описание целей и задач бакалаврского инженерного образования, Доклад CDIO №1 изд. МИТ, 2001. Электронный ресурс (дата обращения: 15.11.2019г.). //URL: https://www.cdio.org

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ SMART CITY

[1]Аленова Р.А., [2]Ахметов Б.С., [3]Лахно В.А., [4]Куандыкова Д.Р.
E-mail: raya.alenova@bk.ru, bakhytzhan.akhmetov.54@mail.ru, valss21@ukr.net, d.kuandykova@turan-edu.kz
[1]Университет Туран, Алматы, Казахстан
[2]Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан
[3]Национальный университет биоресурсов и природопользования, Киев, Украина
[4]Университет Туран, Алматы, Казахстан

Аннотация. *На современном этапе развития человеческой цивилизации города играют все более заметную роль в общем развитии экономик развитых государств мира. Именно в городах производится ключевая часть валовой внутренней продукции и во многом формируются потребительские нужды. Именно в городах сегодня сконцентрирована основная часть населения многих ведущих стран мира.*

Бурное развитие вычислительной техники в 20-м веке поспособствовало разработке и использованию все более сложных экономико-математических методов и моделей, отражающих реальные процессы и позволяющих лицам, принимающим решения, лучше понимать предметные отрасли, с которыми они имеют дело, и решать проблемы, ранее считавшимися слишком сложными. Одними из наиболее распространенных задач, которые стали эффективно решать с помощью ЭВМ, стали задачи оптимизации. Заметим, что с такими задачами люди постоянно сталкиваются в повседневной жизни и бизнесе. Для нахождения оптимального решения, в том числе, касающихся вопросов выбора стратегий инвестирования в технологии Smart City [1, 2] целесообразно использовать специально разработаны математические методы и модели с помощью их программной реализации в виде отдельного (самостоятельного) программного продукта или специально разработанного модуля к существующему программному продукту. Особую ценность имеет универсальный инструментарий моделирования, который можно использовать для решения задач разных сфер экономики. К такому инструментарию можно отнести генетические алгоритмы (ГА) - адаптивные методы, основанные на принципах биологической эволюции. Их основными преимуществами являются сравнительно высокая скорость нахождения удовлетворительного при определенных условиях решения и уникальный способ работы: реализуя механизмы скрещивания, отбора, мутации и других генетических операторов, алгоритм будет перебирать следующие "поколения" решений, пока не найдет оптимального результата или не исчерпает определенное количество времени или циклов, отведенных к его работе.

Основной материал.

Анализируя задачу по поиску рациональной стратегии инвестирования в проекты развития Smart City предлагается решать ее в два этапа.

На первом этапе задействован потенциал билинейных дифференциальных игр [3-5], который предназначен для описания взаимодействия объектов в многомерных пространствах решений. Однако этот подход достаточно трудоемкий и требует больших затрат времени на поиск решения. Поэтому предложено на втором этапе задействовать потенциал быстрого модифицированного ГА [6, 7].

Сформулируем модель для первого этапа метода.

Полное решение для этого этапа, предлагаемого метода описано в работах [3-5].

Две группы инвесторов (игроков) управляют динамической системой в многомерных пространствах. Группы игроков придерживаются разных стратегий в подходах к инвестированию ИТ Smart City. Например, одна группа действует исходя из приоритетности парадигмы инновационности ИТ для Smart City. При этом требуется все более новое и новое «железо», которое заточено на решение специфических задач, например, логистика или управление водо и энерго поставками. Вторая группа исповедует более прагматичные подходы и предпочитает инвестировать в уже зарекомендовавшие себя технологии. Полагая, что в нынешних условиях клиенты все меньше покупаются на «революционные продукты» в сфере ИБ. Такой подход инвесторов, предполагает, вложение финансового ресурса в технологии и системы Smart City, не страдающие излишней требовательностью к системным ресурсам. А кроме того, часть подобных аппаратно-программных решений уже установлена на объектах Smart City.

Динамическая система (ДС) задана совокупностью билинейных дифференциальных уравнений с зависимыми движениями. Для ДС определены множества стратегий *(U)* и *(V)* групп игроков [3]. Также для ДС определены терминальные поверхности S_0, F_0. Цель первой группы игроков (далее по тексту принято обозначение *Inv1*) привести ДС с помощью своих стратегий управления на терминальную поверхность S_0. Причем это необходимо сделать вне зависимости от действий второй группы игроков (далее принято *Inv2*). Цель *Inv2* привести ДС с помощью своих стратегий управления на терминальную поверхность F_0, вне зависимости от действий *Inv1*. Сформулированная постановка проблемы генерирует две задачи. Это, соответственно, задачи со стороны первого игрока-союзника и со стороны второго игрока-союзника [4].

Инвестиционный процесс в технологии Smart City характеризуется множеством факторов, например, как распределить финансовые ресурсы (ФР) на приоритетные или не приоритетные направления, как это было ранее показано в первом разделе работы. Указанное обстоятельство приводит к тому, что проблема не может быть описана каким-либо одним фактором, приводящим к многомерности. Решение многомерных задач, как правило, требует разработки дополнительного инструментария, не идентичного инструментарию, разработанному для одномерного случая в работах [5].

Однако, следует заметить, что для сложных прикладных игровых моделей присуща высокая размерность как для пространства управляющих параметров, так и для критериального пространства.

А кроме того, если рассматривать группу инвесторов в проекты развития Smart City, как коалицию, то для компонентов векторных показателей эффективности оценивания такой коалиции, характерны невыпуклость и наличие разрывов. Рассматривая сложные инвестиционные проекты игровая модель в чистом виде делает достаточно затруднительным или невозможным применение классических игровых моделей, а также известных оптимизационных методов. Это и актуализирует необходимость

формирования новых подходов к решению подобного класса задач. Например, на основе применения генетических алгоритмов.

И действительно если после этапа поиска стратегий инвестирования в технологии Smart City мы получаем высокую размерность для пространства управляющих параметров и критериального пространства, то там необходимо инструмент, который сможет учесть особенности инвестирования в проекты развития Smart City. А именно невыпуклость и наличие разрывов в пространстве управляющих параметров. Как явствует из выкладок, представленных в работах [4, 5], использование для анализа сложных инвестиционных проектов лишь игровой модель в чистом виде не дает однозначно положительного результата. Это и актуализирует необходимость формирования новых подходов к решению подобного класса задач. Например, на основе применения ГА. При таком подходе инвесторам становится возможным реализовать практически все преимущества ГА, а именно:

- использовать целевую функцию, а не ее производную или другую дополнительную информацию;
- детально исследовать пространство поиска оптимальных значений в разных направлениях;
- проводить исследования для ситуации, когда область поиска бесконечна, и/или меняется в течение времени, а также имеет множество локальных оптимумов;
- проводить исследования, когда необходимо одновременно оперировать множеством параметров и несколькими целевыми функциями и предоставлять компромиссное решение задачи, особенно для случая, когда требуется учитывать множество предпочтений инвесторов;
- проводить исследования используя функцию приспособленности и не требуя никакой дополнительной информации для управления каждым шагом для улучшения решения.

Заметим, что ограничение времени работы ГА может быть реализовано разными способами:

1) временное ограничение;
2) количественное ограничение циклов;
3) естественный спад, когда смертность в популяции превышает рождаемость.

Заметим, что при таком комбинированном подходе к решению задачи по поиску стратегий инвестирования с максимизацией отдачи финансового ресурса для инвесторов, можно решать высоконелинейные задачи. Причем важно, что при решении мы не зависим от вида целевой функции. Найденное решение будет квазиоптимальным и близким к глобальному.

Комбинированный подход показывает более короткое время для поиска решений. Примерно на 15-17%, см. рис. 1.

Это объясняется следующим обстоятельством.

Точки дают возможность определения множества предпочтительности первого инвестора в ИБ. Происходит это следующим образом. Если использовать только аппарат билинейных динамических игр качества, то каждая точка, соответствующая стратегии инвестора, будет представлять собой представляет собой наборы определенных компонент. Эти компоненты соответствуют финансовым ресурсам инвесторов. Наборы точек, которые будут располагаться на терминальной поверхности каждого из инвесторов будут характеризовать выбор конкретных инвестиционных программ. Например, это могут быть программы энергосберегающих технологий,

водоснабжения безопасности и т.п. Т.е. сами про себе решения на основе применения системы дифференциальных уравнений для билинейной динамической игры качества с несколькими терминальными поверхностями дают достаточно большой разброс вариантов точек на терминальных поверхностях инвесторов. Требуется дополнительное время для анализа этих точек и поиска области предпочтительности инвестора. На данном этапе применение ГА, существенно упрощает и минимизирует время поиска таких точек, а значит и рациональной стратегии инвестора в целом.

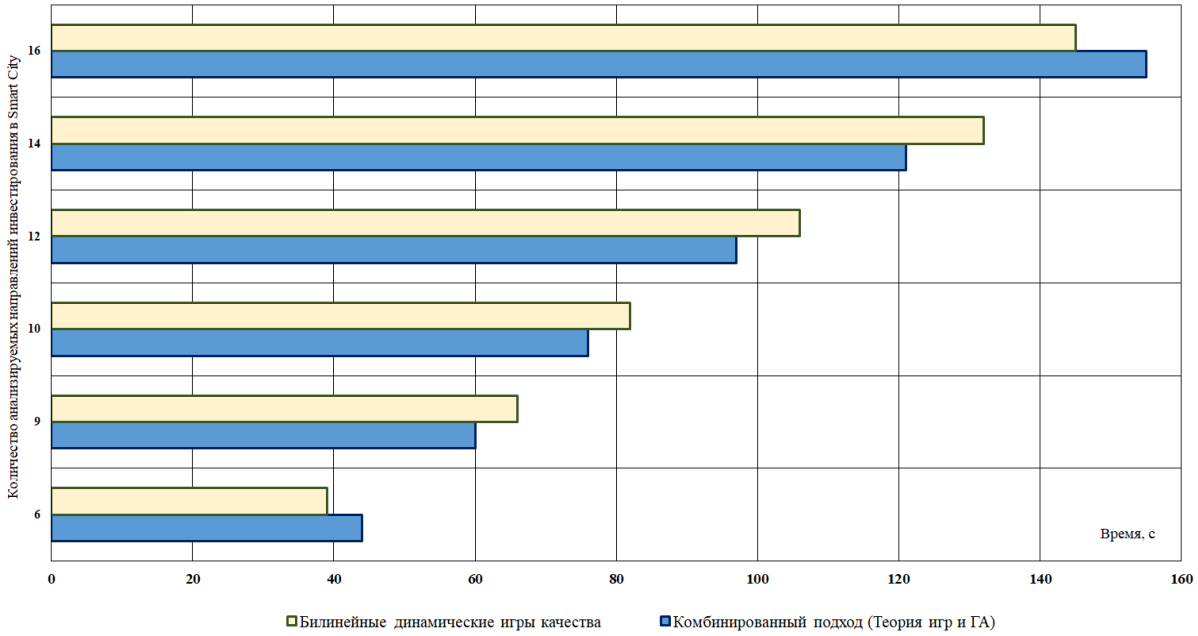


Рисунок 1 – Затраты времени для выбора стратегий инвестирования в технологии Smart City

Данный ГА применяется для реализации пятого этапа комбинированной вычислительной процедуры как дополнительный инструмент уменьшения неопределенности множества стабильных обобщенных ε-равновесий игры. Таким образом, представленный в статье ГА может быть применен для сокращения времени в ходе решения задачи поиска рациональных (оптимальных) стратегий инвесторов на основе игровых моделей, в частности в условия конфликта и неопределенности, касающихся информации о финансовых ресурсах инвесторов и др.

Выводы.

Описан метод выбора рациональной стратегии инвестирования и получения прогнозной оценки отдачи от различных направлений инвестирования в проекты Smart City основе комбинации теории игр и генетического алгоритма.

Показано, что использование на первом этапе данного метода только аппарата билинейных динамических игр качества, дает результат, при котором, каждая точка, соответствующая стратегии инвестора, будет представлять собой набор определенных компонент инвестирования. Эти компоненты соответствуют ФР. Наборы точек, которые будут располагаться на терминальной поверхности каждого из инвесторов характеризуют конкретные инвестиционные программы.

Предложен модифицированный ГА для решения задачи, связанной с получением прогнозной оценки отдачи от различных направлений инвестирования в проекты Smart City. Это позволяет потенциальным инвесторам на стадии оценки привлекательности отдельных проектов, связанных с развитием ИТ Smart City, получать прогнозные оценки перспективности выбранных стратегий инвестирования за счет определения значимых факторов роста отдачи от инвестирования в Smart City, а также отслеживания точек роста и структурных изменений.

Литература

1. Almirall, Esteve, et al. "Smart cities at the crossroads: New tensions in city transformation." California Management Review 59.1 (2016): 141-152.
2. Kummitha, Rama Krishna Reddy, and Nathalie Crutzen. "How do we understand smart cities? An evolutionary perspective." Cities 67 (2017): 43-52.
3. V. Lakhno, V. Malyukov, T. Bochulia, Z. Hipters, A. Kwilinski and O. Tomashevska, 2018. Model of managing of the procedure of mutual financial investing in information technologies and smart city systems. International Journal of Civil Engineering & Technology (IJCIET), Vol. 9, Iss. 8, pp. 1802-1812.
4. Akhmetov, B. B., Lakhno, V. A., Akhmetov, B. S., & Malyukov, V. P. (2018). The Choice of Protection Strategies During the Bilinear Quality Game On Cyber Security Financing. Bulletin of The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, (3), pp. 6-14.
5. Lakhno, V., Malyukov, V., Kasatkin, D., Chubaieskyi, V., Rzaieva, S., Rzaiev, D. Continuous Investing in Advanced Fuzzy Technologies for Smart City (2023) Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, 142, pp. 313-327
6. Valerii, L., Akbala, A., Sholpan, S., Raigul, A., Miroslav, L., Petro, K., Yevhenii, K. Choosing an investment strategy for smart city projects based on a genetic algorithm (2022) Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 100 (3), pp. 591-602
7. Гусев, П. Ю., Кольцов, А. С., & Картавых, А. И. (2019). Генетические алгоритмы в оптимизации планировочных решений. In Информатика: проблемы, методология, технологии (pp. 1682-1684).

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА

Рахимова Д[1,2]., Сулейменов Е[1]., Шормакова А[2].
e-mail: di.diva@mail.ru erken.suleimenov@gmail.com
Институт информационных и вычислительных технологий
КН МОН РК, Казахстан [1]
Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Казахстан[2]

Аннотация. *Были исследованы эффективные платформы по обучению на казахский язык, и современные методы анализа , обработки естественного языка. В итоге разработаны методы алгоритмы и инструментальные средства для создания эффективных систем обучения казахскому языку с использованием систем искусственного интеллекта, включая машинный перевод, машинное обучение и голосовые технологии. Были получены результаты и разработанные алгоритмы, ресурсы применимые в научном исследовании для казахского языка.*

Цель работы: Исследование эффективных платформ по обучению, с акцентом на государственный казахский язык, и современных методов анализа , обработки естественного языка. Разработка методов, алгоритмов и инструментальных средств для создания эффективных систем обучения казахскому языку с использованием систем искусственного интеллекта, включая машинный перевод, машинное обучение и голосовые технологии. Практическая значимость: полученные результаты и разработанные алгоритмы и ресурсы можно будет применять в научном исследовании для казахского языка, а так же для обработки ресурсов на казахском языке специалистов лингвистического спектра ИТ. Область применения: Потребителями разработанной комплексом обучающей системы будут все слои населения Казахстана, государственные и учебные учреждения, а потребителями научных результатов будут: ученые и исследователи (как в области информатики, так и лингвистики), разработчики, поставщики и конечные пользователи.

Были рассмотрены:

1. Большие Данные – неструктурированные и структурированные данные больших объёмов, обрабатываемые интеллектуальными системами для решения целевых задач.
2. Лингвистические Интеллектуальные Системы (ЛИС) – системы и инструменты сбора, анализа, обработки лингвистической информации для создания лингвистически значимых данных и решения широкого спектра задач в сферах языкового обучения, языковых интерфейсов, включая речь и тексты, орфографической проверки текстов и т. д.
3. Обучающая Система (ОС) – программная система обучения языкам ЛИС использует Большие Данные как своего рода сырьё, которое перерабатывает в структурированные данные, имеющие лингвистическую ценность. ОС опирается на структурированные данные и ЛИС. ЛИС имеют и своё самостоятельное значение, выходящее за рамки ОС: например, машинный перевод.

Раздел Big data это большие данные неструктурированные и структурированные данные больших объёмов, обрабатываемые интеллектуальными системами для решения целевых задач. При решении задачи использовались типы данных такие как: учебные

материалы, грамматические сведения, словари, тексты, видео, аудио, а источники данных: интернет, печатные тексты, локальные базы данных. В результате были собраны:

- Тексты: десятки тысяч небольших непрокомментированных текстов с постоянным автоматическим пополнением облачными скраперами
- Параллельные (казахско-русские) предложения объемом 2146842 пары предложении.
- Словари (ворифицированные лингвистами форматированные словарные статьи с вариантами переводов, примерами, синонимами итд.):

Таблица 1.

Объем словарей из статей

Словари	Ресурсы
казахско-русские	208,093 статьи в 33 темах
русско-казахские	192,864 статьи в 30 темах
казахско-английские	24,527 статей
англо-казахские	23,631 статья
русско-английские	53,419 статей
англо-русские	45,957 статей

Есть доработки которые надо будет сделать:

- поиск и добавление новых онлайн и оффлайн источников данных:
- расширение числа и функционала облачных скраперов
- локальные базы данных библиотек, организаций и т. д.
- пополнение текстов, словарей, учебных материалов, аудио и видео

Лингвистические интеллектуальные системы - системы и инструменты сбора, анализа, обработки лингвистической информации для создания лингвистически значимых данных и решения широкого спектра задач в сферах языкового обучения, языковых интерфейсов, включая речь и тексты, орфографической проверки текстов и т.д.

Были рассмотрены задачи, решаемые ЛИС:

Рисунок 1 Решаемые задачи ЛИС

Типы лингвистические интеллектуальные системы:

- выравниватель
- лемматизатор
- морфологический анализатор
- статистические системы
- семантическая сеть
- нейронные сети

Различные ЛИС взаимно дополняют друг друга, пример: облачные скраперы собирают тексты из разных источников. Определитель языков сортирует тексты по языкам. Статистические системы составляют частотные словари, которые затем используются для спеллчекеров, автокорректоров и обучающей системой (ОС) для обучения в первую очередь самым актуальным словам. Выравниватель формирует параллельные тексты и предложения. Параллельные предложения используются для обучения нейросетей машинному переводу. Параллельные предложения используются стат.системами для формирования словарей, которые используются сайтом словаря и обучающей системой (ОС).

В итоге было сделано:

- выравниватель предложений казахско-русских текстов
- лемматизатор
- морфологический анализатор
- SMT-переводчик
- скраперы

Метод изучения языков на основе чтения текстов известен давно, пример полиглотов, владеющих несколькими или даже десятками языков, но лишённых возможности жить в языковой среде такого многообразия языков, тому свидетельство (о чём они и сами пишут в своих книгах на тему изучения языков).

Достоинства метода очевидны:

начинать изучение языка с чтения текстов — самый доступный и простой способ

метод даёт достаточную солидную базу владения языком для дальнейшего совершенствования повышенный интерес, мотивация в случае подбора интересного материала большая гибкость за счёт варьирования сложности и характера текстов. В «живых» текстах чаще встречаются те слова и грамматические структуры, которые чаще встречаются в языке; таким образом, запоминание самых актуальных вопросов языка происходит естественным образом. Слова и грамматические структуры встречаются и запоминаются в естественном языковом контексте. Обучение языку происходит «напрямую», а не через правила; в дальнейшем попытки употребления слов и грамматических конструкций происходит через вспоминание их употребления, а не через операции вроде «правила – конструирование нужных форм через их правильное приложение – результат», напоминающие больше какие-то математические вычисления в уме. Компьютерные Обучающие Системы предоставляют богатый инструментарий для изучения языков на основе чтения текстов, более того, способны «вести» ученика, снабжая нужным материалом и контролируя его прогресс, а также предоставлять дополнительные возможности, расширяющие метод. Об этом подробнее будет рассказано далее.

Преимущества ОС над традиционным обучением с репетитором:

- мобильность - обучаться можно в любое удобное время в любом месте например, в свободную минуту дома, в такси, в зале ожидания и т.д.

- интерес - обучение на интересном материале, а не навязанном учителем

интеллектуальная система ОС - подстраивается под ученика и предлагает ему материал с учётом его интересов и текущего уровня

- ведёт статистику обучения, учитывает закономерности обучения (кривая запоминания и т.д.)
- кривая запоминания Эббингауза

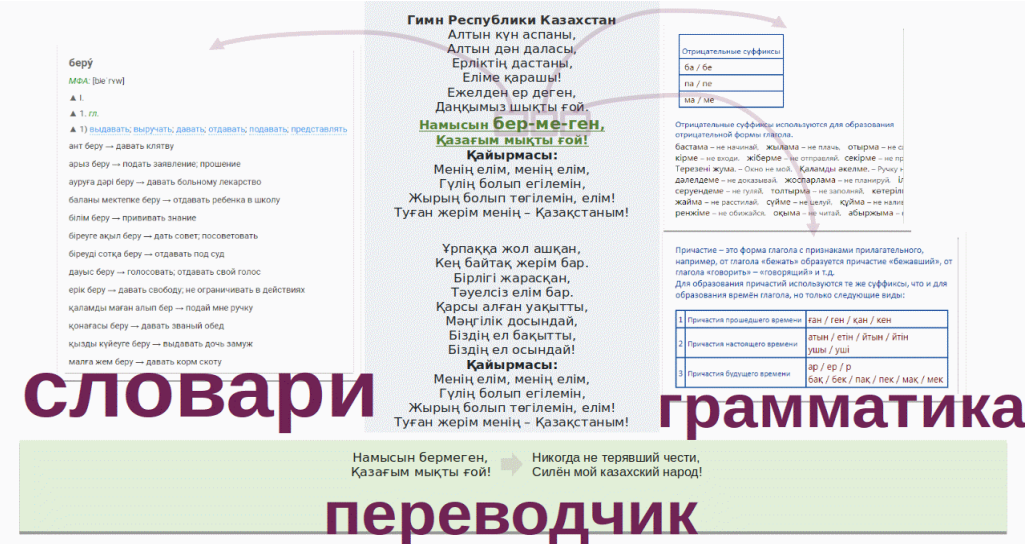


Рисунок. 2 Пример метода изучения языков на основе чтения текстов

Синтез речи казахского языка

Распознавание речи казахского языка выполнен с помощью инструмента Kaldi ASR. В Kaldi есть возможность обучить данных большого размера с помощью глубоких нейронных сетей. Все необходимые модели имеются, но требует подготовки данных. Данные необходимо преобразовать, чтобы наш инструмент смог распознать и в дальнейшем обработать. Для чего необходимо подготовить аудиозапись, транскрипцию и транслитерацию (буквенные обозначения звуков) с разметкой. Для обучения системы, все записи языкового корпуса должны быть в иерархическом порядке.

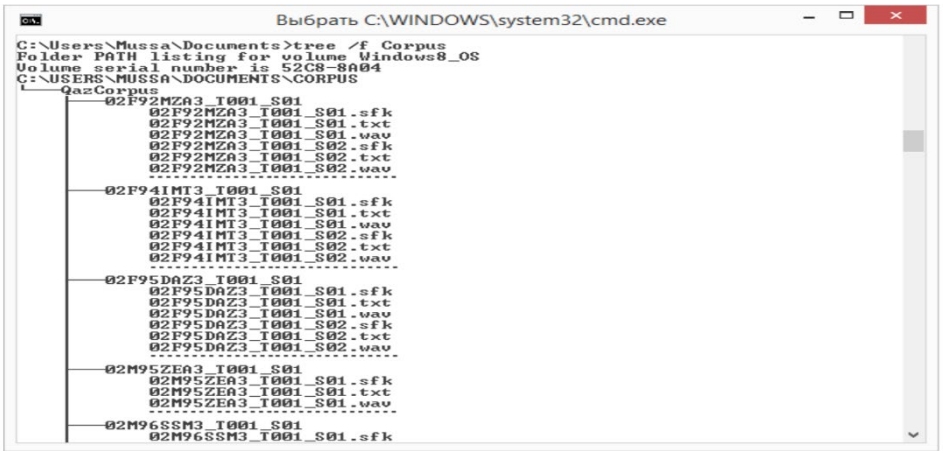


Рисунок 3. Фрагмент, корпуса речи казахского языка.

Языковой корпус речи, содержит 130 часов аудиозаписей 200 дикторов разных полов и возрастов. Корпус был разработан Институтом информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК. Все аудиоданные сохранены с расширением *.wav, частота 44 кГц, 16 бит.

Для обучения 10% корпуса 13 часов аудиозаписи были выделены для тестирования, а остальные 117 часов аудиоданных были обучены на модели. Полученные языковые модели имеют результаты как на картинке ниже.

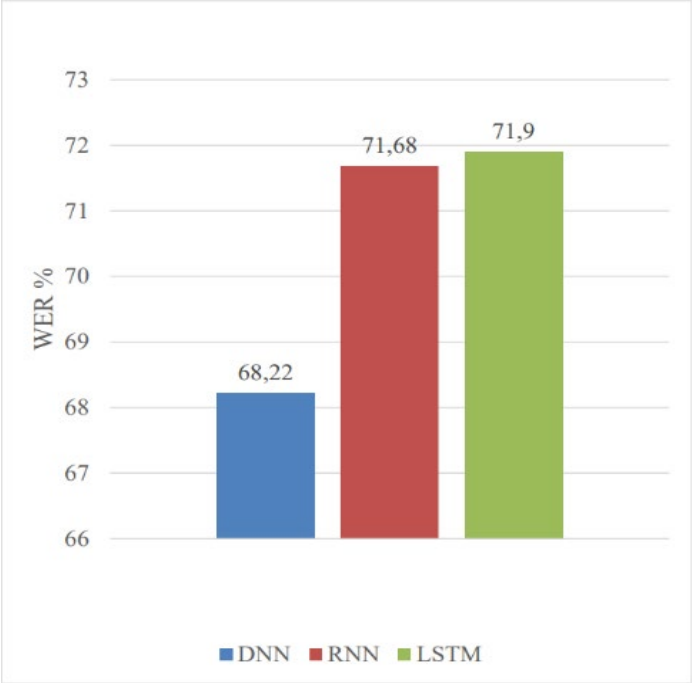


Рис. 4 Результаты оценки качества WER

В итоге для разработки системы синтеза казахского языка мы использовали датасеты (набор данных) казахской речи собранные в рамке проекта и разработанные ученными Назарбаев Университета. Датасет состоит из 93 часов голосовых данных двух дикторов мужского и женского пола (36 часов женского и 57 часов мужского голосов). Все данные разделены на две иерархические структуры, где хранятся аудиозаписи и их транскрипции. Наименование файлов соответствуют наименованию коренной папки, кроме расширений файлов. Датасет опубликован в открытом доступе под лицензией бесплатно для академических целей. На основе обученной модели по оценке MOS составляет 4,335 ±0,55.

Для разработки системы преобразования текста в речь, использовалась инструмент ESPnet, на основе архитектуры Tacotron 2. Обучение языковых моделей производилось на основе LSTM.

Заключение

В данной статье представлены исследования и разработки по комплексу по обработке естественного языка, в данном случае для казахского языка. Комплекс включает в себя морфологический анализатор, русско- казахский словарь, технология машинного перевода, параллельный корпус и технологии речевого синтеза. Для каждой

из задач были применены современные методы и подходы искусственного интеллекта на основе машинного обучения. В дальнейшем планируется пополнить объём ресурсов, что повлияет на качество результатов.

