

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»**

при поддержке:
Российской академии естественных наук
Академии наук Республики Башкортостан
Общественной организации
«Профессионалы дистанционного обучения»
Ассоциации образовательных программ
«Электронное образование Республики Башкортостан»
Российского союза научных и инженерных
общественных объединений

Информационные технологии Проблемы и решения

Посвящается:
55-летию института цифровых систем, автоматизации и энергетики;
40-летию кафедры вычислительной техники и инженерной
кибернетики

У ф а
УНПЦ «Издательство УГНТУ»
2 0 2 4

Информационные технологии. Проблемы и решения. – Уфа: УНПЦ
«Издательство УГНТУ», 2024. 2(27). 206 с.

Information technology. – Ufa: USPTU, 2024. 2(27). 206 p.

Учредитель:

**ФГБОУ ВО Уфимский государственный
нефтяной технический университет**

2024, 2(27)

Издается с 2014 г.

РЕДКОЛЛЕГИЯ**Главный редактор**

Р.Н. Бахтизин, д-р физ.-мат. наук, профессор Уфимского государственного нефтяного технического университета

Члены редколлегии

Ю.Н. Белоножкин, канд. экон. наук, доцент кафедры финансов и кредит Сочинского государственного университета

Й. Дарадке, доцент, заместитель декана факультета вычислительной техники и сетей Университета принца Саттама бин Абдулазиза (PSAU) - Королевство Саудовская Аравия (KSA)

Ф.У. Еникеев, д-р техн. наук, профессор кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики Уфимского государственного нефтяного технического университета

А.А. Зацаринный, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник ФИЦ «Информатика и управление» (ИУ) РАН, член-корр. Академии криптографии Российской Федерации

С.В. Козлов, канд. техн. наук, заведующий отделением информационных, управляющих и телекоммуникационных систем ФИЦ ИУ РАН

Н.В. Корнеев, д-р техн. наук, профессор кафедры управления безопасностью сложных систем Губкинского университета, член-корр. РАЕН

Е.А. Султанова, канд. техн. наук, доцент кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики Уфимского государственного нефтяного технического университета, член-корр. РАЕН

В.Н. Филиппов, канд. техн. наук, доцент кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики Уфимского государственного нефтяного технического университета, действительный член РАЕН

© ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», 2024

© Коллектив авторов, 2024

Founder:

**FSBEU HE Ufa State Petroleum
Technological University**

2024, 2(27)

Published since 2014

EDITORIAL BOARD**Editor-in-Chief**

R.N. Bakhtizin, Dr. of Physical and Mathematical Sci., Professor of Ufa State Petroleum Technological University

Editorial Board Members:

Yu. N. Belonozhkin, PhD Economic Sci. Department of Finance and Credit Sochi State university

Dr. Yousef Daradkeh, Associate Professor and Assistant Dean for Administrative Affairs, Department of Computer Engineering and Networks, Prince Sattam bin Abdulaziz University (PSAU) - Kingdom of Saudi Arabia (KSA)

F.U. Enikeev, Dr. of Technical Sci., Professor of Department of Computer Science and Engineering Cybernetics Ufa State Petroleum Technological University

A.A. Zatsarinny, Dr. Tech. Sci., chief researcher at the Federal Research Center “Informatics and Control” of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, professor, corresponding member of the Academy of Cryptography of the Russian Federation

S.V. Kozlov, Head of the Department of Information, Control and Telecommunication Systems, Federal Research Center “Informatics and Control” of the Russian Academy of Sciences, Candidate of Technical Sciences

N.V. Korneev, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Safety Management of Complex Systems, Gubkin University, Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences.

E.A. Sultanova, PhD, Deputy Head of Department of Computer science and Engineering cybernetics Ufa State Petroleum Technological University, corresponding member RANS

V.N. Filippov, PhD, Deputy Head of Department of Computer science and Engineering cybernetics of Ufa State Petroleum Technological University, Full member of the RANS

Полнотекстовая версия выпуска размещена в Научной электронной библиотеке elibrary.ru по ссылке:

https://elibrary.ru/title_about.asp?id=61250

Подробности на сайте: <http://vtik.net>

Отпечатано с готового электронного файла.

Подписано в печать 25.06.2024. Формат 60x80 ¹/₁₆. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 12,09. Тираж 800 экз. Заказ 143.

Издательство Уфимского государственного нефтяного технического университета

450064, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ: КОНЦЕПЦИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ Панферова Е.В. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ТЕХНОЛОГИИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ СОЦИУМА.....	6
--	---

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТЭК РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Даринцева Ю.О., Зарипов Д.М. СПЕЦИФИЧНОСТЬ ПРОГРАММНОГО И ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫМ МОДУЛЕМ НАНЕСЕНИЯ СМАЗКИ НА НКТ.....	11
Салихов А.Р., Кашапова Л.Р. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБНАРУЖЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА НАРУШЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗА СЧЕТ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ.....	17
Шерстнев П.А., Сергеев Д.С., Каримов Р.Р. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ VR-ТЕХНОЛОГИЙ В ОБУЧЕНИИ ХИМИИ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА.....	22
O.J. Choe, K.M. Choe, H.S. So, C.H. Choe STUDY ON SCRATCH DETECTION METHOD IN FILM IMAGE USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK WITH DIALTED CONVOLUTION.....	30

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ

Верхотуров М.А., Мухаматуллин Т.И., Муфтахов Д.Р. ЗАДАЧА РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА: ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДИСКРЕТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ.....	37
Жаринов Ю.А., Латыпов Р.Р. ВИРТУАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР ПРЕДПОЛЕТНОЙ ПОДГОТОВКИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	44
Ихсанов Д.Т., Гальтяев А.В. ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ОБЪЕДИНЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ ЖУРНАЛОВ ИЗМЕНЕНИЙ В ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ.....	51
Кузенко С.Е., Ерусланов Г.А. ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯМИ.....	56
Кузенко С.Е., Терещенко Д.А. ПРОГРАММНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ АНАЛИЗА ВИДЕОДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕТЕЙ.....	60
Курочкин И.М., Нуриев А.М., Зигангирова Ю.В. ВОЗДЕЙСТВИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ НА СРЕДСТВА РЕГИСТРАЦИИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ.....	66
Кязимов Т.Г., Байрамова Т.А., Меликова Н.Дж. ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ.....	76
Ломакин П.В., Низамова Г.Ф. ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА АНАЛИЗА КЛИЕНТСКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА.....	82

Мухаметьянов А.Р., Киреева Н.А. РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА ПО СВАРКЕ ОПТОВОЛОКНА.....	89
Сергеева А. Е., Миначов Ш. М., Кальметьев Э. И. ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧ В ОБЛАСТИ РАСЧЕТА РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	95
Choe K.M., So H.S., Choe C.H., Choe O.J., Choe J.H., Jang K.R. DEEP LEARNING WITH FULL-TRIPLET RELATION FOR PERSON RE-IDENTIFICATION.....	103
Hyok-Chol Ri, Hyon-Sun Ri, Sin-Hyok Kim, Ji-Hyang Jong A METHOD FOR CONSTRUCTING SPOKEN LANGUAGE CORPUS BASED ON AN IMITATION OF PARTICLES FOR KOREAN SPONTANEOUS SPEECH RECOGNITION.....	108
Man Hung Jong, Ye Hwa Kim, Kang Gwon Ryom MULTI-DOCUMENT SUMMARIZATION BASED ON ITERATIVE MODEL FOR SENTENCE SCORING.....	116
Nam Hyok Jo, Song Sun Jo, Kwang Myong Jo IMPLEMENTATION METHOD OF ENTERPRISE SERVICE BUS SUPPORTING RESTFUL WEB SERVICES COMPOSITION.....	122
Pang Chol Ryong*, Paek Un Hak, Yun Il Nam, Kim Nam Il, Kim Tae Gwon, Kim yon ok EFFECTIVE USE OF WEB3D VIRTUAL CHEMISTRY LABORATORY IN CHEMICAL EDUCATION.....	129
Yong-Mi HO, Son-II KWAK, Kwang-Chol RI IMPROVED INTERVAL-VALUED FUZZY REASONING METHOD.....	139

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ, УПРАВЛЕНИИ И БИЗНЕСЕ

Ахметшина Э.И., Хисамова А.Н. ОПТИМИЗАЦИЯ БЮДЖЕТИРОВАНИЯ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....	146
Ромасевич П.В. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАКЛАДНЫХ РАСХОДОВ ПРОТОКОЛОВ ВНУТРЕННЕЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТИ.....	153
Myong Ok Choe, Jun Sik O, Hyon I Ri. A STUDY OF IMPLEMENTING KOREAN QUESTION ANSWERING BASED ON SEMANTIC TRIPLES.....	159

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Захаров Г.В., Васильев А.С., Филиппов В.Н., Филиппова К.В. Филиппова Е.В. ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ.....	167
--	-----

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Ромашенко М.Д., Хлыбов В.С., Зигангирова Ю.В. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕГИСТРАЦИИ ГЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ.....	172
---	-----

СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Song Ran Choe, Tae Guk Kim, A METHODOLOGY FOR IMPLEMENTATION OF MANDATORY ACCESS CONTROL BY ROW-LABEL SECURITY POLICY IN RELATIONAL DATABASE MANAGEMENT SYSTEMS..... 178

СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

Un Kyong Choe, Tae Guk Kim, Chang Gon Ju, REDUCTION IN UPLINK INTERFERENCE AND MOBILE ENERGY CONSUMPTION IN PD-NOMA SYSTEM USING RELAYING OF MEC AT CELL EDGE..... 185

СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Московский В. И., Сенцова А. Ю., МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ВНУТРЕННЕГО АУДИТА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АСУ ТП..... 192

Hyu. Son. So, Yol Jong, Kwang Min. Choe, Chun Hwa. Choe, QUALITY IMPROVEMENT OF LARGE MOTION VIDEO INTERPOLATION BASED ON MOTION ESTIMATION AND STRUCTURAL FEATURE..... 201

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ: КОНЦЕПЦИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 004.383.4

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ТЕХНОЛОГИИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ СОЦИУМА

EDUCATIONAL RESOURCES AND TECHNOLOGIES IN THE CONTEXT OF THE DIGITALIZATION OF SOCIETY

Панферова Е.В.,

ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н.
Толстого», Институт передовых информационных технологий, Российская
Федерация, Тула

E.V. Panferova,

FSBEI HE «Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University» Institute of Advanced
Information Technologies, Russian Federation, Tula

e-mail: gamma15@inbox.ru

Аннотация. Рассмотрены некоторые аспекты реализации инновационных образовательных технологий, в том числе, в области разработок различного рода симуляторов, виртуальных и удаленных лабораторий, мобильных приложений, робототехники, платформ электронного обучения, все более широкого внедрения в образовательный процесс элементов современной визуализации и геймификации.

Abstract. Some aspects of the implementation of innovative educational technologies are considered, including in the field of development of various kinds of simulators, virtual and remote laboratories, mobile applications, robotics, e-learning platforms, and the increasingly widespread introduction of elements of modern visualization and gamification into the educational process.

Ключевые слова: электронный курс, иммерсивное обучение, оценочные средства, геймификация, визуализация

Keywords: gas condensate wells, intelligent planning, gas dynamic studies, field and geophysical studies, automation, regulatory documents, innovative technologies

Отдавая должное, бесспорно, позитивному влиянию современных цифровых технологий на все сферы образования, нельзя не учитывать и

проблему, обусловленную теми же процессами, и заключающуюся в необходимости подготовки специалистов, способных работать в быстро меняющейся среде.

Приведем, как пример, инструменты контроля знаний, достаточно широко уже применяющиеся в современной образовательной среде.

Инструменты геймификации: Kahoot, Quizzlet и т.п.

«Рабочие тетради»: Flippity, LearningApps, Liveworksheets.

Платформы для создания оценочных средств: GoConqr, Formatives.

Создание оценочных средств на MOOC и LMS платформах (к примеру, MOOC Stepic или eDX, и LMS Moodle).

Инструменты для создания опросов: Google Формы, Microsoft Form, Typeform, Webanketa, Survey.js, Yandex Опросы.

Искусственный интеллект (ИИ) в сфере образования, на наш взгляд, имеет достаточно разноплановый ландшафт применимости.

Цифровая система оценивания: компании Mercer Mettl и Littlemore Innovation предоставляют решения для цифровых экзаменов с использованием искусственного интеллекта (AI) и машинного обучения (ML). Благодаря технологии, основанной на мощи AI и ML, уже 40 000 студентов успешно сдали вступительные экзамены в онлайн-формате.

Прогноз дефолтов по образовательным кредитам: проект Университета штата Аризона Shaping Edu помогает банкам и правительствам в прогнозировании долгов по кредитам, взятым на образование [1]. Модель ИИ может найти подходящее решение, чтобы избежать невозврата кредита для плательщика.

Персональная система управления обучением: Ozobot представила систему управления обучением Ozobot Classroom [2]. Технология включает в себя панель управления для преподавателя. В нее интегрирована возможность отслеживать данные образовательного процесса учащихся. Это помогает предлагать индивидуальную помощь по образовательной программе.

Дизайн и инструменты для создания презентаций и инфографики помогают выявить и развить потенциал у обучающихся, удачно коррелируясь с возможностями и вызовами цифровизации всех сфер общественной жизни.

Общие концепции дизайна и наполнения презентаций: минимализм, типографика, инфографика – Google Material Design и Microsoft Fluent Design System – прекрасные руководства по дизайну графики, подходящие под реализацию любых целей.

Цветовая палитра: общая концепция сочетания цветов, комплементарные цвета, цветовой круг, треугольник и т.д., инструменты – Coolors, Happy Hues, Colormind, Colorspinso.

Инструменты для создания графических макетов и инфографики: Figma, Canva, Tilda, Easel.ly, Infogr.am, Piktochart, InVision и другие. Инструменты для создания рисунков и схем к презентациям: draw.io (diagram.net) и Lucidchart.

Программы и платформы для создания классических презентаций: Slides.io (reveal.js), Prezi, Google Slides, PowerPoint.

Подходы к созданию статических и анимированных презентаций. Инструменты для создания интерактивных презентаций: Mentimeter, Classtime, опросы в Google Slides, PINGO.

Разработка электронного курса — это, как правило, процесс, состоящий из нескольких этапов. Тем не менее смотреть на эту творческую деятельность нужно в комплексе. Поэтому каждый разработчик знает, что выбрать инструменты следует на начальных этапах работы над курсом. Для верстки курсов в формате SCORM используют различные редакторы, например: CourseLab [3], Articulate Storyline или iSpring.

Подробнее остановимся на редакторе для создания электронных курсов — CourseLab.

Введем основные термины, которые связаны с разработкой электронного курса в редакторе. В большинстве случаев электронный курс создается для размещения в СДО (система дистанционного обучения).

СДО — это интернет-платформа для дистанционного обучения слушателей: электронные курсы, видеолекции, система тестирования, контроль успеваемости, отчеты и т. д. В курс закладываются основные правила прохождения и баллы, которые в дальнейшем передаются в СДО и позволяют администратору системы формировать различные виды отчетов, следить за успехами слушателя на курсе и выстраивать учебную траекторию.

Если проводить аналогию, то СДО можно сравнить с машиной, которая состоит из множества деталей, одной из которых является электронный курс, поэтому редактор для создания курса и СДО — тесно связанные вещи.

Электронным курсом принято называть тематически заверченный структурированный учебный материал, который предназначен для самообучения. Интерактивный слайдовый курс часто сравнивают с презентацией, но общего между ними мало — это страничный формат представления информации.

Редактор электронных курсов — это инструмент со встроенной библиотекой объектов и функций, с помощью которых можно упаковать учебный контент, задать правила прохождения, траекторию движения, организовать оценку и проверку знаний на курсе. Редактор позволяет экспортировать готовый курс в несколько разных форматов и использовать его как отдельный продукт или импортировать в СДО, комбинируя с другими учебными активностями. Кроме этого, есть возможность написать свой код или использовать скрипты, делая более сложные курсы с технической точки зрения.

Для импорта курса в СДО используется специальный формат — SCORM.

SCORM — это сборник спецификаций и стандартов, разработанный для систем дистанционного обучения, который содержит требования к организации учебного материала и всей системе дистанционного обучения. Редактор для создания электронных курсов CourseLab представляет собой программу с русскоязычным интерфейсом с заложенной обширной библиотекой объектов для работы над учебным контентом.

Интерфейс программы интуитивно понятен, поэтому можно довольно быстро освоиться и начать работать. В редакторе можно пользоваться готовой библиотекой объектов или создавать и подгружать свои элементы. На более высоком уровне есть возможность писать свой код и использовать скрипты.

CourseLab — достаточно гибкий инструмент, позволяющий создавать курсы разных форматов: интерактивные слайдовые курсы, курсы-кейсы, видеокурсы, учебные лонгриды и т. д. Все файлы, с которыми вы работаете во время верстки курса, сохраняются в папку курса на вашем ПК.

С этого и начинается работа в программе: необходимо создать папку курса, выбрать шаблон модуля курса и сохранить проект. В дальнейшем такие настройки, как размер страницы курса, элементы дизайна, цветовая палитра, шрифты и т. д., при необходимости можно поменять.

Верстка курса условно делится на три этапа, связанных с переключением между вкладками.

Этап 1 — создание обложки курса и настройка кнопки «Начать», без которой слушатель не сможет запустить курс.

Этап 2 — настройка мастер-слайда. Мастер-слайд можно сравнить с шаблоном слайда в настройках презентации в PowerPoint. На нем, как правило, размещают навигационные кнопки («Вперед», «Назад», «Меню», «Глоссарий», «Выход» и т. д.) и элементы брендинга, например логотип компании. К каждому новому слайду будет применяться созданный на мастер-слайде шаблон, что очень сильно ускоряет работу над курсом.

Этап 3 — это создание обычных слайдов/страниц курса, на которых и размещается весь основной контент курса. В первое время работы в редакторе нужно внимательно следить, на какой вкладке вы работаете, и переключаться между ними. Частая ошибка новичка — создание страниц курса во вкладке «Мастер-слайд».

Работа на основных слайдах/страницах курса идет с использованием библиотеки элементов, которая встроена в программу. Если вам необходимо разместить текст, то для этого в программе есть соответствующий элемент «Текст», который напоминает сокращенную версию Word. То же самое касается и других объектов, которые могут понадобиться во время работы над курсом: видео, слайдеры, всплывающие окна, интерактивные карты, ссылки на сторонние ресурсы, инфографика, элементы навигации, упражнения, опросы, тесты и т. д. Каждый объект в редакторе можно настроить под себя.

Помимо встроенных элементов, взаимодействовать с объектами можно с помощью действий. Это значит, что каждому объекту можно задавать определенные действия. Например, нам нужно, чтобы при нажатии на красную кнопку включался звук сирены, и слушатель не мог перейти на следующий слайд, пока этот звук не закончится. Все это можно настроить с помощью специальных действий, которые применяются к объектам на слайде, и тем самым задаются правила прохождения курса.

После того как работа над курсом закончена, нужно убедиться, что все работает корректно. В CourseLab просмотреть готовый курс можно двумя способами: открыть версию.

Выводы

Таким образом, проектирование и реализация образовательного процесса с использованием цифровых средств и образовательных платформ, с внедрением инновационных методов обучения, создание авторских и применение существующих цифровых образовательных ресурсов по преподаваемым отраслям знаний в современных условиях – амбициозный вызов, который в настоящее время уже служит повышению уровня образованности общества.

Литература

1. Университет Arizona State University. – URL: <https://www.estudy.ru/countries/usa/vysshee-obrazovanie/meditsina/arizona-state-university-tempe-shtat-arizona/> (дата обращения: 27.03.2024).
2. Хрусталеv Д.А. Разработка и сопровождение программ исследований на газоконденсатных месторождениях с использованием интеллектуальных технологий / Д.А. Хрусталеv, В.А. Пономарев // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15, № 6. – С. 1192-1197.
3. Универсальный инструмент для разработки электронных курсов. – URL: https://www.courselab.ru/_wt/courselab (дата обращения: 27.03.2024).
4. В Пензе VR-технологии планируют использовать для обучения выживанию в лесу. – URL: <https://tass.ru/nacionalnye-proekty/7323973/> (дата обращения: 27.03.2024).
5. Эксперт рассказал, почему простаивает VR-техника в школе. – URL: <https://rg.ru/2021/06/14/ekspert-rasskazal-pochemu-prostaivaet-vr-tehnika-v-shkole.html/> (дата обращения: 27.03.2024).

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТЭК РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА В ТЭК РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

УДК 004.896

**СПЕЦИФИЧНОСТЬ ПРОГРАММНОГО И ИНФОРМАЦИОННОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫМ
МОДУЛЕМ НАНЕСЕНИЯ СМАЗКИ НА НКТ**

**THE SPECIFICITY OF SOFTWARE AND INFORMATION SUPPORT FOR
MANAGEMENT A ROBOTIC MODULE FOR APPLYING GREASE TO
OIL-WELL TUBING**

Даринцева Ю.О., Зарипов Д.М.,
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа, Российская Федерация
Y.O. Darintseva, D.M. Zaripov,
FSBEI NPE “Ufa state petroleum technological university”, Ufa, Russian Federation

e-mail: yuiko-nyan@mail.ru

Аннотация. В настоящий момент программы цифровизации и роботизации приняты всеми крупнейшими мировыми и отечественными компаниями, в которых затронуты все этапы добычи, транспортировки и переработки нефти и газа. При этом наибольший, до 45% в денежном выражении, экономический эффект от внедрения роботов ожидается в бурении, в работах, выполняемых непосредственно на месторождениях.

Эксплуатация насосно-компрессорных труб всегда сопровождается нанесением специальных смазочных материалов, облегчающих операции свинчивания и развинчивания, но обеспечивающих надежную герметизацию, поэтому перспективность роботизации этой операции не вызывает сомнений.

В статье рассматривается прототип роботизированного цеха по ремонту труб, особое внимание уделено участку нанесения смазки, на базе которого показана необходимость специфического подхода к синтезу программного и информационного обеспечений системы управления робота. Предложены методы коррекции управляющих программ при изменении параметров внешней среды вследствие их значительного влияния на реологические и эксплуатационные свойства смазочных материалов, рабочие режимы технологического оборудования.

На основе выявленных зависимостей сформирован план дальнейших исследований, в ходе которых планируется проведение натуральных экспериментов для уточнения поправочных коэффициентов, подтверждения

выявленных прямых и косвенных факторов влияния на технологический процесс нанесения смазки.

Abstract. At the moment, digitalization and robotization programs have been adopted by all major global and domestic companies, which affect all stages of oil and gas production, transportation and refining. At the same time, the greatest economic effect, up to 45% in monetary terms, from the introduction of robots is expected in drilling, in work performed directly at the fields.

The operation of tubing is always accompanied by the application of special greases that facilitate screwing and unscrewing operations, but ensure reliable sealing, therefore, the prospects of robotization of this operation are beyond doubt.

The article considers a prototype of a robotic tubing repair shop, special attention is paid to the grease application site, on the basis of which the need for a specific approach to the synthesis of software and information support for the robot control system is shown. Methods for correcting control programs when changing environmental parameters due to their significant influence on the rheological and operational properties of greases, operating modes of technological equipment are

Based on the identified dependencies, a plan for further research has been formed, during which it is planned to conduct field experiments to clarify the correction coefficients, confirm the identified direct and indirect factors influencing the technological process of applying greases.

Ключевые слова: программное обеспечение, информационные процессы, роботизация, нефтегазовая промышленность, насосно-компрессорные трубы, смазочные материалы, ремонт насосного оборудования

Keywords: software, information processes, robotics, oil and gas industry, oil-well tubing, grease, repair of pumping equipment

Введение

С середины прошлого столетия процессы автоматизации производств с вредными и монотонными процессами, которые негативно отражались на здоровье человека, привели к появлению нового тренда роботизации. Прошедшие десятилетия характеризуются существенным ростом объема производства роботов и расширением областей их применения. Дополнительным стимулом к увеличению количества роботов в последние годы стал повсеместный переход на новый технологический уклад – Индустрия 4.0, базирующийся на массовом внедрении автоматизации в различные сферы производства и человеческой деятельности, при этом во главу угла ставится повышение эффективности работы в уже известных направлениях автоматизации или ранее не охваченных производствах кратно, а возможно и в десятки раз [1].

Несмотря на успешные внедрения во многих сферах производства роботизация в нефтедобывающей промышленности развивается крайне медленно. Нормативно-правовая база, регулирующая нефтедобывающие операции, нежелание модернизации текущих процессов и внедрения дорогостоящего оборудования приводит к застою производства и большим затратам. По прогнозам экспертов роботизация в нефтегазовой промышленности позволит сократить объем работ на буровой установке, увеличить прирост добычи нефти на треть, повысить эффективность и снизить на 10-20% капитальные и операционные расходы при обустройстве месторождений и производственных операциях. Кроме сокращения экономических затрат, роботизация позволит снизить риски промышленного травматизма, исключив для персонала операции, опасные для жизни и здоровья человека [2].

Специфика применения роботов в нефтегазовой отрасли требует не только разработки специальной оснастки для манипуляционных систем, но модификации программного и информационного обеспечений технологических комплексов. Далее рассматривается один из возможных вариантов решения комплексной задачи по роботизации наиболее востребованной на месторождениях операции – ремонту насосно-компрессорных труб (НКТ).

Роботизированные комплексы по ремонту НКТ

В последнее время в нефтегазовое производство широко внедряется механизация и автоматизация в области ремонта и технического обслуживания оборудования для нефтедобычи, что связано с ростом цен на металл и металлоизделия, а также переходом на более экологичное производство. Поэтому интерес представляет реализация технологий, связанных с повторным использованием узлов, агрегатов и деталей машин, что позволит сократить расходы в нефтедобыче. В связи с этим в последние годы наблюдается активизация разработки роботизированных комплексов и модулей для ремонта оборудования нефтегазового сектора, к примеру, проектирование цехов (участков) по ремонту насосно-компрессорных труб, которые сейчас работают в ручном и полуавтоматическом режимах. Внедрение роботизированных комплексов позволит освободить персонал от тяжелого монотонного труда, обезопасить их труд, уменьшить срок ремонта НКТ и количество простоев скважинного оборудования.