Литература

1. Рахимова Д.Р. Әділбек Қ. Қазақ тіліне арналған seo-анализ моделі. Материалы международной конференции студентов и молодых учёных «ФАРАБИ ӘЛЕМІ» Алматы, Казахстан, 6-8 апреля 2023 года. 83с.
2. Рахимова Д.Р. Мақұлбек Д.А. Қазақ тіліне арналған аббревиатураларды талдау модельдерін зерттеу. Материалы международной конференции студентов и молодых учёных «ФАРАБИ ӘЛЕМІ» Алматы, Казахстан, 6-8 апреля 2023 года. 93 с.
3. Рахимова Д.Р., Сатыбалдиев А. Авторское свидетельство № 35478 от 05.05.2023 года. программу на ЭВМ. «Қазақ тіліне арналған генерациялау моделі»
4. Рахимова Д.Р., Әділбек Қ. Авторское свидетельство № 34423 от «7» апреля 2023 года. программу на ЭВМ. «Машиналық оқыту негізінде семантикалық анализ жасау моделі»
5. Rakhimova D, Karyukin V, Karibayeva A, Turganbayeva A, Turarbek A. 2023. The neural machine translation models for the low-resource Kazakh–English language pair. PeerJ Computer Science 9:e1224 https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1224
6. Zhetkenbay L., Bekmanova G., Sharipbay A. A., Altenbek G. A Uniform Morphological Analyzer for the Kazakh and Turkish Languages. Conference: Sixth International conference on Analysis of Images, Social Networks, and Texts, 2017.
7. Akhmed-Zaki D., Mansurova M., Madiyeva G., Kadyrbek N., Kyrgyzbayeva M. Development of the information system for the Kazakh language preprocessing. Cogent Engineering, Vol. 8, No. 1, 2021.
8. Sennrich R., Haddow B., Birch A. Improving Neural Machine Translation Models with Monolingual Data // – Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics – Vol. 1. – 2016. – P. 86-96.
9. Lopes A., Farajian A., Correia G., Trénous, J., Martins A.. Unbabel's Submission to the WMT2019 APE Shared Task: BERT-Based Encoder-Decoder for Automatic Post-Editing // Proceedings of the Fourth Conference on Machine Translation. – 2019. – Vol.3. – P. 118-123.
10. Akshar B., Sriram V, Krishna A, Sangal R., Bendre S. An Algorithm for Aligning Sentences in Bilingual Corpora Using Lexical Information // Proceedings of ICON-2002: International Conference on Natural Language Processing. – 2002.
11. Brown P., Lai J., Mercer R. Aligning Sentences in Parallel Corpora // IBM Report submitted to 29th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. – 1991. – P. 169-171.
12. Biçici E. Context-Based Sentence Alignment in Parallel Corpora // Proceedings of International Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics. – 2008. – P. 434-444.
13. Zhumanov Zh., Madiyeva A., Rakhimova D. New Kazakh Parallel Text Corpora with On-line Access // Conference on Computational Collective Intelligence Technologies and Applications. – 2017. – P. 501-508.
14. Kartbayev A. Refining Kazakh Word Alignment Using Simulation Modeling Methods for Statistical Machine Translation // – 2015. – P. 421-427.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОИЗНОШЕНИЯ У ДЕТЕЙ С НАРУШЕНИЯМИ РЕЧЕВОГО ЗВУКА ДЛЯ КАЗАХСКОГО ЯЗЫКА

Кәрібаева А.С., Рахимова Д.Р.
email: a.s.karibayeva@gmail.com, di.diva@mail.ru
Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Институт информационных и вычислительных технологий, Казахстан

Аннотация. *Эффективная тренировка произношения требует длительной практики и взаимодействия под присмотром. Обучение произношению с помощью компьютера может стать высокоэффективным, однако на сегодняшний день такие системы по-прежнему неспособны выявлять ошибки произношения с достаточной точностью. Вопросы звукопроизношения играют важную роль в освоении речевых навыков, а также в других разновидностях языкового общения у детей и у взрослых. В статье рассматриваются особенности произношении звуков казахского языка. В работе представлен предварительный алгоритм автоматического анализа произношении с нарушением речи.*

1 Введение

Коммуникация имеет место тогда, когда говорящий и собеседник понимают процесс и умеют творчески применять знания. Коммуникация – это передача информации, идеи, эмоции, навыки, посредством использования языка.

В процессе общения используется язык, который производит речевые акты, как устные, так и письменные. Язык – это средство общения, используемое люди для общения с другими. Он играет очень важную роль в жизни человека жизнь, потому что с помощью языка люди могут взаимодействовать с другими людьми.

При анализе определения языковых нарушений обычно требуют уточнения ряд областей, таких как фонология, морфология, семантика, и синтаксис. Фонология – звуковая система речи и правила сочетания звуков речи. Морфология – правила, которые определяют, как используются в языке. Морфема может представлять собой отдельное слово или часть слова, например окончание, которое меняет его значение. Пример: «бала», «балалар», «балаларымыздың». Семантика – значение слов и словосочетаний, часто широко описываемых как «лексика». Синтаксис — правила, по которым слова могут сочетаться в языке, часто называемые «грамматикой и структурой предложения».

Различают следующие типы языковых нарушений:

1) Языковое нарушение – значительный недостаток в понимании и/или использовании устной речи, который также может нарушать письменную и/или другие символьные системы и негативно сказываться на способность ребенка участвовать в окржающей среде. Нарушение может включать в себя любое из следующих факторов или их комбинацию: форму языка (фонология, морфология и синтаксис), содержание языка (семантика), что отрицательно влияет на развитие ребенка.

2) Артикуляция (звукообразование речи) Нарушение – значительный дефицит способности производить звуки в разговорной речи, не соответствующий возрасту. Сюда

входит значительное нетипичное производство звуков речи, характеризующееся заменами, пропусками, дополнениями или искажениями, которые мешают разборчивости разговорной речи и препятствуют обучению и успешному речевому общению в разговорной речи. Ошибки в речевом звуке могут быть результатом нарушений фонологии, моторики полости рта или других проблем.

3) Нарушение голоса – чрезмерный или значительный недостаток высоты, интенсивности, резонанса или качества, возникающий в результате патологических состояний или неправильного использования голосового механизма.

4) Нарушение беглости речи – аномальное прерывание потока речи, характеризующееся нетипичной скоростью или ритмом и/или повторениями звуков, слогов, слов и фраз, что значительно снижает способности говорящего.

Нарушение речи или языка означает «расстройство общения», например, заикание, нарушение артикуляции, нарушение речи или нарушение голоса, которое отрицательно влияет на ребенка. Наиболее часто проблемы у детей возникают с произношением таких звуков, как ‘р’, ‘л’, ‘з’, ‘ч’, ‘ш’.

Дети возрастом 5 лет правильно произносят гласные: ‘а’, ‘ә’, ‘і’, ‘у’, ‘ү’, ‘ұ’, ‘о’, ‘ы’, ‘е’ , ‘и’, ‘я’, ‘ю’, также согласные звуки: ‘п’, ‘б’, ‘ф’, ‘в’, ‘з’, ‘с’, ‘ш’, ‘щ’, ‘ж’, ‘н’, ‘ң’, ‘м’, ‘ғ’, ‘г’, ‘к’, ‘қ’, ‘х’, ‘д’, ‘т’, ‘л’ , ‘р’, у них сформированы навыки фонематического восприятия. В работе [1] обнаружено, что многие дети владеют четкой артикуляцией звуков, что они умеют сравнивать слова по звучанию, могут подобрать слова на заданный звук, определяют какой он (гласный или согласный), находят место звука в слове. Однако, авторы выявили, что некоторые дети в конце слов вместо звука ‘ң’ произносят ‘м’ (‘менім’ вместо ‘менің’), наблюдается пропуск звуков, сокращают слоговую структуру слов (ойнамыз-ойнаймыз).

В следующей главе 2 представлен обзор на исследования в области обработки речи, обработки речи с нарушением. В 3 главе описаны особенности звуков казахского языка и их особенности произношения. В главе 4 показан предварительный алгоритм автоматического анализа речи с нарушением.

2 Связанные работы

К сожалению, многие из нынешних технологических инструментов все еще ограничены. Несмотря на прогресс в области обработки речи, существующие решения в первую очередь концентрируются на применении традиционных подходов автоматического распознавания речи для оценки произношения в речи [2, 3, 4].

Однако традиционные подходы автоматического распознавания речи сталкиваются с проблемами в этой области, поскольку речь детей характеризуется повышенной акустической вариативностью, в то время как традиционные системы обучены генерировать акустические модели на основе речи взрослых [5]. Более того, некоторые модели неправильного произношения могут встречаться у детей чаще, чем у взрослых [В результате, хотя эти системы автоматического произношения и являются многообещающими, они до сих пор не получили широкого применения, поскольку эти технологии кажутся менее надежными с точки зрения их производительности [7].

Для обнаружения неправильного произношения требуется корпус речи с человеческими суждениями о качестве произношения. Типичные подходы к сбору такого корпуса предусматривают использование эксперта-фонетика для фонетической расшифровки. В диссертации описывается новый метод получения оценок качества произношения на уровне телефона путем использования не экспертных, краудсорсинговых оценок произношения на уровне слов для изучения иностранного языка [8].

Фонологические нарушения поражают 10% детей дошкольного и школьного возраста, отрицательно влияя на их общение, успеваемость и уровень взаимодействия [9]. В статье предложили повысить точность путем изучения акустических моделей из большой базы данных речи детей, использования явной модели типичных ошибок произношения детей в целевом возрастном диапазоне и явного моделирования акустика искаженных фонем [9].

В статье исследуются различные показатели для сравнения методов автоматического произношения трех свободно доступных пакетов преобразования графем в фонемы в большом словаре [10]. Результаты, представленные в работе, показывают, что произношение с использованием традиционного метода, основанного на правилах, менее подвержено ошибкам, чем можно было бы предположить в WER, PER и MLD.

В исследовании предлагается автоматическая система распознавания речи, способная обнаруживать неправильное произношение фонем [11]. Эта система может автоматически помогать детям улучшать свое произношение, напрямую предлагая детям произнести фонему, и система может сказать им, правильно это или нет. Для построения данной системы был проведен эксперимент по сбору речевой базы данных. В этом эксперименте 89 учеников начальной школы попросили произнести 28 арабских фонем 10 раз. Собранная база данных состоит из 890 высказываний по каждой фонеме.

В ходе анализа и изучения работ было выявлено, что пока нет систем анализа для детей с нарушением речи для казахского языка. Принимая во внимание особенности фонем казахского языка в работе предложен алгоритм для реализации системы автоматического анализа речи детей с нарушением произношении.

3 Особенности звуков казахского языка

Набор согласных состоит из следующих звуков в казахском языке: б, в, г, ғ, д, ж, з, й, к, қ, л, м, н, ң, п, р, с, т, ф, х, ч, ш, щ, h.

Глухие взрывные звуки в казахском языке имеют тенденцию быть придыхательными, но придыхание часто снижается в связной речи. Среди звонких взрывных звуков ‘г’ преобладает более заметно, чем ‘д’ или ‘б’. Что касается глухих взрывных звуков, то ‘п’ произносится с большим придыханием, чем ‘т’, ‘к’ или ‘қ’.

Контраст звуков между ‘қ’ и ‘h’ часто нейтрализуется в разговорной речи. Возможно, из-за влияния русского языка, глухой увулярный фрикатив в некоторых случаях производится как глухой велярный фрикатив ‘х’, как в слове ‘Хан-шатыр’.

Увулярные согласные (глубоко-заднеязычные согласные) — согласные звуки, образуемые задней частью языка в районе язычка (лат. uvula), дальше, чем образуются заднеязычные согласные. Увулярные звуки могут быть смычными, фрикативными, носовыми, дрожащими и аппроксимантами.

Нужно быть очень осторожным при произнесении ‘қ’ и ‘ғ’. У этих согласных есть два сходства: они оба произносятся в горле и представляют собой твердые звуки.

Букву ‘ң’можно охарактеризовать как самый сложный звук в казахском языке. И даже большинство носителей казахского языка путают этот звук со звуком ‘н’. Однако между ними есть определенная разница: звук ‘ң’ артикулируется, в некоторой степени, как английский носовой звук [ŋ].

В отличие от взрывных звуков, в казахском языке разрешены звонкие шипящие звуки ‘з’ и ‘ж’. Шипящие звуки часто подвергаются ассимиляции внутри слова, в составных словах и за пределами слов. Говоря словами, шипящие могут вызвать регрессивное оглушение звонких шипящих.

В работах указано, что в казахском языке фонематическими являются девять гласных. Однако в работе [12] представлено одиннадцать гласных.

Реализация гласной ‘ə’ в казахском языке, а также в турецком и киргизском языках типично центральная. Как и ‘a’, ‘ə’имеет тенденцию смещаться вперед в не начальных слогах.

Буква ‘ө’ произносится при опущенном положении языка и узком округлении губ. Важно не путать звук с более широко произносящей английской гласной ‘o’.

Для правильного произнесения звука ‘ұ’ следует выдвинуть губы вперед и округлить их шире, чем в случае произнесения звука ‘ө’.

Каждый должен заметить разницу между ‘ұ’ и ‘ү’. Последний упомянутый звук создается главным образом за счет движения губ вперед и оставления узкого промежутка между ними.

Буква ‘i’ – один из наиболее часто слышимых звуков в казахском языке. При артикуляции язык остаются в нижнем положении.

В работе [13] ‘i’, ‘ү’, ‘ұ’, ‘y’, представлены как образующие один естественный класс, а ‘a’, ‘e’, ‘o, ‘ө’ образующие отдельный класс. Традиционно эти две группы гласных рассматривались как различающиеся по высоте. Однако в работах было высказано предположение, что эти классы гласных различаются по длине, а не по высоте. В работе [14] сказано, что второй набор гласных более чем в два раза длиннее первого. С исторической точки зрения те, кто выступает за различие в длине, предположили, что оно возникло из-за различия в высоте, когда короткие гласные произошли от исторически более высоких гласных [14].

4 Разработка алгоритма автоматического анализа произношения у детей с нарушениями речевого звука

Основной принцип алгоритма заключается в измерении отношения между вероятностью ожидаемой последовательности фонем и наиболее вероятной наблюдаемой последовательностью фонем. Результатом предварительно разработанного алгоритма является анализ произнесенного высказывания на уровне фонем, который дает оценку каждой фонеме, показывающую, была ли фонема произнесена правильно или неправильно по отношению к ожидаемому слову.

Первым шагом в алгоритме является этап принудительного выравнивания, при котором запись сегментируется с использованием системы автоматического распознавания речи. Этот шаг заставляет распознавать заранее определенную фонематическую последовательность ожидаемого слова. Результатом являются временные местоположения (обозначающие границы сегмента фонемы), соответствующие времени начала произнесения каждой фонемы в последовательности. Этап сегментации фонем важен, поскольку каждая фонема оценивается отдельно.

Второй шаг продемонстрирован в уравнении (1):

$$z(i) = \frac{\log\left(P(ph_i|O)\right)}{N_{ph_i}} = \frac{\log\left(\frac{P(O|ph_i)P(ph_i)}{\sum_{j\in J} P(O|ph_j)P(ph_j)}\right)}{N_{ph_i}} \quad (1)$$

Здесь, ph_i − ожидаема фонема, O − наблюдение, сегмент фонемы, ph_j − набор фонема, N_{ph_i} − длительность наблюдаемой фонемы.

На рисунке ниже представлена схема алгоритма, описанного выше (Рисунок 1).

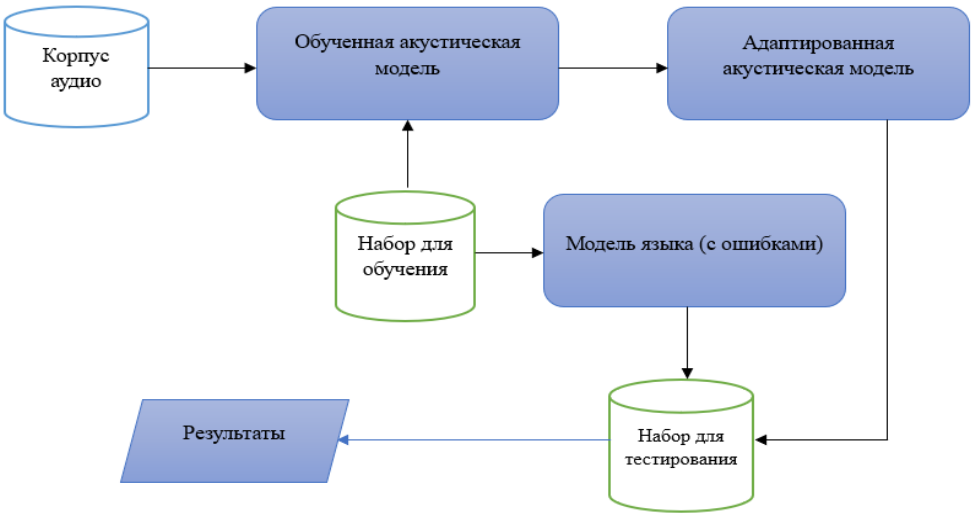


Рисунок 1 – Диаграмма предложенного алгоритма для детей с нарушением речи

Вероятности акустических характеристик сегмента извлекаются относительно ожидаемой фонемы в числителе уравнения (1). Аналогичный процесс происходит и в знаменателе, только вместо одной вероятности извлекаются вероятности наблюдения (сегмента фонемы) с помощью относительно акустических моделей каждой фонемы в наборе и суммируются. Кроме того, длительность фонем нормализована, чтобы создать надежную систему, учитывающую различную длину фонемы, которая будет учитывать различия в продолжительности фонемы у разных участников. Если в знаменателе преобладают вероятности той же модели фонемы, что и в числителе, тогда отношение числителя к знаменателю может превысить заранее определенный порог, что приведет к решению о «правильно произнесенной фонеме». И наоборот, оценка ниже порога определяет «неправильное произношение».

Заключение

Проведенное исследование темы анализа речи детей с нарушением подтвердило ее актуальность исследования и разработки, ее практическую значимость. В этой статье было исследованы типы нарушений речи у детей. В работе разработан алгоритм для решения проблемы произношении букв у детей. В дальнейшем планируется работы по сбору слов, наиболее часто неправильно произносимых детьми, также провести эксперименты по разработанному алгоритму. Также планируется сбор аудио корпусов с правильным произношением слов и аудио корпус с искаженным (с ошибками) произношением у детей.

Благодарности

Данное исследование финансировалось Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан, номер гранта № AP19577833 «Исследование и разработка методов обучения и электронных ресурсов для детей с нарушением речи на основе технологии ИИ».

Библиография

1. Анализ изучения проблемы формирования языковой системы родного языка в ходе речевого онтогенеза детей раннего и дошкольного возраста (аналитическая справка)/ Алматы 2019. -60 с.
2. Witt S, Young S. Computer-assisted pronunciation teaching based on automatic speech recognition. Language Teaching and Language Technology Groningen / The Netherlands: 1997, – P.
3. Neri A, Cucchiarini C, Strik H, Boves L. The Pedagogy-Technology Interface in Computer Assisted Pronunciation Training / Computer Assisted Language Learning, 2002. – P. 441–467.
4. Ehsani F, Knodt E. Speech Technology in Computer-Aided Language Learning: Strengths and Limitations of a New CALL Paradigm / Language Learning & Technology, 1998. – P. 45–60
5. Koenig L. Distributional Characteristics of VOT in Children's Voiceless Aspirated Stops and Interpretation of Developmental Trends / Journal of Speech, Language & Hearing Research, 2001. – P. 1058–1068.
6. Benzeghiba M, De Mori R, Deroo O, Dupont S, Erbes T, Jouvet D, Fissore L, Laface P, Mertins A, Ris C. Automatic Speech Recognition and Speech Variability: A Review / Speech Communication, 2007. – P. 763–786.
7. Ploog B, Scharf A, Nelson D, Brooks P. Use of Computer-Assisted Technologies (CAT) to Enhance Social, Communicative, and Language Levelopment in Children with Autism Spectrum Disorders / Journal of Autism and Developmental Disorders, 2013. – P. 301–322
8. Peabody MA. Methods for Pronunciation Assessment in Computer Aided Language Learning / Ph.D. thesis. Massachusetts Institute of Technology, 2011. – 176 p.
9. Dudy S, Asgari M, Kain A. Pronunciation Analysis for Children with Speech Sound Disorders / Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2015. – P. 5573–5576.
10. Hixon B., Schneider E., Epstein S. Phonemic similarity metrics to compare pronunciation methods / In Twelfth Annual Conference of the International Speech Communication Association, 2011. – P. 825–828.
11. Arafa N. M., Reda Elbarougy R, Behery G. Dataset for Speech Recognition to Support Arabic Phoneme Pronunciation / International Journal of Image, Graphics and Signal Processing, 2018. – Vol. 10(4). – P. 31-38,
12. Sharipbayev, A. Problems and prospects of computer processing of the Kazakh language / Proceedings of the 1st International Conference on Computer Processing of the Turkic Languages, 2013. – P. 18–22.
13. McCollum, A., Chen, S. Kazakh / Journal of the International Phonetic Association, 2021, – Vol. 51(2). – P. 276-298.
14. Washington, J. *An investigation of vowel anteriority in three Turkic languages using ultrasound tongue imaging* / Ph.D. dissertation, Indiana University, 2016. – 230 p.

СЕКЦИЯ 3

Жасанды интеллект технологиялары: Интеллектуалды басқару жүйелері. Сөйлеу технологиялары және есептеуіш лингвистика. Үлгіні тану және кескінді өңдеу. Биоинформатика және биометриялық жүйелер. Адам мен машинаның әрекеттесуі. Машиналық оқыту. Интеллектуалды робототехникалық жүйелер.

Технологии искусственного интеллекта: Интеллектуальные системы управления. Речевые технологии и компьютерная лингвистика. Распознавание образов и обработка изображений. Биоинформатика и биометрические системы. Человеко-машинное взаимодействие. Машинное обучение. Интеллектуальные робототехнические системы.

Artificial intelligence technologies: Intelligent control systems. Speech technologies and computational linguistics. Pattern recognition and image processing. Bioinformatics and biometric systems. Human-machine interaction. Machine learning. Intelligen

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ АРҚЫЛЫ ҚҰРЫЛҒАН КИІМ ТАҢДАУ КЕҢЕСШІСІ

Болысбек М.Е., Карымсакова Н.Т.
e-mail: muratbolysbek@gmail.com, nkarymsakova1@gmail.com
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан

Аннотация. *Жасанды интеллект арқылы киім таңдау кезінде цифрлық кеңесшіні қолдану арқасында киім таңдау делемасын шешіп қаңа қоймай уақытты да үнемдеуге болады. Бұл жаңа тәсіл жеке қалауларға, дене параметрлері мен тері реңіні назар аудару арқылы жекелендірілген қолдану тәжірибесін жақсарта алады.*

Жұмыстың мақсаты: Жасанды интеллект арқылы модельденген цифрлық кеңесші көмегімен адамның киім таңдауда жұмсайтын уақытын және киім сату дүкендеріндегі сауда процессін оңтайландыру.

Объект - адам параметрлері негізінде киім ұсынатын жасанды интеллект негізіндегі цифрлық кеңесші.

Қазіргі заманғы қарқынды дамып келе жатқан қоғамда күннен күнге әр түрлі технологиялар қолдану тенденциясы байқалады және осылардың ішінде жасанды интеллектті қолдану соңғы кезде негізгі бағытқа айналуда, осы қарқынды жылдамдықта айнымалы сән әлемі артта қалмайды.

Сән әлеміндегі жасанды интеллект қызметі сан түрлі, сондықтан нақтырақ атап өтетін болсақ киім ұсынуда жасанды интелллекті қолдану қарастырылды. Жасанды интеллектті қолдану тек уақыт үнемдеуге қана емес, қолдану тәжірибесін жақсартуға мүмкіндік береді.

Жасанды интеллект арқылы киім ұсыну жобаларының қазіргі таңдағы шектеулерімен кемшіліктері осы саладағы жаңа шешімдердің қажеттілігін анық көрсетеді. Тұрақты сатып алушыларға ғана емес сонымен бірге жаңа сатып алушыларға киім өлшемін анықтап тері түсі бойынша жұмыс жасайтын жасанды интеллект киім ұсыну саласындағы кемшіліктерді жоюға өз ықпалын көрсетеді.

Зерттеу дүкендердің жұмыс мен логистикалық жүйелерді жақсарту сияқты маңызды мәселелерді қозғайды. Киім таңдау және сатып алу тиімділігін жоғарлату сатып алушыларға да және киім сатушы бөлшек сатушыларға да оң әсер етеді.

Зерттеу мүмкіндіктері ретінде жасанды интеллект арқылы жұмыс жасайтын кеңесші арқылы бірнеше бөлшек саудагерлерді немесе дүкендерді біріктіру мүмкіндігін атап өту қажет. Бір жүйеге біріктірілген дүкендер желісі дүкен тиімділігін арттырып қана қоймай, сатып алушылардың нақты осы желіден сатып алу мүмкіндігін жоғарлатады. Жасанды интеллект арқылы жұмыс жасайтын кеңесші арқылы біріктірілген желінің логистикалық жүйесіде жақсарады деп нақты айта аламыз. Қайтару және алмастыру саның азайтып желінің кез-келген нүктесінде жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Бұл сатып алушылар үшін де сатушылар үшін де шығындарды азайту және тапсырыс беру мен жеткізу тиімділігін арттырады.

Зерттеу жұмысының мақсатынан туындайтын негізгі міндеттер:

– деректер қорын қолдануға дайындау;
– киім өлшемін болжау моделін құру;

– тері түсі бойынша киім түсін таңдау жүйесін жасау;
– киім ұсыну жүйесін құру;
– киім ұсыну жүйесін киім түсін таңдау жүйесімен біріктіру.

Жасанды интеллект негізіндегі цифрлық көмекші жасау үшін келесі талаптар орындалуы тиіс:

– киім деректер базасы болуы қажет;
– адам параметрлері енгізілу керек;
– киім ұсыну моделін дайындау қажет.

Бүгінде жасанды интеллект қоғамның барлық саласында бар және олар үздіксіз дамуда. Ал сән әлеміндегі жасанды интеллект тек киім таңдауда емес, сол өнімдерді жасап шығарудан бастап, дайындауда және жасап шығаруда, оны сатуда, маркетинг саласында қарқынды дамытуда кең өрісте қолданылып келеді. Десе де қазіргі таңда жасанды интеллект қолдану салалары күннен күнге көбеюде және сән индустриясында жасанды интеллектті қолдану ерекшелік болмай қалды. Сән нарығындағы жасанды интеллект туралы толығырақ білу үшін Market Research ресурсы есептеген сән нарығында жасанды интеллектке жұмсалатын жаһандық шығындар біраз жайтты түсінідіріп береді. Шығындарға назар аударсақ, 2019 жылы 229 миллион доллардан 2024 жылға қарай 1260 миллион долларға дейін өседі, орташа жылдық өсу қарқыны 40,8% құрайды деген болжау бар [1]. Бұл сән саласының жасанды интеллекті мойындап қана қоймай, оны белсенді түрде пайдаланатынын білдіреді. Дегенімен сән индустриясында жасанды интеллектті қолдану негізгі саласы бұл жаңа дизайн шығару және өндіріс орын жұмысын оңтайландыру үшін қолданылады, ал жекелендірілген тәжірибиеге арналған шешімдер саны өте аз.

Бұл мәселенің шешімі ретінде жасанды интеллект арқылы жұмыс жасайтын цифрлық кеңесші жобасы. Саладағы басқада шешімдерден айырмашылығы жасанды интеллект тек адам параметрлеріне ғана емес, оған қоса тері түсіне де назар аударады. Қолданушының қолдану тәжірибесінің жоғары сапалы болуы өте маңызы, сондықтан да осыған септігін тигізетін ең басты бөлшегі қауіпсіздікті атап өту керек, өйткені өзін қауіпсіздікте сезінген пайдаланушы ғана жақсы пайдалану тәжірибесін ала алады. Осы себептен қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін қолданушының жеке ақпараты, атап айтқанда бет әлпетінің сақталмауын қамтамасыз етеді. Бұл тәсіл арқылы пайдаланушының құпиялығын сақтауға деген әрекетін көрсетеді.

Нейрондық желілер машиналық оқыту деп аталатын жасанды интеллект әдісінің бір бөлігі және терең оқыту алгоритмдерінің негізі болып табылады [3]. Біз қарастырып отырған нейрондық желілерді басқаша жасанды нейрондық желілер (ANN) [2] деп те атайды, бұл цифрлық кеңесші жобасының негізгі бөлігі деп айта аламыз, өйткені нейрондық желілер киім ұсыну моделінің негізін құрайды. Нейрондық желілердің жұмысы адамның ғана емес жалпы биологиялық нейрондар жұмысына негізделіп құрылған, бұл цифрлық кеңесшіге күрделі және үлкен көлемді деректерді өңдеуге мүмкіндік береді. Осы мүмкіндіктер арқасында цифрлық кеңесші тез өзгергіш сән әлемінен қалып кетпей, әрдайым өзекті киім түрлерін ұсына алады.

Жасанды нейрондық желілер (ANN) негізгі үш бөліктен құралады. Олар кіріс қабаты, жасырын қабаттар және шығыс қабаты. Желідегі барлық жасанды нейрондар бір-бірімен әрдайым байналыста болады және барлық нейрондардың өзіндік салмақтары және шегі болады. Бұл нейрондық желілерге күрделі есептеулер жүргізуге және болжам жасауға мүмкіндік береді, салмақтар және шектерді оқыту кезінде реттеу арқылы нейрондық желі негізіндегі модель дәлдігімен өнімділік көрсеткіштерін жоғарлата алады [4].

Мысал ретінде цифрлық көмекшіде қолданылған екі нейрондық жүйені - конволюционды нейрондық желі және resnet50 нейрондық желісі.

Конволюционды нейрондық желі [5] конволюция деп аталатын математикалық операцияны қолданады. Математикалық операция кезінде кіріс нейрондық жүйе деректерді өңдеп, шығыс ретінде бір-біріне қарсы аударылған екі интеграл қайтарады. Осындай мүмкіндіктер арқасында конволюционды нейрондық желі тану, кеңес беру, болжау және ұсыныс жасауда қолданылады. Жобада бұл нейрондық желі адам параметрлері негізінде киім өлшемін болжауға бағытталған модельде қолданылды.