На рынке ремонта труб нефтяного сортамента появилось множество предложений по изготовлению автоматизированных линий, как стационарных, так и мобильных комплексов для ремонта, диагностики и тестирования НКТ (рисунок 1), на базе современного оборудования импортного и отечественного производства [3-5] и соответствующих требованиям по экономичности и экологичности. Особый интерес с точки зрения разработки программного обеспечения представляют робототехнические ячейки, задействованные в таких цехах на наиболее критических операциях.

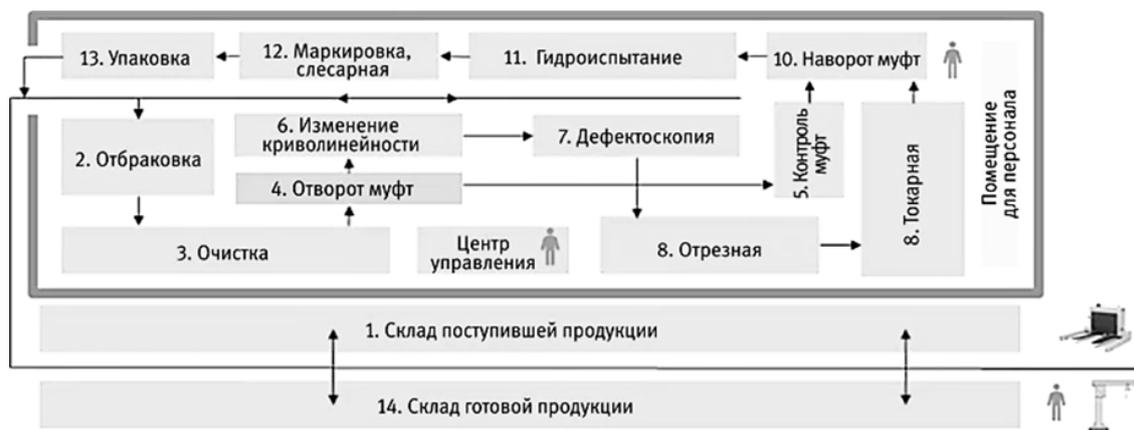


Рисунок 1. Компоновочная схема стационарного роботизированного цеха для выполнения технологических операций ремонта НКТ [2]

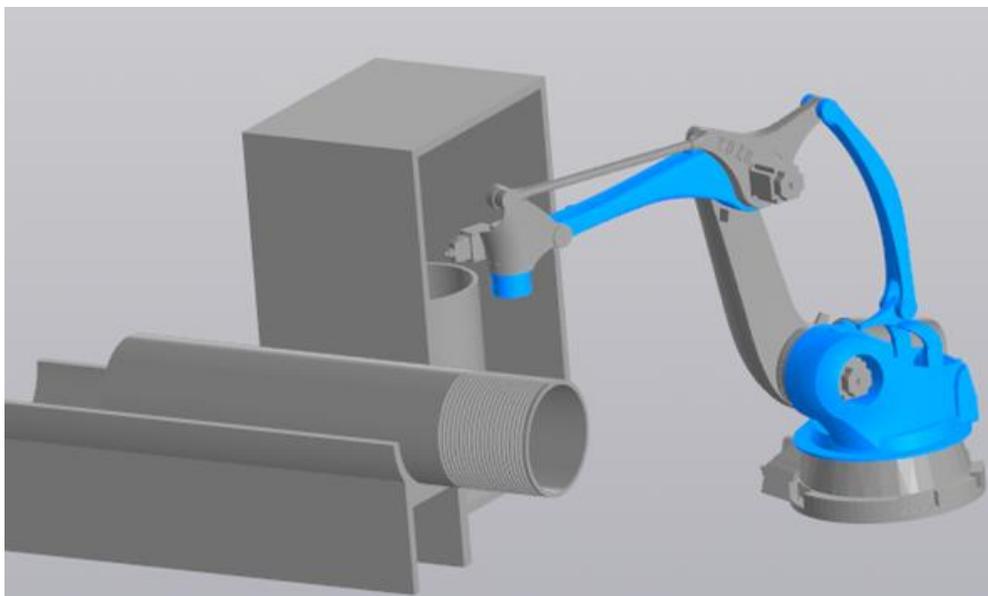
Роботизированная система смазки резьбовых соединений

Поскольку эксплуатация НКТ часто происходит в неблагоприятных для человека условиях (экстремальные температуры, влажность и пр.), то актуальной и востребованной является разработка роботизированного модуля для автоматизации процесса нанесения смазочного материала на резьбовую часть трубы или муфты, что позволит высвободить персонал при выполнении ремонта и диагностики промышленного оборудования. Роботизированный модуль смазки резьбовых соединений НКТ спроектирован с учетом его использования в составе роботизированного технологического участка. Учитывая экстремальные условия эксплуатации, в состав модуля включены термостабилизированный резервуар с лопастями для перемешивания смазочного материала и насосом, 6-осевой манипулятор, оснащенный специализированным инструментом для нанесения пасты на внутреннюю и внешнюю резьбы, система смены инструмента, а также роликовая система, предназначенная для перемещения и согласованного поворота НКТ (рисунок 2).

Специфика программного и информационного обеспечений для управления роботизированным модулем

Основной задачей при синтезе классического программного обеспечения системы управления роботизированным модулем является расчет скорости и траектории нанесения смазки, а также поддержание необходимых реологических свойств материала, выполняемой в специализированном внешнем оборудовании (станция подогрева). Однако современные резьбовые пасты, созданные на базе синтетических или минеральных масел, дополненных загустителями и различными добавками (графит, дисульфид молибдена и комплексы противозадирных, антикоррозионных и антифрикционных присадок) требуют более точной работы системы стабилизации, так как при

нанесении смазки на резьбу ее реологические свойства (вязкость, укрывистость, сцепление с поверхностью) меняются в достаточно широком диапазоне, что может привести к нестабильности характеристик слоя [7]. На рисунке 3 представлен график зависимости вязкости от температуры смазочного материала.



1 – станция подогрева и перемешивания; 2 – роликовый конвейер; 3 – манипулятор

Рисунок 2. Компоновка проектируемого роботизированного модуля

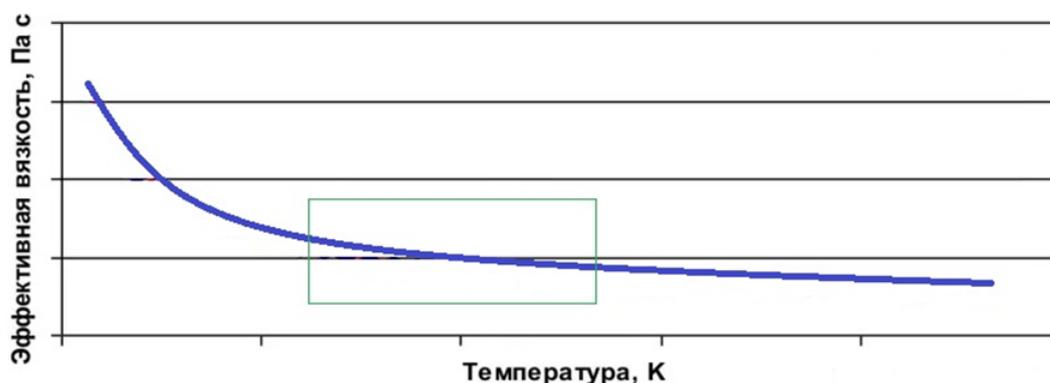


Рисунок 3. Температурная зависимость эффективной вязкости смазки

На выделенном участке графика находится область наиболее оптимальных значений вязкости для нанесения смазочного материала манипулятором. Учитывая эти параметры, смазку требуется хранить в закрытом термостабилизированном резервуаре. Поэтому необходимо синтезировать информационную систему контроля, которая позволила бы в реальном масштабе времени, по явным и косвенным признакам, корректировать режимы работы оборудования по подготовке смазки.

Если на производствах НКТ или в крупных ремонтных предприятиях существуют автоматические установки нанесения покрытий на резьбовые

части, в том числе и порошковое напыление, то на месторождениях смазочный материал тонким слоем на одну или обе сопряженные поверхности наносится вручную ветошью, кистью или шпателем. Эксплуатация НКТ может производиться в экстремальных условиях, из-за чего характеристики смазочного материала меняются (как это было показано выше), поэтому также необходима коррекция траектории движения инструмента, его скорости движения и величины зазора между инструментом и трубой.

Выводы

В статье показаны результаты выполнения анализа области применения, рассмотрен прототип роботизированного цеха по ремонту труб, отдельно - участок нанесения смазки, на базе которого показана необходимость специфического подхода к синтезу программного и информационного обеспечений системы управления роботов. Рассмотрена зависимость эффективной вязкости материала от температуры, предложены методы коррекции управляющих программ при изменении параметров внешней среды вследствие их значительного влияния на реологические и эксплуатационные свойства смазочных материалов, рабочие режимы технологического оборудования. Для обеспечения высокой скорости и качества нанесения смазочного материала необходимо с особой тщательностью проводить подбор оборудования и, учитывая специфику и реологические свойства материала, использовать программное обеспечение для управления и контроля роботизированного модуля.

Литература

1. О системе управления реализацией национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации, Постановление Правительства Российской Федерации №234 от 02.03.2019 URL <http://government.ru/docs/35964/> (дата обращения 20.03.2024).

2. Ильин К.О., Гаврилова О.А., Краевский Н.Н. Разработка концепции автоматизации и роботизации технологических операций для ремонта насосно-компрессорных труб // Экспозиция Нефть Газ. 2022 № 6 С. 76–80. DOI: 10.24412/2076-6785-2022-6-76-80.

3. Ильин К.О., Губайдуллин А.Г., Краевский Н.Н. Разработка концепции роботизированного технологического комплекса для текущего и капитального ремонта скважин // Нефтяное хозяйство. 2022 № 1 С. 82–85.

4. РД 39-0147014-217-86 Инструкция по эксплуатации насосно-компрессорных труб URL <https://gosthelp.ru/text/RD39014701421786Instrukci.html> (дата обращения 10.04.2024).

5. Пеннер В.А., Моргунов А.П. Цех мойки и диагностики насосно-компрессорных труб и штанг к насосам // Омский научный вестник. 2012 С. 97-99.

6. Пеннер В.А. Ремонт и контроль насосно компрессорных труб при повторном использовании// Динамика систем, механизмов и машин. 2012

7. ГОСТ ISO 13678 – 2022 Трубы обсадные, насосно-компрессорные, трубопроводные и элементы бурильных колонн для нефтяной и газовой промышленности. Оценка и испытание резьбовых смазок URL <https://files.stroyinf.ru/Data/775/77556.pdf> (дата обращения 19.04.2024).

УДК 004.681.5

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБНАРУЖЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА НАРУШЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗА СЧЕТ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ

AUTOMATION OF THE PROCESS OF DETECTING THE NUMBER OF VIOLATIONS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS THROUGH THE DEVELOPMENT OF A SOFTWARE MODULE

Салихов А.Р., Кашапова Л.Р.,

Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате,
ул. Губкина, 22 б, г. Салават, Республика Башкортостан, Россия

A.R. Salihov, L.R. Kashapova,

Institute of Oil Refining and Petrochemistry FSBEI HE USPTU in Salavat, Gubkin
Str., 22b, Salavat, Republic of Bashkortostan, Russia

e-mail: kashapova2803@mail.ru

Аннотация. В данной статье исследуется проблема обнаружения количества нарушений технологического процесса, и предлагается решение путем разработки программного модуля. Представленный модуль позволяет непрерывно отслеживать и анализировать производственные данные в режиме реального времени. Автоматизация процесса обнаружения количества нарушений технологического процесса с помощью программного модуля повышает точность и своевременность обнаружения нарушений. Модуль может отслеживать признаки надвигающихся нарушений и предупреждать операторов о необходимости обслуживания оборудования до возникновения серьезных проблем. Это помогает предотвратить незапланированные простои и продлить срок службы оборудования.

Данная статья посвящена проблеме недостаточности интегрированных систем обнаружения количества нарушений технологических процессов, что приводит к снижению эффективности и качества продукции на производстве.

Программный модуль будет отслеживать параметры технологического процесса, такие как температура, давление, скорость, уровень и т.д. Собранные данные будут анализироваться с использованием различных математических моделей и алгоритмов, чтобы выявлять потенциальные нарушения в технологическом процессе. Также модуль будет интегрирован с системой управления персоналом для идентификации сотрудников, связанных с определенными участками производства и бригадами. И при обнаружении потенциальных нарушений модуль будет сканировать базу данных сотрудников и их активность, чтобы выявить возможные причины нарушений. Исходя из нарушений, модуль будет генерировать отчеты о количестве нарушений технологического процесса, разбитые по бригадам (сотрудникам), для дальнейшего анализа и принятия мер по улучшению производственного процесса.

Abstract. This article examines the problem of detecting the number of violations of the technological process and suggests a solution by developing a software module. The presented module allows you to continuously monitor and analyze production data in real time. Automation of the process of detecting the number of violations of the technological process using a software module increases the accuracy and timeliness of detecting violations. The module can monitor signs of impending violations and warn operators about the need to maintain equipment before serious problems occur. This helps to prevent unplanned downtime and extend the life of the equipment.

This article is devoted to the problem of insufficiency of integrated systems for detecting the number of violations of technological processes, which leads to a decrease in the efficiency and quality of products in production.

The software module will monitor process parameters such as temperature, pressure, speed, level, etc. The collected data will be analyzed using various mathematical models and algorithms to identify potential violations in the technological process. The module will also be integrated with the personnel management system to identify employees associated with certain production sites or teams. And when potential violations are detected, the module will scan the database of employees and their activity to identify possible causes of violations. Based on violations, the module will generate reports on the number of violations of the technological process, divided by teams (employees), for further analysis and taking measures to improve the production process.

Ключевые слова: программный модуль, технологический процесс, контроль, автоматизация, процесс

Keywords: software module, technological process, control, automation, process

В современной производственной среде своевременное обнаружение и устранение нарушений технологического процесса имеет решающее значение для повышения эффективности, качества и безопасности. Одной из главных преимуществ автоматизированного контроля качества на производственных установках является повышение точности и скорости контроля.

Автоматизированные системы могут оперативно реагировать на изменения в производственных процессах и корректировать параметры работы оборудования, что помогает предотвратить возможные производственные сбои и обеспечить стабильность производства [1].

Кроме того, автоматизированный контроль качества позволяет сократить затраты на ручной труд, уменьшить человеческий фактор в процессе контроля и исключить возможность ошибок, связанных с человеческим фактором. Это способствует улучшению общей эффективности производства и снижению издержек. Статистика нарушений технологических процессов, из-за которых происходят потери продуктов на предприятии, может варьироваться в зависимости от отрасли, типа производства и конкретных процессов, используемых на предприятии (рисунок 1).



Рисунок 1. Статистика нарушений за 2020 год

Для минимизации потерь продукции, вызванных нарушениями технологических процессов, предприятиям необходимо внедрять надежные системы мониторинга и контроля процессов, проводить регулярное техническое обслуживание оборудования, обучать операторов и внедрять процедуры управления рисками.

Автоматизация процесса обнаружения количества нарушений с помощью программного модуля становится все более актуальной и востребованной. Это позволяет предприятиям своевременно выявлять и устранять нарушения, повышая эффективность, качество и безопасность производства.

Для автоматизации процесса, необходимо рассмотреть декомпозицию процесса «Контроль технологических процессов» (рисунок 2).

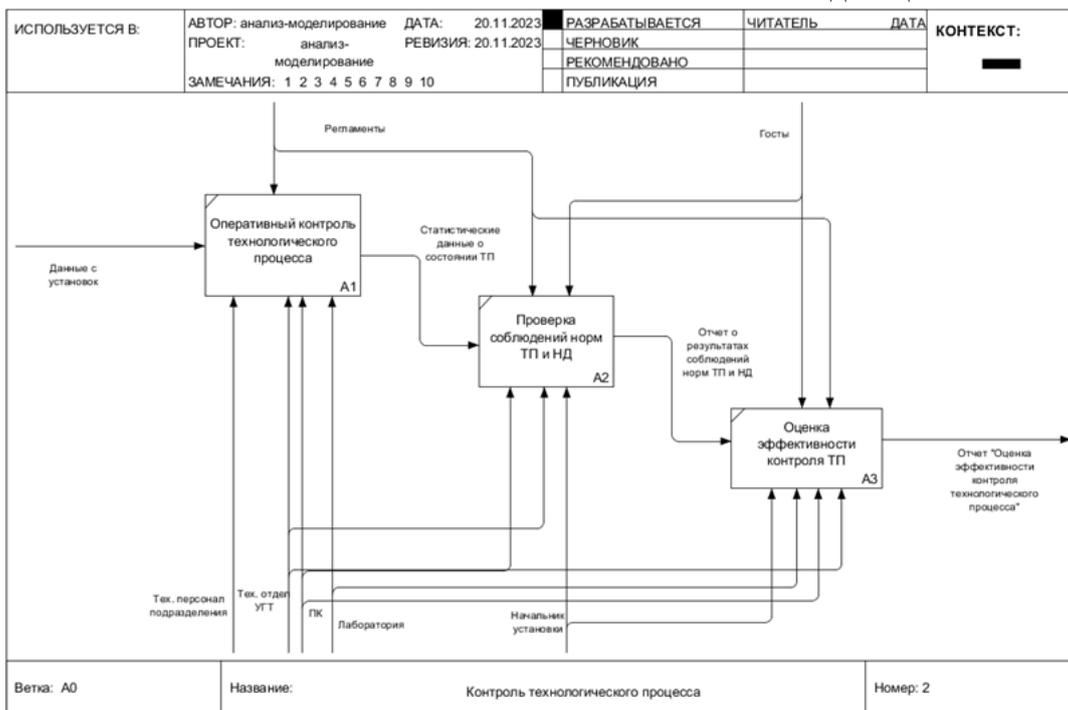


Рисунок 2. Диаграмма декомпозиции процесса «Контроль технологических процессов»

На диаграмме представлены 3 функции: «Оперативный контроль технологического процесса», «Проверка соблюдения норм ТП и НД» и «Оценка эффективности контроля ТП». Каждая из этих функций выполняет свою определенную задачу. Декомпозиция функциональной модели процесса позволяет увидеть процесс на различных уровнях детализации и улучшить понимание его структуры и динамики [2].

База данных разрабатываемого программного модуля реализована в системе управления базами данных PostgreSQL (рисунок 3).

Для сбора данных, было создано 7 таблиц: Shift(Смена), Equipment (Оборудование), Parameters (Параметры), Employee (Сотрудник), Parameters_equipment_norm (Параметры оборудования, нормы), Signals_log (Журнал сигналов), Errors_log (Журнал ошибок).

Разрабатываемый программный модуль будет отслеживать параметры технологического процесса, такие как температура, давление, скорость, уровень и т.д. При обнаружении нарушений этих параметров модуль будет формировать отчет (рисунок 4).

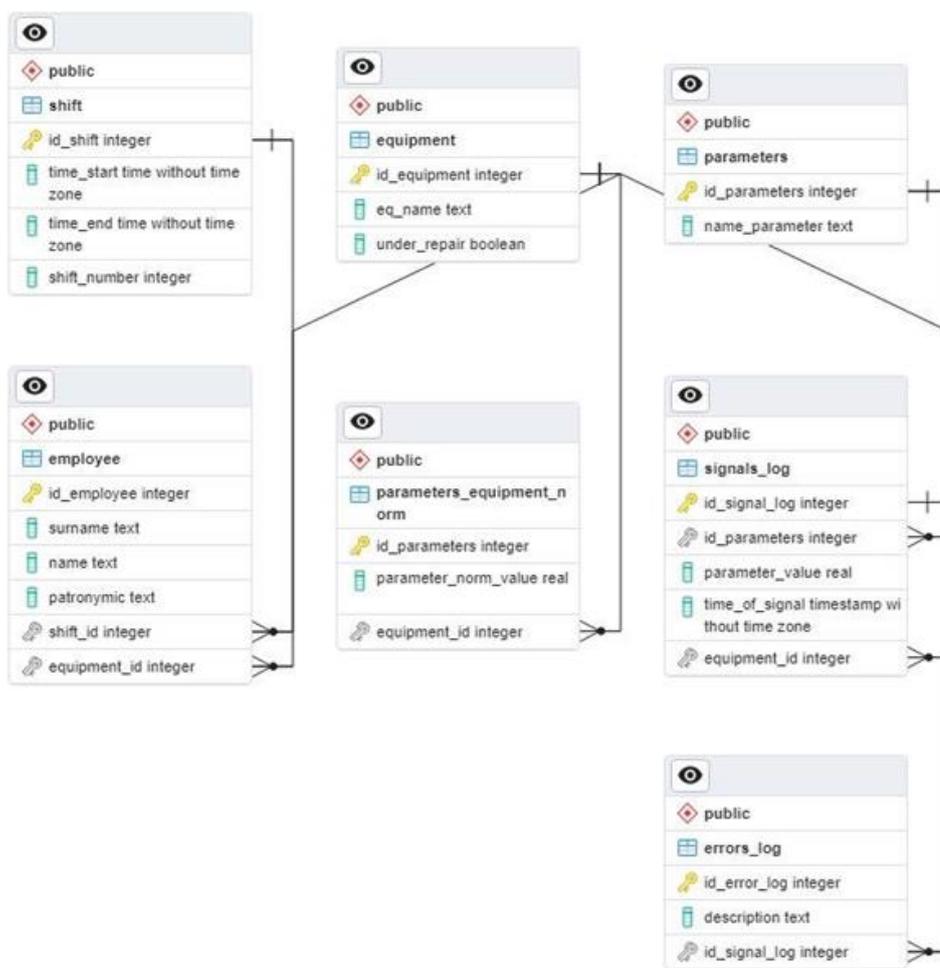


Рисунок 3. Создание таблиц и связей в базе данных PostgreSQL

Отчет за 2024-01-01 00:00:00 - 2024-01-08 00:00:00							Главная страница	Скачать	Выйти
Описание	Дата и время	Название параметра	Диапазон нормы	Значение параметра	Установка	Номер смены	Фию		
Выше нормы	2024-01-04 18:00:00	Температура на выходе	100.0 - 140.0	150.0	Подогреватель Т-1	3	Исполнее А. В.		
Выше нормы	2024-01-04 21:00:00	Температура на выходе	100.0 - 140.0	150.0	Подогреватель Т-1	4	Видулин Т. М.		
Выше нормы	2024-01-05 00:00:00	Температура на выходе	100.0 - 140.0	157.0	Подогреватель Т-1	4	Видулин Т. М.		

Рисунок 4. Интерфейс программного модуля отображения отчетов о нарушениях

Программный модуль интегрирован с системой управления персоналом для идентификации сотрудников, ответственных за определенные участки производства или бригады. Это позволит автоматически идентифицировать сотрудников, ответственных за определенные участки производства или бригады, при обнаружении потенциальных нарушений, а также предоставлять руководству и сотрудникам ценную информацию для улучшения производственных процессов и предотвращения будущих нарушений [3].

Выводы

Автоматизация процесса обнаружения количества нарушений технологического процесса поможет предприятиям повысить ответственность сотрудников, улучшить соблюдение производственных процедур и повысить общую эффективность и безопасность производственных операций.

Литература

1. Морозова, В.И. Функциональное и объектное проектирование информационных систем [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / В.И. Морозова, К.Э. Врублевский. – Российский университет транспорта: Лань, 2021 – 57 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/269501?category=1537&ysclid=ler5upfgrb16549864> (дата обращения: 10.03.2024).
2. ГОСТ ИСО 22514-1-2015. Статистические методы. Управление процессами. Часть 1 Общие принципы (Переиздание) [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127243> (дата обращения 15.03.2024).
3. Кабанов, А.А. Система контроля температуры и влажности / А.А. Кабанов // МНСК-2021: Информационные технологии; Новосибирский нац. исслед. гос. ун-т. – Новосибирск, 2021 – С.57.

УДК 004.946

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ VR-ТЕХНОЛОГИЙ В ОБУЧЕНИИ ХИМИИ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

THE USE OF VR TECHNOLOGIES IN CHEMISTRY TEACHING AS A WAY TO INCREASE THE EFFECTIVENESS OF THE EDUCATIONAL PROCESS

Шерстнев П.А., Сергеев Д.С., Каримов Р.Р.,
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,
г. Уфа, Российская Федерация
P.A. Sherstnev, D.S. Sergeev, R.R. Karimov,
FSBEI HE «Ufa University of Science and Technology», Ufa, Russian Federation

e-mail: sherst.pavel@yandex.ru, sergeevdns@gmail.com, rikar@yandex.ru

Аннотация. В работе рассматривается применение технологии виртуальной реальности (VR) для обучения химии. Рассматриваются основные преимущества применения VR, приводящие к повышению эффективности обучения, при этом снижаются: риски для жизни и здоровья, временные

затраты на проведение лабораторных работ и работу инструкторов, а также увеличивается доступность химического образования и стимулируется интерес и мотивация обучающихся.

Обучение химии включает теоретический и практический циклы. При применении VR-технологий практический претерпевает наибольшие изменения. Виртуальная химическая лаборатория (ВХЛ) обеспечивает интерактивное взаимодействие с пользователем и визуальное моделирование химических процессов.

Также рассматриваются подсистемы, из которых состоит приложение: подсистема визуального моделирования химических процессов и подсистема интерактивного взаимодействия с пользователем.

Подсистема визуального моделирования химических процессов визуализирует физико-химические опыты, которые включают в себя различные химические реакции, измерение физических параметров веществ, исследование термодинамических и кинетических закономерностей химических процессов.

Подсистема интерактивного взаимодействия в ВХЛ позволяет пользователю совершать различные действия и получать ответную реакцию в рамках обучающего эксперимента.

Вышеперечисленные компоненты VR технологий и их реализация обеспечивают повышение эффективности обучения химии.

Abstract. The article discusses the use of VR technologies in chemistry education. A number of advantages of using VR are given, leading to increased efficiency, while reducing: risks to life and health, time spent on laboratory work and the work of instructors, as well as increasing the availability of chemical education and stimulating the interest and motivation of students.

Chemistry training includes theoretical and practical cycles, with the use of VR technologies, the practical one undergoes the greatest changes. A virtual chemical laboratory (VCL) should provide interactive user interaction and visual modeling of chemical processes.