Resnet50 нейрондық желісі Resnet [6] алгоритімінің 50 нейрон қабатын қамтитын бір түрі болып табылады. Архитектура ерекшеліктерінің арқасында конволюционды нейрондық желі орнына resnet50 қолдану таңдалды, осының арқасында жасалынған ұсыныстар дәлдігін жоғарлату қол жеткізілді.

Цифрлық көмекшіде компьютерлік көру адам тері түсін тану және талдау үшін қолданылды [7]. Киім түсін таңдау алгоритмі адам тері түсіне негізделген. Компьютерлік көру алгоритмдерін қолдана отырып суреттегі адам терісін тануды жүзеге асырып, өңдеу арқылы адам терісінің түсін алдын-ала дайындалған Фитцпатрик шкаласының алты категорияның біріне [8] сәйкестендіреді.

Компьютерлік көру технологиясы енгізілген адам суретімен жұмыс жасағанымен пайдаланушының қауіпсіздігі мен құпиялығын сақтау өте маңызды екенің атап өткен жөн. Сондықтан да цифрлық көмекші жобасы жеке ақпараттың, соның ішінде пайдаланушы бет әлпетінің жиналмау немесе сақталмауын қамтамасыз етеді. Жоба компьютерлік көру технологиясын жауапты және қауіпсіз түрде қолданады.

Цифрлық көмекші жобасы Python бағдармалау тілінде, sklearn, pandas, numpy, cv2, seaborn, matplotlib, tensorflow кітапханаларын қолдана отырып жасалынды, киім өлшемін табу кезінде үш қабатты конволюциялық нейрондық желі және ұқсас киімдер көрсету үшін алдын ала дайындалған resnet50 нейрондық желісі қолданылды. Жоғарыда айтып өткендей компьютерлік көру технологиясы киім түсін таңдауда қажет адам тері түсін тануда қолданылды. Бұл технологиялар мен құралдар деректерді өңдеу, терең оқыту үлгілері, визуализация және есептеуге қажетті функционалдықты қамтамасыз етуге қолданылды.

Жіктеу тапсырмаларын орындауда тиімділік көрсеткіші мен орындалу уақыты бойынша конволюциялық нейрондық желі өзін өте жақсы көрсетеді, сондықтан жобада үш қабатты конволюциялық нейрондық желі қолданылды. Нейрондық желі архитектурасы нақты параметрлер негізінде ең қолайлы өлшемді болжауға мүмкіндік береді.

Үлкен деректер жинағында алдын ала дайындалған resnet50 нейрондық желісі киім элементтерін анықтап, ұқсастық табуға бағытталған цифрлық кеңесшінің негізгі міндеті - киім ұсынуға мүмкіндік береді.

Компьютерлік көрудің күрделі алгоритмдері суреттен адам кескінің бөліп алып, адам кескініндегі тері аймақтарын анықтап талдау жүргізе алады. Осының арқасында жекелендірілген ұсыныстар нақтылығы жоғары бола алады.

Resnet50 нейрондық желісі жобаның ең маңызды бөлігі киім ұсынуға қолданылды. Біз алынған киім өлшемі және ұсыналған киім түсі бойынша тек қана бірінші киімді ұсынамыз, осы кезде біздің модель кіріс мәлімет ретінде ұсынылған бірінші киімді қабылдап, бірінші киімге ұқсас киімдерді ұсынады. Жобада модель жұмысын толықтырып көрсету үшін ұсынылатын ұқсас киімдер саның алтыға қойылды.

ResNet нейрондық желі архетиктурасының негізгі концепциясы желіге бірнеше қабаттарды айналып өтуге мүмкіндік беретін ең қысқа жолдарға немесе сәйкестендірулерді салыстыру арқылы жұмыс жасайтын қалдық блоктарға негізделген. Бұл

қалдық блоктардың қосылымдарға тән қалдық салыстырулар кіріс пен шығыс қабаттары арасындағы алшақтықты анықтауға көмектеседі, күрделі деректердің және деректер қорының құрылымын және де жалпы орналасуын егжей-тегжейлі білу үшін нейрондық желіге нақтырақ назар аударуды қамтамасыз етеді. Осы қалдықтар арқылы модельдеу жүргізу ақпаратты жақсырақ түсінуге мүмкіндік береді.

Екінші конволюциялық қабаттан кейін бастапқы кіріске қалдық сілтемені қосу арқылы деректер қорын оны толығымен қайта құрылымдаудың орнына шағын түзетулер енгізуге болады.

Жоба негізгі үш құрамдас бөлімнен тұрады, олар белгілі бір берілген тапсырманы орындау арқылы бөлінген. Олар:

- киім өлшемін болжау. Бұл бөлімде конволиоциондық нейрондық желі негізіндегі озық модель қолданылып, адамның бойы, салмағы және жасы көрсеткіштерін кіріс ақпарат ретінде қабылдап, улкен деректер қоры негізінде киім өлшемін болжау жүйесі құрылды;
- киім түсін ұсыну. Жекелендірілген сатып алу тәжірибесін жақсарту және басты ғылыми жаңалық ретінде адам тері түсі негізінде киім түсін ұсыну жүйесі ұсынылды. Компьютерлік көру алгоритмдерінің арқасында суреттегі адам терісінің түсін тану және өңдеу арқылы, математикалық есептеулерді қолдана отырып ең тиімді деген киім түсін ұсыну жүйесі жасалынды;
- киім ұсыну. Үшінші құрамдас жоба бөлімінде пайдаланушы параметрлері негізінде болжау жасалынған киім өлшемі және тері түсі негізінде ұсынылған киім түсін қолдана отырып пайдаланушы қалауынан шығады деген киім үлгісі және осы үлгіге ұқсас бірнеше киім ұсынылады.

Жоғарғы функционалды алгоритмдер және үздіксіз интеграция қамтамасыз ету арқылы, озық технологияларды, атап шыққанда машиналық оқыту, жасанды нейрондық желілер және компьютерлік көруді қолдана отырып жоба жұмысының жоғары тиімділігіне және өте жоғары дәлдік көрсеткішіне қол жеткізілді.

Жобаны іске асыруда қателіктер пайда болуын азайту және барлық жобаны оңтайландыру үшін жоба негізгі орындалатын тапсырмалар бойынша үш бөлікке бөлінді. Жобаның әрбір бөлігінің іске асырылуын егжей-тегжейлі қарастырайық.

Нейрондық желілер арқылы киім өлшемін болжау. Жобаның бірінші бөлігінде нейрондық желі арқылы адам киім өлшемі болжанады. Бірінші қадам ретінде адам бойы, салмағы, жасы және киім өлшемі жинақталған деректер қорын енгізміз, конволюционды нейрондық желіде құрастырылған модельге деректерді енгізуден бұрын деректер қорын оңтайландырамыз. Деректер қорын оңтайландыру кезінде қалыптан тыс мәндер мен дұрыс толтырылмаған немесе бос мәндер жойылды, осының арқасында киім өлшемін болжау тиімділік көрсеткішін арттыра алдық.

Оңтайландырылған деректер қорымен екінші қадамға - киім өлшемін болжайтын модель құруға келеміз.

Модель конволюционды нейрондық желі және шешімдер ағашы алгоритмін пайдалана отырып деректер базасы негізінде оқыту процесінен өтеді. Осы арқылы модельге бой, салмақ және жас көрсеткіштерін енгізу арқылы біз киім өлшемінің болжауын ала аламыз.

Шешімдер ағашы алгоритмін қолданамыз осы арқылы біз алгоритм негізінде жасанды интеллект моделін құрамыз. Деректер қорын оңтайландыру кезінде тым үлкен немесе аз көрсеткіштерді алып тасталынды.

Мысалы адам жасы жазылып тұрған қатарда сан емес жазу жазылған немесе үлкен салмақ көрсеткіші бола тұрып киім өлшемі ең кіші көрсеткіштің бірі болып тұру. Бұл

жағдайлардың барлығын көрсеткіш шектен тыс немесе қатее деп саналып, жою қолданылды. Бұл деректерді оңтайландыру процессі, бұл оңтайландыру жүргізілмегенде біздің модель тиімділік көрсеткіші қазіргі алынған көрсеткіштен тым кіші немесе тіпті модель оқыту процессі дұрыс жүргізілмей модель жұмыс жасамай қалатын еді.

Сондықтан да деректерді қолдану алдында оларды қарап шығып, оңтайландырудан өткізу жүргізу қажет.

Пайдалану тәжірибесін жоғарлату үшін осы қадамда пайдаланушы профилін жасау және сақтау іске асырылды. Сақталынған жазба пайдаланушы атауы, бойы, салмағы, жасы мен ұсынылған түстер жинағы сақталады және қауіпсіздік қамтамасыз ету мақсатында шифрланады. Осы жерде пайдаланушы құпиялығын сақтау үшін оның суреті сақталмайтыны атап өткен жөн.

Қазіргі таңда кез келген адамда жасына қарамастан интернет желісіне қол жеткізе алады және осындай заманауи қоғамда желі қолданушыларының қауіпсіздігі өте маңызды тақырып болып есептелінеді.

Цифрлық кеңесші жобасында біз осы қолданушы қауіпсіздігі сияқты маңызды затқа барынша шындалған көзқараспен назар аударып, жоба нарыққа дайын өнім ретінде шыққанда барынша қауіпсіз болғаның қалаймыз. Қазіргі кезде қауіпсіздік үшін жеке ақпаратты барынша аз қолдану тактикасын қолдануға алынды.

«1 суретте көрсетілгендей» енгізу деректерінен бөлек адам есімі енгізілген. Бұл бірнеше адам қолдану мүмкіндігін беру үшін жасалынған, яғни адам өз профилін жасау арқылы кеңесші оны сақтап қала алады.

```
#Murat 168, 60, 21
```

```
name=(input("Hello! Write your name: "))
height_in=int(input("Enter your height:"))
weight_in=int(input("Enter your weight:"))
age_in=int(input("Enter your age:"))
```

```
Hello! Write your name: Murat
Enter your height:168
Enter your weight:60
Enter your age:21
```

```
d = {'weight':[weight_in], 'age': [age_in], 'height': [height_in]}
Me = pd.DataFrame(data=d)
Me
```

	weight	age	height
0	60	21	168

```
model.predict(Me)[0]
```

```
'M'
```

Сурет 1 Киім өлшемін болжау

Жобаның екінші бөлімінде адам суретін енгізу арқылы адам терісінің түсі негізінде киім түсін ұсыну жүргізілді.

Компьютерлік көру алгоритмдерін пайдалана отырып іске асырылған бөлімде кіріс ақпарат ретінде пайдаланушы адам суреті қолданылады.

Сурет 2 Енгізілген адам суреті

Компьютерлік көру технологиясы арқылы енгізілген суретте тек тері қабылданып, RGB форматында танылады және берілген алты тері түсінің біріне сәйкестендіріледі.

Сәйкестендіру формуласы лямбда функциясы деп аталады. Функция x және skin_color элементтерін жұптарға біріктіру үшін zip операторын қолданады. (a-b)**2 тізім генераторының ішінде әрбір жұптың a және b элементтері арасындағы айырмашылық квадраты есептеледі. Функция нәтижесінде берілген элементтердің әрбір жұбы үшін квадраттық айырмашылықтарды қамтитын тізім қайтарылады. Барлық элементтердің қосындысын есептеу үшін осы тізімге қосынды функциясы қолданылады.

Осындай мүмкіндіктерді қолдану арқылы цифрлық кеңесші жобасы жекелендірілген киім ұсыну мүмкіндігіне ие болады.

```
from PIL import Image

def get_skin_color(image_path):
    with Image.open(image_path) as img:
        img = img.convert('RGB')
        skin_color = img.crop((100, 100, 200, 200)).resize((1,1)).getpixel((0,0))
        return skin_color

def recommend_clothing_color(skin_color):
    recommendations = {
        (253, 251, 230): ['Your skin tone is in the light neutral category.', 'Neutral and light colors are a great choice to complement your skin tone. ', 'White, Black, Gray, Lavender, Peach'],
        (251, 252, 244): ['Your skin tone is in the light cool category', 'Cool colors are a great choice to complement your skin tone.', 'Gray, White, Lavender, Navy Blue, Purple'],
        (239, 226, 173): ['Your skin tone is in the neutral category.', 'Neutral colors are a great choice to complement your skin tone.', 'Coffee Brown, Beige, Sea Green, Peach, Cream'],
        (225, 193, 106): ['Your skin tone is in the light warm category.', 'Warm colors are a great choice to complement your skin tone.', 'Peach, Cream, Mushroom Brown, Purple, Teal'],
        (142, 88, 62): ['Your skin tone is in the medium warm category.', 'Warm colors are a great choice to complement your skin tone.', 'Rust, Olive, Cream, Red, Beige'],
        (64, 32, 21): ['Your skin tone is in the deep warm category.', 'Warm colors are a great choice to complement your skin tone.', 'Mustard, Rust, Olive, Khaki, Off White'],
    }

    closest_match = min(recommendations.keys(), key=lambda x: sum([(a-b)**2 for a,b in zip(x, skin_color)]))
    return recommendations[closest_match]

# Example usage:
skin_color = get_skin_color('Murat.jpg')
recommended_colors = recommend_clothing_color(skin_color)
print('\n'.join(recommended_colors))
print('\n Remember, these are just recommendations, and you should wear whatever makes you feel comfortable and confident.')
```

```
Your skin tone is in the neutral category.
Neutral colors are a great choice to complement your skin tone.
Coffee Brown, Beige, Sea Green, Peach, Cream
```

Сурет 3 Киім түсін ұсыну

Жобаның соңғы бөлігі киімдер мен аксессуарлар жиналған деректер қорын енгізуден басталды. Жоба жұмысын нақты көрсету үшін киімдер мен аксессуарлар жиналған деректер қорынан ер адамдарға арналған жейделер бөлініп алынды. Деректер қорында барлығы бес мыңнан астам ер адамдар жейделері бар екені анықталды, бірақ

4200 - нші жазбадан соң толтырылмаған индекс және қалыпты емес көрсеткіштер кездескендіктен таңдалымды 4200 ер адамдар жейдесінде тоқтаттық. Resnet50 нейрондық желісі негізінде құрылған модель таңдалымдағы ер адам жейделерінде оқыту процесін жүргізіп, қолдануға дайын болды. Барлық 4200 ер адамдар жейдесін өңдеуге орта есеппен санағанда шамамен алты минут уақыт керек, берілген уақыт жобаны іске асыру кезінде бақылау жүргізуден алынды.

Жобада ер адамдар жейдесін қолдану, жобаның тек жейделермен жұмыс жасайды дегенді білдірмейды, керісінше таңдалымды әр түрлі құру арқылы басқада киімдерді, тіпті аяқ киім және аксессуарларды ұсына алатын әмбебап модель құрылғаның айта аламыз. Жейделер таңдалымы тек қана практикалық тәжірибе жүргізу мақсатында алынды. Болашақта өзінің әмбебаптығының арқасында жоба кез келген дүкен деректер қорымен жұмыс жасауға мүмкіндігі бар, тек деректер қоры қателерсіз және оңтайландырылған болу шарты ғана бар.

Сурет 4 Киім ұсыну

Қорытындылай келе жұмыс нәтижесі ойда күткен үлгі бойынша сейкес шықты. Бұл сән әлемінде, болашақта адамдардың күнделікті өмірде қолдасынта болса, киім таңдауда біршама уақытты үнемдеп, жарасымды киінуге көп үлес қосады.

Қолданылған әдебиеттер

1. Markets and Markets.com. AI in Fashion Market by Solutions & Services. – https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/ai-in-fashion-market-144448991.html#:~
2. Hardesty L. Explained: Neural networks. MIT News Office. - https://news.mit.edu/2017/explained-neural-networks-deep-learning-0414
3. Аверкин А.Н., Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. Толковый словарь по искусственному интеллекту. –https://www.raai.org/pages/UGFnZVR5cGU6MTAwMw==#L208
4. van den Oord A., Dieleman S., Schrauwen B. Burges C. J. C., Bottou L., Welling, M., Ghahramani, Z., Weinberger, K.. (eds.). Deep content-based music recommendation / Curran Associates, Inc. 2013. – P. 2643-2651.
5. Simonyan, K., Zisserman, A. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. – 2014.

6. He, K., Zhang, X., Ren, Sh., Sun, J. Deep Residual Learning for Image Recognition. –2015.
7. Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, Li-Jia., Li, K., Fei-Fei, L. ImageNet: A large-scale hierarchical image database. – 2009.
8. Sharma, A.N., Patel, B.C. Laser Fitzpatrick skin type recommendations. Treasure Island. - https://www.statpearls.com/ArticleLibrary/viewarticle/24066

ТАМАҚ ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫН АНЫҚТАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІН ПАЙДАЛАНУ

Тюлепбердинова Г.А., Тойғанбаева Н.А., Толепбердинова А.А.
e-mail: tyulepberdinova@gmail.com
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан

Аннотация. *Қазіргі таңда дүкендер мен супермаркеттердің сөрелері адамдар күнделікті тұтынатын тағамдарға толы, көптеген өнімдер шетелден келеді. Алайда, бұл тағамдардың барлығы адам ағзасына пайдалы ма және олар стандарттарға сәйкес келе ме? Бұл мақалада біз заманауи машиналық оқыту арқылы сапасыз өнімдерді қалай анықтауға болатыны туралы айтатын боламыз. Машиналық оқытуға негізделген кескіндер мен мәтіндерді тану және жіктеу сапасыз тағаммен күресудің негізгі технологиясы болуы мүмкін. Кескіндер мен мәтінді автоматты түрде тану және өнім туралы ақпаратты жіктеу соңғы тұтынушыларға салыстыру арқылы өнімдерді дәл және жылдам анықтауға мүмкіндік береді. Дегенмен, бұл тамақ өнеркәсібінің барлық кәсіпорындарына қатысты емес екені анық. Азық-түлік өндірісінде өнімнің өзіндік құнын төмендету үшін сапасыз және стандартты емес өнімдер қолданылады. Өндірушілер жоғары сапалы өнімдерді төмен сапалы өнімдермен алмастыру арқылы өз өнімдерін өзгерте алады. Олар сізді адастыру үшін жапсырмадағы түсініксіз терминдерді қолдануы мүмкін. Контрафактілік өнімді сатып алу және беру кезінде тұтынушылар әртүрлі жолдармен зардап шегеді. Біріншіден, олар қажетті қоректік заттарды ала алмауы мүмкін, жалған тағамдар олардың денсаулығы үшін қауіпті болуы мүмкін, сонымен қатар тұтынушылар үшін экономикалық шығындарға әкелуі мүмкін. Біз нақты сценарийді, соның ішінде бірнеше өнімді бір-бірінен ажыратуға мүмкіндік беретін Машиналық оқыту үлгілерін пайдалана отырып, осы азық-түлік алаяқтығын анықтау архитектурасының құрамдас бөліктерінің техникалық орындылығын бағалаймыз. Бұл азық-түлік айналымын мемлекеттік деңгейде бақылауға мүмкіндік береді, осылайша түпкілікті тұтынушыны сапасыз және ықтимал қауіпті тауарларды сатып алудан қорғайды. Бұл мақалада біз mobilenetv2 моделін және көп класты классификацияны қолдандық және алынған модельді әртүрлі көзқарастардан бағаладық.*

Тағам әртүрлі биохимиялық және физиологиялық процестерді қолдау үшін ағзаға шикі, өңделген немесе жартылай фабрикат түрінде енетін өсімдік немесе жануар өнімдерінен жасалады. Көп жағдайда бұл тағамдар тұтынушылардың денсаулығына зиян келтіретін бүлінген немесе жалған тағамдар болып табылады. Бұған қаржылық пайда табу мақсатында қасақана жасалатын өнім туралы жалған немесе жаңылыстыратын мәлімдемелер кіреді. Алаяқтықтың ерекше түрі нақты ингредиенттер жойылғанда, ауыстырылғанда немесе сатушыға қаржылық артықшылық беру үшін сатып алушының білімінсіз жалған қосылыстар қосылғанда пайда болады. Кейде осы мекемелердің көпшілігінде бұл қоректік заттарды толық қоректік тағаммен қамтамасыз етудің орнына назар аудару және тәнді қанағаттандыру үшін сапалы ингредиенттермен дайындауға болады. Нәтижесінде бұл тұтынушылардың денсаулығы айтарлықтай нашарлайды. Зерттеушілер, үкімет және реттеушілер өздерінің назарын азық-түлік сапасы мен қауіпсіздігіне, сондай-ақ азық-түлік жеткізу салалары сияқты оларға әсер етуі

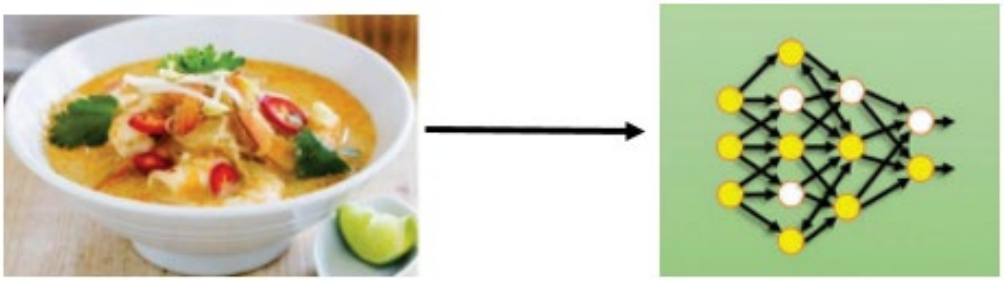
мүмкін айнымалыларға аударды. Осы мәселе әртүрлі жаңадан дамып келе жатқан ғылыми бағыттардың қатарына жатады. "Фальсификация" терминін әртүрлі тәсілдермен түсіндіруге болады, оның ішінде сапасыз заттарды фальсификаторлардан асып түсетіндерге араластыру немесе ауыстыру немесе белгілі бір тағамнан кейбір маңызды компоненттерді алып тастау арқылы [1]. Сіздің денсаулығыңызға зиян тигізуі мүмкін кез-келген зиянды немесе қауіпті ингредиенттер де бар. Мысалы сүтке су қосу, тұтынуға арналған жануардан алынғаннан басқа ет өнімдеріне жануарлардың өлекселері немесе тастар, қиыршық тастар немесе жануарлардың жүні қосылған астық өнімдері жатады. Тұтынушылар әрқашан, ең болмағанда, алдаудың құрбаны болады немесе тіпті азық - түлікті бұрмалау нәтижесінде аурудан зардап шегеді, ал ең жаманы-өлім, сондықтан тұтынушы үшін бұрмалануы мүмкін тағамдардың кең таралған түрлерін, кең таралған қоспаларды және әртүрлі қоспалардың денсаулыққа әсерін білу өте маңызды. Біз мұндай тағамдарды тұтыну зұлымдық екенін түсіндік [2]. Біз бәріміз одан аулақ болуымыз керек. Жыл сайын 7 сәуірде бүкіл әлемде Дүниежүзілік денсаулық күні ретінде атап өтіледі және азық-түлік алаяқтықтары туралы жалпы хабарды арттыруға, ынталандыруға тырысамыз. Бұл мақалада біз заманауи машиналық оқыту тағамның бұрмалануын қалай болдырмау жолын қарастырамыз. Алдымен біз тағамдардың суреттерін қолдана отырып, деректерді сәйкесінше жіктеуіміз керек. Осылайша, біз өнімді алған кезде, бұл өнімнің стандарттарға сәйкес келу ықтималдығы қандай екенін білеміз. Осы саладағы зерттеушілердің бірі, яғни тамақ зерттеушісі Мисгана Банти осы тақырыпты зерттеді [3]. Бірақ бұл мақалада ол тек теориялық тұрғыдан анықтау әдістерін және егер адам осындай өнімдерді қолданса, қандай ауруларға ұшырайтынын көрсетті. Мысалы, су мен сүт қоспасы және т. б. Біздің машиналық оқыту модельдері адам денсаулығын қорғау үшін азық-түлікті қаншалықты дәл жіктейтінін көрсетеміз.

Біздің жобадағы суреттер мен мәтіндерді тану үшін бізге Python кітапханалары қажет болды. Олардың ішінде TensorFlow сияқты тану кітапханасы біз үшін өте қолайлы. Google Brain жасаған Python үшін жаңа кітапхана, бұл Tensorflow. TensorFlow терең оқыту үшін алгоритмдер мен модельдерді пайдалануға мүмкіндік береді. Кескіндерді тану, жіктеу және мәтіндерді өңдеу үшін қолданылуға алады. "График" - бұл күрделі TensorFlow шеңберін құрайтын барлық өңдеу түйіндерінің жиынтығын білдіретін термин. Графиктегі әрбір түйін жеке математикалық операцияны білдіреді [4]. Keras TensorFlow мүмкіндіктерін пайдаланады. Keras нұсқаулар ретінде ыңғайлылық пен модульділікті ескере отырып жасалған. Кейде TensorFlow-дағы күрделі функциялар keras-та мүмкіндігінше жеңілдетілгендіктен, ол Python-мен өзгеріссіз жұмыс істеуге арналған. Бұл жұмыс Google TensorFlow шеңберін және азық түлікке арналған mobilenetv2 конволюциялық желілік моделін пайдаланады.

Эксперимент қазірдің өзінде жиналған кескіндер жиынтығын қолдана отырып жүргізілді; кескіндер саны 5100-ге тең. Resnet, CNN және MobileNetV2 модельдері тағамды тану үшін сыналды. Деректерді беруді оқытудың ең жоғары дәлдігіне MobileNet моделін қолдану арқылы қол жеткізілді және 42,71% құрады. Бұл жұмыстың мақсаты-mobilenetv2 нейрондық желісін қолдана отырып, тағамды тану жүйесін құру. MobileNetV2-ең терең конволюциясы бар желі. Бұл қосымшалар уақтылы есептеу кезінде салыстырмалы тану дәлдігін қажет етеді. MobileNetV2, бұл модель түзетілген сызықтық модульді белсендіру функциясын қолданады және конволюцияның дизайнын анықтайды. Ондағы негізгі түйіндер: инверттелген қалдықтар және сызықтық кедергілер. Біріншісі-тереңдіктегі конволюция, ол конволюциялық сүзгіні қолдану арқылы сүзуді жүзеге асырады. Екіншісі-1×1 конволюция деп аталады. Нүктелік конволюция және арналар арасындағы сызықтық комбинацияларды есептеу арқылы

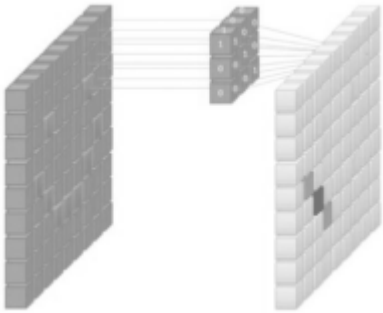
жаңа функциялар жасайды. Mobile Net V2 құрамында 32 сүзгісі бар конволюциялық қабат бар, содан кейін 19 деңгей ол қалдықтар туралы. Бұл жұмыс ReLU белсендіру функциясын қолданады. Желі TensorFlow модельдер кітапханасының көмегімен жүзеге асырылды.

Бұл 1-суретте кескінді тану процесі көрсетілген, ол қарапайым болып көрінгенімен кескінді машиналық кескінмен ауыстырғаннан кейін біршама жұмысты талап етеді. Осыдан кейін біз жіктеу алгоритмін таңдауымыз керек. Модельді үйретеміз және қажет болған жағдайда бірнеше алгоритмдерді таңдап, жалпы дәлдікті анықтау үшін алгоритмдер жиынтығын қолданамыз.



Сурет 1 Кескінді тану процесі

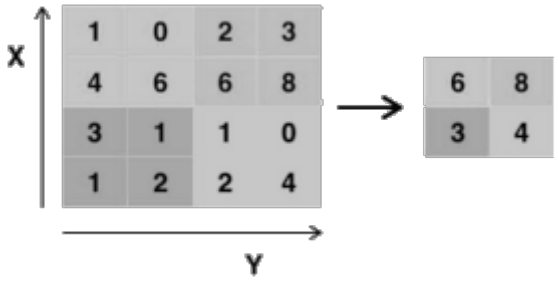
Біздің деректеріміз жоғары тану дәлдігін алу үшін жеткіліксіз болған кездері де болды. Содан кейін біз деректерді толықтырып, алынған модельді тағы бір рет үйретуіміз қажет болды. Нейрондық желі кескіндерді тану және жіктеу үшін белгілерді шығарып алдық. Сипаттамалар, яғни нейрондық желі жіберетін және үлкен қызығушылық тудыратын мәліметтер компоненттерін келтірдік. Біз нүктелер мен сызықтар сияқты осы сипаттамаларды дәл қарастырдық және суреттегі пикселдерді де белгілей алдық. Олар әдетте тәуелділіктерді іздеу үшін қолданылады. Белгілерді шығару-енгізу кескінінен қажетті элементтерді алу және оларды талдау үшін қолданылды. Көптеген суреттерде жазбалар мен ерекшеліктер бар және олар нейрондық желіге қажетті бөлшектерді табуға көмектесті [5].



Сурет 2 Сүзгілерді пайдаланып объектілерді шығару

Бұл 2-суретте сүзгілерді пайдаланып объектілерді шығару жолы көрсетілген. Ол нейрондық желінің бірінші қабаты кескіннің барлық пикселдерін алады. Желіге барлық кірістер енгізілгеннен кейін, кескін желіге кескіннің жеке компоненттерін алуға

көмектесетін сүзгілер сериясынан өтеді. Нысандарды шығарудың бұл процесі "нысан карталарын"жасайды. Кескіннен нысандарды жоюдың бұл процесі "конволюция қабаты" арқылы жүзеге асырылады және конволюция кескіннің бір бөлігінің көрінісін жасайды. Конволюциялық нейрондық желілер, кескінді жіктеу және тану үшін жиі қолданылатын нейрондық желілер санаты өз атауын осы конволюция идеясынан алады. Нысандарды көрсету қалай жұмыс істейтіні туралы нақты түсінік алу үшін қараңғы жерде жарық көзі арқылы суретке қарап тұрғаныңызды елестетіп көріңіз. Кескіннің егжей-тегжейін оған сәулені бағыттау арқылы анықтауға болады. Бұл метафорада сүзгі жарықты білдіреді және желі оны кескін жасау үшін пайдаланады. Жарық сәулесінің ені кескіннің қай бөлігін бірден көруге әсер ететіні сияқты, нейрондық желілерде сүзгі өлшемі деп аталатын параметр бар. Бір уақытта тексерілетін пикселдер саны өлшемге байланысты өзгереді. Сүзгі 3 × 3 пиксель аймағын іздейді, өйткені CNN сүзгісінің жалпы өлшемі 3 болады [6]. Кескінді құрайтын мәндер кескін нысандарының картасын жасағаннан кейін белсендіру функциясы немесе белсендіру қабаты арқылы беріледі. Өйткені фотосуреттердің өзі емес сызықтық, функция конволюция қабатына байланысты сызықтық болып табылатын осы мәндерді қабылдайды және оларды сызықтық емес етеді.



Сурет 3 Қабаттарды біріктіру мысалы

Бұл 3-суреттегідей қабыттарды біріктіруүшін келесідей алгоритмді орындауымыз керек:

1. Бағдарламаны үйрету үшін сандық бастапқы кескінді, яғни тағам суретін пайдаланамыз.
2. Кескіндерді өңдеу үшін matplotlib және open resume бастапқы бағдарламаның функцияларын шығару үшін қолданамыз.
3. Модельді сынау үшін мақсатты объект қолдандық.
4. Дереккөз мен мақсаттың сипаттамалары ұқсас болады.
5. Содан кейін біз белгілердің сәйкес келу ықтималдығын анықтаймыз.
6. Егер 75%-дан астамы сәйкес келсе, берілген өнімнің талаптарға сәйкес келмейтінін көрсететін затбелгіні көрсетеміз немесе осы өнімнің талаптарға сәйкес келетіндігін көрсететін затбелгіні көрсетеміз.

Келесі біз пайдаланған кітапхана, ол python сияқты бірнеше жоғары деңгейдегі бағдарламалау тілдерін қолдайтын opencv және кескіндерді өңдеу үшін CV-де қолданылатын ашық бастапқы кітапхана. Атап айтқанда, біз мұнда CV мәселелерін шешуге арналған Python байланыстыру кітапханасы бар opencv2 импорттаймыз. Барлық OpenCV массив құрылымдары Numpy массивтеріне түрлендіріледі және кескіндер осы пакет арқылы түрлендіріледі. Бұл SciPy және Matplotlib сияқты Numpy пайдаланатын кітапханалармен біріктіруді жеңілдетеді. Диаграмма құралы Matplotlib деп аталады. Ол

әртүрлі ортада 2D графиктерін жасай алады. Matplotlib-тің негізгі функциясы - деректерді зерттеу және дәл графикалық модельдерді қолдана отырып, нақты анықталған тұжырымдарды қалыптастырады. Бұл біздің мақаламызда біз pyplot нысан стилі мүмкіндіктерінің жиынтығын қолданады. Pyplot функцияларының әрқайсысы кескінді немесе фигураны белгілі бір түрлендіруін орындайды, мысалы, фигураны жасайды және фигурадағы аймақты бөлектейді, аймақта бірнеше сызықтар салады, графикті маркерлермен безендіреді және т.б. Мұнда біз әртүрлі фотосуреттердің аспектілерін салыстыратын сызықтардың сәйкестік графиктерін жасау үшін Pyplot қолданамыз [7].

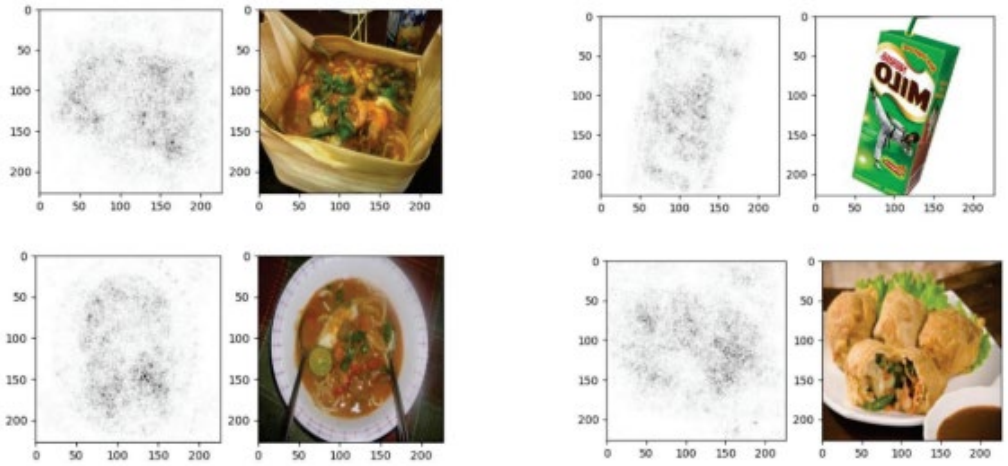
Біздің деректер төмендегі 4-суретте көрсетілгендей pork_chop, bread_pudding, club_sandwich, french_fries, beef_tartare, creme_brulee, ummus, clam_chowder, caprese_salad, foie_gras сияқты кескіндерден алынды. Біздің модельдерімізде пайдаланған деректер көлемі 100-ге тең және Біз 101-сыныптағы деректерді қолдандық. Біздің зиянды тағамды анықтау моделімізде бірнеше класты жіктеу қолданылды, өйткені біз кескін деректерінің салмағын бірнеше сыныпқа бөлдік.

```
image_df['Label'].value_counts()

pork_chop        100
bread_pudding    100
club_sandwich    100
french_fries     100
beef_tartare     100
                ...
creme_brulee     100
hummus           100
clam_chowder     100
caprese_salad    100
foie_gras        100
Name: Label, Length: 101, dtype: int64
```

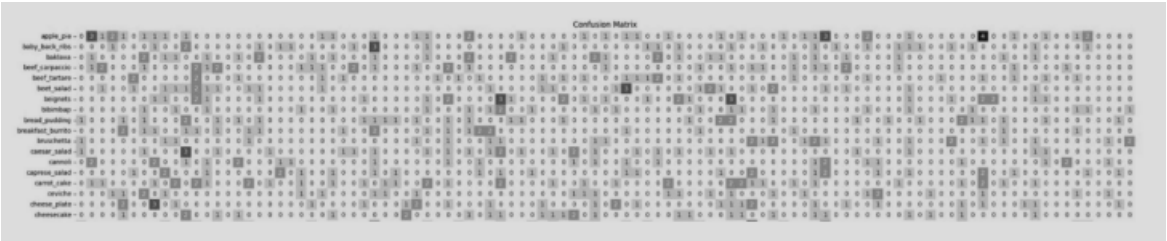
Сурет 4 Деректер саны және сәйкесінше біздің сыныптар

Біз модельді оқыту, валидация және тестілеу деректері үшін үйрету және сынау үшін деректермен бөлістік. Кескіндерді тану немесе кескіндерді жіктеу үшін нейрондық желі белгілерді тануды жүзеге асырды. Белгілер ең қызықты және нейрондық желі арқылы берілетін элементтер. Күтілетін жағдайларда белгілер заңдылықтардың болуын талдайтын сызықтар мен нүктелер сияқты болады. Белгілерді тану кіріс кескінінің белгілерін бағалауға болатындай етіп ассимиляциялау процесі. Нейрондық желілерді қоздыратын көптеген анықтау жағдайлары немесе метадеректер уақытша белгілерді тудырады. Төмендегі 5-суретте машиналық оқыту арқылы біз оларды бір-бірінен ажырату үшін суреттен элементтерді шығарамыз. Сурет 256 түсті реңкте 28 × 28 пиксельге орнатылды.



Сурет 5 Тағамды танудың бірнеше қадамдары

Енді алынған модельдердің дәлдігін қарастырайық. Біз кем дегенде бірнеше мың суретті қарап шығып, құрылғыны барлық қажетті мүмкіндіктермен таныстырып, осы модельді толығымен үйретуіміз керек. 1 дәлдігін алу үшін бұл көлемді деректерді машиналық оқыту және OpenCV арқылы тиімдірек өңдеуге және талдауға болады. Дәлдікті анықтау үшін бізге матрица қажет. Деректерді тазалап, алдын - ала өңдеп, қайта форматтағаннан кейін, біз бірінші кезекте жаңадан алынған деректерді көрнекі модельге енгіземіз, ол табиғи түрде ықтималдықтарды шығыс ретінде шығарады. Тиімділік пен тиімділікті арттыру - бұл олардың әрқайсысы ұмтылатын нәрсе. 6-суретте шатасу матрицасы бейнеленген, енді осы тұрғыда кескінге қарап біршама зат түсінікті болады. Машиналық оқытуды жіктеу тиімділігінің көрсеткіші шатасу матрицасы болып табылады [8].



Сурет 6 Біздің өнімдерді бұрмалау модельдері үшін шатасу матрицасы

Біз модельдерімізді үйреттік және дәлдікке қол жеткіздік. Алынған дәлдікті ары қарай, тест жиынтығында тексердік. Онда алынған дәлдік 42,71% құрады. Егер алынған дәлдік аз болса, онда біз жоғары дәлдікке қол жеткізу үшін деректерімізді тағы толықтырар едік керек. Дәлдіктен басқа, модельді бағалау көп класты жіктеу тапсырмалары үшін ROC қисығының астындағы аумақты да пайдаланады. AUC ROC көбінесе бірнеше класс объектілерінің алгоритмі бойынша тапсырыс сапасын бағалау үшін қолданылады.

Ашық бастапқы цифрлық кескіндер мен компьютерлік көру технологияларына негізделген бұл мақала нәтижесі қажетті деректер жиынтығы мен эксперименттерді терең зерттеу арқылы жемістер мен көкөністерді танудың өткір мәселесін тұрақты түрде

шеше алады және тұтынушыларды сапасыз тағамды тұтынуынан құтқарады. көптеген ауруларға әкелетін улы қоспаларды анықтап, алдын алады. Жоғарыда айтылғандай, бұл нәтижені әрбір тұтынушы мен дилерге олар сатып алатын заттарды күнделікті тексеруде пайдалы болады.

Пайдаланылған әдебиеттер

1. AL-Mamun, M., Chowdhury, T., Biswas, B., & Absar, N. Food Poisoning and Intoxication: A Global Leading Concern for Human Health // Food Safety and Preservation, 2018. - P. 307-352. https://doi. org/10.1016/b978-0-12-814956-0.00011-1.
2. Zeng, G. Fruit and vegetables classification system using image saliency and convolutional neural network // IEEE 3rd Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC), 2017. – P. 613-617. https://doi.org/10.1109/ITOEC.2017.8122370
3. Banti, M. Food adulteration and some methods of detection, review // International Journal of Nutrition and Food Sciences, 9(3), 2020. – P. 86-94. https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20200903.13
4. Zenkov, D. et al. DSpace at Saint Petersburg State University: Machine learning methods in the problem of image recognition. DSpace at Saint Petersburg State University: Machine Learning Methods in the Problem of Image Recognition, 2019. – http://hdl.handle.net/11701/25909
5. Atienza, R. Advanced Deep Learning with TensorFlow 2 and Keras (2nd ed.). Packt Publishing, 2020.
6. Wilson, J.N., Ritter, G.X. Handbook of computer vision algorithms in image algebra (2nd ed.) // CRC press, 2000. - P. 145-153. https://doi.org/10.1201/9781420042382
7. Podstawka, E., Światłowska, M., Borowiec, E., & Proniewicz, L.M. Food additives characterization by infrared, Raman, and surface-enhanced Raman spectroscopies // Journal of Raman Spectroscopy: An International Journal for Original Work in all Aspects of Raman Spectroscopy, Including Higher Order Processes, and also Brillouin and Rayleigh Scattering, 38(3), 2007. - P. 356-363. https://doi. org/10.1002/jrs.1653
8. Hemanth, D.J., Smys, S. (Eds.). Computational vision and bio inspired computing (Vol. 28) // Springer, 2018. - https://doi.org/10.1007/978-3-319-71767

RESEARCH OF FUNCTIONALITY OF THE NEW PLATFORM TYPE ROBOT

Abzhaparov K.A., Korganbayeva Zh.L., Sabyr Aidos, Yerkhan Aldiyar
e-mail: erhanaldyar@gmail.com
Automation and Control Department, Satbayev University, Republic of Kazakhstan

Abstract. *The article examines the new six-moving platform robot SHOLKOR. The advantages of this robot compared to existing platform robots with six degrees of freedom are listed. A description of the experimental setup, composed of a platform-type robot with automatically controlled hydraulic drives, is given. To assess the possibility of using a robot as an active support, an indicator is proposed - motor reaction. It is proposed to determine motor reactions when designing drives by computer modeling using Matlab Simulink. In this case, the motor reactions of a controlled hydraulic drive, considered as a system consisting of two dynamic links: an electromagnetic valve and an actuator, are determined by the drive time constant by analyzing the dynamics of the links. To analyze the motor responses of one-way drives with a return spring with throttling holes in the piston and without throttling holes, an experimental study was carried out on an experimental setup. The results of the experiments made it possible to formulate recommendations for the use of a new platform as an active support.*

1 Introduction

A plenty of platform type robots are currently used in various fields. Such robots have the structure topology similar to one of the Gough-Stewart platform [1-3]. Advantages of these robots are generally known. However, in the majority of platform type robots with more than 3 degrees of freedom, variable coordinates of the movable platform are interrelated with each other so that a movement of any drive requires simultaneous coordinated movement in the other drives connecting the platforms. There is not apparent solution of the direct kinematic problem for manipulators of such platform type robots [3-6]. Therefore, certain issues are encountered when creating control systems, as well as during their operation, since failure in one drive results in inoperability of the entire robot.

To improve functionality of the parallel manipulators of a platform type robot was offered a new structure topology of the parallel manipulator. This structure topology has ensured a number of benefits versus the existing Gough-Stewart schemes. The new platform type robot based on new structure topology was offered in work [5]. Such robot consists of two platforms connected with six connecting links (CL), which allow linear movements.

2 The proposed new design

Structure topology of such manipulator is shown on the structure scheme in Figure 1. Where: 1 - fixed platform, with regards to which one the movable platform 2 is make trips [7,8]. The Figure 1 also shows connecting links 3-8with drives, which are connected the lower platform 1 and upper platform 2 with multilink spherical joints.

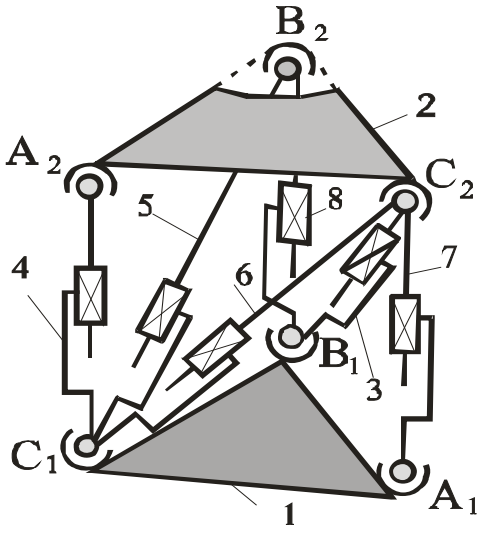


Figure 1 Structure topologyof the platform manipulator

At that, CL forms with the platforms in the following units: A_1, A_2– two link spherical joints; B_1, B_2– three link spherical joints consisting of links 1-3 Figure 2,*a*; C_1,C_2– four link spherical joints, consisting of links 4-7 Figure 2,*b*.

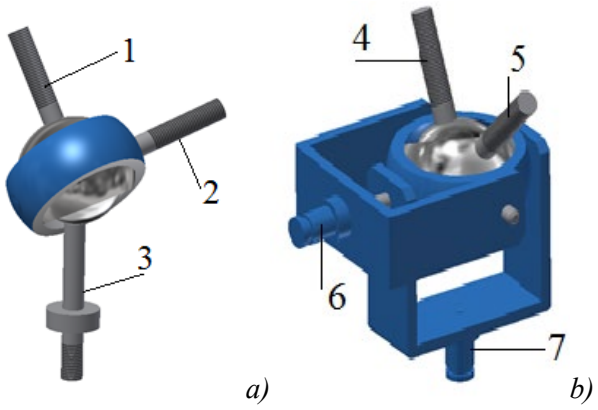


Figure 2 Multilinkspherical joints

Based on the structure topology Figure 1 has been created the working model of the platform manipulator Figure 4.In this case, for changing the lengths of the connecting links are used unilateral controlled hydraulic drivers.

None of the known platform type robots with the degree of freedom equal to six, not has the above properties. Due to these properties and capabilities, this platform type robot can be used as the active controlled supports, installed between the protected object and the source of sudden mechanical impacts. A sudden mechanical impact shall be viewed as a force or kinematic impact, which results in unwanted effects. To sudden mechanical impacts we can include large-scale earth pulsations in different planes during earthquakes, fluctuations of water surface affecting floating crafts, strokes during landing of the aircrafts, etc. The necessity to protect from sudden mechanical impacts, including vibrations, appears to be especially urgent for vehicle drives and passengers. Factors having an adverse effect on human health in vehicles include vibrations generated by the engine, transmission line, drive system, as well as dynamic

loads related to billowy of landscape, nature of motion, strokes, etc. In case of a road accident [9], in tractors [10, 11], helicopters [12], these factors mostly cause vertebral column traumas. The simulation model of man are subject to researches to create and improve the means of protection. Among them. simulators with degree of freedom equal to five, having 23 elements [13] and simulators with degree of freedom equal to six [14], appear to be most interesting. The work[15] may be referred to as one of the first works related to systems designed to protect from vibration; thereafter problems related to active vibration protection are considered in conjunction with positioning [16] and choice of parameters of cabin suspension is made separately in case of impulse function due to coarseness of the road surface [17,18]. There are scientists' works aimed to investigate active vibration protection in a dual-mass simulators and earthquake protection of an item [19,20]. The semi-active suspender of the vehicle with magnetorheologic shock absorbers [21], as well as with the system consisting of 4 hydropneumatic cushions [22], pneumatic ones [23] using negative ruggedness, show that controllable shock absorbers are to be used to improve the vehicle suspension arrangements; moreover, intelligent control is used in some cases.

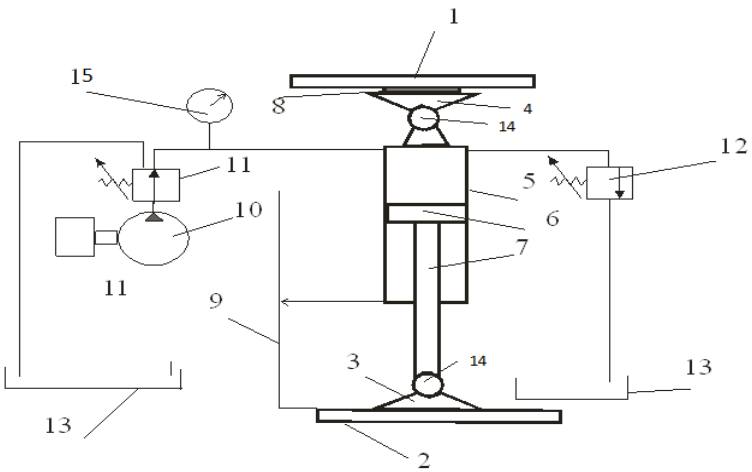


Figure 3 Schematic of the electro-hydraulic drive

Figure 3 shows the schematic of the automatically controlled hydraulic drive of the platform type robot installing between the protected facility 1 and source 2. The drive of the active support consists of basement 3, upper platform 4 and side driving hydraulic cylinder 5, with piston 6 and rod 7.Between the upper platform 4 and the object is mounted strain gauge sensor 8, which measures the force acting on the platform. The rod's movement is measured using movement sensor 9. The hydraulic system consists of pump station 10, normally open delivery solenoid valve 11 and normally closed bleeder solenoid valve 12, and tank 13. Pressure in the cylinder cavity shall be measured using sensor 15; the upper and lower platforms are connected with the hydraulic cylinder with spherical joints 14.The work of the hydraulic driver is based on automatically to provide the necessary pressure on the piston area of the hydraulic cylinder. Depending on the external load, defined by the strain gauge 8 and the position of the upper platform, defined by the displacement sensor 9 according to the algorithm calculates the required pressure of the fluid in the over piston area, which is compared with the actual pressure determined by the sensor 15.

A signal for triggering an automatic system for maintaining the required pressure is a discrepancy between the actual pressure and the pressure measured by the sensor 15. If there

are discrepancies through the delivery 11 and bleeder valves 12 automatically sets the required pressure above the piston cavity of hydraulic cylinder.

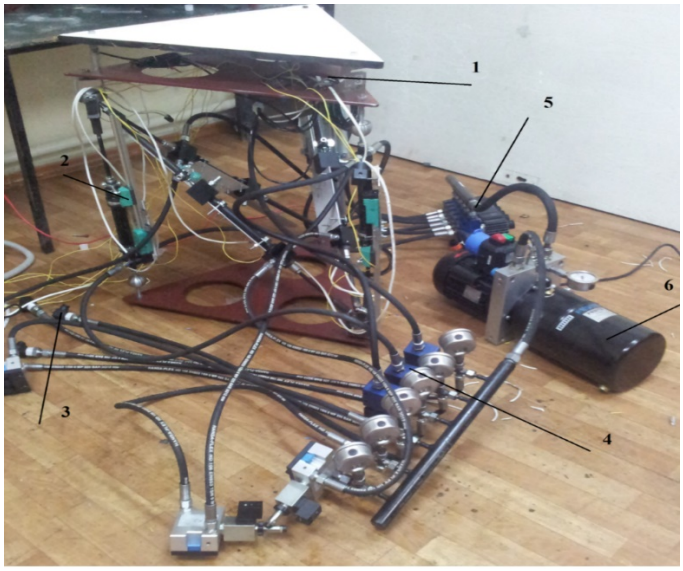


Figure 4 Experimental assembly from the platform type robot

Figure 4 shows the experimental assembly from the platform type robot, which is fitted with pressure sensors 3, magnetostrictive movement sensors 2, and strain-gage sensor 1. Delivery valve 4 and bleeder solenoid valves 5 act as executors of this system. The hydraulic system is fed by hydraulic pump 5. To automate the robot's operation as an active support, has been designed the control system (CS). Its functional block scheme is shown in Figure 6. The following symbolism is used in Figure 6: IC- industrial controller; MS – movement sensor; SS – strain-gage sensor; PS – pressure sensor; NO – normally opened delivery valve, NC – normally closed bleeder valve. The control system CS acts as follows: signal from the movement sensor and from strain-gage sensor is received by the industrial controller on a real time basis. CS acts as follows: the signal from the SS and from PS in real time goes on IC. On an existing algorithm IC determines the necessary pressure PN in the cavities of the cylinders to balance of the working power. IC compares that pressure with the actual pressure of above the piston cavity of the hydraulic cylinder PA, according to data from the detector PS and as a result generates a control signal which is fed to one of the valves. Thus, if PA > PN, then is opened the bleeder valve NC, and the delivery is closed; if on the contrary, to open the delivery valve and the bleeder is closed. In the case where the pressure is equal to PA=RN, then the condition of the valves does not change. In the case when the rod is in its extreme uppermost position or the lowermost position, the valve position can be changed only in a certain way or don't change. In IC there is a program to prevent the possible collision of the piston with the case when reaching the end position. The source for this program are the signals from the movement sensors MS.

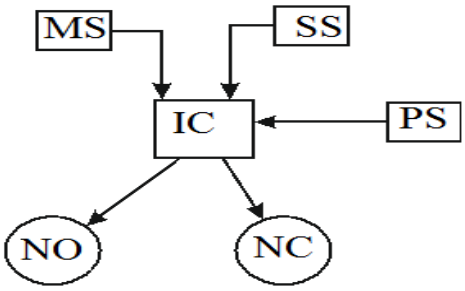


Figure 5 Function block scheme of the control system

Current parameters of the system and the valves' operating modes are displayed by the SCADA imaging system on the PC.

3 Research of the motor reaction

For the time being, one of the topical objectives of the modern robotechnics is to create robots, capabilities of which would exceed human ones, which will be able to perform the given functions in extreme conditions or when human capabilities are limited. For example, it is found out that human capabilities related to the motor reaction (human response time) exceed 200 ms [26].To some robots, the required motor reaction is the main functional objective. For example, if a platform type robot is used as an active support, it shall respond rapidly to the source of sudden impacts and take measures to prevent such impact on the protected item. In this case, functionality of the adaptive support substantially depends on its motor reaction.

Motor reaction (MR) is considered to [27] be the shortest time of response with a simple and known in advance movement to a sudden, but known signal. Thereafter we assume that the motor reaction of the platform type robot depends on the motor reaction of the controllable hydraulic drives. Therefore, the issue related to determination of the motor reaction of a separate controllable drive is first considered below. The controllable hydraulic drive includes elements of a different physical nature and functions to be fulfilled. For example: computer software and hardware for automated control; solenoid valve; the line, which moves the working fluid (WF); executive device in the form of unilateral action hydraulic cylinder with the rod and return spring. The said elements in aggregate affect the motor reaction of the hydraulic drive. At the same time, due to high-speed response of the modern microprocessor machinery and hence, smallness of the motor reaction control hardware and software, we pay special attention to the research of two elements, namely: solenoid valve, and the power element - of the hydraulic cylinder. Moreover, it is assumed here that the motor reaction of these elements depends on the time constant, in the case where each of these elements is considered as a dynamic link of the control system. In this case, the motor reaction of the controlled hydraulic drive is equal to a certain portion of the sum of constant two links - the solenoid valve and the executive device. Therefore, the analysis of the dynamic elements is given below and constant time is determined for each link through computer generated simulation.

3.1 Solenoid valve as a dynamic link

The solenoid valve consists of the electromagnetic and mechanical component parts [28]. As to the electromagnetic component, it is possible to use the following linearized differential equation of an operator form

$$RI + LpI = U - k_E px, \tag{1}$$

Where: R – aggregate active resistance of the control winding and source control; U – input voltage of the valve; L – inductance control of the winding; k_E – back emf ratio; x – movement of the electromagnet armature; I- control current.

Tractive effort P_M of the electromagnet is calculated using the following equation:

$$P_M = k_M I, \tag{2}$$

Where: k_M – gear ratio.

As to the mechanical part of the solenoid valve, it is possible to use the following differential equation of the second order, in the operator form:

$$Mp^2 x + \mu px + cx = P_M + P_R, \tag{3}$$

Where: M – the sum of the anchor mass and cited mass of moving elements of the mechanic component of the valve; μ- viscosity of the WF; c – aggregate rigidness of the mechanical and magnetic spring; P_R – cited to the anchor force from the action of forces applied to the mechanical parts of the valve.

By solving equations (1-3) together, we will obtain the equation for the solenoid valve as a dynamic link, as follows:

$$A(p)x = k_1 U + k_2 B(p) + P, \tag{4}$$

Where: $A(p)$ – own system operator; k_1, k_2 – transmission coefficients; $B(p)$ – input system operator.

The variables included in the summarized equation of the solenoid valve as a dynamic link are determined by the following functional connections:

$$A(p) = \frac{LM}{Rc} p^3 + \frac{\mu L + MR}{Rc} p^2 + \left(\frac{L}{R} + \frac{\mu}{c} + \frac{k_E k_M}{Rc} \right) p + 1;$$

$$B(p) = \frac{L/R\, p + 1}{c}; \quad k_1 = \frac{k_M}{Rc}; \quad k_2 = 1/c;$$

According to equation (4), the structure scheme of the solenoid valve as a dynamic link is created. In the result of model based analysis, transient curve is created in Simulink Matlab and constant time T_1 is determined.

3.2 Executive device of the hydraulic driver – as a dynamic link

The main element of the controllable hydraulic drive is the executive device (Figure 7) as a system consisting of cylinder 1, rod 2, piston 3, with orifice holes 4, lower cavity of the cylinder 5, above piston cavity of the 6 with the WF, the return spring 7.