The article also discusses the subsystems that make up the application: the subsystem of visual modeling of chemical processes and the subsystem of interactive interaction with the user.

The subsystem of visual modeling of chemical processes visualizes physico-chemical experiments, which include various chemical reactions, measurement of physical parameters of substances, investigation of thermodynamic and kinetic patterns of chemical processes.

The subsystem of interactive interaction in the VCL allows the user to perform various actions and receive a response within the framework of a training experiment.

Based on all the data, conclusions are drawn on improving efficiency.

Ключевые слова: VR, виртуальная реальность, обучение химии, тренажер, новые технологии

Keywords: VR, virtual reality, chemistry training, simulator, new technologies

Введение

Развитие технологий вносит изменение в привычный уклад жизни человека. Еще в 20 веке практический цикл обучения пытались модернизировать в критических отраслях, чтобы снизить стоимость обучения и/или повысить его качество.

Одним из технических решений стало внедрение виртуальной реальности в процесс обучения. До начала 21 века такие проекты носили, в основном, лишь экспериментальный и теоретический характер. В 2010-2020 годах произошла своеобразная революция: компьютеры стали достаточно мощными, а шлемы виртуальной реальности стали достаточно массовыми и дешевыми, что позволило создавать массовые программы обучения с применением технологии виртуальной реальности (VR).

В данной работе рассматривается создание приложения для обучения химии в рамках виртуальной химической лаборатории (ВХЛ).

Цель разрабатываемого приложения является оптимизация процесса обучения путем снижения временных и финансовых затрат на практический цикл обучения.

Постановка задачи

В рамках работы предлагается применение VR технологий для повышения эффективности обучения [1].

Внедрение VR-технологий в процесс обучения существенно расширяет возможности, обеспечивая повышение эффективности обучения:

- возможность применять наиболее продвинутое оборудование;
- снижение рисков для жизни и здоровья;
- снижение временных затрат на лабораторные работы;
- снижение временных затрат инструкторов;
- увеличение доступность образования в области химии;
- стимулирование интереса и мотивации обучающихся.

Модель процесса обучения

Обучение с применением технологий виртуальной реальности также состоит из двух частей: теоретического и практического циклов. Поскольку применение технологии виртуальной реальности вносит изменения только в последний, то данный процесс и будет рассмотрен.

В рамках практического цикла обучения происходит взаимодействие: непосредственное – в рамках первичного инструктирования перед началом работы в виртуальной реальности, а также опосредованное – выдача задания,

интерпретация результата. Взаимодействие происходит между двумя группами пользователей:

Инструктор – пользователь, который взаимодействует создаёт задания на специальном веб сайте (подсистема «Веб-тьютор») и с приложением непосредственно не взаимодействует, с которым взаимодействует обучающийся.

Обучающийся – пользователь, который воздействует с приложением с целью получения или закрепления практических навыков.

В ВХЛ необходимо обеспечить интерактивное взаимодействия с пользователем, а также визуальное моделирование химических процессов.

Таким образом, ВХЛ должна включать в себя следующие подсистемы: интерактивного взаимодействия с пользователем (обучающимся), а также подсистемы визуального моделирования химических процессов. Процесс обучения можно представить в виде мнемосхемы (рисунок 1).

Как видно из рисунка (рисунок 1), тренажер состоит из трех частей:

- сценарий – модуль приложения, в рамках которого реализована интерпретация данных, получаемых с подсистемы «Веб-тьютор», отслеживание процессов и взаимодействий ВХЛ, а также оценка действий обучаемого (рисунок 2). Класс TubeListener выполняет основные функции по обработке сценария обучения;

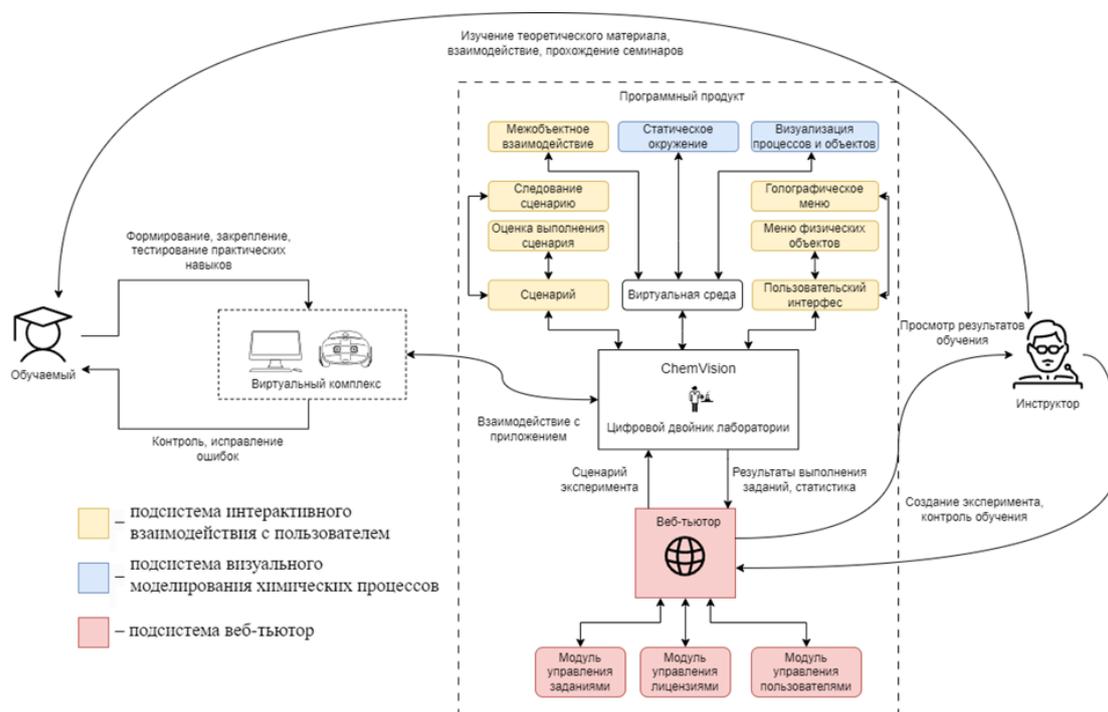


Рисунок 1. Мнемосхема процесса обучения

- виртуальная среда – модуль приложения, в рамках которого осуществляется взаимодействие между объектами внутри ВХЛ, а также происходит отображение окружающего пространства и химических процессов (рисунок 3). Класс TubeController выполняет основные функции по управлению состоянием веществ внутри емкостей;

- пользовательский интерфейс – модуль, в рамках которого реализованы все интерфейсы, с которыми может взаимодействовать пользователь в рамках ВХЛ (интерфейсы меню, а также интерфейсы лабораторного оборудования).

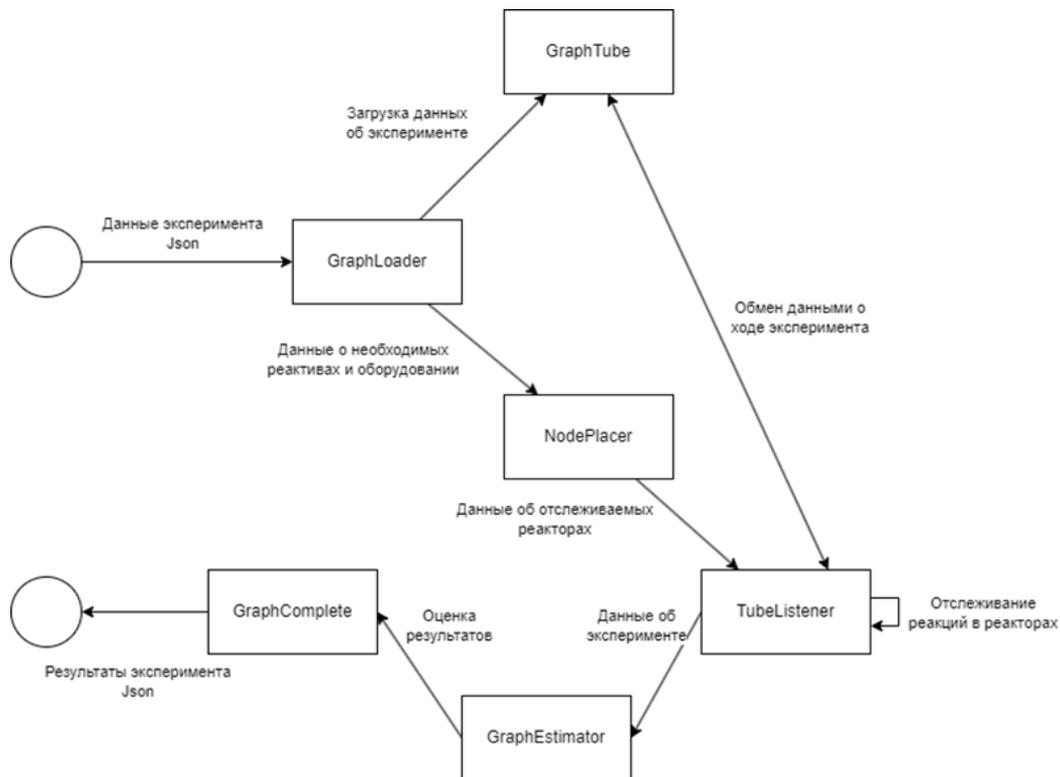


Рисунок 2. Диаграмма классов модуля «Сценарий»

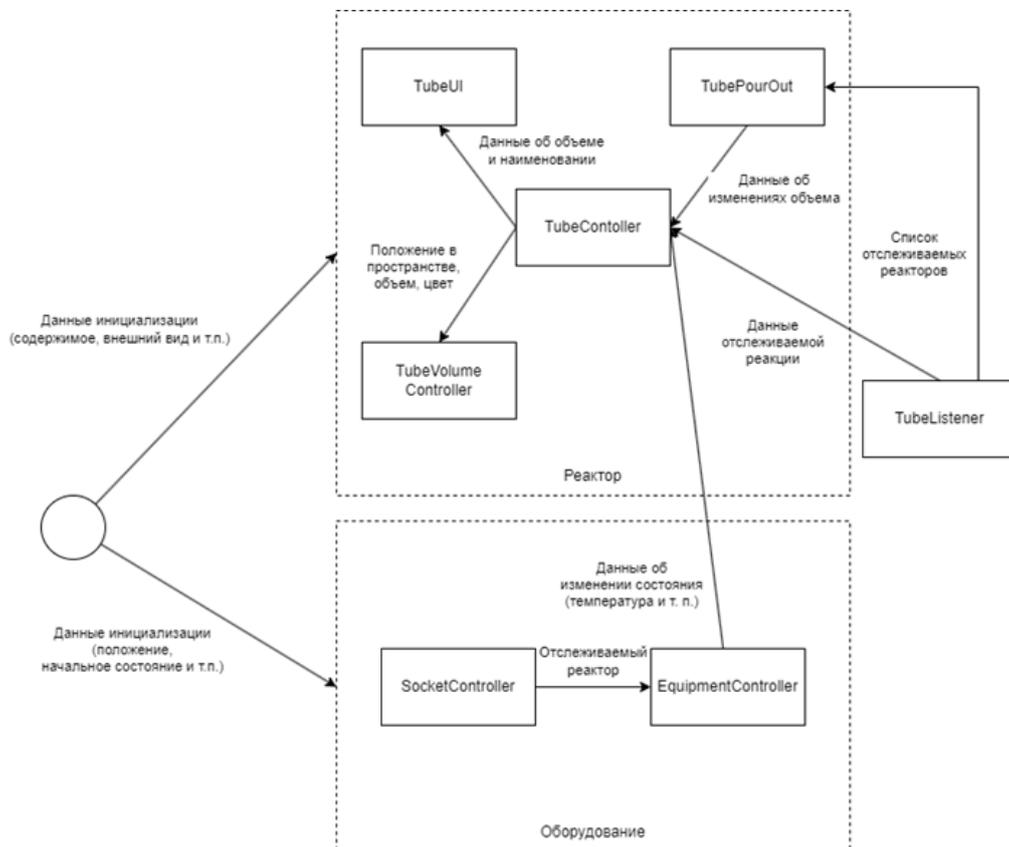


Рисунок 3. Диаграмма классов модуля «Виртуальная среда»

Подсистема интерактивного взаимодействия

Подсистема интерактивного взаимодействия позволяет пользователю совершать различные действия в ВХЛ и получать на них ответную реакцию в рамках проводимого обучающего эксперимента.

К действиям, которые может совершить обучаемый в рамках эксперимента можно отнести: перемещение виртуального персонажа, перемещение объектов окружающего мира, установка объектов на специализированные позиции, взаимодействие с оборудованием и инструментами. Отдельно можно выделить взаимодействие с интерфейсом, поскольку оно обладает другой логикой.

ВХЛ реагирует на действия обучаемого в соответствии со сценарием учебного эксперимента, который задается в приложении «Веб-тьютор».

Сценарий учебного эксперимента

Рассмотрим эксперимент, который демонстрируется в старших классах школы или на младших курсах университета в рамках изучения химии. В ходе эксперимента осуществляется реакция нейтрализации серной кислоты H_2SO_4 щелочью – $NaOH$. В ходе эксперимента требуется взять пробирку, наполнить ее водой, затем влить в нее H_2SO_4 , далее провести реакцию нейтрализации, всыпав $NaOH$ (Рисунок 4).

Процесс обучения подразумевает под собой прохождение обучаемого по целевому графу (последовательность операций обучения). В ходе прохождения могут возникать ошибки, которые рассматриваются как отклонения от графа, при этом пользователь для успешного решения задачи должен исправить ошибку и вернуться к целевому графу. Обозначим множество вершин графа требуемого маршрута учебного эксперимента как $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$.

Каждая вершина (u^*) обозначает состояние конкретного объекта, которое в данный момент должно иметь данное состояние.

Обозначим множество ребер графа требуемого маршрута как $E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$.

Ребра обозначают взаимодействия обучаемого с элементами ВХЛ – окружением: химическая посуда, оборудование, инструменты.

Множество ребер графа фактического маршрута – $F_m = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$.

Рассмотрим построение графа эксперимента на примере реакции нейтрализации. Необходимые реактивы и оборудование для проведения эксперимента: H_2SO_4 (к), $NaOH$, пробирка.

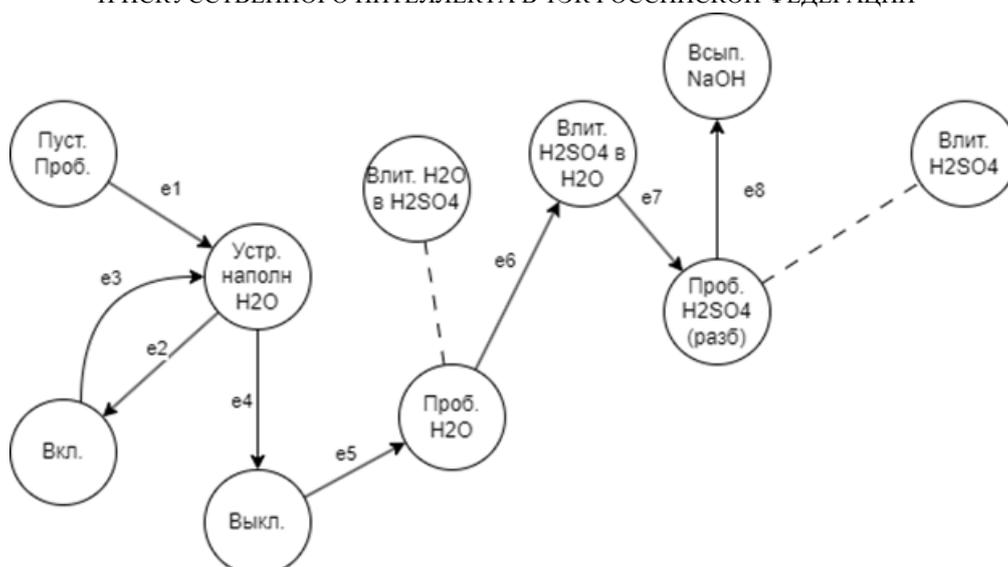


Рисунок 4. Граф требуемого маршрута

Граф требуемого маршрута является целевым при выполнении задания. При оценивании действий обучаемого граф фактического маршрута сравнивается с этим графом и на основе отклонения будет дана оценка.

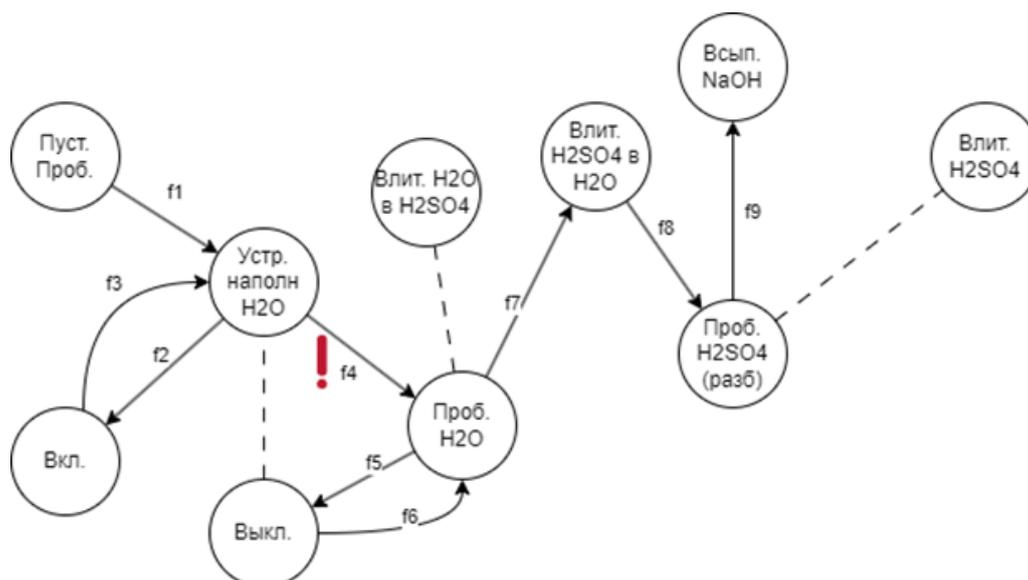


Рисунок 5. Граф фактического маршрута

Граф фактического маршрута представляет собой действия пользователя в рамках выполняемого задания. При отклонении от требуемого маршрута в приложении возникает подсказка для пользователя, позволяющая вернуть его на требуемый маршрут прохождения задания. Также подсказка объясняет ошибку пользователя.

Подсистема визуального моделирования химических процессов

Подсистема визуального моделирования химических процессов визуализирует физико-химические опыты, которые представляют собой

эксперименты, направленные на изучение физических и химических свойств веществ, их взаимодействия и превращения в различных условиях. Эти опыты могут включать в себя различные химические реакции, измерение физических параметров веществ, исследование термодинамических и кинетических закономерностей химических процессов и многое другое.

Визуализация химических процессов позволяет обучающимся непосредственно наблюдать и взаимодействовать с абстрактными концепциями, которые могут быть сложными для понимания в текстовой или аудиальной форме. Предоставление визуальных моделей позволяет студентам увидеть конкретные взаимосвязи между химическими элементами и процессами, что способствует более глубокому усвоению материала и улучшению понимания предметной области. Эффект погружения в игровое пространство можно обеспечить за счет фотореалистичности объектов окружения и создания настроения обучающегося, находящегося в локации, на получение знаний.

Все визуализируемые процессы можно разделить на следующие группы: отображение химических веществ, условие возникновения реакции, поведение при перемещении, признаки химических реакций.

Для систематизации отображения веществ необходимо их классифицировать. В общем виде все вещества можно разделить по агрегатному состоянию: твёрдое, жидкое, газообразное. Также можно выделить и другие физические свойства, которые влияют на отображение: цвет, плотность, прозрачность.

Для того, чтобы начинались и протекали химические реакции, необходимы определённые условия. К условиям возникновения и протекания химической реакции относятся: приведение реагирующих веществ в соприкосновение, нагревание веществ до определённой температуры; создание определённого уровня освещённости; подведение электрического тока; изменение давления; введение катализатора.

Поведение при перемещении веществ зависит от ёмкости и плотности вещества.

К признакам химических реакций относят: выделение газа; образование или растворение осадка; изменение цвета; изменение запаха; излучение света; выделение или поглощение тепла.

Визуализация данных о признаках и условиях протекания реакций играет ключевую роль в реализации данной подсистемы, поскольку именно она предоставляет пользователю обратную связь в процессе проведения реакции.

Выводы

Внедрение VR-технологий в процесс обучения химии открывает новые горизонты для образования. Благодаря интерактивности и визуализации химических процессов, обучающиеся могут получить уникальный опыт, который невозможно воссоздать в традиционных условиях. Это способствует

лучшему усвоению материала и повышению заинтересованности студентов в изучении химии.

Таким образом, использование VR в обучении химии является перспективным направлением, которое уже сейчас может значительно улучшить качество образовательного процесса.

Литература

1. Корнилов Ю.В., Мукашева М.У., Сарсимбаева С.М. Применение технологий виртуальной реальности в изучении различных предметов: обзоры научной литературы – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tehnologiy-virtualnoy-realnosti-v-izuchenii-razlichnyh-predmetov-obzor-nauchnoy-literatury/viewer> (Дата обращения 11.04.2024).

2. Ибатуллин М.Р., Сергеев Д.С., Шерстнев П.А. Реализация базовых механик VR- приложения // Мавлютовские чтения Материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. В 6-ти томах. Том 5 Уфа, 2022. С. 1024-1033.

3. Шерстнев П.А., Ибатуллин М.Р., Сергеев Д.С. Расчеты стоимости разработки 3D/VR/AR приложений. Сравнение классического метода разработки с хакатоном // Мавлютовские чтения Материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. В 6-ти томах. Том 5 Уфа, 2022. С. 1066-1071.

4. Каримов Р.Р., Кондратьева Н.В., Кузьмина Е.А., Ковтуненко А.С., Верхотуров М.А., Валеев С.С. Концептуальное проектирование сложного технического объекта на основе интеллектуальных технологий // CEUR Workshop Proceedings. 2020 Т. 2638 С. 112.

UDC 004

STUDY ON SCRATCH DETECTION METHOD IN FILM IMAGE USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK WITH DILATED CONVOLUTION

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ ЦАРАПИН В ИЗОБРАЖЕНИИ ПЛЕНКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕКРЫВАЮЩИХСЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С РАСШИРЕННЫМ ПЕРЕКРЫТИЕМ

O.J. Choe, K.M. Choe, H.S. So, C.H. Choe,
Faculty of Information Science, “Kim Il Sung university”, DPR Korea
Чой О.Ч., Чой Г.М., Се Х.С, Чой Ч.Х.,
Факультет информационной науки, «Университета имени Ким Ир Сена» г.
Пхеньян, КНДР

e-mail: gfstcn@126.com, gfstk@star-com.net.kp

Abstract. Scratch detection, which is commonly present in film images, is an important research topic in image processing. In this paper, we propose a method for scratch detection in film images using convolutional neural networks with dense prediction and dilated convolution to integrate spatial information at various scales, reducing computational complexity by simplifying the structure of deep neural networks. Considering the scratch detection problem in film images as a pixel classification problem, we designed an end-to-end convolutional neural network to detect scratches with arbitrary orientation, color and width as well as vertical orientation. To solve the problem of losing global information and producing coarse detection results due to the pooling with conventional convolutional neural networks, a convolutional neural network with dense prediction and dilated convolution to synthesize spatial information at different scales is designed. And weighted loss function is discussed to achieve class balance. Post-processing using Hough transform was proposed to improve the detection mask affecting image restoration. We constructed a training dataset using corrupted film image data, implemented our method, and performed a performance evaluation with previous methods. As a result, the F1-score improved by 1.67% on average compared to the recently proposed methods.

Аннотация. Обнаружение царапин, обычно присутствующих в изображении пленки, является важной темой для обработки изображений.

В этой статье мы предлагаем метод обнаружения царапин в изображениях пленки с использованием перекрывающихся нейронных сетей с компактным прогнозом и расширенным перекрытием для объединения пространственной информации в различных масштабах, уменьшая вычислительную сложность, упрощая структуру глубоких нейронных сетей. Учитывая проблему обнаружения царапин в изображениях пленки в качестве классификации пикселей, мы разработали сеть с конечной концевой деконволюцией нейронной сети для обнаружения царапин с произвольным направлением, цветом и шириной, а также в вертикальном направлении. Для решения проблемы потери глобальной информации из-за обмена с общей нейронной сетью и получения результатов грубого обнаружения разработана расширенная суперпозиция для синтеза пространственной информации в разных масштабах и перекрывающихся нейронных сетях с плотными прогнозам. И функция потери веса обсуждается для достижения баланса класса. Предлагается пост-обработка с использованием преобразования Нау для улучшения маски обнаружения, влияющей на восстановление изображения. Мы строим набор тренировочный набор данных с использованием поврежденных данных изображения пленки, реализованных в нашей методологии и выполняем оценку эффективности с предыдущими методами. Результаты F1-баллы улучшились в среднем на 1,67% по сравнению с недавно предложенным методом.

Keywords: scratch detection, dilated convolution, convolutional neural network, digital documentary film reconstruction, deep learning

Ключевые слова: обнаружение царапин, расширенное перекрытие, перекрывающаяся нейронная сеть и цифровое документальное восстановление, глубокое обучение

Detection of blotch and scratch in digital film video or image is a common concern in image and video processing. Blotches and scratches are typical degradation that are often seen in digital film videos or images. In particular, scratches are a typical damage seen in old films, and in video it appears as a dark or light vertical line, while in old photographs it appears as lines with arbitrary orientation. Scratches are much more difficult to process in still images than in old films. The reason why the processing in still images is more difficult than in old movies is that at least two things can be considered. First, unlike in old movies, scratches in still images have any possible orientation, color, and width. Second, we cannot use time information to process scratches in still images. This paper deals with a method for detecting scratches in digitized film images. In recent years, tremendous progress has been made in the area of deep neural networks (DNNs), especially convolutional neural networks (CNNs).

In particular, convolutional neural networks have been successfully applied to object recognition [3, P. 2481–2495], detection [6, P. 5–10], semantic image segmentation [1, P. 3431-3440], as well as image retrieval [2, P. 234-241]. Convolutional neural networks have the ability to model very complex patterns and tolerances to noise. In particular, convolutional neural network filters act as adaptive filters with higher complexity that can extract more relevant information hierarchically in a multi-scale manner over a wide range than conventional filters that are sensitive only to local variations. Therefore, in [5, P. 486-500], a method for detecting scratch lines in old films using convolutional neural networks has been proposed to achieve some good results. However, the disadvantage of this method is that the detected scratch pixels are subjected to a coarse detection result due to the loss of global information during the course of several overlapping and pooling layers.

This would make it difficult to repair the next step. Hence, to overcome the drawbacks of the previous method, we design a convolutional neural network with a dilated convolution that can achieve dense prediction results by integrating spatial information at various scales and preventing loss of information during the process through the pooling layer, and based on it, detect scratches in the film image.

The step of detecting scratch in film images consists of two parts.

First, the scratch detection is improved by the deep neural network and second by connecting the obtained scratch segments. We use dilated convolution [4, P. 286–297] to improve the classification accuracy of the model without loss of global information.

The basic idea of the dilated convolution is to insert a "hole" (zero) in the convolution kernels to obtain a larger receiving field without a downsampling process to prevent information loss during downsampling. Compared with the initial convolution, the dilated convolution has a convolution rate parameter in addition to the size of the convolution kernel, which is mainly used to indicate the enlargement size.

The common point of dilated and general convolution is that the size of the convolution kernel is the same. That is, the number of parameters is the same.

The difference is that the dilated convolution has a larger acceptance field.

However, the consideration in using dilated convolution is to prevent the "grid" phenomenon. To prevent this phenomenon, we apply the dilated convolution with various dilated convolution rates in parallel and mix the results hierarchically.

In this paper, we construct convolutional neural networks with dilated convolution to reduce computational complexity by simplifying the structure of the neural network and to improve the accuracy of the scratch detection model by integrating dense prediction and spatial features at different scales. Figure 1 shows the structure of the proposed convolutional neural network.

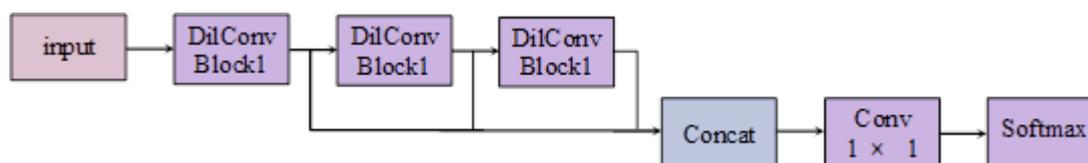


Figure 1. Proposed convolutional neural network architecture

The proposed convolutional neural network consists of three dilated convolutional blocks, one concatenation layer, and convolutional layers, Softmax layer. The dilated convolution block consists of an dilated convolution layer with kernel size, a batch normalization layer and a ReLU layer. The expansion rates in the dilated convolution layers of each dilated convolution block are different. The expansion rates in the dilated convolution layers of the dilated convolution blocks 1, 2, and 3 are 1, 3, and 5, respectively. The use of dilated convolution layers with expansion ratios of 1, 3, and 5, respectively, allows to obtain contextual information of different scales by gradually enlarging the size of the receptive field without loss of information due to downsampling. In the concatenation layer, the outputs of the three upstream dilated convolution layers are obtained by connecting them. The design of such a concatenation layer has been mixed with different features to enhance the discrimination ability. Since the resolution must be the same when connecting the output of the three convolution layers in the convolution layer, each previous convolution layer performs a filling process to ensure the same resolution of the input and output. Using convolution layer after concatenation layer is to reduce the dimensionality increase in convolution layer. Finally, there is a softmax layer that classifies each pixel independently. In the softmax layer, we define the probability that each pixel belongs to a scratch pixel or a background pixel. Finally, the segmentation result classifies the pixels into the category where this probability is maximized, i.e., the scratch pixel set or the background pixel set.

In general, we use cross entropy as a loss function in the classification problem. In this paper, the loss function of the network is used as a weighted cross-entropy loss function. The reason for introducing the weighted cross-entropy loss function is as follows. Since the scratch area in our training data sets is much smaller than the background area, in general, the cross-entropy loss function causes the model to be heavily biased towards the background, resulting in poor detection performance. To solve this problem, we introduce a weighted cross-entropy loss function to balance the scratch area and background area classes. In our training images, the number of pixels belonging to the scratch region is much smaller compared to the number of pixels belonging to the background region. Therefore, to achieve class balancing, we use a weighted loss function by assigning different weights to each class. We use the median frequency as the weight assigned to each class in the loss function. This allows a class balance in the training data set, with a small weight for classes with a high number of pixels and a large weight for classes with a low number of pixels.

The scratch detection results by convolutional neural network are obtained with small separated regions with linear shape. The small linear regions where one long connected region is separated are obtained because the luminance of the pixels in the separated region is low. For this, a post-processing is necessary to connect the separated small scratch areas. Globally, there is a long straight line, and the result of the detection is a small straight line segment. Now we have to connect these small straight segments to get a long straight line. Locally small straight segments are very similar in the direction of the straight line when compared to adjacent straight lines.

Hence, as a measure for this, we first detect possible straight lines in the image and compare the direction of the adjacent straight line, and then connect two straight segments if similar. First, using Hough transform, we obtain a set of straight lines corresponding to the cumulative value of k larger than a certain threshold. Then, we connect two adjacent straight lines in case of similar direction and small distance of the adjacent straight line obtained by Hough transform. To implement the proposed method, we used five videos ‘Knight’, ‘Laurel and Hardey’, ‘California’, ‘Afgrunden’, ‘gate’ with a virtually corrupted vertical scratch with different brightness at different locations worldwide recognized to generate training data, and 30 self-prepared film images with scratches of arbitrary orientation. The training data were cut at 300 frames from five videos to obtain 4200 image slices, and from 30 film images with scratches of size, 13,500 image slices were obtained to obtain a total of 17,700 images. Eighty percent of them were used as training data and 20% as testing data. In the experiments, three different evaluation criteria, namely recall, precision and F1-score, were used to evaluate the performance of the proposed method. The table shows the comparison of the proposed method with other methods.

The table shows the comparison of the results of scratch detection using the previous methods and our proposed method for five globally recognized corrupted film animations. As can be seen from the table, the F1-score results show that the proposed method is superior to the previous methods.

Table 1. Scratch detection performance evaluation

	methods	Afgrunden	Knight	California	Gate	Laurel and Hardy
Recall	[7]	91.71	77.77	94.74	100	78.95
	[6]	100	100	36.11	33.33	94.73
	[5]	81.08	83.33	89.74	100	89.47
	ours	85.6	86.55	90.23	100	90.23
Precision	[7]	45.33	93.33	51.31	12.90	18.52
	[6]	14.44	56.00	8.84	2.98	21.42
	[5]	55.55	100	92.27	25.53	89.47
	ours	57.55	98.12	95.23	27.32	89.62
F1-score	[7]	60.71	84.84	66.56	22.85	29.96
	[6]	25.23	71.79	14.20	5.47	18.48
	[5]	65.93	90.90	90.98	40.67	89.47
	ours	68.83	91.97	92.66	42.92	89.92

Findings

In this paper, we propose a method for scratch detection in film images using convolutional neural networks with compact prediction and dilated convolution to integrate spatial information at various scales, reducing computational complexity by simplifying the structure of deep neural networks. Considering the scratch detection problem in film images as a pixel classification problem, we designed a end-to-end convolutional neural network to detect scratches with arbitrary orientation, color and width as well as vertical orientation. To solve the problem of losing global information and producing coarse detection results due to the pooling with conventional convolutional neural networks, a convolutional neural network with dense prediction and dilated convolution to synthesize spatial information at different scales is designed. Post-processing was performed to improve the detection mask affecting image restoration.

References

1. Long J, Shelhamer E, Darrell T. , 2015 Fully convolutional networks for semantic segmentation, Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, P. 3431-3440.
2. Ronneberger O, Fischer P, Brox T., 2015 U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation, International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention. Springer, Cham, P. 234-241.
3. Badrinarayanan V, Kendall A, Cipolla R., 2017 Segnet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for scene segmentation, IEEE Trans Pattern Anal MachIntell , 99, P. 2481–95.
4. Holschneider M, Kronland-Martinet R, Morlet J, Tchamitchian Ph., 2015 A real-time algorithm for signal analysis with the help of the wavelet transform, In: Wavelets. Time-Frequency Methods and Phase Space, P. 286–97.
5. Hamza Yous, Amina Serir, Sofiane Yous, 2019 CNN-based method for blotches and scratches detection in archived Videos, J. Vis. Commun. Image R.59, P. 486-500.
6. V. Bruni, D. Vitulano, A. Kokaram, 2003 Line scratches detection and restoration via light diffraction, in: Proceedings of the 3rd International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis, ISPA 2003, vol. 1, P. 5–10.
7. A. Newson, A. Almansa, Y. Gousseau, P. Pérez, 2014 Robust automatic line scratch detection in films, IEEE Trans. Image Process. 23 (3), P. 1240–1254. <https://doi.org/10.1109/TIP.2014.2300824>.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ

УДК 4.3

ЗАДАЧА РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА: ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДИСКРЕТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

THE PROBLEM OF EQUIPMENT PLACEMENT IN SMALL-BATCH PRODUCTION: APPLICATION OF DISCRETE OPTIMIZATION METHODS

Верхотуров М.А., Мухаматуллин Т.И., Муфтахов Д.Р.,
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,
г. Уфа, Российская Федерация

M.A. Verkhoturov, T.I. Mukhamatullin, D.R. Muftakhov,
FSBEI HE «Ufa University of Science and Technology»,
Ufa, Russian Federation

e-mail: kinf@ugatu.su

Аннотация. На основе анализа развития легкой промышленности в России как содержащей большое число мелкосерийных производств, анализа особенностей функционирования малых предприятий, анализа принципов подбора применяемого на швейном предприятии оборудования и анализа принципов внедрения бережливого производства, был выделен один из способов повышения эффективности малых швейных предприятий, заключающийся в оптимальном расположении рабочего оборудования в цехе. Целью расположения оборудования должно являться максимальное уменьшение издержек на перемещение продуктов или материалов труда между рабочими местами. В связи с этим возникает вопрос о периодической перестановке оборудования на производстве в зависимости от требований техпроцесса пошива определённых видов изделий и общей номенклатуры выпускаемого в данный момент на предприятии ассортимента. Были приведены формальная и математическая постановки данной задачи, а также проанализированы возможные методы её решения. Была разработана программа, позволяющая смоделировать расположение оборудования в цехе и позволяющая оценить кратчайший маршрут, проходящий по всему оборудованию. Впоследствии программа была доработана. Было учтено количество перемещений между оборудованием разного типа для организации нескольких производственных экспериментов с целью поиска лучшего

варианта размещения оборудования. В завершение, приведена интерпретация полученного результата.

Abstract. Based on an analysis of the development of light industry in Russia as containing a large number of small-scale production, an analysis of the features of the functioning of small enterprises, an analysis of the principles of selection of equipment used in a clothing enterprise and an analysis of the principles of introducing lean production, one of the ways to increase the efficiency of small clothing enterprises was identified, which consists in optimal location of working equipment in the workshop. The purpose of equipment placement should be to minimize the costs of moving products or labor materials between workplaces. In this regard, the question arises about the periodic rearrangement of equipment in production, depending on the requirements of the technical process of sewing certain types of products and the general nomenclature of the assortment currently produced at the enterprise. The formal and mathematical formulations of this problem were given, and possible methods for solving it were analyzed. A program was developed that allows us to simulate the location of equipment in the workshop and allows us to estimate the shortest route through all the equipment. Subsequently, the program was finalized. The number of movements between different types of equipment was taken into account to organize several production experiments in order to find the best option for equipment placement. Finally, an interpretation of the obtained result is given.

Ключевые слова: швейная промышленность, малые предприятия, бережливое производство, задача коммивояжера, метод ветвей и границ, оборудование, маршрут

Key words: clothing industry, small businesses, lean manufacturing, traveling salesman problem, branch and bound method, equipment, route

Введение

В настоящее время в отраслях лёгкой промышленности в России функционируют более 20 тыс. предприятий, где занято около 300 тыс. человек (2020) [2]. Характерными чертами развития современной лёгкой промышленности являются потребность в быстрой смене ассортимента продукции, а также высокая доля малых и средних предприятий.

Малые предприятия в легкой промышленности располагают значительными конкурентными преимуществами по сравнению с крупным производством [3, С. 17–18]:

- быстрая адаптация к местным условиям хозяйствования;
- гибкость и оперативность в принятии и выполнении решений; производство изделий малыми партиями;
- возможность реализовать свои идеи и проверить свои способности;

- возможность быстро вводить изменения в производство;
- относительно невысокие расходы и затраты на управление и кадры.

Перечисленные факторы оказывают существенное влияние на техническое оснащение производства. Производство разнообразных изделий из разных видов материалов влечет значительные перестановки и переналадки оборудования.

Принцип расстановки оборудования заключается в следующем:

- создаются спаренные рабочие места с разным оборудованием, позволяющим выполнять разнородные операции;
- расположение рабочих мест производится с учетом прямоочности перемещения обрабатываемых предметов труда;
- транспортирование пачек предметов труда между рабочими местами осуществляется с помощью междустолий и различных тележек.

Адаптироваться к условиям жесткой рыночной конкуренции и увеличивать свою эффективность малым предприятиям поможет внедрение принципов бережливого производства.

Бережливое производство (lean manufacturing) — это система управления компанией, направленная на максимальное удовлетворение потребностей клиентов при минимальных затратах ресурсов [4].

Реализация принципов бережливого производства позволит устранять потери, такие как: перепроизводство, ожидание, перевозка, переработка, лишний запас, недвижимость, дефекты.

1 Задача перемещения оборудования

1.1 Постановка задачи

Для сокращения потерь, связанных с перевозкой товаров, на гибком производстве можно рассмотреть задачу расположения производственного оборудования в нужных местах так, чтобы перемещение продукции между ними занимало как можно меньше времени.

Более того, так как ассортимент на гибком производстве постоянно меняется, то и технологический процесс, порядок выполнения операций будут отличаться, а значит и оптимальная расстановка оборудования. Это значит, что станки или переносное оборудование должно обладать максимальной мобильностью (станки должны быть передвижными). Тогда задачу перемещения оборудования можно будет повторять неоднократно и можно будет настраивать “Конфигурацию” производственного цеха под актуальный ассортимент выпускаемой продукции.

Допустим, у нас есть точки (места), в которых может располагаться технологическое оборудование. Задача – найти кратчайший маршрут между этими точками и расставить соответствующее оборудование, используемое в техпроцессе для производства одного конкретного вида изделия в соседние вершины, соотнеся полученный маршрут с порядком выполнения операций.

Задача нахождения кратчайшего маршрута между точками широко известна как задача коммивояжера.

Задача коммивояжера – классическая задача комбинаторной оптимизации. Содержательная постановка задачи коммивояжера на удивление проста: «Задано множество из n городов, каждой паре v, w которых сопоставлена транспортная издержка c_{vw} , определяющая стоимость проезда из пункта v в пункт w . Требуется указать циклический маршрут, посещающий каждый город в точности один раз и обладающий минимальной стоимостью» [5].

Условие задачи коммивояжера задаётся рёберно-взвешенным (ориентированным) графом $G = (V, E, c)$, $|V| = n$, весовая функция $c: E \rightarrow R$ которого сопоставляет произвольному ребру $\{v, w\}$ – дуге (v, w) транспортную издержку $c_{vw} = c(v, w)$. Допустимыми решениями задачи являются гамильтоновы циклы (перестановки множества вершин) $v\pi(1), v\pi(2), \dots, v\pi(n)$, стоимость которых задаётся соотношением $c(v\pi(n), v\pi(1)) + \sum_{i=1}^{n-1} c(v\pi(i), v\pi(i+1))$. Задача состоит в нахождении цикла минимальной стоимости.

1.2 Методы

Методы решения задачи коммивояжера довольно разнообразны и различаются применяемым инструментарием, точностью находимого решения и сложностью требуемых вычислений, от полного перебора и до точных методов [6].

Однако, оптимальным алгоритмом по точности, сложности воспроизведения и быстродействию является метод ветвей и границ. Он может подходить для достаточно больших n , а также прост в понимании и реализации. Так как мы работаем с небольшими предприятиями, где количество станков в большинстве случаев не будет превышать 30, то данный метод хорошо подходит для реализации ввиду небольшого объема вычислений. Помимо всего, он относится к точным методам, поэтому полученный маршрут действительно будет всегда являться оптимальным, в отличие от эвристических методов.

1.3 Реализация программы

Для реализации данной задумки была написана программа на языке программирования C# в среде MS Visual Studio. Пример работы программы при количестве точек $n = 16$ приведён на рисунке 1.

Алгоритм решения задачи коммивояжера имеет на входе матрицу перемещений C . Расстояния между точками в данной матрице высчитываются в программе исходя из их расположения на плоскости, т. е. вычисляется евклидово расстояние.

Интерфейс программы содержит кнопку для ввода вершин, возможность самостоятельного ввода координат добавляемых вершин с помощью элементов

trackBar, кнопки для нахождения кратчайшего пути и очистки области для рисования, а также объект label, служащий для вывода результатов - итоговой длины маршрута.

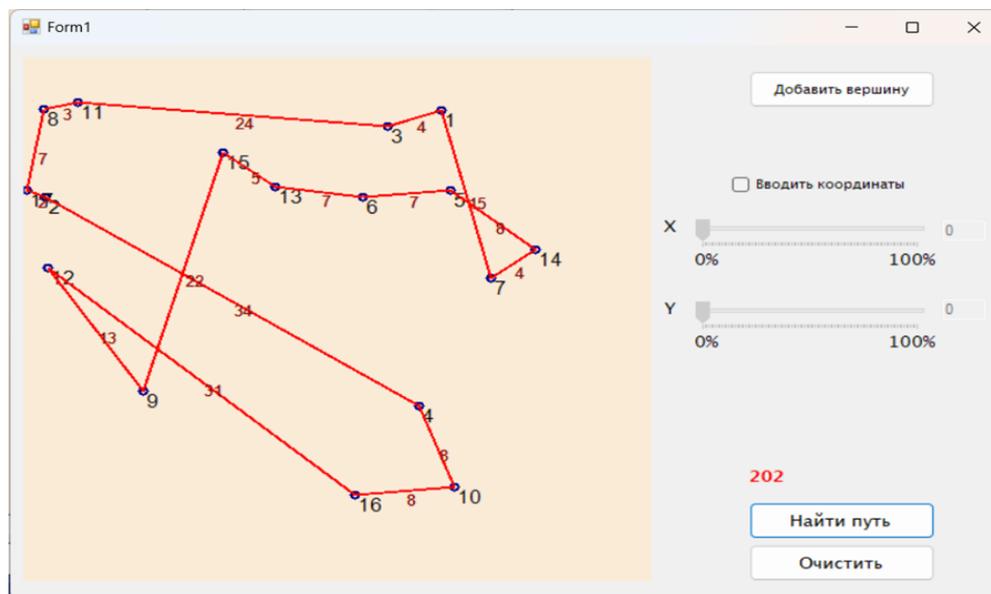


Рисунок 1. Пример работы программы

Теперь необходимо расставить оборудование по маршруту в зависимости от процесса производства и перемещений.

1.4 Развитие постановки

Возможным усложнением программы “сегментация”, то есть разделение точек размещения оборудования по типу. Выглядит это следующим образом: для каждой точки указывается один единственный тип оборудования, который может располагаться в данном месте. Если это швейное производство, то это машинки, утюги, место для ручных операций, оверлоки, петельные, пуговичные и прочее специальное оборудование. Это утверждение о типе располагаемого оборудования для конкретной точки является лишь гипотезой, успешность которой подтвердится экспериментом (несколькими экспериментами).

Затем нам нужно подсчитать, исходя из операций, выполняемых при пошиве одежды, какие перемещения между станками происходят и подсчитать их количество. При этом учитываются направления перемещения (прямое и обратное, задача становится несимметричной).

Затем, коэффициенты в матрице C нормируются в зависимости от того, сколько будет перемещений между станками данного типа. Для этого необходимо соответствующий коэффициент поделить на количество перемещений. Если число перемещений между станками данного типа равно 0, то коэффициент не трогаем.

Исходя из данной постановки, найдём кратчайший маршрут между точками с учетом количества перемещений между станками разных типов.

Совершив несколько перестановок (экспериментов), найдём кратчайший путь среди всех возможных расстановок оборудования по типам.

Текущая программа была доработана в соответствии с вышеописанной логикой. На форме была добавлена возможность указания наименования точки, а также добавлена возможность указания количества перемещений от одной точки к другой. Алгоритм был доработан так, что чем большее число перемещений между двумя точками, тем выше шанс включения этой дуги в маршрут.

1.5 Пример решения задачи

На малом швейном производстве производится пошив брюк. Технологический процесс пошива (последовательность операций) известен. Известно количество оборудования и тип оборудования, а также места, где оно может располагаться.

Исходя из плана-графика работ также известно число перемещений между оборудованием (см. Таблица 1). Количеством переходов для специального оборудования можно пренебречь. Переходы для задач с запасом времени не учитываем.

Таблица 1. Матрица переходов для оборудования основных типов

	Утюг	Машинка	Оверлок	Ручные
Утюг	-	7	1	6
Машинка	13	-	3	2
Оверлок	1	4	-	2
Ручные	1	8	3	-

Зададим расположение оборудования в программе (примерный вариант расстановки). Зададим количества перемещений и найдём оптимальный маршрут (рисунок 2).

Длина его составляет всего 45 условных единиц с учётом числа перемещений между станками. Примем данное расположение оборудования за условно оптимальное (так как критерий оптимальности не выработан). Подбирая другое расположение оборудования, можем получить и меньшее расстояние.

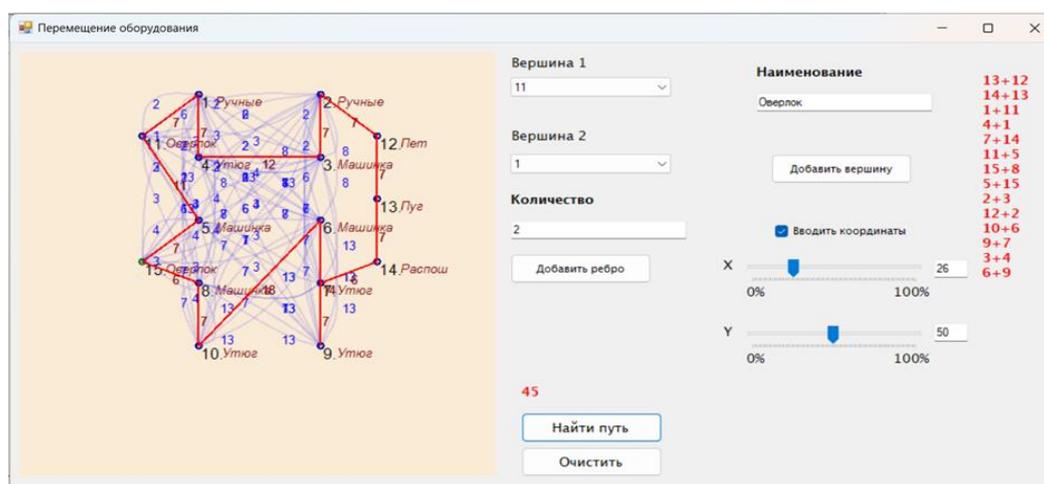


Рисунок 2. Пример работы усовершенствованной программы

1.6 Интерпретация результатов

Чтобы длительность одного производственного цикла верно отражалась с учетом времени, необходимого для перемещения от одного станка к другому, необходимо к длительности операций текущего плана-графика работ, разработанного на предприятии, добавить задержки на перемещения. Если нам известно, какая швея на какой машинке какие операции выполняет, то к данным операциям можно добавить конкретное время на перемещение от одного станка к другому.

Если же неизвестно, какая швея за каким станком сидит, и какая у неё зона ответственности (заявки на пошив частей распределяются случайным образом между швеями), то необходимо найти среднее время на перемещение от станка одного типа к станку другого типа, и прибавить это время ко всем операциям.

Выводы

Одним из методов повышения эффективности работы малых предприятий в швейном производстве является расстановка оборудования, позволяющая сократить длительность выполнения всех технологических операций и сокращающая длительность производственного цикла. Написанная программа позволяет смоделировать размещение оборудования и определить издержки на перемещение между оборудованием. Сравнивая несколько возможных вариантов, можно прийти к оптимальному, при котором производственный цикл будет минимален.

Литература

1. Валеев С. С., Каримов Р. Р., Верхотуров М. А., Исламгулов Т. В., Шехтман Л. И., Кондратьева Н. В. (2021). Production planning in a construction

company as an element of gartner enterprise architecture. Ceur workshop proceedings, S. 198-208.

2. Легкая промышленность России // Фоксфорд. URL: https://foxford.ru/wiki/geografiya/legkaia-promishlennost-rossii?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F (дата обращения: 14.04.2024).

3. Бирюкова Н. П. (2008) Организационные особенности проектирования швейного производства на малых предприятиях. Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки, С. 17–22.

4. Бережливое производство (lean manufacturing) // Nadpo.ru. URL: <https://nadpo.ru/academy/blog/berezhlivoe-proizvodstvo-chto-eto-takoe-celi-tehnologii-principy/#3093> (дата обращения: 14.04.2024).

5. Задача коммивояжера // Большая российская энциклопедия. [2023]. URL: <https://bigenc.ru/c/zadacha-kommivoiazhera-tsp-61952> (дата обращения: 14.04.2024).

6. Галяутдинов Р.Р. Задача коммивояжера — метод ветвей и границ // Сайт преподавателя <https://galyautdinov.ru/post/zadacha-kommivoyazhera> (дата обращения: 14.04.2024).