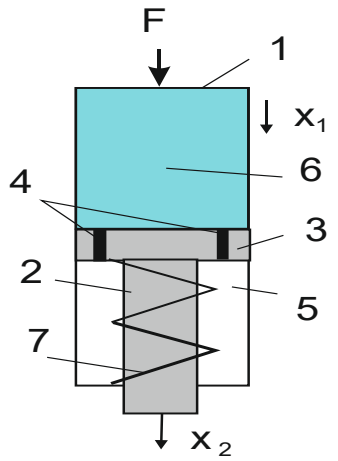


Figure 6 Executive device of the hydraulic drive with the piston having channel

To simplify the non-linear and complicated dynamics equation, we will disregard the frictional force. Then, based on conditions of the piston's kinesthetic balance, we have the following functional connection in the operator form:

$$Mp^2(x_1 - x_2) - \mu p(x_1 - x_2) - c(x_1 - x_2) = F - PS \tag{5}$$

Where: M – mass of moving parts of the mechanical component cited to the rod with the piston;μ- viscosity of the WF; c – spring power, F- load by external forces cited to the rod; P – pressure in the drivehydro system.

Taking a laminar mode of motion WF, we define the rate of fluid flowing through the throttling holes the result of the pressure without taking into account the compressibility WF:

$$Q = kP + Sp(x_1 - x_2) \tag{6}$$

By solving equations (5,6) altogether, we will obtain the following equation of the dynamic link in the operator form:

$$(Mp + f)(vp + \tau) + 1)u = k_1(x_1 - x_2) - [-(vp + \tau)(F - PS)], \tag{7}$$

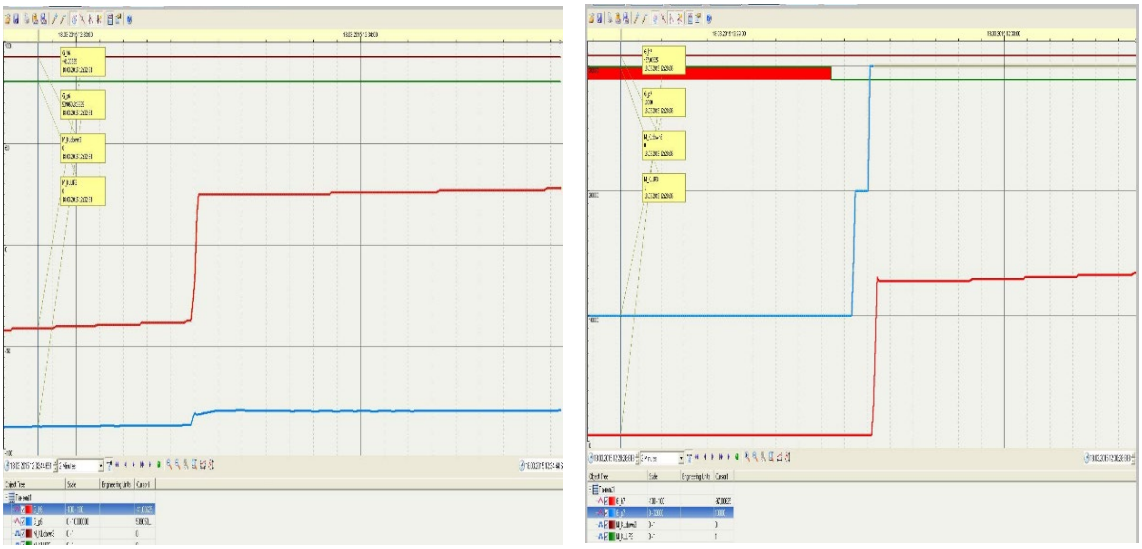
Where: f – the ratio of the power; $v = V/2ES^2$ - spring power; V,E – volume above the piston and elasticity of the WF; k_1, τ -transmission coefficients.

According to equation (7) is created , the structure scheme of the dynamic link and in the result of the computer generated simulation using Matlab Simulink by the transient curve is established the time constant T_2, for the executive device of the hydraulic drive.

Motor reaction means time, which is significantly less than constant time, as it time constant, because it characterizes the time at which the output value reaches the minimum changes in the state. Therefore, in a first approximation it is possible to think that motor reaction is equal to 1/3 of the constant time. Thus, motor reaction of the hydraulic drive is generally equal to $D = 1/3(T_1 + T_2)$. This indicator may be used as a comparison characteristic when choosing and designing the drives.

For the analysis of motor reaction was conducted experiments of real drives and experimental study of the dependence on time of the simultaneous change of pressure WF in the pressure line and as a result of displacement of the rods of the hydraulic drive

Robot SHOLKOR was used as the experimental assembly Figure 5. To carry out experiments, the load of the given weight 15 kg was put on the upper platform of the robot. Movement sensors were installed in the middle position of the rods when they put forward at half stroke. Using strain gauges and pressure sensors was determined values acting on the force and pressures in the working cavities of the hydraulic cylinders. Values thereof were processed by the controller and used by the software to control the robot. Thereafter, according to the given sequences, the control module was controlled movement of the robot's platform. Data received from the information-measuring system were processed by the controller according to the set program and on the monitor screen in SCADA system has displayed the graphs of displacement of the rod and the pressure in the hydraulic cylinder. Some of the obtained experimental data are given in Figure 8 (a, b).



a) *b)*

Figure 7 Experimental studies' curves

Figure 8shows curves of the experimental studies obtained for the two drives of the platform type robot SHOLKOR, in particular, for the hydraulic drive6- *a);7-b).*The graphs obtained in the SCADA system, shows some of the dependencies of the displacement (red line) and pressure (blue line) on time over a period of time equal to 2 min.. It should be noted that in hydraulic drive6, diameter of the piston of the hydraulic cylinder,$d_1 = 16$mm, whereas diameter of the piston in hydraulic drive7,is $d_2 = 20$mm.Both hydraulic drives are single-sided and have a pull-back spring. In hydraulic drive 7, the piston has throttled channel, in hydraulic drive 6 there is no channel.

In order to more accurately display the time on the graphs obtained in real time axis is divided into 620 equidistant segments. Thus, the scale has division value of 0.19 s. Ultimately, curves shown in Figure 8, a prove that the rod begins to move 0.76 s after the power fluid pressure is generated in the cavity of the hydraulic cylinder.

During experiments with hydraulic drive 6, was observed state of the delivery valve additionally Figure 8, *b*s hows time of opening of the pressure valve, which corresponds to the

end of the solid red line. From the graphs it follows that in 4.5 s after opening of the valve begins a pressure change in the cavity of the hydraulic cylinders. Apparently, such lag is explained with resistance of the main line WF. By comparing the graphs of pressure and displacement is obtained that the movement of the rod begins 4.56 s. after you receive the pressure in the cylinder cavity.

Obtained time data describing the motor reactions of various dynamic links being components of the hydraulic drives, allows making the following conclusions: the main line WF has the largest motor reaction; motor reaction of the hydraulic drive with throttled channels in the piston is 6 times larger than one drive without channel.

This means that to improve motor reaction of the drive, it is required to ensure joint operation of the executors in the hydraulic drive and control equipment, i.e.it is required to use mechatronic hydraulic drives, in order to eliminate the impact of the main line WF. On the other hand, experiments have shown that it is undesirable to use a throttling elements in the hydraulic drive of the platform type robot used as the active supports. The experimental studies' findings showed that it is possible to achieve the required values of motor reactions, for the platform type robot to be used as an active support.

4 Conclusion

Based on the new structure topology and application of the multilink spherical joint, has been created the current model of a new platform type robot with six degrees of freedom. Based on the working model, as well as solution of the direct kinematic problem, it has been proved that the new robot has a number of material advantages versus the Gough-Stewart platforms. First, each of the six drives can move independently on the others. Second, by changing in a specified way the lengths with drivers of a certain set of connecting links, it is possible to obtain any desired spatial position of the movable platform with regards to the stationary one. Third, the structure topology of the new platform type manipulator ensures solution of direct kinematic problems. Due to the said properties and capabilities, this platform type robot can be used as an active controllable support, that to be installed between the protected item and source of the sudden mechanical impacts. However, for the platform type robot to be used an active support, the said capabilities seem to be insufficient. In addition, the platform type robot is to be able to respond on a timely basis to the exposure to the source of sudden impacts, to prevent any effect on the protected object. This functionality of the platform type robot is substantially predetermined by its motor reaction, which depends on the controllable drives' motor reactions. The article refers to the possibility to study the motor reaction when designing and choosing the drives by considering the automatically controlled hydraulic drive as a system consisting of an assembly of two dynamic links. Thus on the basis of the dynamic equations of the links was composed the structural schemes. Using computer generated simulation of the links' dynamic characteristics, is determined the constant time, then is to be determined the motor reaction of the system .It can be used as comparative characteristics when selecting and designing the drivers.

The real value of motor responses was investigated for two types of single-side hydraulic drivers: with a throttling channels in the piston and without channel. Furthermore, experimental researches have been carried out using the platform type robot as a experimental assembly. The obtained experimental values of the motor reactions of the different hydraulic drives allow us to make the following conclusions: the main line WF has the largest motor reaction; motor reaction of the hydraulic drive with channels in its piston is 6 times larger than one of the hydraulic drive without channels. This suggests that to improve the drive's motor reaction, it is required to use mechatronic hydraulic drives without throttled. The latter is because the

application of the throttled elements in the hydraulic drives considerably (6 times) increases the motor reaction of the drive. The results of the computer-based researches show that it is possible to determine the motor reactions of the platform type robot and achieve required values of the motor reactions at the design phase to ensure that the platform type robot can be used as an active support.

The experimental studies' findings allow giving recommendations pertaining to the drives of the platform type robot, when the latter is used as active support.

Bibliography

1. Gough, V.E. Contribution to discussion of papers on research in Automobile Stability // Control and Tyre Performance. Proc. Auto Div. Inst. Mech. Eng. 1956. - P.392–394.
2. Stewart, D. A. Platform with six degrees of freedom / Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. London, 1965. – Vol.180, No15. - P.371-385.
3. Dasgupta, B., Mruthyunjaya, T.S. The Stewart platform manipulator: a review, Mechanism and Machine Theory, 35:15-40, 2000.
4. Merlet, J. P. Parallel Robots / Springer, Dordrecht, 2006.
5. Angeles, J. Fundamentals of Robotic Mechanical Systems: Theory, Methods and Algorithms (Second Ed.) / Springer, 2002. - 520 p.
6. Nanua, P., Waldron K.J., Murthy, V. Direct Kinematic Solution of a Stewart platform / IEEE Trans. On Robotics and Automation. 1990. - Vol.6 - P. 438-444.
7. Sholanov, K.S. Manipulator of a Platform Type Robot Sholkor // Advanced Materials Research, Vol.930, 2014. – P. 321-326.
8. Sholanov, K.S., Abzhaparov, K.A., Zhumasheva, Zh.T., Ceccarelli, M. A new parallel manipulator hydraulically actuated // International Journal of Mechanics and Control, Vol. 17, No. 01, 2016. – P. 49-57.
9. Christian, W. Müller, Dietmar Otte, Sebastian Decker, Timo Stübig, Martin Panzica, Christian Krettek, Stephan Brand. Vertebral fractures in motor vehicle accidents–a medical and technical analysis of 33,015 injured front-seat occupants // Accident Analysis & Prevention, Volume 66, 2014. – P. 15-19.
10. Servadio, P., Marsili, N.P. Analysis of driving seat vibrations in high forward speed tractors // Biosystems Engineering, 2007. - Volume 97, Issue 2. - Pages 171-180.
11. Shekhovtsov, V.V., Pobedin, A.V. Lyashenko, M.V.,Shekhovtsov, K.V. Classification and Analysis of the Ways of Cabin Suspension Vibroinsulators` Characteristic Formation: Referaty / Wojskowa Akademia Techniczna. – Warszawa, 2010. – P. 449-452.
12. Daniel Aggromito, Bernard Chen, Rodney Thomson, John Wang, Wenyi Yan. Effects of body-borne equipment on occupant forces during a simulated helicopter crash // International Journal of Industrial Ergonomics, 2014. - Volume 44, Issue 4.- P. 561-569.
13. Ki-Sun Kim, Jongwan Kim, Kwang-joon Kim. Dynamic modeling of seated human body based on measurements of apparent inertia matrix for fore-and-aft/vertical/pitch motion // Journal of Sound and Vibration. – Volume 330, Issue 23, 2011, – P. 5716-5735.
14. Sarah Cation, Robert Jack, Michele Oliver, James P. Dickey, Natasha K. Lee-Shee. Six degree of freedom whole-body vibration during forestry skidder operations // International Journal of Industrial Ergonomics, Volume 38, Issues 9-10, 2008. – P. 739-757.
15. Kozlovsky M.Z. Automatic Control of Vibration Protection Systems, Moscow: Nauka, 1978. – P. 320.
16. Moroz A.V., Korotkov E.B., Levinzon G.L., Serezhin A.V. Active Vibration Protection and Horizontalizingthe Technological Platform with the Positioning Equipment // Robotechnics and Mechatronics". Moscow-St. Petersburg, Russian Academy of Sciences – Bryansk State Technical University, 1996. – P. 198-203.

17. Shekhovtsov V.V., Lyashenko M.V., Shevchuk V.P., Pobedin A.V., Sokolov-Dobrev N.S., Shekhovtsov K.V. Technical Solutions of Elastically Damping Devices in the Tractor Cabin Suspension // International Scientific and Research Magazine, 2013. – P. 122-125.
18. Polyakov Yu.A. Specifics of Choice of Parameters for the Shock Absorber of the Suspension for the Seat in a Truck Subject to Impulse Road Excitation // Motor Transport Enterprise, 2012. – 11. – P. 53-59.
19. Fominova O.V., Belozyorova E.B., Chernyshev V.I. World of Transport and Technological Machines, 2012. – P. 79-87.
20. An-Pei Wang, Yung-Hing Lin. Vibration control of a tall building subjected to earthquake excitation // Journal of Sound and Vibration, Volume 299, Issues 4–5, 2007. – P. 757-773.
21. Francesc Pozo, Mauricio Zapateiro, Leonardo Acho, Yolanda Vidal, NingsuLuo. Experimental study of semiactive VSC techniques for vehicle vibration reduction // Journal of the Franklin Institute, Volume 350, Issue 1, 2013. – P. 1-18.
22. P.E. Uys, P.S. Els, M. Suspension settings for optimal ride comfort of off-road vehicles travelling on roads with different roughness and speeds // Journal of Terramechanics, Volume 44, Issue 2, 2007. – P. 163-175.
23. Le ThanhDanh, Kyoung Kwan Ahn. Active pneumatic vibration isolation system using negative stiffness structures for a vehicle seat // Journal of Sound and Vibration, Volume 333, Issue 5, 2014, – P. 1245-1268.
24. DamirFilipović, DierkSchröder. Control of vibrations in multi-mass systems with locally controlled absorbers // Automatica, Volume 37, Issue 2, 2001. – P. 213-220.
25. Ulyanov S.V. Intelligent Robust Control: Soft Computing Technology // Moscow: VNII geosystem, 2011. – p. 408.
26. vanSchie, H.T.,Koelewijn, T., Jensen, O., Oostenveld, R., Maris, E., Bekkering, H. (2008).Evidence for fast, low-level motor resonance to action observation: an MEG study // Social Neuroscience, 3. – P. 213–28.
27. Robotechnics, Prediction, Programming / under the editorship of Malinetsky G.G. // Moscow: LKI Publishing House, 2008.
28. Electro-HydraulicMechatronicMotion Modules. Foundations of the Theory and System Design. By Kazmirenko V.F. // Moscow: Radio and Svyaz, 2001. - P. 432.

УТИЛИЗАЦИЯ ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Калдыбаев Н.Б., Карымсакова Н.Т.
nkarymsakova1@gmail.com
Казахский Национальный университет имени Аль-Фараби, Казахстан

***Аннотация**. Практическая значимость этого исследования заключается в том, что оно подчеркивает важность экологии в 21 веке. Человечество пришло к пониманию того, что планету, на которой мы живем, нужно защищать не только в плане еды и условий жизни.*

Основными источниками загрязнения являются бытовые отходы, количество которых с течением времени увеличивается из-за роста населения. Затем увеличивается потребление. В связи с этим большое значение имеет автоматизация сортировки бытовых отходов. Одной из самых острых проблем является сортировка мусора. Сейчас во многих странах используется ручная сортировка. Во-первых, он порождает массовые инфекции и различные виды заболеваний. Во-вторых, в современном мире, где есть возможность создать искусственный интеллект, который мог бы делать весь этот процесс, везде работают люди. Создавая искусственный интеллект для сокращения численности персонала, также можно создать лучшую экосистему всех времен.

Введение. Каждый день рост населения влияет на увеличение количества потребляемых ресурсов. Это потребление ресурсов приводит к увеличению количества отходов, бытовой химии и т.д. Мусорные свалки, загрязнение водоемов, почвы, атмосферы являются результатом деятельности человека. В Казахстане сложилась плачевная ситуация с обезвреживанием, хранением и утилизацией бытовых отходов, загрязнением окружающей среды, нерациональным использованием природных ресурсов, а главное, реальная угроза здоровью нынешнего и будущих поколений страны [1]. Отсюда исходит актуальность исследования; то есть важной задачей на сегодняшний день является решение проблем обезвреживания охраны окружающей среды и выявление масштабных проблем переработки и сортировки твердых бытовых отходов. Среди них наиболее масштабные проблемы возникают в жилых домах из-за их сложного морфологического состава и распределения [2].

Одной из ответственных задач, стоящих перед муниципальной властью, является-санитарная очистка бытовых отходов в жилом секторе. Своевременный вывоз и правильная сортировка и безопасная утилизация твердых бытовых отходов (ТБО), переработка которых напрямую зависят от безопасности жизнедеятельности населения и окружающей среды. Только в Алматы ежегодно образуется 500 000 тонн ТБО, и эти отходы размещаются на неразрешенных свалках. Причиной этого является отсутствие инфраструктуры, необходимой для переработки и сортировки. В настоящее время вокруг Алматы находится около 3 млн тонн твердых бытовых отходов, и это цифра увеличивается ежедневно. Объем твердых бытовых отходов в Казахстане составляет около 15 млн м3, на душу населения – 1 м3. Всего в республике собрано 3,2 миллиарда тонн твердых бытовых отходов. Большая часть этих отходов приходится на крупнейшие мегаполисы страны. На одного человека собирается 1,3-2,6 м^3 отходов.

Основным способом утилизации твердых бытовых отходов в Республике Казахстан является их размещение на полигоне. Конечно, преимущества этого метода очевидны на первый взгляд – он относительно прост и малозатратен. [3] Однако эта технология малопригодна. По мере того, как города становятся меньше из-за увеличения площади пригодных для вывоза мусора площадей вокруг больших территорий, твердые бытовые отходы не сортируются. Следовательно, объем отходов растет в геометрической прогрессии, а их переработка практически отсутствует. Существующие свалки были практически полностью засыпаны десятилетия назад. Поэтому в ближайшем будущем крупным городам, мегаполисам и агломерационным системам грозит социальный взрыв под названием «мусорный коллапс». Реформирование системы обращения с отходами и выбор оптимального способа утилизации – сложная, многофакторная задача. Решение всегда основывалось на внешних ограничениях, главным из которых, к сожалению, являются не экологические, а финансовые факторы. В связи с этим целью исследования является изучение автоматизации процесса сортировки твердых бытовых отходов и изучение возможных методов сортировки [4]. Существующая в Казахстане система обращения с отходами приводит к загрязнению атмосферы, грунтовых вод и почвы, что приводит к снижению качества жизни. Для совершенствования существующей системы переработки необходим анализ имеющихся методов переработки и сортировки отходов, в том числе изучение качественных автоматизированных систем управления переработкой и сортировкой твердых бытовых отходов.

Материалы и методы исследования.Твердые бытовые отходы – это вещества или товары, которые больше не используются потребителями; большая часть потребительских отходов. Твердые отходы делятся на биологические и небиологические твердые отходы искусственного или природного происхождения. Помимо бытовых отходов, существуют также промышленные и строительные отходы.

Наука, изучающая все виды мусора («археология мусора») и методы его утилизации, известна как гарбология или наука о мусоре [5, 6].

Твердые бытовые отходы представляют собой сложную, неоднородную смесь. По своим морфологическим характеристикам твердые отходы в настоящее время состоят из следующих компонентов:

- Биологические отходы
- Кости
- Пищевые и растительные отходы (Горка, Отходы)
- Синтетические отходы
- Переработка целлюлозы
- Бумага-газеты – журналы, упаковочные материалы
- Древесина
- Нефтяные продукты
- Пластмассы
- Текстиль
- Кожа, резина
- Разные металлы (цветной и черный)
- Стекло.

Бытовые помойки служат источником пищи для синантропных видов, в первую очередь крыс, являющихся переносчиками инфекции. Банки, бутылки и другие емкости

с органическими отходами могут служить ловушками для диких животных и насекомых, а также могут нанести вред природе и живым организмам. Восемьдесят процентов мусора не перерабатывается, что делает его вредным для окружающей среды [8].

К опасным твердым отходам относятся:

- бывшие в употреблении батареи и аккумуляторы;
- электроприборы;
- краски и косметика;
- удобрения и пестициды;
- бытовая химия;
- медицинские отходы;
- ртутьсодержащие термометры;
- барометры;

По характеру и степени воздействия на природную среду твердые бытовые отходы различают:

- промышленные: захоронение мусора, состоящего из инертных материалов, в настоящее время экономически не оправдано;
- вторичное сырье (вторичное сырье);
- Отходы 3 класса опасности;
- Отходы 2 класса опасности;
- Отходы 1-го класса опасности [7].

Для решения вышеуказанных проблем я использовал следующие шаги после обучения: Прежде всего, я создал суть своей идеи на платформе симулятора Coppelia Sim. Для этого я использовал такие устройства, как конвейер, манипулятор с камерой и т. д. [9].

Предлагается сценарий работы следующий:

- перетаскиваем объекты DragAndDrop из библиотеки модели;
- размещаем их в нужных местах;
- пишем сценарии;
- запускаем симулятор;
- остановить симуляцию.

Благодаря навесным датчикам крутящего момента манипулятор KUKA R820 мгновенно распознает контакт при снижении мощности и скорости. Регулируя положение и гибкость, он контролирует чувствительные детали, не зажимая и не разрезая их. Высокоэффективный регулируемый легкий вес.[10] Манипулятор KUKA R820 распознает быстрые контуры с сильной регулировкой. Он исправляет

правильное монтажное положение и быстро и точно маркирует детали с точностью моментов по осям ±2% от максимального момента, мы используем этот манипулятор для различения и распознавания видов отходов.

Сначала соорудим сортировочное устройство, выбрав следующие компоненты:

- манипулятор Кука R820
- Конвейер
- Кинект-камера
- Захват-рука.

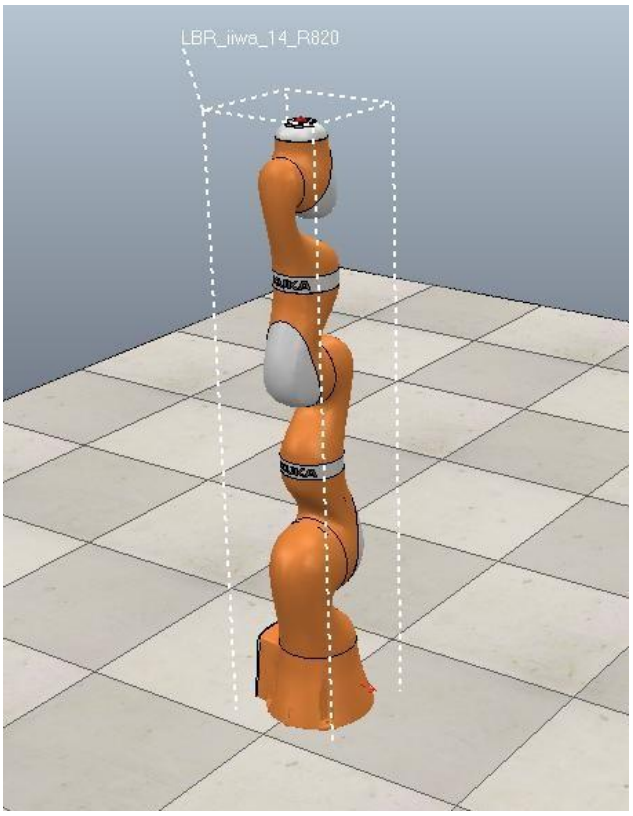


Рис.1 Манипулятор Kuka R820

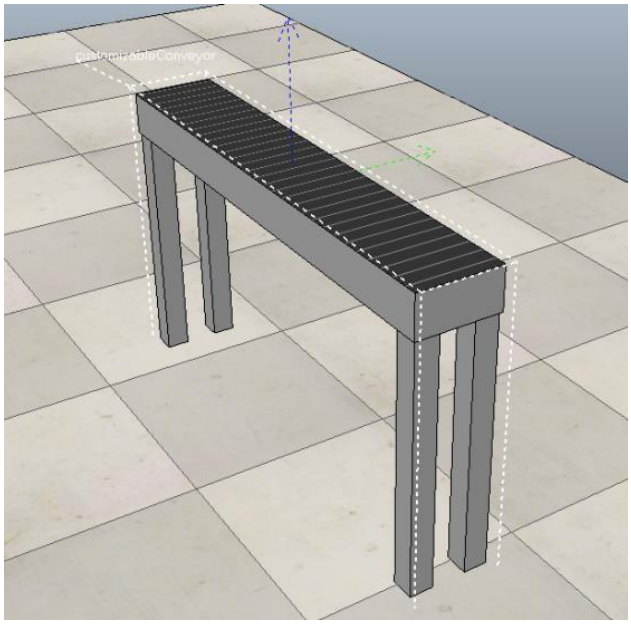


Рис.2 Конвейер

Рис.3 Kinect-камера

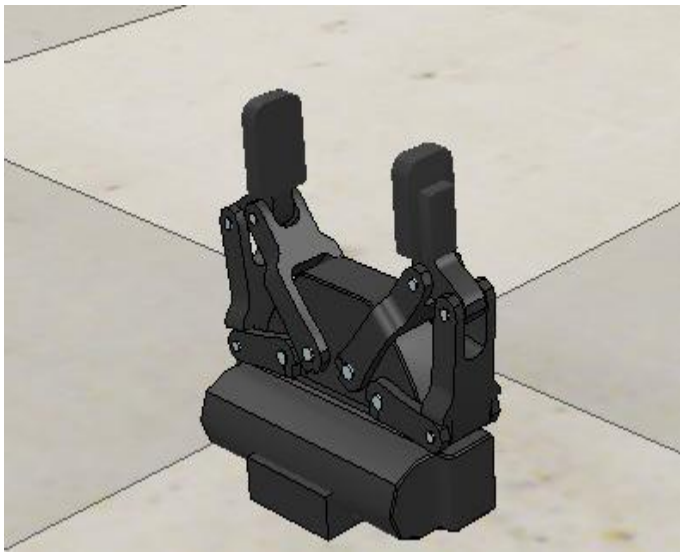


Рис.4 Захват-рука

Чтобы различать ТБО, перемещаем их из одного места в другое с помощью конвейера, изображенного на рисунке (рис.2). Используем Kinect-камеру, изображенную на картинке (рис.3), для обнаружения остаточного объекта, движущегося по конвейеру, и отправляем прямоугольную ограничительную рамку в обратную нейронную сеть.

Сортировка осуществляется так, как показано на рисунке; например, отправка блоков синего цвета в синий ящик, блоков зеленого цвета в зеленый ящик и т. д. Если указанный по договору цвет не совпадает, он выбрасывается в корзину. Как только компоненты выбраны, они помещаются в среду Coppelia Sim, и получается следующая симуляция:

Рис.5 Процесс сортировки.

```
media_flange_height = 0.029
# Кука қолының ұзындығын  анықтаймыз
kuka_arm_length_dict = {'kuka_length_1': 0.36, 'kuka_length_2': 0.42, 'kuka_lengt
# қол бұрышының шегін басқа сөздікте анықтаймыз
kuka_joint_range_dict = {'kuka_joint_1_range': [-170*np.pi/180, 170*np.pi/180],
                         'kuka_joint_2_range': [-120*np.pi/180, 120*np.pi/180],
                         'kuka_joint_3_range': [-170*np.pi/180, 170*np.pi/180],
                         'kuka_joint_4_range': [-120*np.pi/180, 120*np.pi/180],
                         'kuka_joint_5_range': [-170*np.pi/180, 170*np.pi/180],
                         'kuka_joint_6_range': [-120*np.pi/180, 120*np.pi/180],
                         'kuka_joint_7_range': [-175*np.pi/180, 175*np.pi/180]}

# ----- coppeliasim python клиентін іске қосу -----

# We create an object of the coppeliasim client class
coppeliasim_client = CoppeliaSimClient()
print('Attempting to launch python coppeliasim client')
```

Рис.6 Сортировка по цвету в программной среде Python

Сортировка осуществляется, как показано на рисунке, т.е. отправка блоков синего цвета в синий ящик, блоков зеленого цвета в зеленый ящик и т. д., как показано на рисунке. Если цвет, указанный по договору, не совпадает, он выбрасывается в мусорное ведро. Для сортировки по цветам в языке Python создана база доступных данных. Моделирование делает снимки входящих блоков с помощью сенсора kinect, вычисляет и сортирует их в библиотеке изображений sklearn по цвету и положению в программной среде Python [11].

Цвета твердых отходов во встроенной симуляции картина процесса сортировки ящиками выглядит следующим образом:

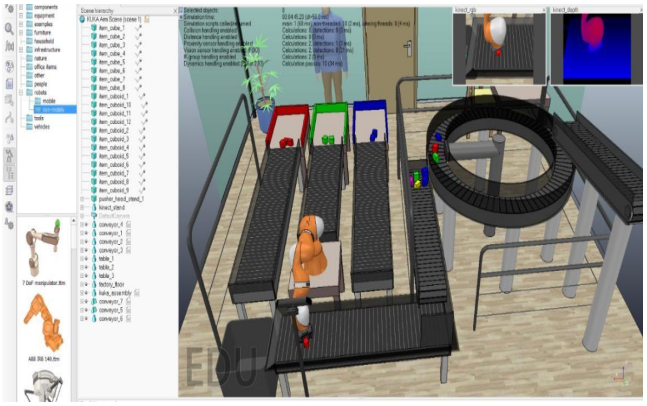


Рис.7 Сортировка мусора по цвету и месту

Принцип работы следующий: блоки падают перед манипулятором по конвейеру, в нашем случае блок - твердые бытовые отходы [12]. Программа фотографирует поступающие блоки, вычисляет их по цвету и положению и отправляет на симуляцию. Симуляция использует датчик Kinect для фотографирования входящих блоков, вычисляет их в библиотеке изображений sklearn по цвету и положению в программной среде Python и обнаруживает любые остатки.

Результаты. Целью работы было создание прототипа конвейера для сортировки твердых бытовых отходов и анализ видов и вреда бытовых отходов. В своей работе мы добились следующих результатов: подбор подходящей технологии для автоматизации процесса сортировки.

– выбор компонентов для проектирования системы и разработки симуляторов;
– на основе разработанной системы создан прототип конвейера с автоматической сортировкой отходов.

Для создания системы были изучены существующие системы сортировки бытовых отходов, проанализированы методы и приемы улучшения существующих систем, подобраны необходимые аппаратные и программные средства. Для обучения нейронной сети была создана галерея фотографий. В данной работе был спроектирован и построен сортировщик ТБО в среде Coppelia Sim. На основе разработанной модели мусор разделялся по цвету и координатам местоположения и собирался в отдельные ящики. Для расчета процесса сортировки по цвету и координате использовалась программная среда Python, включающая библиотеку изображений sklearn.

Выводы. Изучая разные методы сортировки, я наткнулся на такие типы.

– "мокрая" сортировка,
– прессование,
– горение,
– погребение и др.

Так называемая «Мокрая» сортировка применялась в 1960-х и 1970-х годах. Суть этого метода заключалась в том, что, погрузив весь мусор в воду, его можно было разделить на две фракции: «тяжелую» и «легкую». Например, к «тяжелым» предметам относится пластик, а к «легким» – бумага. Если остановиться на методе сжигания, то это один из самых опасных и «грязных» методов. Метод сжигания вообще не эффективен, так как после него не остается вторичного сырья. Выбрасываемый газ загрязняет атмосферу. Используя этот метод, все сырье можно уничтожить за несколько лет. Поэтому в исследовании предлагалась «мокрая» сортировка, так как в то время не было ни искусственного интеллекта, ни даже обычных компьютеров. В настоящее время полуавтоматическая сортировка используется во всех развитых странах. Мусор транспортируется на конвейерных лентах, люди его сортируют, а затем собранные отходы выталкивают вперед с помощью обычных манипуляторов. Метод захоронения также является нарушением экологии, поскольку захороненные отходы разрушают качество земли и выделяют радиоактивный газ.

Литература

1. Визуальное представление задачи прямой кинематики промышленного робота. - https://habr.com/ru/post/598987/
2. Раздельный сбор отходов // Государственная компания «Автодор», группа компаний «Экотехнологии», Геохим. – Москва. – 2016.

3. Васильева А.В. «Дискретная математика: учебник» / Красноярск, 2020. - https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763835113.htm.
4. Федоров, Д.Ю. Программирование на языке высокого уровня Python, Москва, 2019.
5. Бабанин И.В. Оценка эффективности раздельного сбора отходов, 2016.
6. Бабанин И.В. «Мусорная революция» / Москва, 2009.
7. Т.С. Благовещенская. Управление отходами // Экология на предприятии, 2014.
8. Колесников С.И., Дашков К. // Наука. Экология, Ростов, 2013.
9. Шубов Л. Я., Ставровский М. Е., Олейник А. В. Технология твердых бытовых отходов, 2023.
10. Соколов, Кибардина, Фламме: Сбор и переработка твердых коммунальных отходов // Инфра-Инженерия, 2019.
11. Анатолий Кудрявцев, Светлана Макарова, Святослав Федоров. Основы управления ТБО в городах: М. 2022.
12. Златопольский Д.М., «Основы программирования на Python» // DMK Press, 2017. - с.284.

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

[1]Исмаил Е.Е., [1,2]Утелиева Н.К., [1]Қызырова Ж.
e-mail: e.ismail@aues.kz , n.utelyeva@aues.kz , zh.kyzyrova@aues.kz
[1]Алматинский университет энергетики и связи им. Г.Даукева, Казахстан
[2]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан

Аннотация. *В работе авторы демонстрирует целесообразность применения онтологического анализа для оценки качества программных средств космического назначения (ПСКН). Показано, что этот подход способствует систематизации, структурированию, формализации и моделированию проблемы оценки качества ПСКН. В целом, данное исследование представляет собой инновационный подход к проблеме оценки качества ПСКН, позволяющий более точно и ясно идентифицировать и структурировать ключевые аспекты оценки качества ПСКН, учитывая их особенности, что способствует более глубокому пониманию этой проблемы, а также созданию методологической основы для разработки эффективных моделей, методов и инструментов оценки качества ПСКН.*

1 Введение

В настоящее время оценка качества программных средств, как правило, основана на применении семейства международных стандартов ISO/IEC 25000 Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) [1]. В указанных стандартах установлены терминология, эталонная модель качества, требования, общая методология и процессы оценки качества программных средств общего назначения. Однако стандартные характеристики и показатели качества программных продуктов не в полной мере отражают особенности и требования специальных программных средств, например, программных средств космических систем [2,3].

Поэтому разработаны и применяются множество корпоративных стандартов и методик оценки качества специальных программных средств, например, стандарты IEEE, ECSS, NASA, Система стандартов министерства обороны США и др. В этих стандартах обычно используются терминология, модели, критерии и метрики качества, методики, которые в некоторой степени отличаются от принятых в международных стандартах.

В связи с этим возникает задача создания единой терминологической и понятийной платформы для анализа и оценки качества программного обеспечения на основе интеграции данных из разных источников и обеспечения их согласованности.

Одним из эффективных современных методов решения данной задачи является онтологический анализ. Онтология предоставляет формальный и однозначный способ описания знаний и структурирования информации в виде иерархически организованных понятий, свойств, связанных с этими понятиями, отношений между понятиями и правил, управляющих этими отношениями в некоторой предметной области [5-7].

В настоящее время сообщество специалистов в области программной инженерии признало онтологии прогрессивным способом решения текущих проблем разработки программного обеспечения. Например, онтологии предлагается использовать в разработке и проверке требований, моделировании программного обеспечения, в разработке методологии и технологий программного инжиниринга, понимании программного обеспечения и т. п. [8 - 15].

В контексте оценки качества программных средств для космических систем критически важны установление точных и ясных понятий, их определений и связей. Онтологический анализ проблемы оценки качества ПО позволит исследователям, разработчикам и экспертам в этой области системно и структурированно подходить к проблеме оценки качества ПО, использовать общепринятые термины и понятия, более четко и ясно понять сложность проблемы. Это очень важно для разработки эффективных моделей, методов и инструментов для оценки и обеспечения качества ПСКН.

Создание онтологии (онтологической модели) такой области, как качество программного обеспечения, является в современных условиях актуальной задачей. С одной стороны, область достаточно сложная, с разными парадигмами (например, объектная ориентация, качество) и различными аспектами (например, безопасность, надежность, производительность, интерфейсы и т. д.). С другой стороны, область достаточно стабильна, т. е. новые парадигмы и аспекты возникают довольно редко.

Основная цель данной работы заключается в применении онтологического подхода к проблеме оценки качества ПСКН, позволяющей более точно и ясно определить и структурировать понятия, сущности проблемы оценки качества ПО, а также создать методологическую основу для разработки эффективных моделей, методов и инструментов оценки качества ПСКН.

2 Цели и задачи онтологического анализа проблемы оценки качества ПСКН

Основная цель онтологического анализа проблемы оценки качества ПСКН заключается в разработке формальной модели, основанной на онтологии, которая позволяет более точно определить и структурировать понятия, сущности проблемы оценки качества, и обеспечивает основу для дальнейших исследований и разработок в этой области.

В рамках онтологического анализа проблемы оценки качества ПСКН должны быть поставлены и решены следующие задачи:

Определение предметной области: определение основных понятий, фактов и связей ними, которые характеризуют предметную область оценки качества ПО. Например, определение понятий характеристики качества ПО: "функциональная пригодность", "надежность", "эффективность", "безопасность", и т. д., и описание их свойств и взаимосвязей.

Идентификация факторов качества. Например, выявить основные факторы, которые влияют на качество ПО. Это могут быть факторы, связанные с функциональностью, производительностью, безопасностью, надежностью, сопровождаемостью и другими аспектами ПО.

Определение отношений и зависимостей между различными факторами качества ПО. Например, определить как надежность ПО зависит от его безопасности и эффективности.

Разработка формальной спецификации понятий и отношений в предметной области и формальной модели, описывающей все вышеуказанные аспекты и которая

будет использована для анализа и оценки качества ПО, а также для разработки методов и инструментов для его улучшения.

Таким образом, цель онтологического анализа проблемы оценки качества ПО заключается в создании формальной антологической модели, которая обеспечивает более глубокое понимание проблемы и служит основой для принятия обоснованных решений в области оценки и улучшения качества ПО.

3 Основные требования к онтологическому анализу

Онтологический анализ основан на ряде общих принципов, которые помогают структурировать знания, обеспечивать согласованность и точность в представлении информации и облегчать понимание предметной области [5-7]. Вот некоторые из основных принципов онтологического анализа:

a) Онтологический анализ должен быть направлен на обеспечение семантической ясности, однозначности и согласованности в описании и интерпретации понятий и отношений, единого понимания и использования знаний в предметной области для разных пользователей и специалистов. чтобы избежать противоречий и несоответствий в онтологии. Согласованность должна обеспечивать отсутствие противоречий, несоответствий, внутреннюю целостность и надежность в представлении знаний в предметной области.

b) Онтологический анализ должен быть направлен на представление знаний в формальной форме на основе использования формальных языков и структур для представления знаний, обеспечивающую строгую логическую основу для анализа.

c) Онтологический анализ должен учитывать практическую реализуемость и применимость полученных результатов. Онтология должна быть применима в конкретных задачах и средах, а ее разработка должна быть осуществимой и экономически обоснованной.

d) Онтологический анализ должен предусматривать возможность расширения и изменения онтологии с учетом развития предметной области и появления новых знаний. Онтология должна быть гибкой и адаптируемой для внесения изменений и дополнений, позволять разбивать сложные предметные области на более мелкие модули.

e) Онтологический анализ должен обеспечивать возможность повторного использования существующих онтологий и онтологических компонентов. Использование стандартных онтологий и воспроизводимых моделей способствует совместному использованию знаний и уменьшает избыточность разработки.

f) Минимальное влияние кодирования - этот принцип в онтологическом анализе относится к стремлению минимизировать зависимость онтологии от конкретной реализации или кодирования. Основные требования этого принципа включают: нейтральность к языку программирования, предпочтение открытым стандартам и форматам, отделение структуры онтологии от конкретных кодов или реализаций, использование стандартных моделей. Принцип "Минимальное влияние кодирования" способствует гибкости, переносимости и долговременной эффективности онтологического анализа.

Вышеприведенные принципы и требования помогают обеспечить качество и надежность онтологического анализа и способствуют его успешному применению в различных областях знаний и задачах.

4 Методология онтологического анализа проблемы оценки качества ПСКН

Методология онтологического анализа — это системный и структурированный подход к созданию, описанию и использованию онтологической модели, которая представляет собой формализованную модель предметной области с использованием специфических элементов, таких как концепты, атрибуты и отношения.

Нами на основе общих принципов, требований и процедур современной онтологии [5-7] разработана адаптированная к особенностям и требованиям программных средств космического назначения [3,4] методология онтологического анализа проблемы оценки качества.

Основная цель онтологического анализа проблемы оценки качества ПСКН заключается в разработке формальной онтологической модели этой предметной области с учётом её специфических особенностей, которая позволит более точно определить и структурировать понятия, сущности проблемы оценки качества, и обеспечить научно-методическую основу для дальнейших исследований и выполнения практических работ по оценке качества ПСКН.

Назначение онтологического анализа проблемы оценки качества ПСКН

1) Создание формализованных представлений знаний в структурированной и понятной форме, позволяющей четко определить и структурировать понятия, отношения и связи в области оценки качества ПСКН.

2) Онтологический анализ позволит обеспечить семантическую ясность и устранить неоднозначность в понимании смысла данных и информации в контексте проблемы оценки качества ПСКН.

3) Использование онтологии позволит объединить и обобщить данные по проблеме оценки качества ПСКН из разных источников.

Онтологический анализ способствует более глубокому и системному пониманию проблемы оценки качества программных средств космического назначения.

Требования к онтологическому анализу:

1) Формализация: то есть перевод неструктурированных данных и текстовых описаний понятий, атрибутов, отношений в формализованную форму.

2) Эффективность: Методология онтологического анализа должна быть эффективной в создании онтологий и их применении. Она не должна быть излишне сложной и должна обеспечивать достаточную производительность.

3) Семантическая точность: Онтологическая модель, созданная с использованием методологии онтологического анализа, должна обеспечивать семантическую ясность и однозначность понятий и отношений.

4) Поддержка стандартов: Методология онтологического анализа должна быть совместима с существующими стандартами в области качества программного обеспечения.

5) Масштабируемость: Методология онтологического анализа должна быть масштабируемой и способной адаптироваться к различным приложениям и уровням сложности.

6) Безопасность: если онтологический анализ предполагает работу с конфиденциальными данными, то необходимо обеспечивать соответствующие меры безопасности и конфиденциальности.

Создание и использование методологии онтологического анализа с соблюдением этих требований позволяет создать общий язык и обеспечить понимание в данной области, что может улучшить процессы оценки, снизить риски и повысить качество программных продуктов.

Основные этапы, задачи и результаты онтологического анализа проблемы оценки качества ПСКН

Онтологический анализ проблемы оценки качества ПСКН может быть разделен на следующие этапы, включая соответствующие задачи и ожидаемые результаты:

Этап 1. Идентификация ключевых компонентов ПСКН и аспектов проблемы:

Задача: Определение структуры ПСКН, уровни детализации, основные его компоненты.

Результат: Онтологическая модель, иерархического уровня, описывающая структуру ПСКН и взаимосвязи между компонентами, ключевые понятия, связанные с оценкой качества ПО, таких как «критерии качества", "методы оценки" и "результаты оценки".

Этап 2: Сбор и анализ данных:

*Задача: С*бор данных об особенностях ПСКН и требованиях к ним, их характеристиках, истории использования, а также об уже известных проблемах с качеством. Это может включать в себя анализ технической документации, отчетов об инцидентах, результатов испытаний и других источников информации.

Результат: Онтологическая модель, иерархического уровня, описывающая особенности рассматриваемого ПСКН и требованиях к нему.

Этап 3: Определение критериев качества ПСКН

Задача: Определение конкретных применимых к рассматриваемому ПСКН характеристик и атрибутов качества (критерии и показатели качества, отношения между ними). Это может включать в себя определение таких характеристик и атрибутов качества, как производительность, надежность, безопасность, устойчивость стойкость к воздействию внешних факторов и другие, а также связанных с ними метрик и стандартов.

Результат: Онтологическая модель, иерархического уровня, описывающая к характеристике и атрибуты качества ПСКН, отношения между ними, а также связанные с ними метрики и стандарты.

Этап 4: Выбор моделей и методов оценки:

Задача: Определение методов и инструментов, которые будут использоваться для оценки качества ПСКН, включая тестирование, верификацию, анализ кода и другие.

Результат: Онтологическая модель, иерархического уровня, описывающая модели, методы и инструменты оценки качества ПСКН.

Этап 5: Создание интегрированной онтологической модели

На этом этапе создается онтологическая модель путем интеграции отдельных моделей, созданных на предыдущих этапах, в иерархическую структуру, которая описывает иерархию ключевых понятий и их отношений в предметной области оценки качества ПСКН. Также выполняется интеграция существующих стандартов и нормативов, связанных с оценкой качества ПО (ISO 25000 (SQuaRE) или CMMI (Capability Maturity Model Integration), с включением их в созданную модель.

Этап 6: Формализованное представление онтологической модели

Онтологическая модель может быть представлена в виде графа, где узлы представляют собой понятия, а связи между узлами - отношения. В настоящее время существуют достаточно большое количество общедоступных формальных языков и редакторов онтологий, такие как OWL (Web Ontology Language), RDF (Resource Description Framework), RDF Schema, CL (Common Logic).

Этап 7: Верификация онтологической модели

Целью верификации онтологической модели является убедиться в том, что она корректно и полно описывает знания и концепции в области оценки качества ПО, а также соответствует логическим и семантическим правилам.

Для верификации онтологической модели могут использоваться различные методы:

- формальные методы для проверки логической согласованности модели и выявления противоречий;
- тестирование для проверки поведения модели и ее соответствия спецификациям;
- экспертная оценка для оценки семантической правильности и полноты модели, сравнения данных, полученных из модели, с реальными данными;
- использование инструментов онтологической инженерии для анализа, редактирования и проверки онтологических моделей;
- проведение анализа и обсуждения модели с участием заинтересованных сторон.
- методы моделирования и симуляции для проверки работы модели и ее воздействия на системы, которые будут использовать эту модель.

Эффективная верификация онтологической модели помогает обеспечить ее надежность и точность, что важно для ее успешного использования в различных приложениях.

6 Выводы и заключение

1. Онтологический подход к проблеме оценки качества программных средств космического назначения позволяет четко и однозначно, с учетом их особенностей идентифицировать ключевые аспекты проблемы оценки их качества. Создание онтологической модели способствует более глубокому пониманию этой проблемы.

2. Онтологический анализа является эффективным инструментом систематизации и структурирования, формализации и моделирования проблемы оценки качества программных средств космического назначения.

3. Онтологический анализ может помочь улучшить процессы оценки качества ПСКН, сделав их более структурированными и автоматизированными.

4. Онтологическое моделирование создает предпосылки для автоматизации и оптимизации оценки качества ПСКН, созданию интеллектуальных систем в этой области. Это может повысить эффективность и снизить риски в космических миссиях.

5. Данная работа выявляет потребность в дополнительных исследованиях и разработках для применения онтологического анализа на практике и внедрения созданных методологий в космические проекты.

В целом развитие и использование и онтологического подхода к оценке качества программных средств для космических систем будет способствовать более эффективной и точной оценке их качества, тем самым повышению надежности и безопасности космических миссий.

Литература

1. ISO/IEC 25000:2014 Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Guide to SQuaRE
2. ISO/IEC 25010:2011 Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). System and software quality models.

3. Yes. Ismail. Features and Requirements for the Quality of Software for Space Purposes. Journal of Applied Mathematics and Computation (USA). - Vol. 2 N. 6, 2018. – P. 251-256.
4. Ismail, E., Utelieva, N., Balmaganbetova, A., Tursynbaeva S. The choice of measures reliability of the software for space applications / 2nd International Conference on Electrical, Communication and Computer Engineering (ICECCE 2020) (12th – 13th June 2020 Istanbul, Turkey): ICECCE 2020 Proceedings. - IEEE Catalog Number: CFP20U20-CDR.- P. 368-372 (ISBN: 978-1-7281-7115-9) (eng).
5. Gruber,T. R. A Translation Approach to Portable Ontologies. Knowledge Acquisition, 5(2):199–220, 1993.
6. Studer, R., Benjamins, R., D. Fensel. Knowledge engineering: Principles and methods // Data & Knowledge Engineering, 25(1–2):161–198, 1998.
7. Handbook on Ontologies, Eds., Staab, S. and R. Studer. Berlin: Springer Verlag, 2009.
8. Calero Coral, Ruiz Francisco, and Piattini Mario. Ontologies for Software Engineering and Software Technology // Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
9. C´esar Gonz`alez-P`erez and Brian Henderson-Sellers. An Ontology for Software Development Methodologies and Endeavours // Ontologies for Software Engineering and Software Technology, Springer, 2006. – P. 123–151.
10. Hans-J¨org Happel and Stefan Seedorf. Applications of Ontologies in Software Engineering // Semantic Web Enabled Software Engineering, 2006.
11. Allyson Hoss. Ontology-Based Methodology for Error Detection in Software Design // PhD thesis, Louisiana State University Graduate School, 2006.
12. Gerti Kappel, Elisabeth Kapsammer, Horst Kargl, Gerhard Kramler, Thomas Reiter, Werner Retschitzegger, Wieland Schwinger, and Manuel Wimmer. Lifting Metamodels to Ontologies: A Step to the Semantic Integration of Modeling Languages // ACM/IEEE 9th Int'l Conf. on Model Driven Eng. Languages and Sys, 2006. - P. 528–542.
13. Christoph Kiefer, Abraham Bernstein, and Jonas Tappolet. Analyzing Software with iSPARQL // 3rd ESWC Int'l WSh. on Semantic Web Enabled Software Eng., 2007.
14. Holger Knublauch. Ontology-Driven Software Development in the Context of the Semantic Web: An Example Scenario with Protégé / 1st Int'l WSh on the Model-Driven Semantic Web, 2004.
15. Seok Won Lee and Robin A. Gandhi. Ontology-based Active Requirements Engineering Framework // 12th Asia-Pacific Software Eng. Conf., 2005. - P. 481–490.

ЧАСТОТНО–ИМПУЛЬСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ПРОЦЕССА ВЫТЯЖКИ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Б.Х.Айтчанов, А.С.Тергеусизова
e-mail: b.aitchanov@aues.kz, a.tergeusizova@aues.kz
НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», Казахстан

Аннотация. *Целью данной работы является получение математического описания сигма частотно – импульсной системы управления режимными параметрами процесса вытяжки оптического волокна стохастическими дифференциальными уравнениями. Предложена процедура построения математических моделей рассматриваемой системы в виде стохастических дифференциальных уравнений в форме Ланжевена, основанная на стуктурном преобразований исходной системы. Показано преобразования стохастических дифференциальных уравнений в виде Ланжевена к стохастическим дифференциальным уравнениям в форме Ито. Приведены процедура и результаты экспериментального исследования по проверке адекватности полученной модели к исходной системе.*

Введение

Изготовление оптического волокна представляет собой сложный технологический процесс с большим числом управляемых и контролируемых параметров: температуры разогрева стекломассы, скорости подачи стекла в зону нагрева, скорости и усилия вытяжки световода.

Параметры режима вытяжки, задаваемые конкретно для каждой вытягиваемой преформы, а именно, сочетание скорости вытяжки и её натяжения, обеспечивает ту форму зоны перетяжки, при которой складываются заданные характеристики вытягиваемого волокна [1-2]. Основные управляющие факторы — скорость вытяжки и температуры в печи. Стабилизация натяжения осуществляется путем регулирования температуры высокотемпературной печи (ВТП) по величине ошибки контура стабилизации натяжения. Эксплуатационные характеристики вытягиваемого волокна (коэффициент затухания и коэффициент хроматической дисперсии) обеспечиваются точным соблюдением натяжения вытяжки, которое задается конкретным для каждой вытягиваемой преформы и скорости вытяжки, а они в свою очередь обеспечиваются поддержанием необходимой температуры в ВТП [3].

Особенностью технологического процесса вытяжки оптического волокна является наличие существенного запаздывания. Оно определяется временем прохождения вытягиваемого стеклоизделия от зоны формирования до датчика, определяющего размеры поперечного сечения. Наличие запаздывания в технологическом процессе приводит к тому, что сигнал на выходе объекта в течение некоторого времени после изменения входного сигнала остается неизменным. В связи с этим, важной задачей является – увеличение динамической точности регулирования. Низкая динамическая точность регулирования обусловлена инерционностью объекта регулирования.

Наличие запаздывания является серьезным препятствием при разработке высококачественных и высокоэффективных систем управления технологическим процессом вытяжки оптического волокна.

Как видно из вышеуказанного, задача качественного управления технологическим процессом вытяжки оптического волокна, которое обладает запаздыванием, представляет значительный теоретический и практический интерес.

Для решения задачи управления режимными параметрами процесса вытяжки оптического волокна, наиболее перспективным является применение динамических частотно-импульсных систем автоматического управления [5].

Система автоматического управления с сигма частотно- импульсной модуляцией

Рассмотрим замкнутую систему автоматического управления с сигма частотно-импульсной модуляцией (рисунок 1), содержащую непрерывную часть, описываемую дифференциальным уравнением со случайными коэффициентами, и модулятор, преобразующий непрерывный сигнал ошибки $x(t)$ в последовательность управляющих импульсов $y^*(t)$.

Стохастическая сигма частотно-импульсная система управления объектами с запаздыванием (рисунок 1) состоит из импульсной и непрерывной частей.

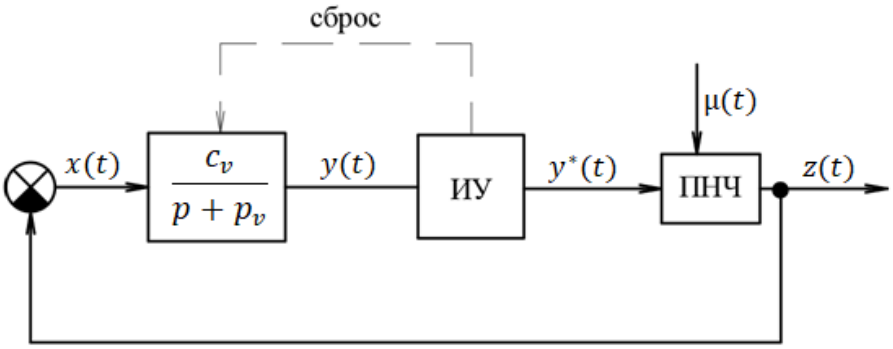


Рис. 1 Σ-частотно-импульсная система управления объектами с запаздыванием

Импульсной частью служит Σ - частотно-импульсный модулятор (Σ-ЧИМ), который задается уравнением фильтра Ф, реализованного в виде апериодического звена и уравнениями, определяющими моменты появления импульсов и операции сброса [6].

Уравнение движения Σ - частотно-импульсного модулятора состоит из уравнения движения апериодического звена и уравнений, определяющих моменты появления и знак импульсов, и операции сброса. Так как, наш объект управления, зона перетяжки оптического волокна, обладает запаздыванием, необходимо получить уравнение модулятора, включенного в контур управления объектами с запаздыванием. Как известно [7-8], в объектах с запаздыванием влияние управляющего импульса проявляется на выходе с временной задержкой, не меньшей времени его запаздывания. Исходя из этого, при управлении такими объектами в течении времени, равного времени запаздывания объекта τ_o , формировать следующий управляющий импульс нецелесообразно.

Допустим, что в некоторый момент $t = t_n$ на выходе импульсного устройства ИУ появился n – й импульс. Моменты появления импульсов вида $y^*(t) = \sum \lambda_{n+1}\delta(t - t_{n+1})$ и операции сброса с учетом свойств объекта с запаздыванием определяются соответственно уравнениями:

$$y(t_{n+1}-0)=\int\limits_{t_n+\tau_m}^{t_{n+1}-0} w(t_{n+1}-\tau)\,x(\tau)d\tau=\lambda_{n+1}\Delta \tag{1}$$

где

$$\lambda_{n+1}=sign\,y(t_{n+1}-0) \tag{2}$$

$$y(t_{n+1}+0)=0$$

$$y^*(t)=\sum\lambda_{n+1}\delta(t-t_{n+1}) \tag{4}$$

$w(t)=L^{-1}\{w(p)\}=c_v e^{-p_v t}$– весовая функция апериодического звена; $W_{\text{ф}}=\frac{c_v}{p+p_v}$– передаточная функция фильтра Ф, реализованного в виде инерционного звена, Δ –порог импульсного устройства ИУ; τ_m – параметр Σ частотно–импульсного модулятора, учитывающий эффект запаздывания управляемого объекта ($\tau_m\geq\tau_o$).