УДК 004.9

ВИРТУАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР ПРЕДПОЛЕТНОЙ ПОДГОТОВКИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

VIRTUAL SIMULATOR FOR PRE-FLIGHT TRAINING OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE

Жаринов Ю.А., Латыпов Р.Р.,
Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО УГНТУ в г.
Салавате, ул. Губкина, 22 б, г. Салават, Республика Башкортостан,
Россия, 453250
Y.A. Zharinov, R.R. Latypov,
Institute of Oil Refining and Petrochemistry FSBEI HE USPTU in Salavat,
Gubkin Str., 22b, Salavat, Republic of Bashkortostan, 453250, Russia

e-mail: rus.latypov.1975@mail.ru

Аннотация. В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) становятся неотъемлемой частью многих сфер, начиная от развлечений и заканчивая промышленными исследованиями. С увеличением числа БПЛА возрастает необходимость в безопасном и профессиональном обучении их эксплуатации. Тренажер виртуальной реальности предлагает инновационный

подход к обучению, предоставляя пользователям возможность взаимодействовать с реалистичным виртуальным окружением, это позволяет стажерам практиковать конкретные навыки и сценарии в безопасной и контролируемой среде, будь то выполнение сложных процедур или работа с опасными материалами, обучение в виртуальной реальности предлагает практический опыт без связанных с этим рисков. Виртуальная реальность позволяет обучаемым усваивать теоретический материал и активно применять его в имитированных реальных сценариях. Более того, симуляции обучения в виртуальной реальности можно настроить в соответствии с уровнем навыков и целями обучения. В исследуемой области это включает в себя точную симуляцию мероприятий, предшествующих запуску беспилотного летательного аппарата. Научно- производственным центром «НовАТранс» было установлено, что использование VR-технологий повышает качество усвоения материала в среднем на 45% и снижает производственный травматизм на 63%, а также обучение в виртуальной реальности на 30% ускоряет адаптацию сотрудников.

Abstract. Nowadays, unmanned aerial vehicles (UAVs) are becoming an integral part of many fields ranging from entertainment to industrial research. With the increasing number of UAVs, there is a growing need for safe and professional training in their operation. A virtual reality trainer offers an innovative approach to training by allowing users to interact with a realistic virtual environment, this allows trainees to practice specific skills and scenarios in a safe and controlled environment, whether performing complex procedures or handling hazardous materials, virtual reality training offers hands-on experience without the associated risks. Virtual reality allows trainees to acquire theoretical knowledge and actively apply it in simulated real-world scenarios. Moreover, virtual reality training simulations can be customized according to the skill level and learning objectives. In the study area, this includes an accurate simulation of the activities leading up to the launch of a drone. The NovATrans Research and Production Center found that the use of VR technology improves the quality of learning by an average of 45% and reduces occupational injuries by 63%, as well as virtual reality training accelerates employee adaptation by 30%.

Ключевые слова: виртуальный тренажер, беспилотный летательный аппарат, предполетная подготовка, процесс, обучение

Keywords: virtual simulator, unmanned aerial vehicle, pre-flight training, process, learning

С учетом оценок экспертов «Аэронета» можно отметить тенденцию роста числа беспилотных аппаратов в России. В 2021 году было произведено около 2500 беспилотников, а в 2022 году этот показатель увеличился до более чем 5000 аппаратов, в основном коптерного типа (рисунок 1). Росавиация в

настоящее время ведет учет более 70 000 гражданских беспилотников массой до 30 кг, а в 2022 году было зарегистрировано 37 000 новых аппаратов [1].

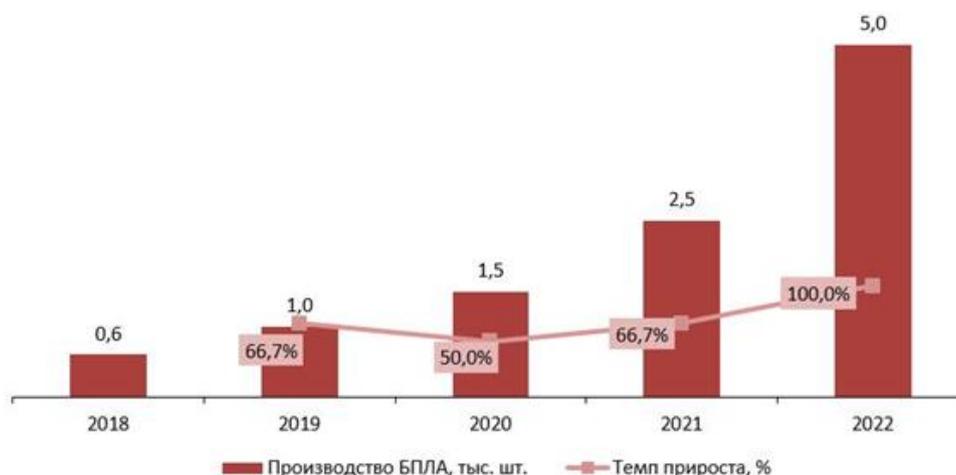


Рисунок 1. Динамика объемов производства БПЛА в РФ за 2018-2022 год

Прогнозы на ближайшие годы свидетельствуют о том, что доля коптерных БПЛА будет продолжать увеличиваться. По ожиданиям экспертов, в период с 2023 по 2026 годы она увеличится до 75% [2]. Данные ожидания экспертов и текущая динамика объемов производства свидетельствуют о растущей значимости использования коптерных аппаратов в различных сферах, таких как геодезия, агробизнес, мониторинг и многих других. Использование виртуальной реальности в обучении управлению БПЛА становится еще более актуальным, учитывая увеличение числа беспилотных аппаратов, и подчеркивает необходимость эффективных методов обучения предполетной подготовке беспилотного летательного аппарата.

Рынок симуляторов виртуальной реальности в последние годы пережил значительный рост, чему способствовало растущее внедрение технологий VR во многих отраслях. Однако при анализе рынка в сфере разработки тренажеров виртуальной реальности не было обнаружено прямых аналогов разрабатываемому программному продукту.

Рассмотрим декомпозицию процесса «Обучение предполетной подготовке беспилотного летательного аппарата» до внедрения виртуального тренажера (рисунок 2).



Рисунок 2. Диаграмма последовательности UML процесса «Обучение предполётной подготовке БПЛА»

При анализе данного процесса были выявлены два основных недостатка: отсутствие интерактивности и стандартизации при обучении. Внедрение разрабатываемого тренажера позволит устранить эти недостатки за счет интерактивного взаимодействия с дроном и его компонентами в виртуальном пространстве, а также внедрения стандартизированного подхода к обучению в тренажере.

Для создания тренажера была выбрана среда разработки Unity, программная часть написана на языке C# в Visual Studio, модели квадрокоптера и пульта управления смоделированы в редакторе Autodesk 3Ds Max. Одним из решающих факторов выбора среды разработки Unity стало наличие большого числа готовых модулей (ассетов), многие из которых распространяются по бесплатной лицензии, что значительно упрощает и ускоряет процесс разработки

Тренажер является клиент-серверным приложением для Windows (рисунок 3).

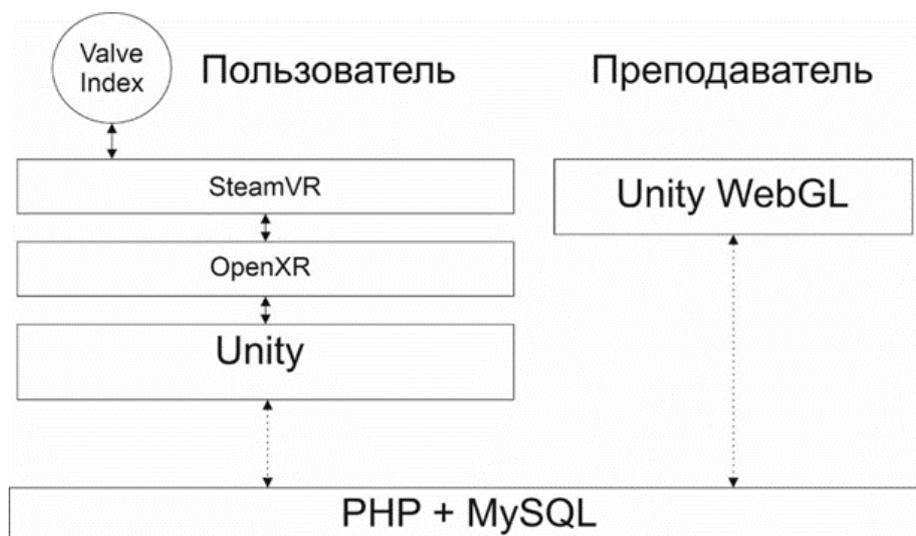


Рисунок 3. Архитектура виртуального тренажера

Это позволит получать информацию о результатах как в самом тренажере, так и на отдельной веб-странице. Клиентская часть отвечает за взаимодействие с пользователем и отправку запросов на сервер для получения данных или выполнения определенных действий. Серверная часть отвечает за обработку запросов, полученных от клиентов, и обеспечивает доступ к различным ресурсам, таким как базы данных. В данном случае в роли клиента выступают обучающийся и преподаватель, взаимодействие происходит через очки виртуальной реальности и веб-страницу.

Первым этапом создания виртуального тренажера была подготовка среды разработки, включающей в себя: установку среды, установку редактора, выбор модулей, которые будут установлены вместе с редактором, получение лицензии, создание и первичную настройку проекта.

Следующим шагом разработки тренажера стало создание 3D моделей БПЛА и окружения. Для создания модели квадрокоптера в руководстве пользователя были найдены чертежи аппарата, которые были перенесены в программу. Изображения были переведены в векторный формат и по ним было начато моделирование квадрокоптера. Модель создавалась зеркальным методом. Сначала левая сторона, которая зеркально переносилась на правую. Итоговое число полигонов модели дрона составило 10640, что вполне соответствует стандартам low-poly моделирования. Следующим шагом стало создание UV развертки и текстурирование модели (рисунок 4).

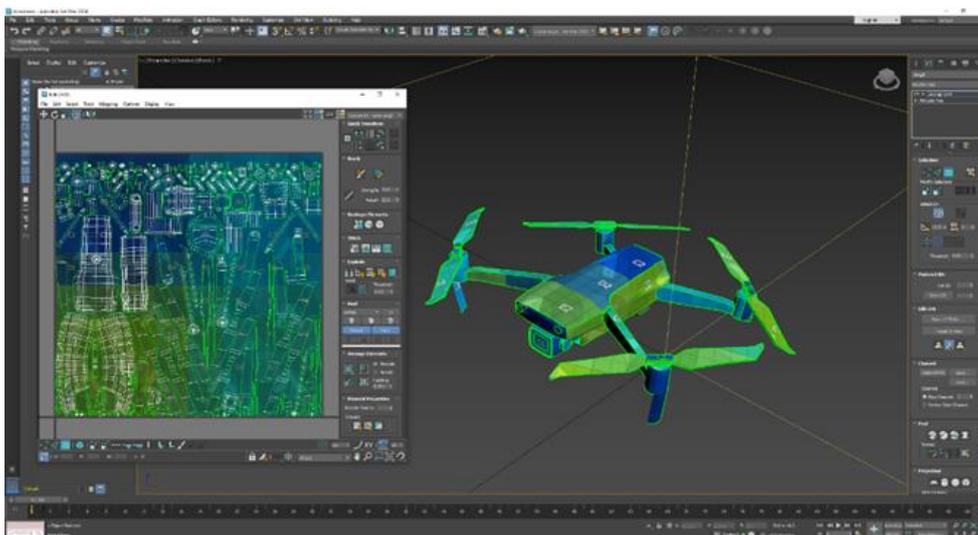


Рисунок 4. UV развертка модели

Следующей необходимой 3D моделью была модель пульта управления, для ее создания был применен метод фотограмметрии. Фотограмметрия – процесс воссоздания физического объекта для изготовления точной 3D-модели [4]. В модель необходимо было добавить состояния включенного и выключенного экрана. Это было реализовано с использованием двух различных текстур.

На следующем этапе были заданы физические параметры всем объектам, перенесенным из 3Ds Max. Для этого в проект был добавлен и использован

компонент Rigidbody. Далее все объекты были собраны в одной сцене и объединены в один префаб. Помимо компонента Rigidbody в проект были также добавлены и настроены другие дополнительные модули и компоненты, необходимые для корректной работы тренажера и реализации всего задуманного функционала.

На заключительном этапе разработки были созданы база данных и веб-страница, которые были размещены на хостинге и интегрированы в данный проект (рисунок 5).



Имя	Группа	Дата	Время	
Руслан Латыпов	БАБ-20-21	2024-03-26	02:42	●
Руслан Латыпов	БАБ-20-21	2024-03-26	03:14	●
Руслан Латыпов	БАБ-20-21	2024-03-26	10:02	●

Рисунок 5. Страница с результатами тестирований

В результате разработки был создан виртуальный тренажер предполетной подготовки, позволяющий проводить предполетную подготовку БПЛА, фиксировать результаты выполнения в базе данных, предоставлять их как в самом виртуальном тренажере, так и на веб-странице с возможностью редактирования записей (рисунок 6).



Рисунок 6. Процесс предполетной подготовки БПЛА в разработанном тренажере

После выполнения всех пунктов, необходимых для предполетной подготовки дрона, происходит завершение тренировки, результаты фиксируются в таблицу лидеров (рисунок 7).

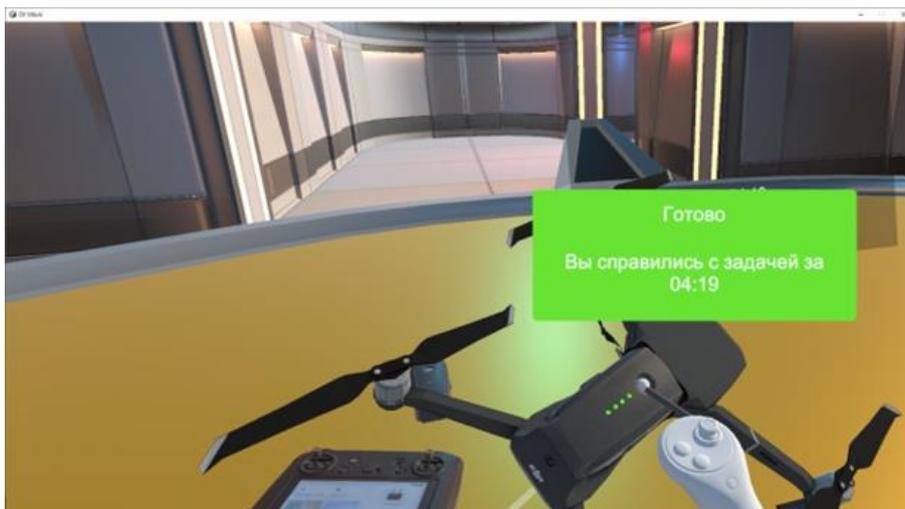


Рисунок 7. Результат выполнения всех пунктов, необходимых для предполетной подготовки дрона

При необходимости пользователю доступна возможность повторного прохождения.

Выводы

Применение виртуального тренажера в процессе «Обучение предполётной подготовке беспилотных летательных аппаратов» обуславливается ростом числа БПЛА, возможностью стандартизировать обучение, эффективностью и экономической выгодой обучения с использованием технологии виртуальной реальности.

Литература

1. Оценки рынка БПЛА // TAdviser <https://www.tadviser.ru/a/341580> (дата обращения: 21.03.2024).
2. Рост производства беспилотных летательных аппаратов в России // ГидМаркет URL: <https://gidmark.ru/news/rost-proizvodstva-bespilotnyih-letatelnyih-apparatov-v-rossii> (дата обращения: 24.03.2024).
3. Движок Unity3D: описание, плюсы и минусы// OTUS JOURNAL URL: <https://otus.ru/journal/dvizhok-unity3d-opisanie-pljusy-i-minusy/> (дата обращения: 24.03.2024).
4. 3D-фотограмметрия: превращая фотографии в 3D- модели // Canon URL: <https://www.canon.ru/pro/stories/3d-photogrammetry/> (дата обращения: 24.03.2024).

УДК 004.9

**ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ОБЪЕДИНЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ
ЖУРНАЛОВ ИЗМЕНЕНИЙ В ИНФОРМАЦИОННОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЕ****A SOFTWARE MODULE FOR COMBINING AND STORING CHANGE
LOGS IN THE INFORMATION INFRASTRUCTURE**

Ихсанов Д.Т., Гальтяев А.В.,

Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате,
ул. Губкина, 22 б, г. Салават, Республика Башкортостан, Россия, 453250

D.T. Ihsanov, A.V. Galtyaev,

Institute of Oil Refining and Petrochemistry FSBEI HE USPTU in Salavat, Gubkin
Str., 22b, Salavat, Republic of Bashkortostan, 453250, Russia

e-mail: ih5anovd@yandex.ru

Аннотация. Для учёта изменений в информационной инфраструктуре предприятий используют различные программные обеспечения. Однако, существующие на рынке программные решения не имеют полного функционала для удобного и подробного учёта изменений в работе систем. Так, например, у большинства таких программ нет записи истории изменений, нет описания, какие изменения затронут новые обновления и как будут работать различные программы после установки изменений. Это значит, что у компаний нет возможности просмотреть какие изменения и когда были применены в информационной системе в прошлом. Отсутствие истории изменений влечёт за собой определённые риски для предприятий, так как если при обновлении систем появились какие-либо новые ошибки, то сотрудники часто не имеют возможности отследить в какой момент системы стали давать сбой в своей работе. Следовательно, усложняется процесс исправления появившихся проблем. Если у компаний будет подробный и структурированный учёт изменений в информационной инфраструктуре, то это обеспечит стабильность и надёжность работы всех информационных систем. В данной статье рассматриваются преимущества подробного учёта изменений в информационной инфраструктуре предприятий, а также описываются существующие проблемы учёта изменений. В рамках решения рассмотрена и описана работа предполагаемого разрабатываемого программного модуля.

Abstract. Various software is used to account for changes in the information infrastructure of enterprises. However, the software solutions available on the market do not have full functionality for convenient and detailed accounting of changes in the operation of systems. For example, most of these programs do not have a record of the history of changes, there is no description of what changes will affect the new

updates and how various programs will work after the changes are installed. This means that companies do not have the opportunity to view what changes and when they were applied to the information system in the past. The lack of a history of changes entails certain risks for enterprises, since if any new errors appear during system updates, employees often do not have the opportunity to track at what point the systems began to malfunction. Consequently, the process of correcting the problems that have appeared becomes more complicated. If companies have a detailed and structured accounting of changes in the information infrastructure, this will ensure the stability and reliability of all information systems. This article examines the advantages of detailed accounting of changes in the information infrastructure of enterprises, as well as describes the existing problems of accounting for changes. As part of the solution, the work of the proposed software module under development is reviewed and described.

Ключевые слова: программный модуль, изменения, учёт, информационная инфраструктура, планирование ресурсов

Keywords: software module, changes, accounting, information infrastructure, resource planning

За время практики, проведённой в отдел управления информационных технологий и связи в ООО «Газпром нефтехим Салават» в городе Салават находящейся в республике Башкортостан, автор убедился, что одной из основных проблем, возникающих в процессе применения различных новых изменений в информационной инфраструктуре, является отсутствие или не подробное ведение записи истории изменений в работе систем. Так как отсутствие ведения такой истории влечёт за собой негативные последствия для компании. В случае если появились какие-либо проблемы, после установки обновлений в различные системы, то сотрудники не всегда могут определить причину возникновения ошибки. Это связано с тем, что часто нет подробной записи всех изменений, применённых в информационной инфраструктуре. Нет описания, какие изменения затронут новые обновления и как будут работать различные программы после установки изменений. Если у компаний будет подробный и структурированный учёт изменений в информационной инфраструктуре, то это обеспечит стабильность и надёжность работы всех информационных систем.

Что же такое учёт изменений? Учёт изменений в информационной инфраструктуре (далее - ИТ) предприятия – это процесс учета, развертывания, обслуживания, модернизации и утилизации изменений в программном обеспечении предприятия. Проще говоря, этот процесс гарантирует, что все изменения в программном обеспечении предприятия будут отслеживаться.

На данный момент различные компании используют разные программные системы «ERP» для записи и учёта изменений. Аббревиатура «ERP» переводится и расшифровывается как «планирование ресурсов

предприятия», ERP-система (далее – ERP-система), являясь стратегией, в соответствии с которой информация обо всех аспектах деятельности предприятия консолидируется в пределах единой системы с целью повышения эффективности управления. Термин «ресурсы» включает в себя все, что подлежит учету, обработке и анализу, а ERP-система представляет собой практическое воплощение данной стратегии.

Российский рынок ERP - в настоящее время является крайне насыщенным и диверсифицированным. По мнению экспертов, в последние годы наблюдается значительный рост интереса отечественных предприятий к российским ERP-системам. Исследование в 2020 году, в котором было представлено процентное соотношение компаний на отечественном рынке ПО [1] (рисунок 1)

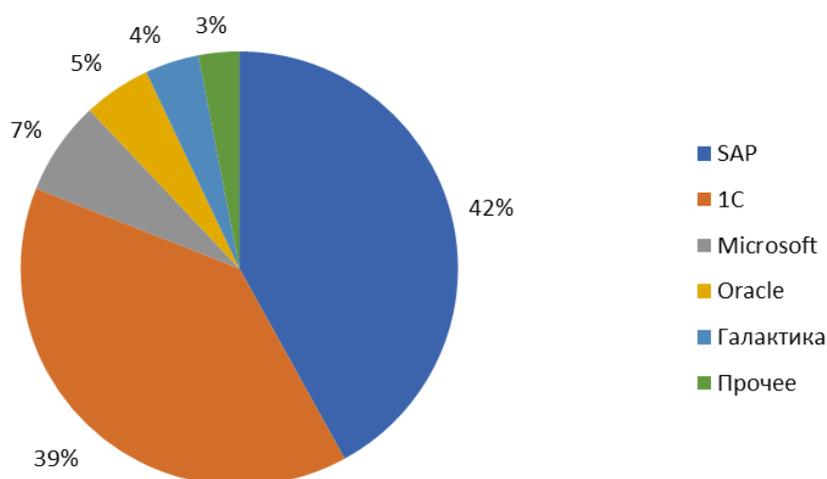


Рисунок 1. Отечественный рынок компаний в автоматизации бизнеса за последние 5 лет

Согласно полученным данным, большую часть российского рынка занимает компания «SAP» (42%) и «1C» (39%), незначительную – «Microsoft», «Oracle», «Галактика» и другие.

Если говорить о популярности ERP-систем по отраслям, то согласно данным исследования на 2020 год, максимально востребованы они в сфере производства [2] (рисунок 2).

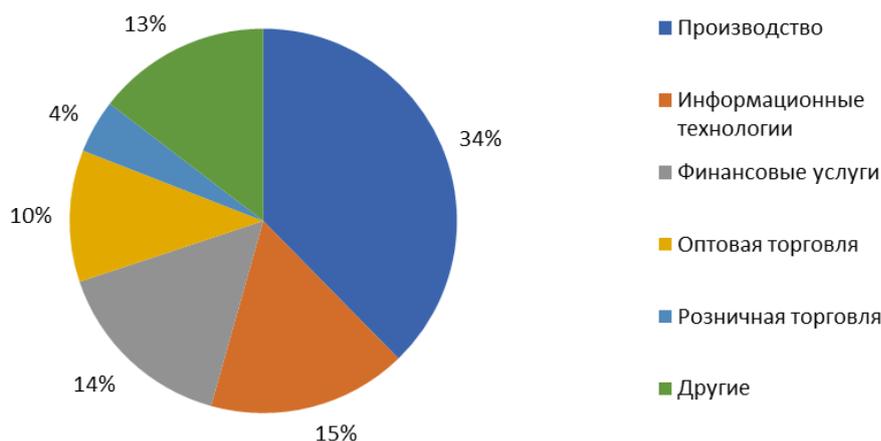


Рисунок 2. Популярность ERP-систем по отраслям

Максимально востребованы ERP-системы в сфере производства, на которое приходится более трети всех внедрений (34%). После производственной деятельностью идут информационные технологии (15%), финансовые услуги (14%), оптовая торговля (10%), розничная (4%) и прочее (13%). Востребованность ERP-систем в производстве обусловлено тем, что данная сфера не может позволить себе допустить приостановку своей деятельности. следовательно компаниям необходимо обеспечивать стабильную и надёжную работу своей ИТ-инфраструктуры.

Существующие на текущем рынке ПО, осуществляющие развёртывание обновлений, недостаточно развиты. Их функциональная часть предполагает работу вручную. Недостатком этих программ также выступает сложность с контролем доступа, содержанием, хранением бумажной информации. Имеющиеся современные программные решения не сохраняют историю загруженных пакетов обновлений, увидеть какие изменения были внесены. Это является проблемой, так как в случае ошибки или неисправности пакета обновления нет возможности отследить историю изменений. Следовательно, есть необходимость в новом программном решении, которое будет учитывать все недостатки существующих систем, что поможет обеспечить удобный учёт изменений.

Одним из главных недостатков существующих систем является их сложность и невозможность полностью автоматизировать процесс учёта изменений. Программный модуль объединения и хранения журналов изменений должен быть направлена на упрощение этого процесса и предоставление пользователям возможности контролировать его. Также, необходимо учитывать вопросы безопасности и контроля доступа к изменениям. Новое решение должно обеспечивать надёжную защиту от несанкционированного доступа и сохранять историю всех изменений.

Для разработки программного модуля была выбрана среда разработки «1С: Предприятие», так как она позволяет обеспечить максимальное соответствие с особенностями задач в конкретной организации за счет

возможности гибкого изменения конфигурации. С ее помощью возможно реализовать изменения любой сложности.

Запуск программного модуля осуществляется через пользовательский режим «1С: Предприятие». Окно пользовательского режима «1С: Предприятие» — это набор разделов, панелей, меню, доступных пользователю при работе с программами, и доступные возможности их применения [3]. После запуска, перед пользователем открывается окно программного модуля объединения и хранения журналов изменений.

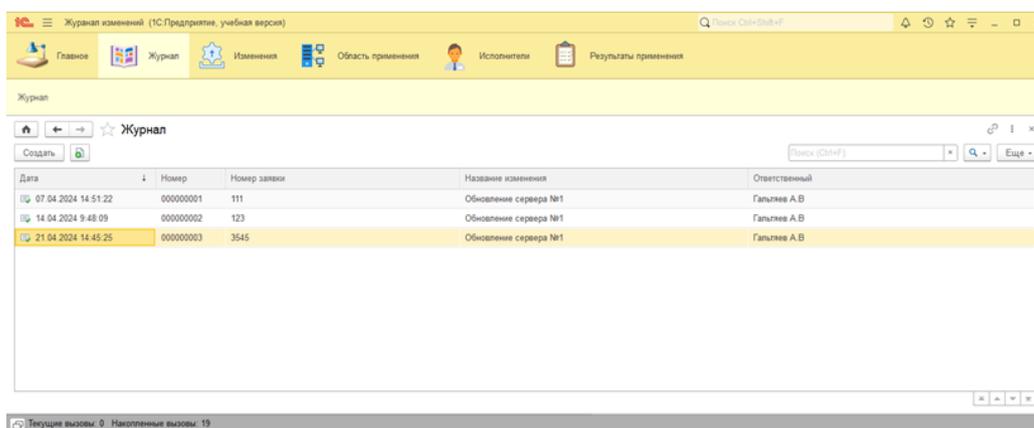


Рисунок 3. Интерфейс программного модуля

Данный модуль позволяет пользователю вести подробный учёт изменений в ИТ-инфраструктуре. Есть такие функции как:

- запись об изменениях. Есть возможность записи всей подробной информации об изменениях.
- запись о области применения. Есть возможность записи всей подробной информации о том, где были применены изменения.
- запись об исполнителях. Есть возможность записи подробной информации о том, кто применял изменения в ИТ-инфраструктуре.
- запись о результатах. Есть возможность записи подробной информации о результате применения изменений.
- составление журнала изменений. Есть возможность составить единый журнал изменений.
- функция прикрепления файлов. Есть возможность прикрепить все необходимые файлы к журналу изменений.

Выводы

Использование программного модуля объединения и хранения журналов изменений позволит обеспечить удобство ведения учёта изменений в информационной инфраструктуре, что позволит более надёжно следить за состоянием работы систем.

Литература

1. Компания 1С Акционерное общество // TADVISER URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Компания:1С_Акционерное_общество (дата обращения: 04.03.2024).
2. Обзор российского рынка ERP-систем // WISEADVICE URL: <https://wiseadvice-it.ru/o-kompanii/blog/articles/obzor-rossiiskogo-rynka-erp-sistem> (дата обращения: 04.03.2024).
3. Что такое «1С: Предприятие?» // Smoff URL: <https://smoff.ru/howitworks/chto-takoe-1spredpriyatie> (дата обращения: 05.03.2024).

УДК 004.9

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯМИ

SOFTWARE MODULE FOR MONITORING THE MANAGEMENT PROCESS

Кузенко С.Е., Ерусланов Г.А.,
Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате,
ул. Губкина, 22 б, г. Салават, Республика Башкортостан, Россия
S.E. Kuzenko, G.A. Eruslanov,
Institute of Oil Refining and Petrochemistry FSBEI HE USPTU in Salavat, Gubkin
Str., 22b, Salavat, Republic of Bashkortostan, Russia

e-mail: eruslanovgleb2013@yandex.ru

Аннотация. Современные организации все чаще обращаются к специализированному программному обеспечению для управления и оптимизации бизнес-процессов. Однако, существующие инструменты могут столкнуться с проблемами, такими как необходимость ручного анализа данных и формирования отчетов, что замедляет процесс и повышает вероятность ошибок. В данном исследовании рассматривается важность мониторинга управленческих процессов использованием специализированного программного обеспечения. Преимущества данного подхода анализируются, выделяются существующие проблемы, и предлагаются решения, направленные на создание эффективной системы мониторинга управления проектами. Окончательная цель исследования состоит в разработке инструментов, способствующих автоматизации анализа данных и улучшению точности управленческих решений. Предполагается, что разработанные решения будут способствовать не только оптимизации процессов управления, но и улучшению

конкурентоспособности компаний на рынке. Дополнительно, рассматривается инновационный потенциал аналитических методов и технологий искусственного интеллекта для автоматизации процессов принятия решений и улучшения предсказательной способности в управлении проектами. В данной статье рассматриваются преимущества мониторинга процесса управления проектами, а также описываются существующие проблемы их формирования. В рамках решения рассмотрена и описана работа предполагаемого разрабатываемого программного модуля. Разработанные решения предполагается интегрировать в существующие системы управления целью достижения максимальной эффективности и конкурентоспособности организаций.

Abstract. Modern organizations are increasingly turning to specialized software for managing and optimizing business processes. However, existing tools may encounter problems such as the need for manual data analysis and reporting, which slows down the process and increases the likelihood of errors. This study examines the importance of monitoring management processes using specialized software. The advantages of this approach are analyzed, existing problems are highlighted, and solutions are proposed aimed at creating an effective project management monitoring system. The final goal of the research is to develop tools that help automate data analysis and improve the accuracy of management decisions. It is assumed that the developed solutions will contribute not only to optimizing management processes, but also to improving the competitiveness of companies in the market. Additionally, we consider.

Ключевые слова: программный модуль, мониторинг проектов, проверка, эффективность, управление проектами

Keywords: software module, project monitoring, verification, efficiency, project management

До широкого использования компьютеров большинство управленческих процессов, включая мониторинг проектов, выполнялись вручную. Это был долгий и трудоемкий процесс. В случае необходимости изменений приходилось перерабатывать документы или даже вносить изменения в сам проект, что занимало много времени и могло приводить к дополнительным затратам.

Рассмотрим декомпозицию бизнес-процесса «Формирование проверок трехмерной модели на пространственные пересечения» (рисунок 1).

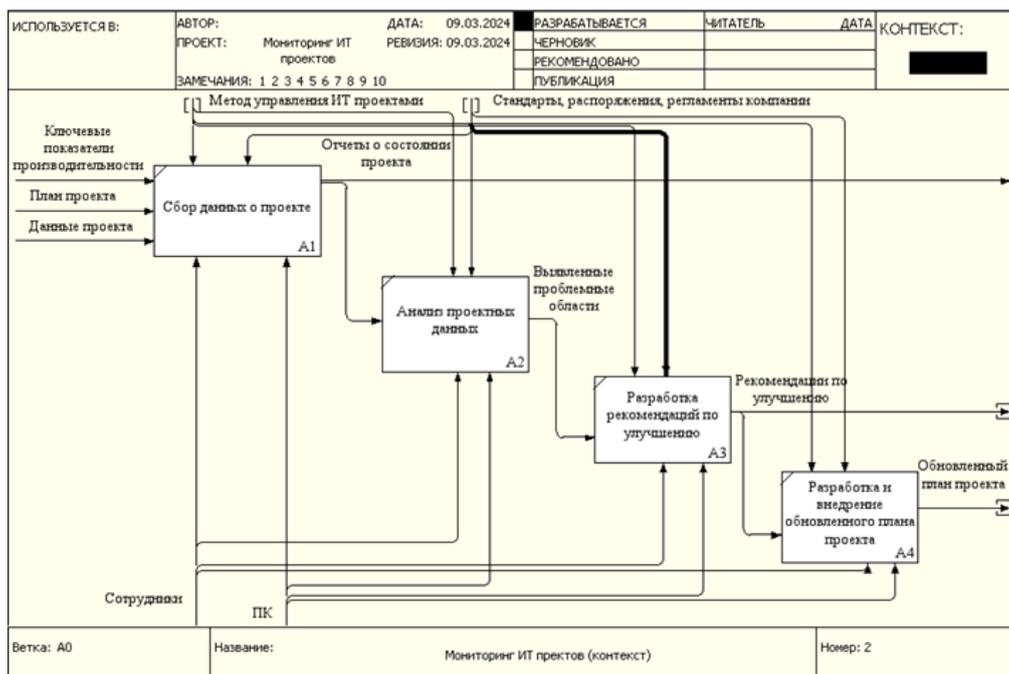


Рисунок 1. Диаграмма декомпозиции бизнес-процесса «Мониторинг проектов»

На диаграмме представлены 4 функции: «Сбор данных о проекте», «Анализ проектных данных», «Разработка рекомендаций по улучшению», «Разработка и внедрение обновленного плана проекта». Каждая из этих функций выполняется вручную, что затрачивает большое количество времени, а также имеет вероятность создания ошибочных проверок.

Разрабатываемый программный модуль позволяет учесть и решить недостатки ручного создания проверок на коллизии. Он будет:

- сбор данных о проекте. Этот процесс включает в себя сбор всей необходимой информации о текущем состоянии проекта, включая задачи, сроки, бюджет, использование ресурсов и другие ключевые параметры;
- анализ проектных данных. После сбора данных происходит их анализ с целью определения соответствия проекта установленным целям, выявления проблемных областей и потенциальных рисков;
- идентификация проблем и рисков. На основе анализа проектных данных происходит выявление проблемных ситуаций и потенциальных рисков, которые могут негативно сказаться на выполнении проекта;
- разработка рекомендаций по улучшению. На основе выявленных проблем и рисков разрабатываются рекомендации и планы по улучшению процессов управления проектом для повышения эффективности и улучшения результатов;
- разработка и внедрение обновленного плана проекта. После разработки рекомендаций и планов по улучшению происходит коррекция и обновление плана проекта с учетом выявленных проблем и рекомендаций.

Стартовое окно программного модуля содержит информацию по существующим проектам с их основными характеристиками. Макет окна представлен на рисунке (рисунок 2).

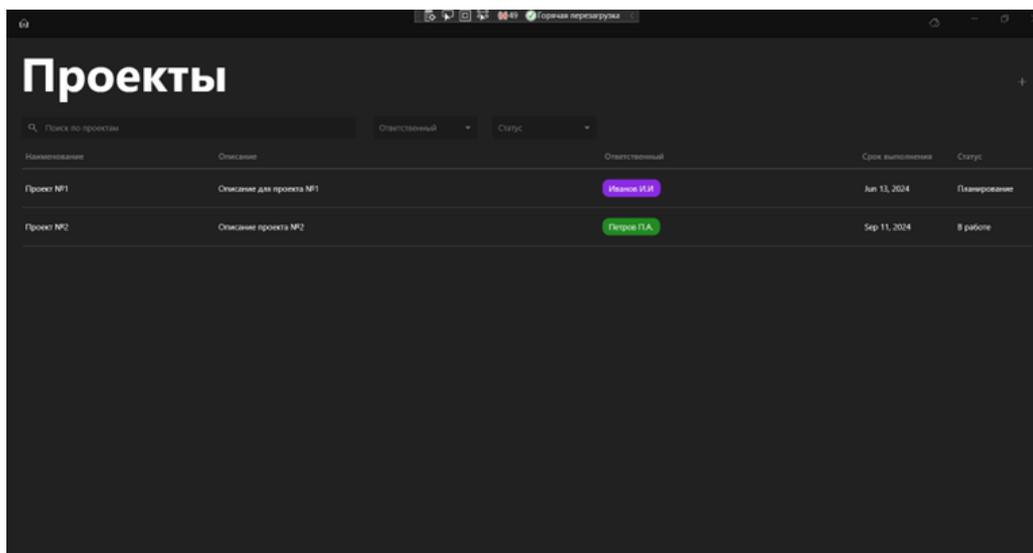


Рисунок 2. Стартовое окно

В окне проекта пользователю предоставляется возможность перехода на актуальные доски, на которых отображаются задачи, связанные с данным проектом. Доски представляют собой интуитивно понятный и визуально наглядный способ организации и управления задачами в рамках проекта. (Рисунок 3).

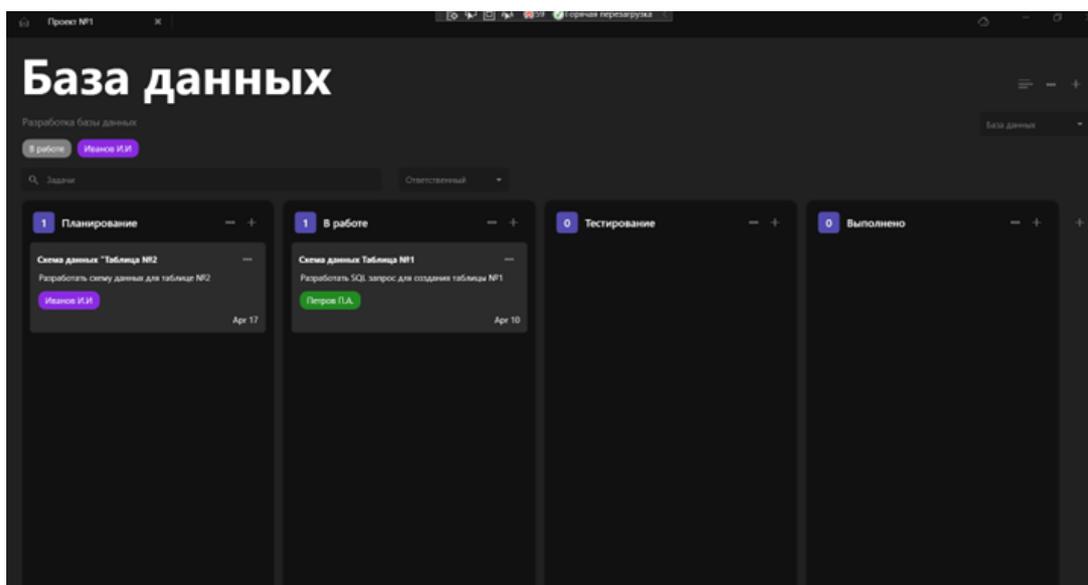


Рисунок 3. Окно «Задачи»

Задачи, размещенные на досках, разбиваются на группы в соответствии с их статусами или другими параметрами, установленными пользователем. Группы задач могут быть легко отредактированы по усмотрению пользователя. Например, пользователь может создавать новые группы, изменять их названия, переносить задачи между группами. Такой подход к организации и управлению задачами позволяет пользователям эффективно контролировать ход выполнения проекта, легко и быстро адаптируя распределение задач под изменяющиеся условия и требования проекта.

Выводы

Использование программного модуля мониторинга процесса управления позволяет эффективно собирать данные о проекте, проводить их анализ, идентифицировать потенциальные проблемы и риски, а также разрабатывать рекомендации по их улучшению. Путем внедрения обновленного плана проекта модуль обеспечивает более эффективное выполнение задач и достижение поставленных целей.

Литература

1. Власова, Т.И: современные методы и инструменты // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-upravleniya-kachestvom-v-innovatsionnyh-it-proektah> (дата обращения: 14.03.2024).
2. Матяш, Д.В: Организация системы мониторинга управления проектами // URL: <https://cyberennka.ru/article/n/organizsiya-sistemy-monitoringa-v-protssse-upravniya-proektami> (дата обращения: 24.03.2024).
3. Новиков, В.А: Тенденции в развитии методов мониторинга процесса // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravitelnyy-analiz-organizatsionnyh-form-sistem-monitoringa-realizatsii-proektov>(дата обращения: 15.04.2024).

УДК 004.032.26

ПРОГРАММНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ АНАЛИЗА ВИДЕОДАНЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕТЕЙ

SOFTWARE APPLICATION FOR ANALYSIS OF VIDEO DATA USING NEURAL NETWORK TECHNOLOGY FOR CHILDREN RECOGNITION

Кузенко С.Е., Терещенко Д.А.,
Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО УГНТУ в г.
Салавате, ул. Губкина, 22 б, г. Салават, Республика Башкортостан,
Россия
S.E. Kuzenko, D.A. Tereshchenko,
Institute of Oil Refining and Petrochemistry FSBEI HE USPTU in Salavat,
Gubkin Str., 22b, Salavat, Republic of Bashkortostan, Russia

e-mail: qwerty123qwertrew@gmail.com

Аннотация. Нейронные сети обладают способностью обучения на основе данных. Это позволяет им эффективно обрабатывать сложные и многомерные данные, такие как видеопотоки. Системы обработки видеоданных, основанные на нейронных сетях, способны автоматически анализировать и классифицировать сцены, выделяя аномалии. Одной из задач систем обработки видеоданных может являться обнаружение пропавших детей на ранних этапах. В современном обществе безопасность детей является приоритетной задачей, особенно в контексте их перемещений в общественных местах. В данном случае использование нейросетей для распознавания детей на видео с камер видеонаблюдения представляет собой важный инструмент обеспечения безопасности. Технология нейронных сетей позволяет быстро реагировать на возникновение пропаж детей, обеспечивая эффективное решение проблемы. В работе рассматривается актуальность разработки программного приложения для распознавания детей с использованием нейронных сетей, а также подробно изучаются технологии и методы, используемые при разработке и обучении таких приложений. Внимание уделяется выбору оптимальной архитектуры, обучению нейронных, а также разработке программного приложения. Работа представляет практическую значимость в области обеспечения безопасности детей и внедрения инновационных технологий в системы видеонаблюдения.

Abstract. Neural networks have the ability to learn from data. This allows them to efficiently process complex and multidimensional data such as video streams. Video processing systems based on neural networks are capable of automatically analyzing and classifying scenes, highlighting anomalies. One of the tasks of video processing systems may be to detect missing children at an early stage. In modern society, the safety of children is a priority, especially in the context of their movements in public places. In this case, the use of neural networks to recognize children on video from CCTV cameras is an important security tool. Neural network technology allows you to quickly respond to the occurrence of missing children, providing an effective solution to the problem. The paper examines the relevance of developing a software application for recognizing children using neural networks, and also studies in detail the technologies and methods used in the development and training of such applications. Attention is paid to choosing the optimal architecture, training neural networks, and developing a software application. The work is of practical significance in the field of ensuring the safety of children and the introduction of innovative technologies in video surveillance systems.

Ключевые слова: программное приложение, нейронные сети, обучение, распознавание детей, видеонаблюдение

Keywords: software application, neural networks, education, child recognition, video surveillance

Спрос на применение технологии нейронных сетей в видеоаналитике неуклонно растет. Стремительный рост обусловлен потребностью общества в обеспечении безопасности. Одной из задач в данной области является распознавание детей, с целью сокращения случаев пропаж. По данным МВД ежегодно в России происходит до 20 тысяч пропаж детей ежегодно [1]. Большинство из них происходит в торговых центрах.

Внедрение нейронных сетей в процессы поиска пропавших детей представляет собой значительный прогресс в области обеспечения безопасности детей и предотвращения пропаж. Эти технологии обладают потенциалом улучшить эффективность поиска, сократить время реагирования на чрезвычайные ситуации.

Выбор средств разработки для программного обеспечения является ключевым этапом, определяющим эффективность и успешность реализации программного приложения. Для разработки был выбран язык Python, данный язык имеет обширную экосистему библиотек глубокого обучения, также он имеет высокую производительность. Была выбрана среда разработки PyCharm так как она предназначен специально для работы с Python, а также имеет мощные функциональными возможностями, такие как инструменты анализа кода, автоматическое форматирование кода, поддержка рефакторинга, интеграция с системами контроля версий, например, Git [2]. Модель YOLOv8 была выбрана как основа для распознавания объектов, потому что она представляет собой одну из самых передовых и эффективных моделей для задачи обнаружения объектов в реальном времени в плане точности и скорости [3]. На рисунке 1 представлена архитектура программного приложения. Пользователь взаимодействует с программным приложением, входными данными для приложения служат видео материал, получаемый с камер видеонаблюдения, процесс анализа с помощью технологии нейронных сетей происходит на сервере, также там хранятся видеоархив и история обнаружений.

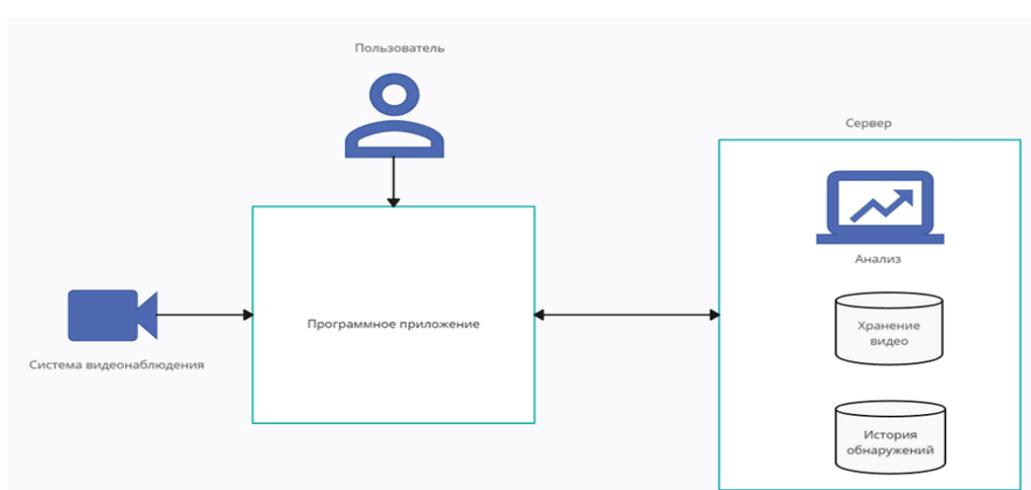


Рисунок 1. Архитектура программного приложения

Первым этапом разработки было нанесение разметки на набор данных для дальнейшего обучения нейросети на распознавание детей (рисунок 2).

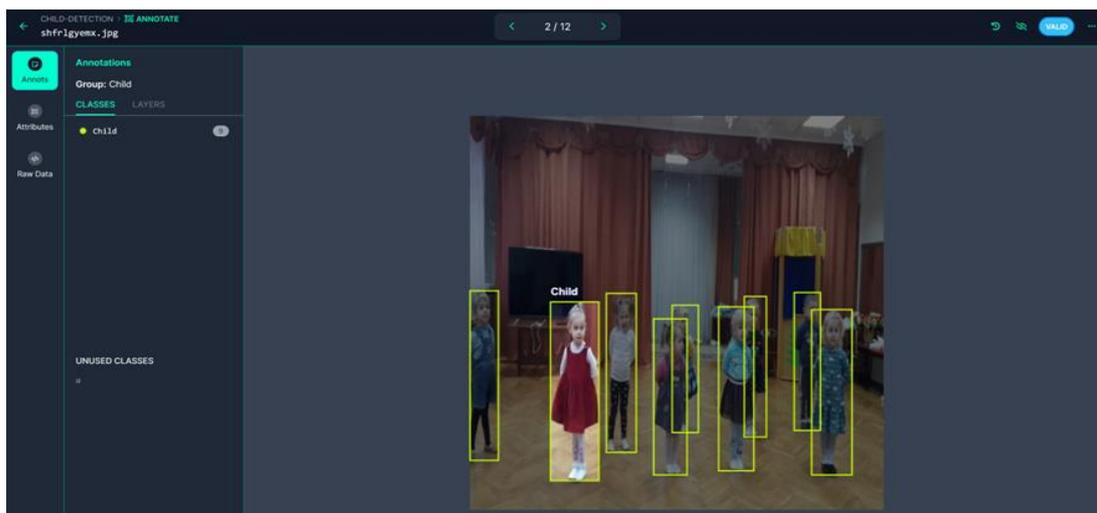


Рисунок 2. Разметка датасета

После вставки фрагмента разметки набора данных был начат процесс обучения (рисунок 3).

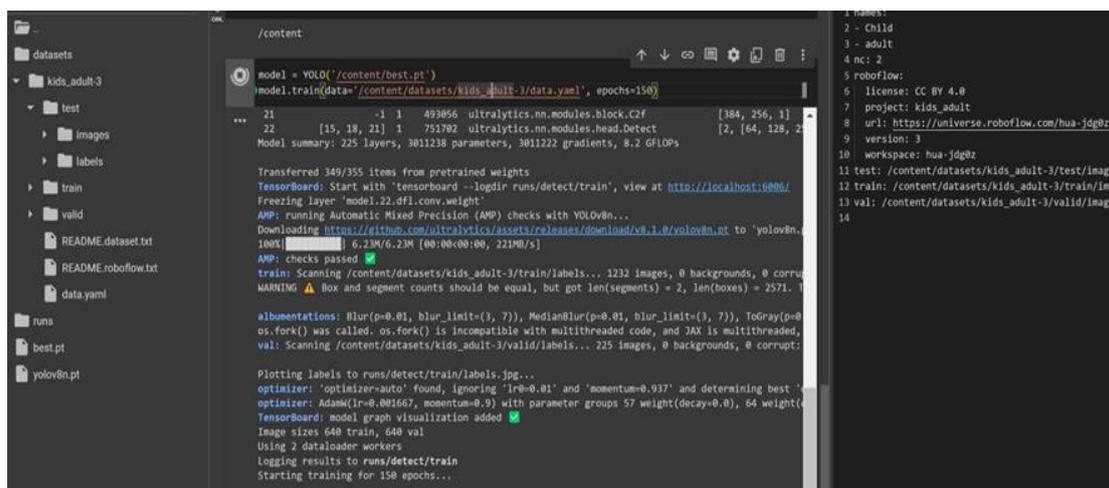


Рисунок 3. Запуск обучения нейросети

По завершении обучения, новая модель была проверена на изображениях, которые она раньше не видела. Поэтому при создании набора данных он был разделен на три части, и одна из них была использована как тестовый набор данных. После завершения обучения модели YOLOv8 был получен набор весов, готовый к использованию с конечной точкой размещенного API.

После был создан макет программного приложения, в котором был применен набор весов, полученный после обучения нейросети, также реализована база данных, в которых будет храниться история обнаружения.

После запуска приложения, инициализируется запуск камер. В главном окне имеется четыре экрана, на которые выводится изображение с камер видеонаблюдения (рисунок 4). Затем функция-обработчик подписывается на событие обновления кадра и вызывается каждый раз, когда нейросеть завершает обработку. Каждое обновление кадра заменяет предыдущее

изображение в интерфейсе на новое, при этом выполняются преобразования к нужному размеру кадра. Если кадр отсутствует, то изображение очищается и выводится текст «Камера [номер_камеры]». В процессе обработки текущий кадр передаётся нейросетевой модели YOLO, которая находит объекты на изображении фильтруя их по классу из конфига, а также отсекая объекты, имеющие вероятность менее заданной. После этого с помощью библиотеки ultralytics на основе найденных объектов обновляется трекер, который необходим, чтобы отслеживать их перемещение. Затем формируются подписи детям, которые содержат в себе название класса объекта и его вероятность. Также рисуются обводки объектов.