Динамика приведенной непрерывной части ПНЧ описывается уравнениями:

$$z^{(l)}(t)+[a_{011}+\mu_1(t)]\,z^{(l-1)}(t)+\cdots+[a_{0l1}+\ \mu_l(t)]\,z(t)=y^*t$$

$$z(t)=\vec{q}_0^{\,T}\,\vec{z}(t-\tau_o) \tag{4}$$

где $\{a_{0li}\}_{\text{i}=1}^{l}$ - постоянные коэффициенты, $\mu_1(t),\dots,\mu_l(t)$ – коррелированные гауссовские белые шумы, причем:

$$M\{\mu_i(t)\}=0, M\{\mu_i(s)\,,\mu_j(t)\}=r_{ij}\delta(t-s), i,j=1,2,\dots,l, \tag{5}$$

Целью данной работы - описание рассмотренной выше системы стохастическими дифференциальными уравнениями в виде Ланжевена и Ито.

Приведенную непрерывную часть ПНЧ системы, описываемой уравнением (4) можно представить в следующем виде:

$$\dot{\vec{z}}(t)=\ A_0\vec{z}(t)+D_0[\vec{z}]\vec{\mu}(t)+b_0u(t)\ ,\ z(t)=\vec{q}_0^{\,T}\,\vec{z}(t-\tau_o) \tag{6}$$

где

$$A_0=\begin{bmatrix}0 & 1 & 0 & \dots & 0\\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0\\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots\\ -a_{011} & -a_{012} & \dots & \dots & -a_{011}\end{bmatrix}, D_0=\begin{bmatrix}0 & 0 & 0 & \dots & 0\\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0\\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots\\ -z_1 & -z_2 & \dots & \dots & -z_1\end{bmatrix},$$

$$b_0=[0\ 0\dots 1]^T$$

$$\vec{z}(t)=[z_1(t)\ z_2(t)\dots\ z_l(t)],\vec{\mu}(t)=[\mu_1(t)\ \mu_2(t)\dots\ \mu_l(t)]$$

$$\vec{q}_0 = [1\ 0 \dots 0]^T$$

где, A_0, D_0 и b_0 – соответственно вещественные постоянные матрицы размерности $l \times l, l \times l, l \times 1$.

Уравнения (1) - (3), описывающие поведение Σ-частотно-импульсного модулятора являются неоднородными, так как кроме интегральных соотношений присутствует логическое условие сброса. В этой связи, наиболее перспективным направлением является замена модулятора нелинейной эквивалентной системой, не содержащей параметрических обратных связей [7].

В работах [8-10] путем структурных преобразований получена мажорирующая модель сигма частотно-импульсной системы (Σ–ЧИС) управления объектами запаздыванием (рисунок 2).

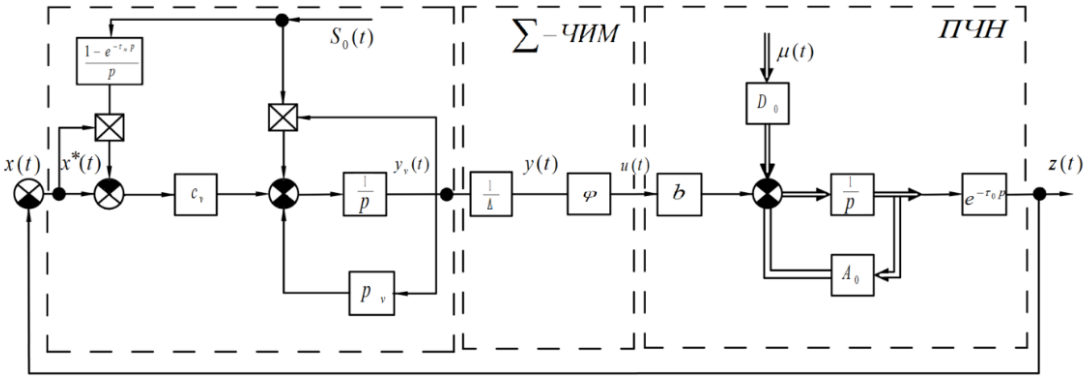


Рис. 2 Сигма частотно-импульсная система автоматического управления объектами с запаздыванием (структурная модель ∑ - ЧИС)

Объединяя уравнение ПНЧ (4) и ∑ - ЧИМ (9), получим стохастические дифференциальные уравнения системы в форме Ланжевена:

$$\dot{\vec{z}}(t) = A_0\vec{z}(t) + D_0[\,\vec{z}\,]\vec{\mu}(t) + b_0u(t);\ z(t) = \vec{q}_1^T\,\vec{z}(t) \tag{10}$$

$$u(t) = \psi\big(y(t)\big), y(t) = \frac{1}{\Delta}\,y_v(t) \tag{11}$$

$$\dot{y}_v(t) = p_vy_v(t) - N_0[y_v]s(t) + c_vx(t-\tau_m), N_0[y_v] = -y_v(t) \tag{12}$$

где

$$\vec{z}(t) = [z_1, \dots, z_l]^T, \vec{\mu}(t) = [\mu_1, \dots, \mu_l]^T, D_0[\vec{z}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -z_1 & -z_l \end{bmatrix}$$

ψ - нелинейная функция [10].

Полученные стохастические дифференциальные уравнения (10) - (12) дают возможность для построения модели системы в форме Ито.

Далее заменяя шумы $\boldsymbol{\mu_1(t), \mu_2(t), \ldots, \mu_l(t)}$ независимыми винеровскими процессами. С учетом процедуры мажорирования, математическую модель динамической частотно-импульсной системы управления объектами с запаздыванием (10)-(12) можно представить в виде стохастического дифференциального уравнения Ито

$$d\vec{z}(t) = (A\vec{z}(t) + b_0 u(t))dt + D_1[\vec{z}]d\vec{w}(t) \quad \textbf{(13)}$$

$$\boldsymbol{z(t) = \vec{q}_0^T\, \vec{z}(t - \tau_0), u(t) = \psi(y(t)), y(t) = \frac{1}{\Delta} y_\nu(t),} \quad \textbf{(14)}$$

$$dy_\nu(t) = [p_1 y_\nu(t) + c_\nu x(t - \tau_m)]dt + N_1[y_\nu]d\eta(t), \quad \textbf{(15)}$$

где

$$A = \begin{bmatrix} 0\ 1\ 0 \ldots 0\ 0 \\ 0\ 0\ 1 \ldots 0\ 0 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ 0\ 0\ 0 \ldots 0\ 1 \\ -a_{l1} - a_{l2} \ldots\ldots - a_{ll-1} - a_{ll} \end{bmatrix}, a_{li} = -a_{0li} + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{l} \delta_{lk}\delta_{ik}, \quad \textbf{(16)}$$

$$\boldsymbol{p_1 = p_\nu + \frac{1}{2}\sigma_0^2} \quad \textbf{(17)}$$

Таким образом, поведение сигма частотно – импульсной системы управления температурным режимом процесса вытяжки оптического волокна описывается стохастическими дифференциальными уравнениями Ито (13) – (15).

Экспериментальная проверка адекватности стохастических моделей исходной системе. Для проверки адекватности описания систем с Σ-ЧИМ стохастическими уравнениями Ито проведено цифровое статистическое моделирование типовой системы.

Непрерывная часть типовой системы описывается уравнением вида:

$$\dot{z}(t) = [a_0 + \mu(t)]z(t) + bu(t), x(t) = z(t - \tau_0) \quad (18)$$

где $z(t)$ - выходная координата системы; q, b - постоянные коэффициенты; τ_o- время запаздывания управляемого объекта; $u(t)$ - управляющее воздействие; $\mu(t)$ - параметрический белый шум с нулевым средним и интенсивностью δ_s^2.

Модулятор описывается соотношениями:

$$y_v(t_{n+1} - 0) = c_v \int_{t_n+\tau_0}^{t_{n+1}-0} \exp\big(-p_v(t_{n+1} - \tau)\big)\, x(\tau - \tau_m)d\tau = \lambda_{n+1}\Delta \quad (19)$$

$$\lambda_{n+1} = sign\, y_v(t_{n+1} - 0), \quad y_v(t_{n+1} + 0) = 0,$$

где $x(t) = -z(t)$.

Стохастические дифференциальные уравнения Ито, описывающие систему с Σ-ЧИС (рисунок 2) представляются в виде:

$$dx = [ax(t) + bu(t)]dt + \delta_{00}x(t)dw(t), x(t) = x(t - \tau_0) \quad (20)$$

$$u(t) = \psi\left(\frac{y_\nu(t)}{\Delta}\right) \quad (21)$$

$$dy_\nu(t) = \left[\left(p_\nu + \frac{1}{2}\sigma_0^2\right)y_\nu(t) + c_\nu x(t - \tau_m)\right]dt - \sigma_0 y_\nu(t)d\eta(t) \quad (22)$$

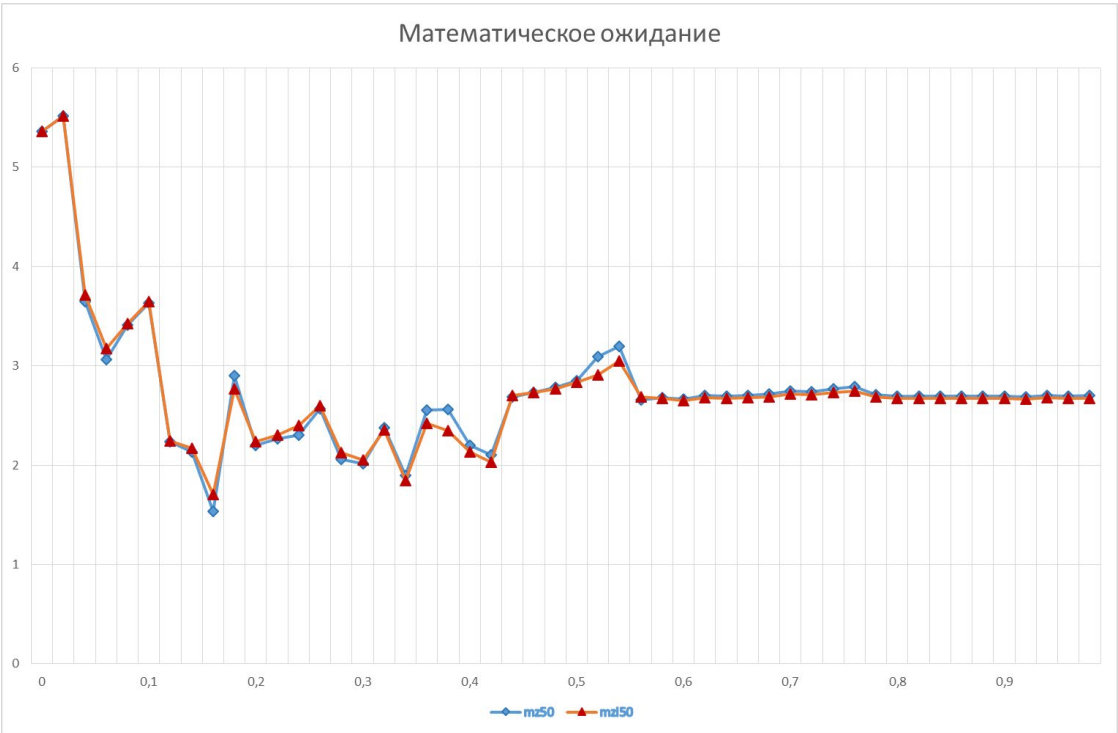
где $w(t)$ -стандартный винеровский процесс, $a = q + \frac{1}{2}\sigma^2$- коэффициент сноса.

Параметры метода статистического цифрового моделирования (N - объем выборки, Δt - шаг дискретизации) выбраны экспериментально так, чтобы для заданного значения доверительной вероятности $\beta = 0{,}95$ получить относительную погрешность вычисления меньше 5%.

Вычислительный эксперимент проведен при следующих параметрах: параметры модулятора $\alpha = 10, c = 4, \Delta = 2$; объект управления с постоянным запаздыванием $\tau = 1, q = 2, b = 1, \mu(t)$ - параметрический белый шум, т.е. нормально распределенный случайный процесс с нулевым средним и стандартным отклонением $\sigma = 1$.

Обсуждение

На рисунке 3 приведены оценки математического ожидания $m_z(t)$ типовой системы с Σ-ЧИМ и ее стохастической модели $m_z^*(t)$ при значении интенсивности $\sigma_0^2 = 3{,}5$ и соответствующие оценки дисперсии $D_z(t)$ и $D_z^*(t)$ выходного сигнала $z(t)$.



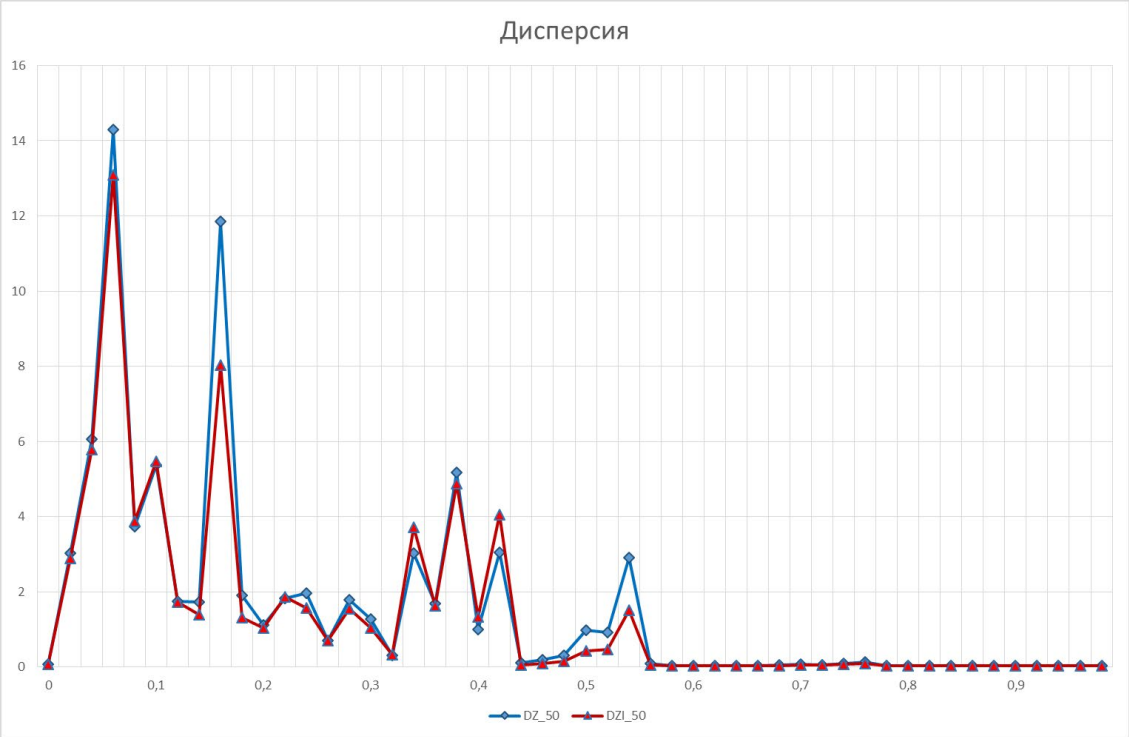


Рис. 3 Математическое ожидание и дисперсия выходного процесса

Выводы

Как видно из этих оценок при значении интенсивности σ_0^2 = 3,5 имитирующего сигнал «сброса», оценки статистических характеристик выходного сигнала $z(t)$ типовой системы с Σ-ЧИМ и ее модели в виде стохастических дифференциальных уравнений Ито достаточно близки, т.е. модель адекватна исходной системе. Причем оценки характеристик случайных величин и процессов стохастической модели мажорируют аналогичные параметры типовой системы с Σ-ЧИМ, что подтверждает теоретическое обоснование модели, полученные в данной работе. Полученные стохастические дифференциальные уравнения (20) - (22) дают возможность провести анализ и синтез данного класса систем.

Литература

1. Philippe, D., Olivier, G., Eric, P., Mohammed, M.S., M.Hertz, M.Dessalle. Diameter regulation of an optical fiber using a generalized predictive control approach // 14th World Congress of IFAC, Beijing, P.R.China. – 8793 – 8797 p.
2. Тергеусизова А.С. Сборник публикаций научного журнала "Chronos" по материалам XV международной научно-практической конференции: «Естественные и технические науки в современном мире»: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень) // Научный журнал "Chronos", 2017. – 17-23с.
3. W. Wojcik, A.S. Tergeussizova. Problem of automatic control and numerical modeling of the speed of optical fiber extract in the process of its manufacture // Reports of the National Academy of Science of the Republic of Kazakhstan. ISSN 2224-5227 https://doi.org/10.32014/2019.2518-1483.65, 2019 - Volume 3, Number 325 - P. 5 – 12

4. Тергеусизова А.С. Автоматическое управление технологическим производством и математическое моделирование устойчивости процесса вытяжки оптического волокна / Вестник КазНИТУ №3 2018. - P. 419 – 424
5. Тергеусизова А.С. Системы управления процесса вытяжки оптического волокна и инновационные технологии производства. / Вестник КазНИТУ №3 2018. – P.439 – 447
6. Б.Х. Айтчанов, А.С. Тергеусизова. Технологический процесс вытяжки оптических стержней как объект автоматизированного управления / Reports of the National Academy of Science of the Republic of Kazakhstan. ISSN 2224-5227 Volume 2, Number 312 (2017). – P. 91 – 95
7. B. H. Aitchanov, W. Wojcik, A. S. Tergeusizova. Optical fiber exhaust management systems and innovative technologies for its production / News of the National Academy of Science of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 2224-5278 Volume 3, Number 423 (2017), 206 – 212
8. Айтчанов Б.Х. Стохастические частотно-импульсные системы с запаздыванием. – Алматы: КазНТУ, 2007.- 160 с.
9. Айтчанов Б.Х., Тергеусизова А.С. Частотно – импульсная система управления в процессе изготовления оптического волокна / IV Международная научно-практическая конференция "Информатика и прикладная математика", посвященная 70-летнему юбилею профессоров Биярова Т.Н., Вальдемара Вуйцика и 60-летию профессора Амиргалиева Е.Н., 2019. – P. 152 – 168.
10. Tergeussizova A.S., Aitchanov B.H., Application of Dynamic Frequency-Pulse Automatic Control Systems the Optical Fiber Exhaust // 5 th International Conference on “Innovative Trends in Multidisciplinary Academic Research”, ITMAR© 2018 Istanbul, Turkey Global Illuminators, Kuala Lumpur, Malaysia.

SIEMENS БАҒДАРЛАМАЛАНАТЫН ЛОГИКАЛЫҚ КОНТРОЛЛЕР БАЗАСЫНДА ЖЕМІС-КӨКӨНІС ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫ МЕН САНЫН БАҚЫЛАУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Дуйсембаева Л.С.[1], Орманбекова А.А.[1], Берлисугиров И.А.[2], Жеңісбекқызы С.А.[1]
Laura29-86@mail.ru
[1]*Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан*[1]
[2]*Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан* [2]

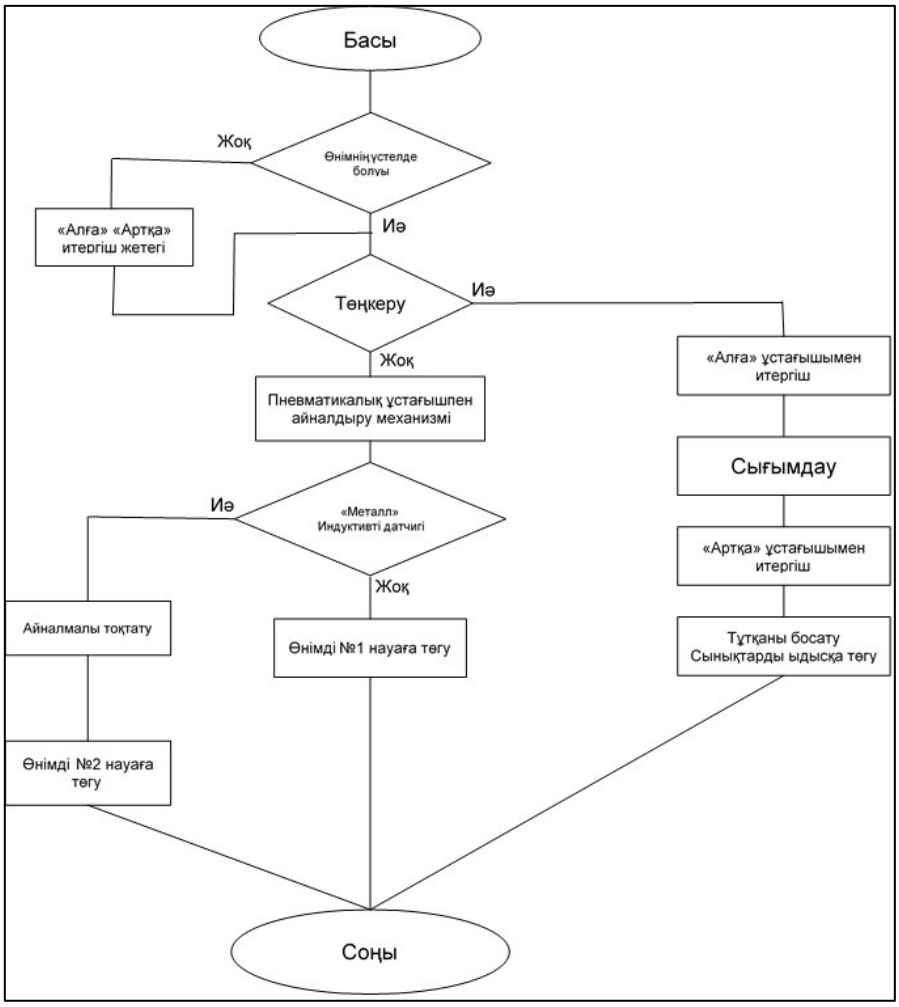
Аннотация. *Siemens бағдарламаланатын логикалық контроллер (PLC) технологиясын және Factory I/O бағдарламалық қамтамасыз етуді пайдалана отырып, жеміс-көкөніс өнімдерінің сапасы мен санын бақылаудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеу бойынша ұсыныс белгіленді. Жүйе озық сенсорлық технологияларды, деректерді өңдеу алгоритмдерін және Siemens PLC бағдарламалауын біріктіреді, сонымен қатар өндірістік процестерді дәл басқару үшін зауыттық енгізу-шығару модельдеу ортасын қамтамасыз етеді. Оны жүзеге асыру өнімділікті арттыруға, өндіріс қалдықтарын азайтуға және жеміс-көкөніс өнеркәсібінде тұтынушылардың қанағаттануын арттыруға бағытталған. Бұл зерттеу сонымен қатар көкөністерді сұрыптауға арналған виртуалды ортаның маңыздылығын атап өтеді және автоматтандыру мен өнеркәсіптік өндірісті одан әрі дамыту үшін перспективаларды ашады, әсіресе сұрыптауды басқару жүйелерінің қолданыстағы төмен дәлдігін ескере отырып.*

Адамның денсаулығы мен өмір сүру ұзақтығы көбінесе тұтынылатын тағамның сапасына байланысты. Сондықтан тұтынушыны жоғары сапалы және қауіпсіз жемістер мен көкөністермен қамтамасыз ету маңызды мәселе болып табылады. Бұл мәселені шешудің бір әдісі-жемістер мен көкөністерді сақтау алдында сұрыптау. Сұрыптау бас тартуды қамтиды бастапқы бақылау объектілерінен алынған бөгде заттар, сондай-ақ механикалық әсерлер немесе фитобактериялар нәтижесінде мөлшері мен зақымдануы сәйкес келмейтін үлгілер. Сұрыптау процесі қолмен жұмыс істейтін механикалық әдістерді де, бұзылмайтын бақылаудың байланыссыз әдістерін қолдана отырып, автоматты сұрыптау жүйелерін де қамтиды.

Қазір елімізде ауыл шаруашылығы қарқынды дамып келе жатыр. Бірақ әлемде ауыл шаруашылығы дамығаны соншалық, кейбіреулерінің атын да, затын да білмейміз. Байтақ жеріміз бар, құнарлы көп жерлеріміз бар, бірақ өнім шығару не өндіруге келгенде жері біздің бір облыстай мемлекеттердің артындамыз. Елімізде жер байлықтары бір күні бітері анық, сондықтан қазірден өзіміздің өніммен өзімізді қамтамасыз ете алатындай және шетелге өз орынымызды көрсететін кез келді. Кіріспеде айтып өткендей, адамның өмір сүру ұзақтығы оның тұтынатын өніміне байланысты. Оны барынша сапалы сұрыптау осы жобамыздың басты міндеті.

Жемістердің жоғалуы мен сапасының төмендеуінің негізгі себебі өнімді жинау және тасымалдау кезінде алынған механикалық зақымға байланысты. Олардан өнім шығыны 10-20% құрайды. Ұрық терісіне механикалық зақым келтіру қолданыстағы

Үстірт флораның енуіне ықпал етеді, микроорганизмдерді дамытуға жақсы жағдай жасайды. Жоғары сапалы өнімді сату үшін (тері бетіне зақым келтірместен, ауруларсыз) оны егіннен кейінгі өңдеу жүзеге асырылады, ол жемістерді стандарттарға сәйкес сапасы мен мөлшері бойынша топтарға сұрыптауды (калибрлеуді) қамтиды. Әдетте ақаулы өнімдер таңдалады, оларды қозғалатын ағынға бөлу оңайырақ [1]. Осы уақытқа дейін біздің елімізде де, шетелде де желіде жиналған әр түрлі жұмыс принципінің жемістерін өңдеуге арналған құрылғылар кеңінен қолданылады. Себебі, олардың өнімділігі қолмен өңдеу өнімділігінен 3-5 есе жоғары. Алайда сызықтарда жемістер зақымдалады. Егер оның қозғалу бағыты өзгерсе, ұрыққа механикалық әсер артады (жемістер төмен қарай немесе конвейердің бір таспасынан екінші жағына қарай жылжиды), жемістердің бір-біріне, сондай-ақ конвейердің жұмыс органына әсер ету саны артады. Жемістерді егіннен кейінгі өңдеудің маңызды міндеті-оларды сапасы бойынша сұрыптау. Сыртқы зақым, мысалы, көгеру, шегіну, күйік жемістердің коммерциялық сапасын төмендетеді және сақтау мерзімін қысқартады. Қазіргі уақытта жемістердің механикалық және басқа зақымдануы бойынша сұрыптау қолмен жүзеге асырылады. Жемістер санының өсуімен және білікті жұмысшылардың жетіспеушілігімен сұрыптау процесін автоматтандыру қажет. Автоматтандырылған желі үшін атқарушы орган құру қажет.



1 -сурет. Роботты мехатронды модульді басқару жүйесі алгоритмінің блок-схемасы

Жеміс-көкөніс өнімдерін сұрыптаудың басқару алгоритмін әзірлеу талдауда 1-суретте көрсетілген блок-схемада оқу стендінің негізінде көкөніс дақылдарын сұрыптау қондырғысының толық жұмыс алгоритмі көрсетілген. Мұнда екі сатылы сұрыптау металл және пластмасса бөліктерінің мысалында түбінде немесе онсыз ашылады. Ағын схемасынан көрініп тұрғандай, алдымен итергіш гравитациялық дүкеннен бөлікті екі оптикалық сенсор орнатылған ақпараттық платформаға шығарады: бөліктің болуы және бөліктің орналасуы. Содан кейін сұрыптаудың екі кезеңі жүреді.

Бірінші кезеңде бөліктің түбінде тесіктің болуы анықталады. Егер бөліктің түбінде тесік болса, онда контроллерге сигнал тек бөліктің сенсорынан келеді. Пневматикалық манипулятор оны платформадан алыңыз. Егер бөліктің түбінде тесік болмаса, онда вакуумдық қысқышы бар пневматикалық беріліс оны конвейер таспасына өткізеді. Онда екі сенсор орнатылған: кеңейтілген оптикалық оптикалық сенсор және индуктивті сенсор.

Егер сұрыптаудың екінші кезеңінде индуктивті сенсор іске қосылса, онда айналмалы шектегіш позицияны өзгертеді және бөлікті бірінші (жақын) науаға бағыттайды. Егер сигнал тек оптикалық сенсордан түссе, онда шектегіш бастапқы күйіне оралады немесе оны өзгертпейді [2].

Siemens БЛК (бағдарламаланатын логикалық контроллерлер) өнеркәсіптік автоматтандыру және басқару жүйелерінде кеңінен қолданылады. Олар өндіріс процестерін тиімді және сенімді басқаруды қамтамасыз ететін бірқатар мүмкіндіктер мен міндеттерді ұсынады. Төменде Siemens БЛК негізгі мүмкіндіктеріне толық шолу берілген:

1. Масштабтау: Siemens әртүрлі қолданбалы талаптарды қанағаттандыру үшін әртүрлі өнімділік деңгейлері мен мүмкіндіктері бар БЛК үлгілерінің кең ауқымын ұсынады. Siemens масштабталатын шешімдерді ұсынады-шағын масштабты қосымшаларға арналған Плам және үнемді БЛК-дан бастап, күрделі және ауқымды жүйелерге арналған жоғары өнімді контроллерлерге дейін.