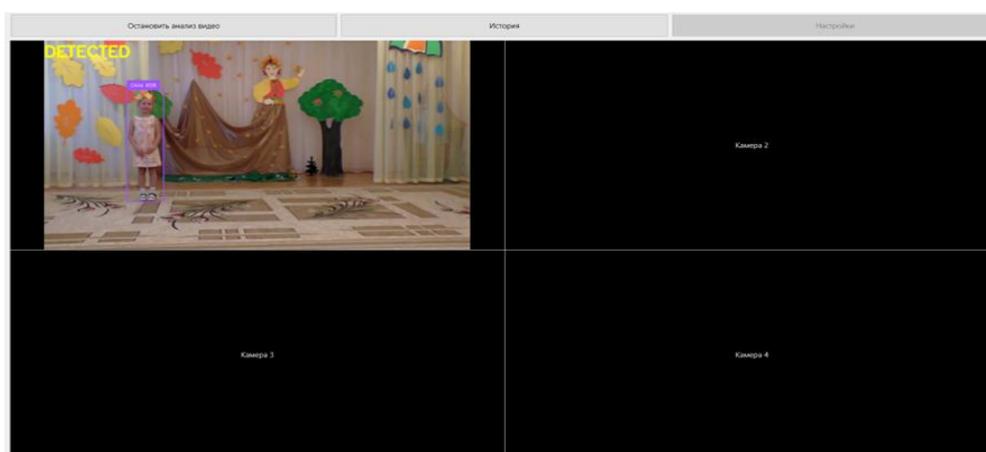


Рисунок 4. Главное окно приложения

В разделе настройки имеются поля для выбора весов, также поля для подключения IP камер. Для тестирования была реализована возможность воспроизведения видеозаписей (рисунок 5).

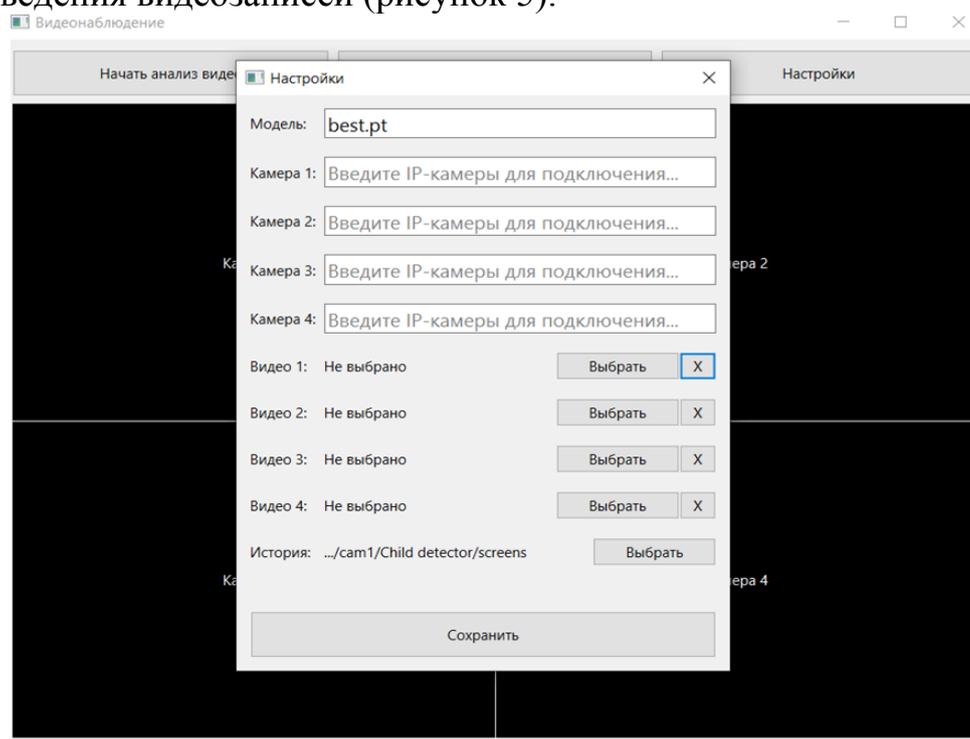
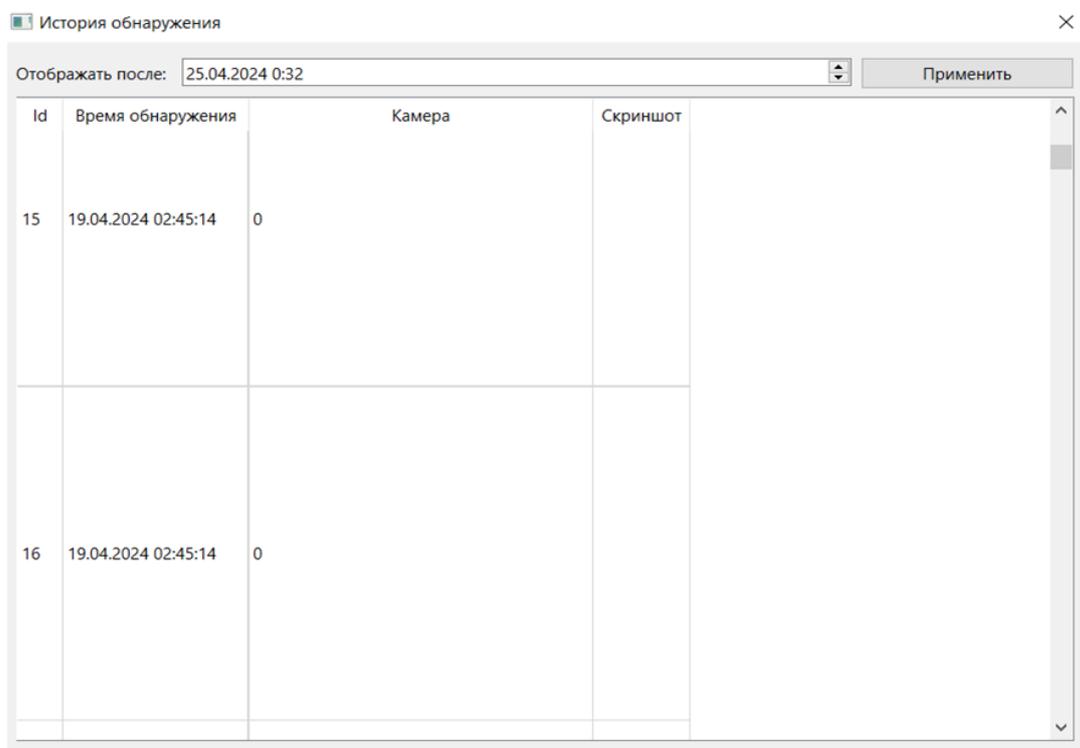


Рисунок 5. Окно настройки

Также с главного окна можно перейти в раздел «История обнаружений», где хранятся скриншоты обнаружения, данные можно отсортировать по времени тем самым найти интересующее обнаружение с камеры (рисунок 6).



Id	Время обнаружения	Камера	Скриншот
15	19.04.2024 02:45:14	0	
16	19.04.2024 02:45:14	0	

Рисунок 6. Окно истории обнаружений

Выводы

Использование программного модуля формирования проверок трехмерной модели на пространственные пересечения позволит сократить затраты времени и уменьшить количество ошибок, допущенных человеком при создании проверок на коллизии, или формировании отчёта.

Литература

1. Статистика без вести пропавших детей // МВД РФ [Электронный ресурс] – URL: <https://мвд.рф/> (дата обращения: 22.04.2024).
2. Причины перехода на PyCharm [Электронный ресурс] – // Хабр URL: <https://habr.com/> (дата обращения: 22.04.2024).
3. YOLOv8 // Ultralytics [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.ultralytics.com/ru/models/yolov8/> (дата обращения: 22.04.2024).

УДК 004.067

**ВОЗДЕЙСТВИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДА НА СРЕДСТВА
РЕГИСТРАЦИИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

**THE IMPACT OF SPACE WEATHER ON DATA RECORDING AND
TRANSMISSION FACILITIES**

Курочкин И.М., Нуриев А.М., Зигангирова Ю.В.,
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,
г. Уфа, Российская Федерация

I.M. Kurochkin, A.M. Nuriev, Yu.V. Zigangirova,
FSBEI HE “Ufa University of Science and Technology”

e-mail: Kurockinivan0@gmail.com

Аннотация. Воздействие космической погоды на средства регистрации и передачи данных в космическом пространстве становится все более актуальной темой. Космическая погода включает в себя различные явления, которые могут негативно сказаться на работе спутников и других космических аппаратов. Геомагнитные бури могут создавать проблемы для космических аппаратов, оснащенных магнитными датчиками, так как они могут регистрировать ложные сигналы. Кроме того, такие бури могут вызвать нарушения в работе электроники и программного обеспечения космических аппаратов. Для защиты средств регистрации и передачи данных от воздействия космической погоды разрабатываются различные методы и технологии.

Abstract. The impact of space weather on the means of recording and transmitting data in outer space is becoming an increasingly relevant topic. Space weather includes various phenomena such as solar flares, which can negatively affect the operation of satellites and other spacecraft. Geomagnetic storms can create problems for spacecraft equipped with magnetic sensors, as they can register false signals. In addition, such storms can cause disruptions to the electronics and software of spacecraft. Various methods and technologies are being developed to protect data recording and transmission facilities from the effects of space weather.

Ключевые слова: космическая погода, солнечные вспышки, корональные выбросы массы, солнечные ветры, геомагнитные бури, радиосвязь, навигационные системы, заряженные частицы, солнечные панели, магнитные датчики

Keywords: space weather, solar flares, coronal mass ejections, solar winds, geomagnetic storms, radio communication, navigation systems, charged particles, solar panels, magnetic sensors

Введение

Космическая погода может влиять на работу средств регистрации и передачи данных различными способами. Например, электромагнитные помехи могут вызывать сбои в работе оборудования, а ионизация атмосферы может нарушать передачу данных. Солнечные вспышки и геомагнитные бури также могут оказывать негативное влияние на работу устройств. Для защиты от воздействия космической погоды можно использовать различные методы, такие как экранирование, разработка устойчивых систем передачи данных и использование приборов для мониторинга космической погоды.

Космическая погода является важным фактором, влияющим на работу средств регистрации и передачи данных в космическом пространстве. Она включает в себя различные явления и процессы, происходящие в космосе, такие как солнечные вспышки, корональные выбросы массы, солнечные космические лучи и геомагнитные бури. Эти явления могут вызвать значительные помехи в работе спутников, космических кораблей и наземных станций, что может привести к снижению качества или потере данных.

Влияние космической погоды на регистрационные и передающие системы может быть различным и зависит от многих факторов, включая технические характеристики оборудования, расположение спутников и станций в космосе и на Земле, а также степень интенсивности и продолжительности космической погоды. Например, солнечная вспышка может вызвать сильные колебания радиосигнала, что затрудняет передачу данных или приводит к потере связи. Корональные выбросы массы и связанные с ними магнитные бури могут вызывать сбои в работе навигационных систем, таких как GPS.

Для минимизации негативного влияния космической погоды на системы регистрации и передачи данных разрабатываются различные методы и технологии. К ним относятся улучшение технических характеристик оборудования, оптимизация работы систем связи и навигации, а также прогнозирование космической погоды для планирования и управления космическими операциями.

Космическая погода, также известная как солнечное излучение, может влиять на средства передачи и регистрации данных различными способами. Во-первых, солнечная активность и магнитные бури могут вызывать перебои в работе спутников и других космических аппаратов, что может привести к потере или задержке данных. Во-вторых, космическая погода может влиять на работу наземных систем связи, таких как радио, телевидение и интернет, из-за воздействия на ионосферу Земли. В-третьих, космическая погода может вызывать сбои в работе электронных устройств, таких как компьютеры, мобильные телефоны и другое оборудование, использующее электронику. В целом, влияние космической погоды на средства передачи и регистрации данных может быть значительным и требует учета при разработке и эксплуатации этих систем.

Цель и задачи исследования

Цель данного исследования - изучить влияние космической погоды на различные средства регистрации и передачи данных, а также разработать рекомендации по улучшению их устойчивости к воздействию космической погоды.

Задачи исследования включают:

Анализ влияния космической погоды на спутники и другие космические аппараты, а также на наземные системы связи.

Исследование воздействия космической погоды на электронные устройства, такие как компьютеры и мобильные телефоны.

Разработка методов и технологий для улучшения устойчивости средств регистрации и передачи данных к космической погоде.

Оценка экономической эффективности предложенных методов и технологий.

Обзор литературы

Влияние космической погоды на функционирование средств регистрации и передачи данных в космосе имеет важное значение для обеспечения надежной и эффективной работы космических аппаратов. Космическая погода включает в себя солнечную активность, включая солнечные вспышки и выбросы корональной массы, а также космическую радиацию.

Солнечные вспышки и выбросы корональной массы могут вызывать геомагнитные бури и радиационные штормы, которые могут повлиять на работу электронных устройств и систем связи. Такие воздействия могут привести к сбоям в работе оборудования, снижению качества передаваемых данных и увеличению вероятности отказов системы.

Космическая радиация может вызывать повреждения микросхем и других компонентов, что может привести к отказу оборудования или ухудшению его характеристик. Кроме того, космическая радиация может приводить к образованию вторичных частиц, которые также могут воздействовать на электронику.

Для уменьшения влияния космической погоды на работу средств регистрации и передачи данных используются различные меры защиты, включая использование радиационно-стойких компонентов, экранирование электроники, применение специальных алгоритмов для коррекции ошибок и резервирование систем. Также важно проводить мониторинг космической погоды и учитывать ее воздействие при планировании миссий и разработке оборудования.

В литературе можно найти множество исследований, посвященных влиянию космической погоды на космические аппараты и средства регистрации данных.

Космическая погода

Космическая погода – это термин, который описывает различные явления, происходящие в космическом пространстве, которые могут влиять на работу космических аппаратов и средств передачи данных. К таким явлениям относятся солнечные вспышки, выбросы корональной массы, геомагнитные бури, радиационные штормы и космическая радиация.

Солнечные вспышки – это мощные взрывы на Солнце, которые могут вызывать геомагнитные бури. Выбросы корональной массы – это облака плазмы, которые выбрасываются из солнечной короны и могут вызвать радиационные штормы.

Геомагнитные бури могут влиять на работу электроники и систем связи, вызывая сбои и ухудшение качества передаваемых данных. Радиационные штормы могут увеличивать вероятность отказов системы и вызывать повреждения микросхем.

Космическая радиация является еще одним фактором, который может вызвать повреждения компонентов и ухудшение характеристик оборудования. Она также может вызывать образование вторичных частиц, которые могут воздействовать на электронику.

Чтобы уменьшить влияние космической погоды на работу средств передачи данных, используются различные методы защиты, такие как использование радиационно-стойких компонентов, экранирование электроники и применение специальных алгоритмов. Важно также проводить мониторинг космической погоды и учитывать ее влияние при планировании миссий и разработке оборудования.

Определение и особенности

Космическая погода – это совокупность различных явлений, происходящих в космическом пространстве и оказывающих влияние на работу космических аппаратов, в том числе средств регистрации и передачи данных. Эти явления включают в себя солнечные вспышки, выбросы корональной массы, геомагнитные бури, радиационные штормы и космическую радиацию.

Особенностью космической погоды является ее изменчивость и непредсказуемость. Солнечная активность может изменяться очень быстро, и это может привести к серьезным проблемам в работе космических аппаратов. Например, солнечные вспышки могут вызвать геомагнитные бури, которые могут повредить электронное оборудование и нарушить работу систем связи.

Кроме того, космическая радиация также является серьезной проблемой для космических аппаратов. Она может вызывать повреждения микросхем, что может привести к отказам оборудования или ухудшению его работы.

Для того чтобы уменьшить влияние космической погоды на работу космических аппаратов, необходимо использовать специальные меры защиты. Например, можно использовать радиационно-стойкие компоненты,

экранировать электронное оборудование и применять специальные алгоритмы для коррекции ошибок. Также важно проводить постоянный мониторинг космической погоды и учитывать ее изменения при планировании миссий и разработке новых космических аппаратов.

Типы космической погоды

Существует несколько типов космической погоды, которые могут оказывать влияние на работу средств регистрации и передачи данных:

Солнечная активность: включает в себя солнечные вспышки, корональные выбросы массы и другие явления, связанные с активностью Солнца. Эти явления могут вызывать геомагнитные бури и радиационные штормы, которые могут нарушить работу электронных систем и вызвать сбои в передаче данных.

Космическая радиация: представляет собой поток заряженных частиц и фотонов, испускаемых космическими объектами, такими как звезды, галактики и черные дыры. Этот вид радиации может вызвать повреждение электронных компонентов и привести к сбоям в работе аппаратуры.

Метеорные потоки: представляют собой потоки метеоров, которые могут создавать помехи в работе радиоаппаратуры и вызывать сбои в передаче данных.

Для защиты средств регистрации и передачи данных от воздействия космической погоды используются различные методы, такие как экранирование электронных компонентов, использование радиационно-стойких материалов и применение алгоритмов коррекции ошибок.

Источники и механизмы формирования

Космическая погода формируется под воздействием различных источников и механизмов. Основными источниками космической погоды являются Солнце и межзвездная среда.

Солнце является основным источником космической погоды. Солнечная активность, такая как солнечные вспышки, приводит к геомагнитным бурям и радиационным штормам, которые могут нарушать работу электронных систем на Земле и в космосе.

Межзвездная среда также влияет на космическую погоду. Она содержит заряженные частицы и магнитные поля, которые могут взаимодействовать с магнитным полем Земли и создавать помехи для радиосвязи и навигации.

Механизмы формирования космической погоды включают взаимодействие солнечного ветра с магнитным полем Земли, а также взаимодействие заряженных частиц из межзвездной среды с магнитным полем и атмосферой Земли.

Таким образом, космическая погода формируется под влиянием различных источников и механизмов, которые взаимодействуют друг с другом и создают сложную картину космической среды.

Электромагнитные помехи

Влияние космической погоды на системы регистрации и передачи данных является актуальной проблемой в современной космической отрасли. Космическая погода включает в себя различные явления, происходящие в космическом пространстве, такие как солнечные вспышки, корональные выбросы массы, магнитные бури и другие. Эти явления могут оказывать значительное воздействие на работу спутников, систем связи и других космических аппаратов.

Солнечные вспышки являются наиболее мощными проявлениями солнечной активности. Они сопровождаются выбросом огромного количества энергии, которая может достигать Земли за несколько часов или дней. В результате таких вспышек могут возникать магнитные бури, которые вызывают сбои в работе электронных систем и даже могут приводить к их поломке.

Корональные выбросы массы также могут оказывать негативное влияние на работу космических аппаратов. Они представляют собой выбросы плазмы от Солнца и могут вызвать нарушения в работе спутников и систем связи.

Кроме того, космическая погода может влиять на распространение радиоволн, что может привести к ухудшению качества связи между космическими аппаратами и наземными станциями. Это может вызвать проблемы при передаче данных и управлении космическими кораблями.

Для минимизации негативного влияния космической погоды на работу систем регистрации и передачи данных разрабатываются различные методы защиты.

Влияние космической погоды на электромагнитные системы передачи данных также является актуальной проблемой. Электромагнитные волны, возникающие во время солнечных вспышек и других явлений космической погоды, могут создавать помехи для систем связи, нарушая их работу и вызывая потерю данных.

Эти помехи могут быть вызваны различными факторами, такими как изменение частоты радиоволн из-за возмущений в ионосфере, вызванных космической погодой, или интерференция с сигналами от других источников.

Чтобы минимизировать влияние космической погоды на электромагнитные системы, необходимо разрабатывать и внедрять методы фильтрации сигналов, адаптивные системы управления и другие технологии, позволяющие улучшить качество связи и снизить вероятность потери данных.

Влияние солнечных вспышек и геомагнитных бурь

Ионизация атмосферы также может быть связана с космической погодой. Во время солнечных вспышек и других явлений космической погоды в атмосфере Земли могут происходить процессы ионизации, которые могут влиять на качество связи и передачу данных.

Ионизация может вызывать различные эффекты, такие как увеличение поглощения радиоволн и ухудшение качества сигнала. Это может привести к потере данных или снижению скорости передачи информации.

Для предотвращения влияния ионизации атмосферы на системы передачи данных используются различные методы, такие как выбор оптимальных частот для передачи информации, использование направленных антенн и другие.

Солнечные вспышки и геомагнитные бури являются наиболее значимыми факторами, влияющими на работу систем передачи данных. Во время этих явлений происходит резкое увеличение интенсивности солнечного ветра, что приводит к возмущениям магнитного поля Земли и ионосферы. Это, в свою очередь, вызывает нарушение работы систем связи и потерю данных. Для минимизации влияния этих явлений на работу систем передачи данных необходимо разрабатывать и внедрять системы защиты, такие как фильтры сигналов и системы управления, адаптированные к условиям космической погоды.

Радиационные эффекты

Радиационные эффекты, связанные с космической погодой, также могут оказывать влияние на работу систем передачи данных. Солнечная радиация, особенно во время солнечных вспышек, может создавать помехи для электронных систем, вызывая сбои в их работе и потерю данных. Кроме того, радиация может повреждать электронные компоненты систем, что может приводить к их выходу из строя.

Для защиты от радиационных эффектов используются различные методы, такие как экранирование электронных систем, использование специальных материалов для защиты электронных компонентов и применение системы контроля и управления, которые могут автоматически отключать системы при обнаружении радиационной опасности.

Методы и приборы для измерения и мониторинга космической погоды

Для измерения и мониторинга космической погоды используются различные методы и приборы. Например, для измерения солнечной активности используются солнечные телескопы, которые позволяют регистрировать солнечные вспышки и определять их мощность.

Для измерения параметров солнечного ветра используются специальные зонды, которые запускаются в космос и передают информацию о состоянии межпланетной среды.

Также используются системы мониторинга ионосферы, которые позволяют определять ее состояние и предсказывать возможные нарушения в работе систем связи.

Помимо этого, для мониторинга космической погоды используются системы радиосвязи и спутниковые системы навигации, которые позволяют получать информацию о магнитных бурях и других явлениях космической погоды. Радиоизмерения

Радиоизмерения

Являются важным инструментом для мониторинга космической погоды и ее влияния на системы передачи данных. Радиоизмерения позволяют измерять различные параметры космической погоды, такие как интенсивность солнечного ветра, состояние ионосферы и магнитные бури.

Радиоизмерения также используются для определения влияния космической погоды на качество радиосвязи. Они позволяют определить уровень помех, вызванный космической погодой, и выбрать оптимальные частоты для передачи данных.

Наконец, радиоизмерения используются для разработки и оптимизации систем защиты от космической погоды. Они помогают определить, какие методы защиты наиболее эффективны и как их можно улучшить.

Магнитометры и магнитные наблюдения

Магнитометры являются важным инструментом для измерения космической погоды и ее воздействия на системы передачи данных. Они используются для измерения магнитных бурь, которые могут вызывать нарушения в работе электронных систем. Магнитометры также используются для обнаружения ионизации атмосферы, которая может влиять на качество связи.

Радиационные дозиметры

Радиационные дозиметры используются для измерения уровня радиации, который может быть вызван солнечной активностью. Они помогают определить, насколько сильно солнечная радиация может повлиять на работу электронных систем и как долго они могут работать без риска повреждения.

В целом, измерение и мониторинг космической погоды является важной частью обеспечения надежной работы систем регистрации и передачи данных. Разработка новых методов и приборов для измерения космической погоды

позволяет улучшать системы защиты от ее воздействия и повышать эффективность работы космических аппаратов.

Солнечные телескопы

Солнечные телескопы используются для изучения солнечной активности и прогнозирования космической погоды. Они позволяют наблюдать за солнечными вспышками и другими явлениями, которые могут повлиять на работу систем связи и передачи данных. Солнечные телескопы также используются для мониторинга солнечного ветра и его воздействия на ионосферу Земли.

Защита от воздействий космической среды

Защита от воздействия космической погоды включает в себя комплекс мер и технологий, направленных на снижение негативного влияния космической погоды на работу систем регистрации и передачи данных. Одним из основных методов защиты является использование систем фильтрации сигналов и адаптивного управления, которые позволяют снизить уровень помех и улучшить качество связи. Также используются системы экранирования электронных систем и защиты от радиации, которые снижают вероятность повреждения электронных компонентов. Кроме того, важно выбирать оптимальные частоты для передачи данных и использовать направленные антенны для уменьшения потерь сигнала.

Экранирование и защитные оболочки

Экранирование и использование защитных оболочек являются важными методами защиты электронных систем от воздействия космической погоды. Экранирование позволяет снизить уровень электромагнитных помех, а защитные оболочки защищают электронные компоненты от воздействия радиации и других негативных факторов.

Использование экранированных кабелей и разъемов также помогает снизить потери сигнала и улучшить качество передачи данных.

Разработка устойчивых систем передачи данных

Разработка устойчивых систем передачи данных является одним из ключевых направлений в области защиты от воздействия космической погоды. Устойчивость системы означает ее способность сохранять работоспособность в условиях воздействия различных негативных факторов, таких как помехи, ионизация атмосферы и радиационное излучение. Для повышения устойчивости систем передачи данных используются различные методы, такие как оптимизация алгоритмов передачи данных, применение методов сжатия и

шифрования информации, а также разработка новых протоколов связи, учитывающих особенности космической погоды.

Прогнозирование и предупреждение о космической погоде

Прогнозирование космической погоды является важным аспектом для обеспечения надежной работы систем передачи данных. С помощью солнечных телескопов и других инструментов мониторинга можно предсказывать солнечные вспышки, магнитные бури и другие явления космической погоды. Это позволяет системам регистрации и передачи данных адаптироваться к изменяющимся условиям и снижать вероятность сбоев и потерь данных.

Предупреждение о космической погоде также играет важную роль в обеспечении безопасности и надежности систем связи. Оно может осуществляться через специализированные службы и организации, которые предоставляют информацию о текущих и прогнозируемых условиях космической погоды. Благодаря этому, системы связи могут быть подготовлены к возможным изменениям и принять меры для минимизации их воздействия.

Заключение

В заключение, влияние космической погоды на средства регистрации и передачи данных представляет собой сложную и многофакторную проблему, требующую комплексного подхода к ее решению. Разработка новых методов измерения и мониторинга космической погоды, усовершенствование систем защиты от ее воздействия, а также прогнозирование и предупреждение о возможных изменениях условий космической погоды являются ключевыми направлениями для обеспечения надежной и эффективной работы систем регистрации и передачи данных в космической отрасли.