2. Бағдарламалау тілдері: Siemens БЛК бірнеше бағдарламалау тілдерін, соның ішінде IEC 61131-3 салалық стандартты тілдерді қолдайды. Бұл тілдерге баспалдақ логикасы (LAD), құрылымдық мәтін (ST), функционалды блок-схема (FBD), нұсқаулар тізімі (IL) және сериялық функциялар диаграммасы (SFC) кіреді. Бұл икемділік бағдарламашыларға өз қосымшалары үшін ең қолайлы тілді таңдауға мүмкіндік береді.

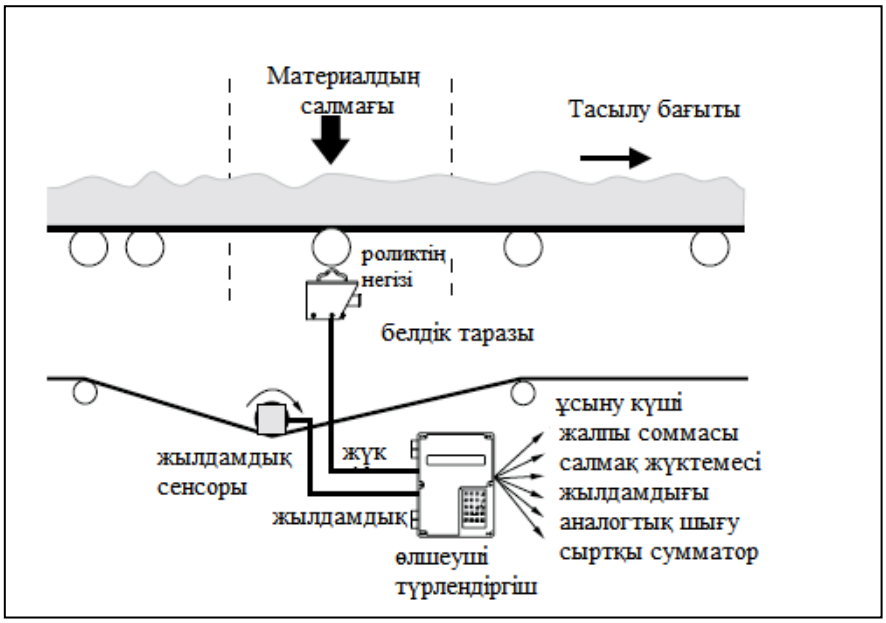
3. Интеграцияланған даму ортасы (IDE): Siemens TIA portal (толық интеграцияланған автоматтандыру порталы) деп аталатын қуатты бағдарламалау және теңшеу бағдарламалық жасақтамасын ұсынады [3]. TIA порталы Siemens БЛК бағдарламалау, конфигурациялау және диагностикалау үшін бірыңғай инженерлік ортаны ұсынады. Бұл жобаларды тиімді әзірлеуге және ақауларды жоюға мүмкіндік беру арқылы өнімділікті арттырады.

4. Байланыс мүмкіндіктері: Siemens БЛК басқа құрылғылармен және жүйелермен өзара әрекеттесу үшін әртүрлі байланыс интерфейстерін ұсынады. Олар Profibus, Profinet, Ethernet/IP, Modbus, OPC UA және басқалары сияқты стандартты протоколдарды қолдайды. Бұл БЛК-нің басқа автоматтандыру компоненттерімен, HMI (адам-машина интерфейстері), SCADA (басқару және деректерді жинау жүйелері) және жоғары деңгейлі кәсіпорын жүйелерімен біркелкі интеграциясын қамтамасыз етеді.

5. Жоғары жылдамдықты өңдеу: Siemens БЛК нақты уақыт режимінде жоғары жылдамдықты өңдеу мүмкіндігімен басқару мәселелерін шешуге арналған. Олар Жылдам сканерлеу уақытын, бағдарламалардың тиімді орындалуын және дәл синхрондау функцияларын қамтамасыз етеді. Бұл тіпті күрделі қосымшаларда да процестерді дәл басқаруға және синхрондауға мүмкіндік береді.

6. Жетілдірілген диагностика және ақаулықтарды жою: Siemens БЛК жүйені бақылауға және ақаулықтарды жоюға көмектесетін кең диагностикалық мүмкіндіктерді ұсынады. TIA portal бағдарламалық құралы онлайн бақылау, параметрлеу және күйін келтіру үшін жан-жақты құралдарды ұсынады. Бұл пайдаланушыларға өңделген деректерді визуализациялауға, трендтерді талдауға және ықтимал мәселелерді жылдам анықтауға мүмкіндік береді.

Milltronics конвейерлік таразы тек қана материалдық салмақ күші тік компонентін өлшейтіні 2-суретте көрсетілген. Белбеу таразысынан өтетін көліктік белдеудегі материал роликті және, тиісінше, жүктеме пропорционалды жүктеме жасушаларында күш көрсетеді. Әрбір жүктеме камерасына қолданылатын нәтиже күші (материалдың салмағы мен қолдауы) штамм өлшегіштеріне беріледі. Беріліс кернеуі штамптарға қолданылғанда, қолданылған күш өлшеу түрлендіргішіне жіберілетін электр сигналына айналады. Тік жазықтықтағы жүктеме жасушаларының ауытқулары белбеу ауқымына немесе жүктеме ұяшығына орнатылған тоқтаумен шектеледі. Тоқтар жүктемелерді жоғары жүктемелердің салдарынан зақымдан қорғайды.

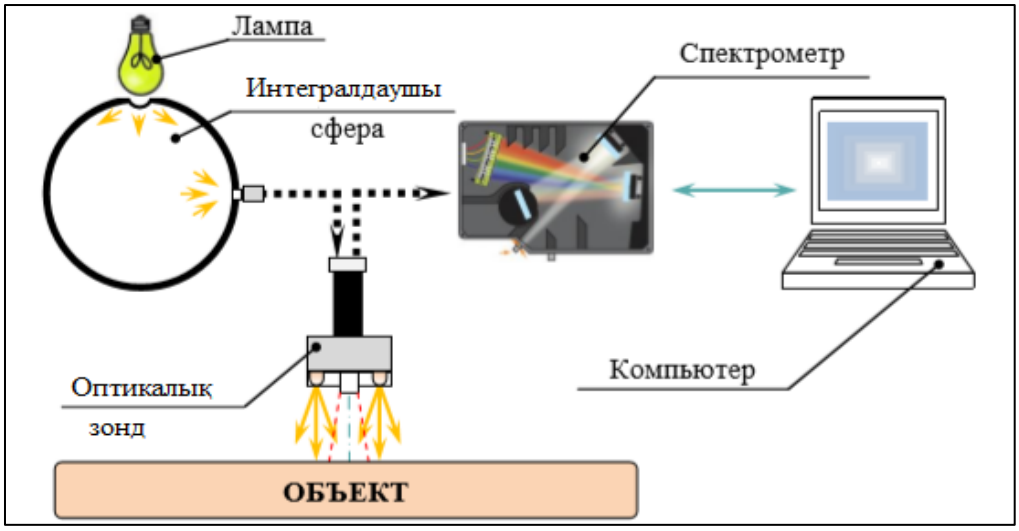


2-сурет. Таспалы конвейер көрінісі

Қазіргі уақытта көптеген елдерде азық-түлік проблемаларын шешу (көкөністер мен жемістерді сұрыптау), тоқыма (мата бояу сапасын бақылау), құрылыс (бағалау бағасы) үшін объектілердің түс талдауына арналған оптоэлектрондық жүйелер кеңінен қолданылады құрылыс материалдары), электронды (бірыңғай кристалдар өндірісі) және пайдалы қазбаларды өндіруге (пайдалы қазбаларды сұрыптауға) арналған [4].

Siemens БЛК және Factory I/O арқылы компьютерлік көру жүйелері көкөністерді сұрыптау процестерінде түстерді, пішіндерді, текстураларды тиімді тексере, өлшей, тани алады және сапасын тексере алады. Оларды пайдалану жалпы өнімділік пен тиімділікті арттыруға ықпал ете отырып, жеке технологиялық процестерді автоматтандыруға, жетілдіруге және оңтайландыруға мүмкіндік береді. Түс талдауын және тәжірибеде қолданылатын әртүрлі дәрежедегі тиімділіктерді қолдануға арналған құралдар мен техникалық құралдардың кең ауқымы арасында оптикалық-электронды көру жүйелерін

ажыратуға болады. Бұл класс ОЭТТЖ-ның спектралды және түс параметрлері бойынша ғана емес, сондай-ақ пішін, кеңістіктегі бағдарлау, беткей ақауларының болуы және т.б. арқылы тіркеу объектілерін тануға және / немесе талдау жасауға ықпал ететін кең ауқымды құрылғылар тобын білдіреді. Объектінің дисплейінің сипатын талдау кезінде (объектінің өзіндік қасиеттері және сәулелену қабылдағышының сипаттамалары) негізгі міндет шешілетін проблемаға сәйкес келетін қажетті түс пен кесу жағдайларын қалыптастыру болып табылады. Беткі құрылымда немесе түсте (мысалы, минерал) күрделі объектілерді талдау үшін талдау аймағын бірыңғай (энергетикалық параметрлер бойынша) және бірыңғай (түсті параметрлері) жарықтандыруға мүмкіндік беретін жарық шығаратын диодтар (жарық диодтары) негізінде жарықтандыру құрылғыларын жасау маңызды, сондай-ақ жоғары сапалы түсі көбейту. Жарықтандыру мәселелерін шешу үшін жарықдиодты технологияны белсенді пайдаланудың негізгі себебі жарықтың үлкен таңдауын, сондай-ақ жарықтандыру дизайнын (кеңістіктік, электрлік, жылу, энергия және басқа параметрлерді анықтайтын) жасайды. Бұл объектілердің кемшілігі 3-суретте көрсетітлген: жазба арнасы мен жарық беру арнасы бар оптикалық зондты пайдалану. Соның салдарынан:



3-сурет. Объектінің бетінің түс координаттарын анықтау

1. Түс қажетті деңгейін қалыптастыру үдерісінің күрделілігі және кесу шарттары, себебі зондты объектінің беткейіне дейін және одан белгілі бір қашықтықта 90º-ден төмен болуы керек.

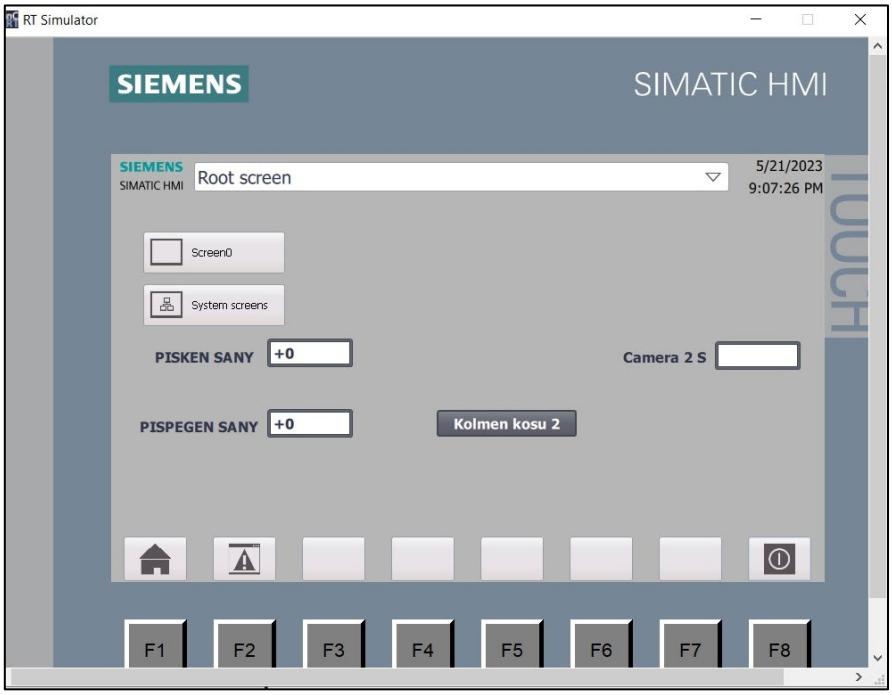
2. Талданатын объектінің зерттелген аймағының өлшемі оптикалық зондтың параметрлері бойынша қатаң шектеледі.

3. Лазердің (когерентті) сәулеленуін пайдаланатын оптикалық-электрондық жүйелер түсті заттардың өлшемі нысаны немесе басқа сипаттамалары бойынша шағын нысандарды (мысалы, ауыл шаруашылығы өнімдерін) сұрыптауға арналған құрылғыларда белсенді қолданылады. ОЭЖ деректерінде бірнеше оқу құралдары бар (негізінен желілік бейне камералар) және жарық құрылғылары. Бұл жағдайда оқу құрылғылары материалды лазерлік сәуле арқылы көрсетілетін тасымалданған және әртүрлі спектралды диапазондарда жұмыс істейді [5]. Осындай жүйелердің жарықтандыру құрылғылары әдетте мыналарды қамтиды: коллимациялық радиацияны қалыптастыратын жартылай өткізгіш лазер және оптикалық элементтер.

Өндірістік процесті басқару логикасы HMI-ді Siemens БЛК-мен біріктіру арқылы сіз белгілі бір критерийлер негізінде автоматты түрде сұрыптауды қамтамасыз ете отырып, көкөністер мен жемістерді сұрыптау процесін тиімді басқара аламыз. HMI операторларға жүйені визуализациялау және басқару үшін ыңғайлы интерфейсті ұсынады, ал Siemens БЛК сұрыптау логикасын орындайды және сенсорлар мен жетектермен өзара әрекеттесуді үйлестіреді.

Белгілі бір қосымшаға арналған HMI (адам-машина интерфейсі) арқылы жүзеге асырылатын өндірістік процесті басқару логикасы процестің талаптары мен күрделілігіне байланысты өзгеруі мүмкін. Нақты уақыт режимінде технологиялық параметрлерді өлшеуді қамтамасыз ететін сенсорлардан, құрылғылардан немесе басқа құрылғылардан деректерді алу үшін HMI конфигурациялаймыз.

Бүкіл үдерісті компьютерде схемасын жасап, өндіріс процесіне шолу жасайтын интуитивті және қолдануға ыңғайлы HMI экраны 4-суретте жасалынд. Экрандарда тиісті технологиялық айнымалыларды, басқару параметрлерін және күй индикаторларын көрсетеді. Операторларға процесс параметрлерін бақылау және реттеу үшін экрандармен өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді. Бұл жақта жұмыс автоматтандырылған режимде және жергілікті басқару режимімен іске асырылады. Сонымен қатар піскен және піспеген өнімдердің жалпы саны көрсетіледі. Жалпы көрініс төмендегі суретте белгіленген.

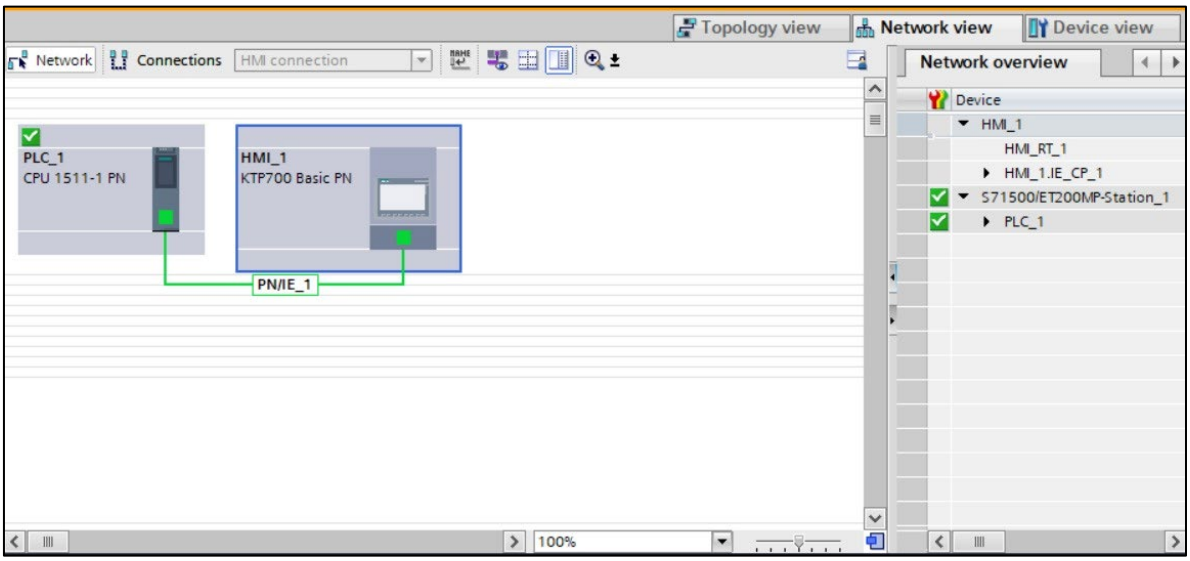


4-сурет. Siemens HMI экран арқылы жұмыс жасау

5-суретте көрсетіліп тұрғандай HMI панель мен БЛК profinet байланыс жүйесі арқылы қосылады. Осы қосылыс негізінде HMI панель мен БЛК ақпарат алмасады.

Бұл панель экранды өндіру технологиясы теледидардан сәл өзгеше болатын интерфейс. Оның мүмкіндіктері мен "интеллектуалды қабілеттерінің" көпшілігі бағдарламалық жасақтамамен анықталады. Осылайша, HMI эволюциясы әрқашан аппараттық және бағдарламалық жасақтаманың параллельді даму процестері болып табылады

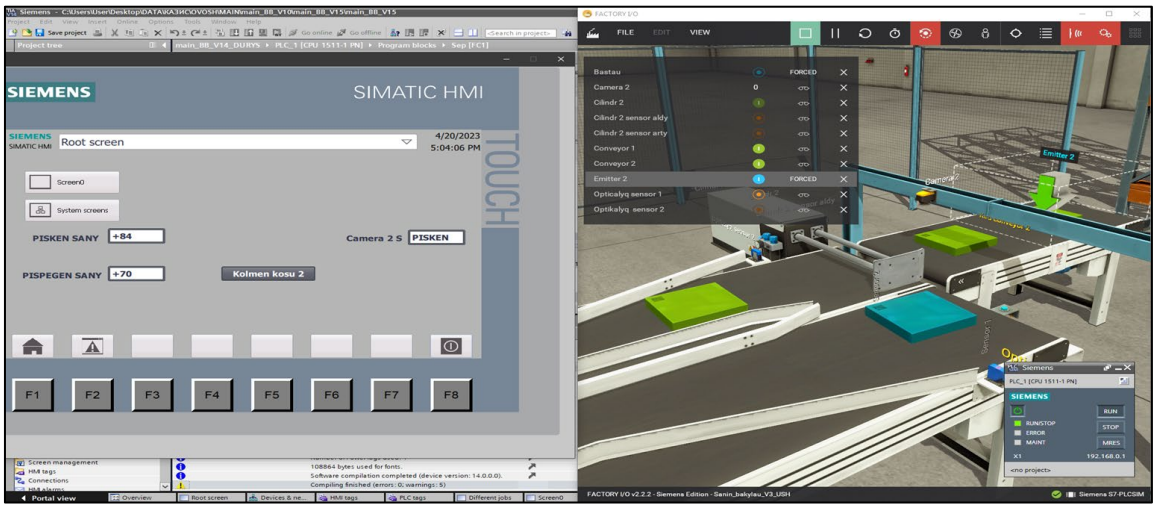
Жетектерге, клапандарға, қозғалтқыштарға немесе өндіріс процесіне әсер ететін басқа құрылғыларға басқару сигналдарын немесе нүктелерін жіберу үшін HMI конфигурациялаймыз.



5-сурет. Өзара байланыстың жүруі

Оператордың назарын қажет ететін процестің немесе оқиғалардың қалыптан тыс күйлері үшін дабыл жағдайларын анықталады. Дабылдарды көрсету және іске қосылған кезде дыбыстық немесе визуалды ескертулер жасау үшін HMI орнатылады

HMI және Factory I/O байланысы.Siemens БЛК, HMI және зауыттық енгізу-шығару көмегімен жеміс-көкөніс өнімдерінің сапасы мен санын бақылаудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеу жобасында осы компоненттер арасындағы байланыс шешуші рөл атқарады. Жетілдірілген мүмкіндіктер мен байланыс мүмкіндіктерін ұсынатын SIMATIC S7-1511 сияқты сәйкес Siemens БЛК моделін таңдап алдық [6].



6-сурет. Бағдарламаның жалпы көрінісі.

Осы автоматтандырылған жүйені басқару үшін TIA Portal бағдарламалық жасақтамасын пайдаланып БЛК бағдарламасы жасылынады. Ендігі кезекте датчиктермен, жетектермен және басқа құрылғылармен өзара әрекеттесу үшін БЛК енгізу-шығару модульдерін конфигурациялаймыз. Деректер мен басқару сигналдарын бөлісу үшін HMI мен БЛК арасында 6-суреттегідей байланыс орнатамыз.

Siemens БЛК, HMI және зауыттық енгізу-шығару арасындағы байланысты тиімді орнату арқылы автоматтандырылған жүйе өндіріс процесін тиімді бақылау мен оңтайландыруды қамтамасыз ете отырып, нақты уақыт режимінде жеміс-көкөніс өнімдерінің сапасы мен санын бақылай алады.

Қорытындылай келе, жеміс-көкөніс өнімдерін сұрыптаудың автоматтандырылған жолағын әзірлеуде теориялық және эксперименталдық зерттеулердің алынған нәтижелерінен жақсы түйін шығаруға болады. Біз мына мәселені түсінсек: адамның денсаулығы мен өмір сүру ұзақтығы көбінесе тұтынылатын тағамның сапасына байланысты. Сондықтан тұтынушыны жоғары сапалы және қауіпсіз жемістер мен көкөністермен қамтамасыз ету маңызды мәселе болып табылады. Бұл мәселені шешудің бір әдісі-жемістер мен көкөністерді сақтау алдында сұрыптау. Адамның технологияға қарағанда сұрыптаудағы жылдамдығы және оның сапалы сұрыптауы төмен екендігі анық.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Li, J. B. Early detection of decay on apples using hyperspectral reflectance imaging combining both principal component analysis and improved watershed segmentation method / J. B. Li, W. Luo, Z. Wang, S. Fan // Postharvest Biology and Technology. – 2019. – No. 149. – Pp. 235 – 246.
2. Development of a multispectral imaging system for online detection of bruises on apples / W. Q. Huang, J. B. Li, Q. Y. Wang, L. P. Chen // Food Eng. – 2015. – № 145. – Pp. 62 – 71.
3. P. Baranowski, W. Mazurek, J. Wozniak, J. Wozniak, U. Majewska. Detection of early bruises in apples using Hyperspectral data and thermal imaging / P. Baranowski, W. Mazurek, J. Wozniak, J. Wozniak, U. Majewska // Food Eng. – 2012. – No. 110(3). – Pp. 345 – 355.
4. Merzlyak, M. N. Reflectance spectral features and non-destructive estimation of chlorophyll, carotenoid and anthocyanin content in apple fruit / M. N. Merzlyak, A. E. Solovchenko, A. A. Gitelson // Postharvest Biology and Technology. – 2003. – No. 27(2). – Pp. 197 – 211.
5. Archana B. Patankar. Application of Computer Vision in Agriculture / Archana B. Patankar, Priya A. Tayade // International Journal of Electronics and Computer Science Engineering. – 2015. – No. 4(3). – Pp. 238 – 244.
6. Lorente, D. Laser-light backscattering imaging for early decay detection in citrus fruit using both a statistical and a physical model / D. Lorente, M. Zude, C. Idler, J. Gómez-Sanchis, J. Blasco // Journal of Food Engineering. – 2015. – No. 154. – Pp. 76 – 85.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ 3
Приветственное слово участникам конференции 7

СЕКЦИЯ 1

Сравнительный анализ прогнозирования возможных паводков для разработки методики моделирования речного стока 14
Система обнаружения уязвимостей информационной безопасности в корпоративной среде 18
Mathematical modeling of the heat equation 23
Разработка цифрового двойника движения дискретной фазы природного газа 29
Моделирование социотехнических систем энергопотребления с интеллектуальным оборудованием для предупреждения критических ситуаций 35
Do left-handed people really die young? 43
Сценарные анализы применения IOT в пожарной безопасности 50
Развитие вычислительного мышления в начальной школе: методология на основе альтернативных коллективных и индивидуальных образовательных подходов 62
Орталықтанырылған жылумен қамтылған ғимараттың жылу жүйесін автоматты басқару 73
Шығыс кері байланысы арқылы анықталмаған сызықтық емес жүйелерді робасты басқару 82
Qalqan block symmetric encryption algorithm, Version 2 90
Полиграфиялық кәсіпорынға it-шешімдерді енгізу мәселесін талдау 96
Development of a numerical model of a drill string in a fluid flow by the lumped-parameter method 101
Реактивті күш және реактивті момент әсеріндегі екі дененің ілгерілемелі – айналмалы қозғалысы 107
Models and algorithms for determining territories near industrial enterprises exposed to regular influence of atmospheric pollutants from Traffic congestion 117
Benefits and harms of computer games 128
One-dimensional nonlinear nonstationary boltzmann's moment system equations with the macroscopic boundary conditionS 134
Strengthening relationships in the "teacher-computer-student" system 141
Data mining: theory and practice in the modern world 149
Аналитическое решение задачи определения термомеханических характеристик теплоизолированного стержня переменного сечения 156
Разработка автоматизированной mimo – системы с применением предиктивного управления процессами бумажного производства 165
Синтез структуры системы управления технологическим процессом сепарации нефти 171

Қалалық сумен жабдықтау сорғы станциясының басқару жүйесін scada-жүйелері негізінде әзірлеу және зерттеу 176
Анализ и исследование сепараторов нефти и газа 182
Определение допустимой плотности точечных объектов на плоскости 189
Pedagogical methods used in collaborative learning 193
The importance of using control methods with the help of technology 198
Обучение персонала и пользователей 203
On br´ezis pseudomonotone variational inequalities invector topological space 209
Development of an intelligent algorithm for forecasting and optimizing the function of enrichment plant storage facilities 213
Анықталмаған сызықты емес жүйелер класы үшін глобальды практикалық шығысты қадағалау 221

СЕКЦИЯ 2

Дәрілік препараттарды басқарудың инновациялық тәсілдерI 233
Designing an automated fire surveillance system 238
Вопрос о разработки автоматизированного управления систем трубчатых печей 243
Интернет форумның деректер базасы мен мәтіндік хабарлар ағынының моделі 248
Контейнерлеу технологиясының құрылымын талдау арқылы мүмкіндіктерін бағалау 253
Анализ информации о параметрах и состоянии элементов дорожной одежды автомобильных трасс согласно стандартам 260
IOT технологиясы негізіндегі трансформатордың таратуын бақылау және ақаулықтарын жою 267
Радиоарналар үшін таннер графын қолдану арқылы LDPC кодтарының қателерді түзету әсерін талдау 274
Разработка моделей процессов автоматизации учебно-учётной деятельности школы с применением crm системы 281
Определение амплитудно-частотных характеристик георадиолокационных сигналов 287
The impact of digitalization on management accounting 293
Проектирование и изготовление оптоэлектронной системы оптических датчиков на основе наклонных волоконных решеток Брэгга 300
Паттерны инновационной модели обучения 311
Комбинированный метод выбора рациональной стратегии инвестирования в технологии SMART CITY 316
Разработка комплекса обработки естественного языка 321
Исследование алгоритма автоматического анализа произношения у детей с нарушениями речевого звука для казахского языка 327

СЕКЦИЯ 3

Жасанды интеллект арқылы құрылған киім таңдау кеңесшісі 334
Тамақ өнімдерінің сапасын анықтау үшін машиналық оқыту алгоритмдерін пайдалану 342
Research of functionality of the new platform type robot 349
Утилизация твёрдых бытовых отходов с помощью компьютерного зрения 360
Онтологический подход к проблеме оценки качества программных средств космического назначения 368
Частотно–импульсное управление режимными параметрами процесса вытяжки оптического волокна 375
SIEMENS бағдарламаланатын логикалық контроллер базасында жеміс-көкөніс өнімдерінің сапасы мен санын бақылаудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеу 383

МАТЕРИАЛЫ

VIII Международной научно – практической конференции
«Информатика и прикладная математика»,
посвященной памяти 85 д.т.н, профессора Бияшева Р.Г.

26-27 октября 2023 года, Алматы, Казахстан

(ЧАСТЬ I)
(Сборник статей)

Под редакцией ***М.Н. Калимолдаева***

Компьютерная верстка ***Ж.А.Байсаринова***

Подписано в печать 18.10.2023 г. Формат А4
Печать цифровая. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 48,94.
Тираж 300 экз. Заказ № 006604.
Отпечатано в ИИВТ МНВО РК.
Алматы, ул. Пушкина, 125