Литература

1. Пилипенко, В.А., А.А. Черников, А.А. Соловьев, Н.В. Ягова, Я.А. Сахаров, Д.В. Кудин, Д.В. Костарев, О.В. Козырева, А.В. Воробьев и А.В. Белов, (2023), Влияние космической погоды на надежность функционирования транспортных систем на высоких широтах, *Russian Journal of Earth Sciences*, – Т. 23, ES2008, 10.2205/2023ES000824.
2. Воробьев А.В., Соловьев А.А., Пилипенко В.А., Воробьева Г.Р. Интерактивная компьютерная модель для прогноза и анализа полярных сияний // *Солнечно-земная физика*. 2022 – Т. 8, № 2 – С. 93-100.
3. Воробьев, А.В. Подход к динамической визуализации разнородных геопространственных векторных изображений / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева // *Компьютерная оптика*. – 2024 – Т. 48, No 1 – С. 123-138.

ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ**PROBLEMS OF DESIGNING SOFTWARE SYSTEMS**

Кязимов Т.Г., Байрамова Т.А., Меликова Н.Дж.,
Институт Информационных Технологий, Баку, Азербайджан
T. H. Kazimov, T.A. Bayramova, N.J. Malikova,
Institute of Information Technology, Baku, Azerbaijan

E-mail: naranara_68@mail.ru

Аннотация. Программное обеспечение играет незаменимую роль во всех аспектах нашей жизни: от питания наших смартфонов до управления критически важной инфраструктурой. Создание эффективного программного обеспечения требует четко определенного плана действий, а дизайн программного обеспечения служит основой для этого пути. Он преобразует абстрактные требования к программной системе в конкретный план, описывающий архитектуру, компоненты и функциональные возможности системы. Проектирование программного обеспечения — это процесс, который преобразует требования в детальное проектное представление программной системы. Утверждается, что хороший дизайн программного обеспечения является ключом к созданию надежного и понятного программного обеспечения. Проектирование программного обеспечения является одним из основных проблем успешной разработки программного обеспечения. Оно действует как мост между концептуализацией программной системы и ее реальной реализацией. В этой статье рассматриваются основные аспекты проектирования программного обеспечения, исследуется его роль в жизненном цикле разработки программного обеспечения, сам процесс проектирования и различные методологии, используемые для создания надежного и удобного в обслуживании программного обеспечения. В работе рассмотрены важные методы проектирования программного обеспечения, включая этапы архитектурного и детального проектирования. Также рассматриваются последние достижения в методологиях проектирования распределенных программных систем.

Abstract. Software plays an indispensable role in every aspect of our lives, from powering our smartphones to managing critical infrastructure. Creating effective software requires a clearly defined course of action, and software design serves as the foundation for this path. It transforms abstract requirements for a software system into a concrete blueprint that describes the system's architecture, components, and functionality. Software engineering is the process that transforms requirements into a detailed design representation of a software system. It is argued

that good software design is the key to creating reliable and understandable software. Software design is one of the main challenges of successful software development. It acts as a bridge between the conceptualization of a software system and its actual implementation. This article examines the fundamental aspects of software design, examining its role in the software development life cycle, the design process itself, and the various methodologies used to create reliable and maintainable software. The work covers important software design techniques, including the architectural and detailed design stages. Recent advances in distributed software system design methodologies are also reviewed.

Ключевые слова: Проектирование, жизненный цикл, компонентное проектирование, архитектурное проектирование, структурное проектирование

Keywords: Design, life cycle, component design, architectural design, structural design

Введение

Разработка программного обеспечения занимает центральное место в жизненном цикле разработки программного обеспечения. За этим следует этап сбора и анализа требований, на котором тщательно определяются потребности пользователей и функциональные возможности системы. Процесс проектирования превращает эти требования в практические шаги, определяя, как программное обеспечение будет структурировано и реализовано. Этот этап играет решающую роль в преодолении разрыва между замыслом и реализацией. Процесс проектирования программного обеспечения преобразует требования пользователей, зафиксированные в таких документах, как спецификации требований к программному обеспечению, в проект для программистов.

Проектирование системы

Проектирование системы начинается с разработки плана проекта.

Процесс планирования определяет структуру проекта, размеры, распределение ограничений проекта (сроки, возможности персонала, бюджетные ограничения и т. д.) для проекта. В целом план должен иметь следующие разделы [1]:

- введение. Краткое описание целей и ограничений проекта (бюджет, время и т. д.) для управления проектом [2];
- организация реализации проекта. Описание процедуры подбора команды, которая будет работать над проектом, и распределение обязанностей между членами команды;
- анализ рисков. Описание возможных рисков, стратегии, направленные на снижение вероятности их возникновения;

- описание аппаратных и программных ресурсов, необходимых для реализации проекта. Если необходимо купить оборудование, его стоимость должна быть добавлена к цене проекта;

- разделение работ на этапы. Определение продолжительности каждого этапа.

Большие системы можно разделить на подсистемы, предоставляющие сопутствующие услуги. Первый этап процесса проектирования называется проектированием архитектуры, на этом этапе определяются подсистемы, структура управления и взаимодействие подсистем. Целью архитектурного проектирования является описание архитектуры программного обеспечения.

Подходов к архитектурному проектированию может быть несколько, в зависимости от профессионального опыта, навыков и интуиции тех, кто работает над программой. Однако существует несколько стадий, общих для всех процессов:

- структурирование системы. Программный комплекс структурирован как совокупность отдельных относительно независимых подсистем. Определяется взаимодействие между подсистемами;

- моделирование управления. Разрабатывается базовая система, управляющая взаимодействием между частями системы;

- модульная декомпозиция. Каждая подсистема, определенная на первом этапе, делится на отдельные модули. Здесь определяются тип модулей и взаимосвязь между ними.

Эти этапы можно повторять до тех пор, пока архитектурный проект не будет соответствовать системным требованиям.

Результатом проектирования архитектуры является документ, отражающий архитектуру системы. Этот документ состоит из графических схем, показывающих модель системы, с соответствующими иллюстрациями. В описании должно быть указано, из каких подсистем состоит система и какие модули используются в каждой из подсистем [3].

Процесс проектирования выполняется в следующем порядке:

- проектирование архитектуры системы. Подсистемы взаимодействия между ними определены и документированы;

- определение требований к подсистемам. Для каждой подсистемы определены и документированы предоставляемые ею услуги и ограничения;

- дизайн пользовательского интерфейса. Для каждой подсистемы разрабатывается интерфейс, чтобы при их использовании не было необходимости знать, как эти системы выполняют свои функции;

- проектирование компонентов. Функции подсистем разделены между различными компонентами и документированы;

- проектирование структуры данных. Структура данных, необходимых для реализации программной системы, определяется и обрабатывается путем классификации;

- разработка алгоритма.

Обычно используются 4 архитектурные модели:

- статическая структурная модель. Показаны подсистемы и компоненты, которые будут свободно развиваться в будущем;
- динамическая модель процессов. Показана организация процессов при работе системы;
- модель интерфейса. Определяет сервис, предоставляемый каждой подсистемой через общий интерфейс;
- реляционная модель. Показаны взаимосвязи между частями системы (например, потоки информации между подсистемами и т.п.).

Архитектуру сложных систем невозможно описать на основе единой модели. При разработке отдельных частей больших систем можно использовать разные архитектурные модели. В этом случае модель системы может сильно усложниться. Оператор системы должен иметь возможность выбрать более подходящую модель и затем модифицировать ее в соответствии с требованиями эксплуатируемого ПО.

Правильный выбор архитектуры системы описывается следующими характеристиками:

- производительность. Если производительность является наиболее важным требованием, архитектура должна быть спроектирована так, чтобы состоять из как можно меньшего количества подсистем и с минимальным взаимодействием между ними. Чтобы уменьшить связь между компонентами, целесообразнее использовать крупные модульные компоненты, а не мелкие структурные элементы;

- защита. В этом случае архитектура должна иметь многоуровневую структуру. Здесь наиболее критичные элементы системы защищены на внутренних уровнях, а безопасность этих уровней проверяется на более высоком уровне;

- безопасность. При этом архитектура системы должна быть спроектирована таким образом, чтобы создавалось как можно меньше подсистем, отвечающих за все операции, влияющие на ее безопасность. Такой подход снижает стоимость разработки программы и устраняет проблему проверки надежности;

- надежность. В этом случае архитектуру следует реализовать путем введения избыточных компонентов таким образом, чтобы можно было изменять и обновлять их, не останавливая систему;

- удобство сопровождения. В этом случае необходимо проектировать систему на уровне мелких структурных компонентов так, чтобы ее можно было легко изменить. Программа, генерирующая данные, должна быть отделена от программы, использующей эти данные.

В некоторых случаях система должна отвечать нескольким требованиям, что создает конфликт в этих архитектурах, например, если система требует одновременно производительности и простоты обслуживания. В таких случаях используются компромиссные решения.

Объектно-ориентированное проектирование

Объектно-ориентированное проектирование (Object-Oriented Design-OOD) относится к проектированию определенных классов объектов и их взаимодействий [4].

В процессе создания программного обеспечения используется объектно-ориентированный подход. Этот подход включает три этапа: объектно-ориентированный анализ; объектно-ориентированное проектирование; объектно-ориентированное программирование.

Объектно-ориентированные системы можно рассматривать как совокупность независимых и свободных объектов. Изменение работы любого объекта или добавление нового объекта не влияет на работу системы. Такой подход облегчает понимание и реализацию проекта.

Проектирование систем реального времени

Программное обеспечение таких систем представляет собой системы реального времени, встроенные в аппаратное обеспечение. Это программное обеспечение должно оперативно реагировать на события, генерируемые оборудованием, то есть готовить управляющий сигнал в ответ на эти события.

Системы реального времени — программные системы, правильное функционирование которых зависит от результатов работы системы и периода реального времени, в котором эти результаты получены [5].

Проектирование с использованием компонентов

В большинстве инженерных работ процесс проектирования выполняется с использованием существующих компонентов. Инженеры в таких областях, как машиностроение и электротехника, никогда не начинают с «нуля», они используют компоненты, проверенные и испытанные в других системах. В настоящее время при разработке ПО используются готовые компоненты с целью снижения затрат на создание и обслуживание программы и повышения ее качества. Интерес к повторному использованию компонентов возник еще в начале 1980-х годов, однако на практике такой подход стал применяться лишь в последние годы.

Проектирование распределенных систем

В настоящее время большинство крупных программных систем являются распределенными системами. В распределенных системах обработка информации не сосредоточена на одном компьютере, а распределена между несколькими компьютерами.

Основные характеристики распределенных систем приведены ниже [6]:

- совместное использование ресурсов. Распределенные системы позволяют совместно использовать аппаратное и программное обеспечение, например, подключенный к сети жесткий диск, принтер, файл, компилятор и т. д.;

- открытость. Это позволяет расширять систему за счет добавления новых ресурсов. Распределенные системы — это открытые системы, в которых подключены аппаратное и программное обеспечение разных пользователей.

- параллельность. В распределенных системах несколько программ могут выполняться одновременно на разных компьютерах сети.

- масштабируемость. Все распределенные системы масштабируемы. Систему можно масштабировать путем добавления новых вычислительных ресурсов для удовлетворения новых требований.

- отказоустойчивость. Наличие нескольких компьютеров и возможность получения нескольких копий информации повышает устойчивость распределенных систем к определенным программным и аппаратным ошибкам. При возникновении ошибок большинство распределенных систем продолжают работать, по крайней мере, в определенной степени.

- прозрачность. Использование ресурсов пользователями прозрачно, но информация о распределении ресурсов в системе держится в секрете.

Заключение

Проектирование программного обеспечения играет решающую роль в жизненном цикле разработки программного обеспечения. Тщательно преобразуя требования в структурированный план, проектирование программного обеспечения закладывает прочную основу для создания удобных в обслуживании высококачественных программных систем. Поскольку сложность программного обеспечения продолжает расти, важность эффективных методологий проектирования будет становиться все более важной для обеспечения успеха программных проектов.

Хорошо спроектированная система не только функциональна, но также легко обслуживаема, адаптируема и масштабируема. Понимая процесс, принципы и методологии разработки программного обеспечения, разработчики могут создавать программное обеспечение, которое отвечает потребностям пользователей и обеспечивает долгосрочную ценность.

Придерживаясь установленных принципов соответствующие методологии, разработчики могут воплотить требования пользователей в четко определенные архитектуры, которые составляют основу исключительного программного обеспечения.

Основным трендом в настоящее время является создание и использование интеллектуальных моделей автоматизации проектирования ПО. Автоматизация проектирования систем программного обеспечения имеет более 50-летнюю историю. Не смотря на это, остается в фокусе современных исследований и разработок. Автоматизация проектирования предполагает наличие

интеллектуальных моделей всего жизненного цикла, включая технологии разработки и реализации, модели архитектуры систем и их программных компонент.

Литература

1. Бахтин, И. В. Руководство по выбору лучшего программного обеспечения для управления проектами. Научный электронный журнал Меридиан, 2020, (7), 60-62.
2. Kazimov T., Bayramova T. Evaluating Key Performance Indicators for Software Development. IV International Congress on New Trends in Science, Engineering and Tehcnology, Proceeding book (DRAFT), Russia, St.Peterburg, 7-9 July, 2020, pp. 112-118.
3. Taylor, R. N., & Van der Hoek, A. Software design and architecture the once and future focus of software engineering. In Future of Software Engineering (FOSE'07), 2007, pp. 226-243.
4. Жуков, В. С., & Зацепин, Е. П. (2021). Объектно-ориентированное программирование как основа для автоматизации процессов в BIM-проектировании. In Энергетика будущего-цифровая трансформация сс. 199-202.
5. Bayramova, Tamilla A., and Nazakat S. Malikova. "Developing a conceptual model for improving the software system reliability." Problems of Information Society (2024): 42-56.
6. Van Steen, Maarten, and A. Tanenbaum. "Distributed systems principles and paradigms." Network 2, no. 28 (2002): 1.

УДК 004.89

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА АНАЛИЗА КЛИЕНТСКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

INFORMATION SUPPORT FOR ANALYSIS OF CLIENT DATA BASED ON CLUSTER ANALYSIS METHODS

Ломакин П.В., Низамова Г.Ф.,
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» г. Уфа, Российская
Федерация

P.V. Lomakin , G.F. Nizamova,
FSBEI HE «Ufa University of Science and Technology», Ufa, Russian Federation

e-mail: nizamova_guzel@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается подход для оптимизации бизнес-процессов ИТ-компании – эффективного распределения рабочих

ресурсов компании и поддержка выбора проекта среди потенциальных заказчиков за счет сегментации потенциальных заказчиков. Рассматривается решение задачи сегментации потенциальных заказчиков путем создания системы кластеризации групп по различным аспектам. Берутся такие характеристики заказчиков как, сфера проекта, требуемый бюджет проекта, человеческие ресурсы проекта и ряд других показателей. Построена математическая модель задачи кластеризации, в качестве меры для оценки расстояния между объектами кластеризации рассматривается евклидово расстояние. Разработана функциональная модель процесса кластеризации в соответствии с методологией IDEF0 и информационная модель процесса в виде ER-диаграммы. На основе метода k-средних разработан алгоритм кластеризации потенциальных заказчиков, приведена схема работы алгоритма. С использованием языка программирования Python, функций и методов библиотек NumPy, Scikit-Learn выполнена программная реализация разработанных моделей и алгоритмов. Проведен эксперимент для оценки качества и эффективности разработанных моделей и алгоритмов. В ходе анализа результатов эксперимента были получены следующие показатели: средний коэффициент силуэта равный 0.6057, внутрикластерное расстояние показало оценку 6.4723.

Abstract. This article discusses an approach for optimizing the business processes of an IT company - the effective distribution of the company's work resources and supporting project selection among potential customers through segmentation of potential customers. The solution to the problem of segmenting potential customers is considered by creating a system for clustering groups according to various aspects. Customer characteristics such as the scope of the project, the required project budget, human resources of the project and a number of other indicators are taken. A mathematical model of the clustering problem is constructed, and the Euclidean distance is considered as a measure for estimating the distance between clustering objects. A functional model of the clustering process has been developed in accordance with the IDEF0 methodology and an information model of the process in the form of an ER diagram. Based on the k-means method, an algorithm for clustering potential customers has been developed, and a diagram of how the algorithm works is presented. Using the Python programming language, functions and methods of the NumPy and Scikit-Learn libraries, software implementation of the developed models and algorithms was carried out. An experiment was conducted to evaluate the quality and efficiency of the developed models and algorithms. During the analysis of the experiment results, the following indicators were obtained: the average silhouette coefficient was equal to 0.6057, the intra-cluster distance showed an estimate of 6.4723.

Ключевые слова: сегментация потенциальных заказчиков, кластеризация, аспекты, функциональная модель, информационная модель, алгоритм k-средних

Keywords: machine learning, sentiment analysis, sentiment analysis, sentiment analysis, NLP, service quality, customer reviews

Разбиение потенциальных заказчиков ИТ-решений на сегменты можно рассматривать как задачу кластерного анализа. Кластеризация — это метод машинного обучения, который используется для разделения набора данных на группы, или "кластеры", таким образом, чтобы объекты в одном кластере были более похожи между собой, чем на объекты из других кластеров. Этот процесс выполняется путем измерения сходства между данными и их последующим разделением на группы на основе этого сходства.

Формально задачу сегментации клиентов можно представить следующим образом:

Дано:

Пусть X — множество из n объектов кластеризации (клиентов компании), каждый из которых характеризуется m признаками.

Тогда исходные данные можно представить в виде матрицы X

$$X = \begin{pmatrix} x_1^1 & x_1^2 & \dots & x_1^m \\ x_2^1 & x_2^2 & \dots & x_2^m \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n^1 & x_n^2 & \dots & x_n^m \end{pmatrix}$$

Y — множество номеров кластеров. Задана функция расстояния между объектами μ .

Требуется:

Разбить выборку на непересекающиеся подмножества Y_k — кластеры так, чтобы каждый кластер состоял из объектов (клиентов банка), близких по выбранной метрике μ , а объекты (клиенты банка) разных кластеров существенно отличались.

При этом каждому объекту x_{ij} приписывается номер кластера Y_k .

Для нахождения сходства между объектами используется понятие меры близости. В данной работе в качестве меры близости рассматривается евклидово расстояние — геометрическое расстояние между точками в многомерном пространстве, определяемое по формуле

$$\rho_{ke}(X_i, X_j) = \left(\sum m (x_{im} - x_{jm})^2 \right)^{1/2} \quad (1)$$

где X_i, X_j — координаты i -го и j -го объектов в k -мерном пространстве;

x_{im}, x_{jm} — величины признаков m у i -го и j -го объектов.

Разработана функциональная модель процесса сегментации потенциальных заказчиков, основной блок модели показан на рисунке 1.

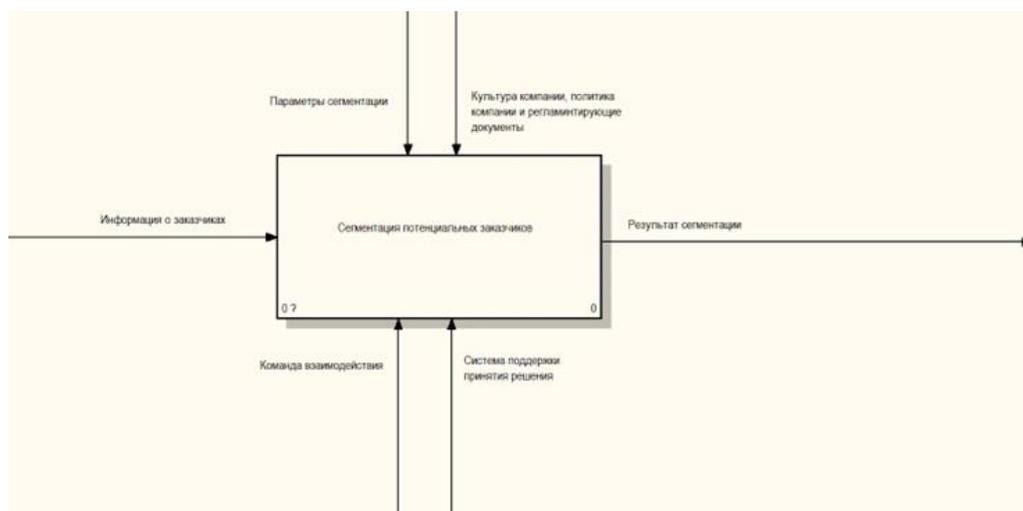


Рисунок 1. Функциональная модель процесса сегментации заказчиков (нулевой уровень)

Рисунок 2 представляет собой декомпозицию первого уровня функциональной модели.

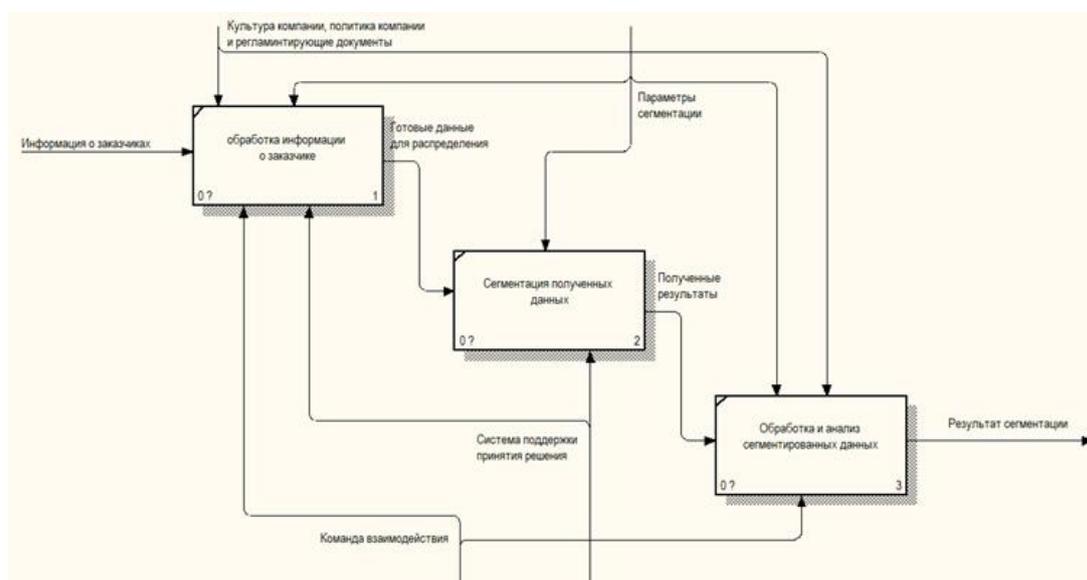


Рисунок 2. Функциональная модель процесса сегментации заказчиков (декомпозиция первого уровня)

Также разработана информационная модель процесса в виде ER-диаграммы, представленной на рисунке 3.

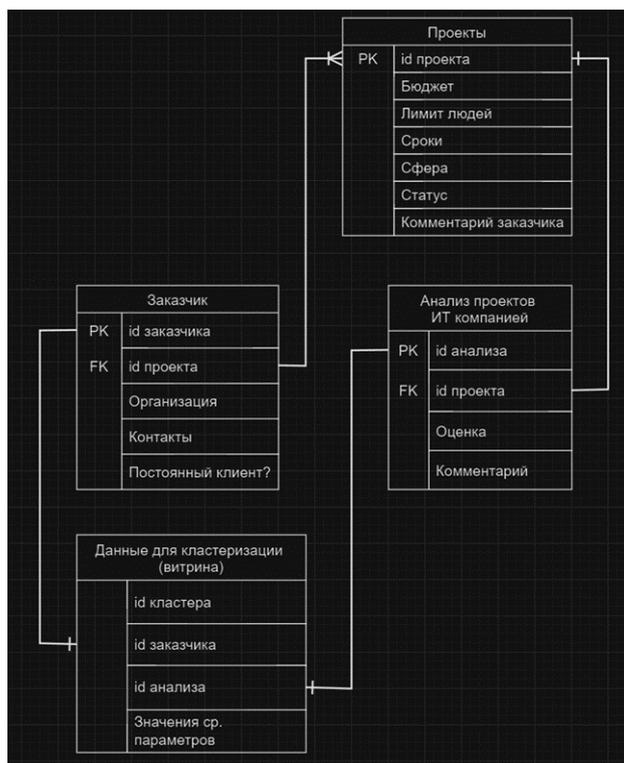


Рисунок 3. ER-диаграмма процесса сегментации заказчиков

Разработан алгоритм решения рассматриваемой задачи на основе метода k-средних. Схема работы алгоритма показана на рисунке 4.

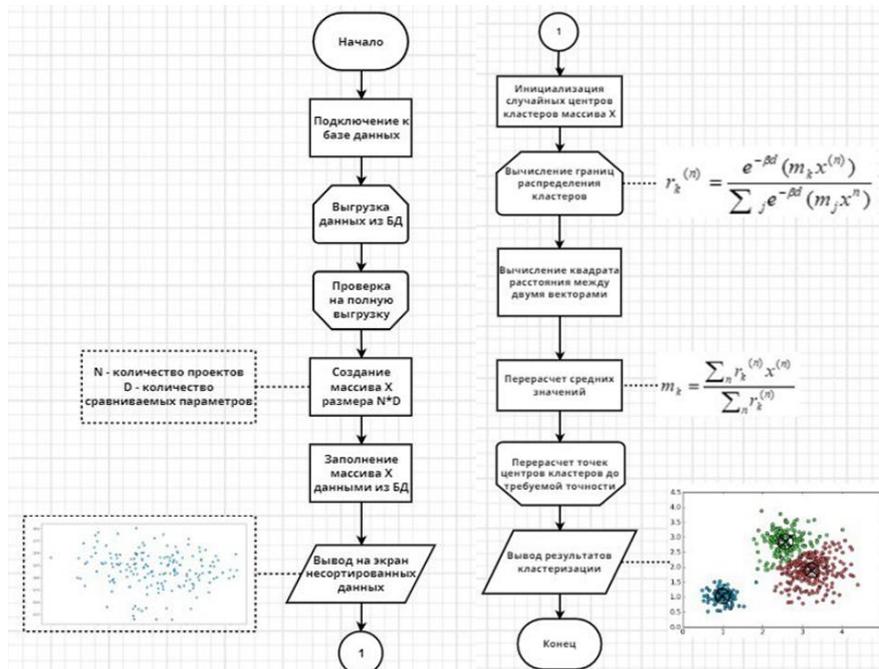


Рисунок 4. Схема работы алгоритма сегментации заказчиков

Для оценки эффективности приложения, был проведен эксперимент на выборке данных. Программа выводит на экран распределение еще не раскрашенных точек – не разбитых на кластеры объектов на координатной плоскости (рисунок 5).

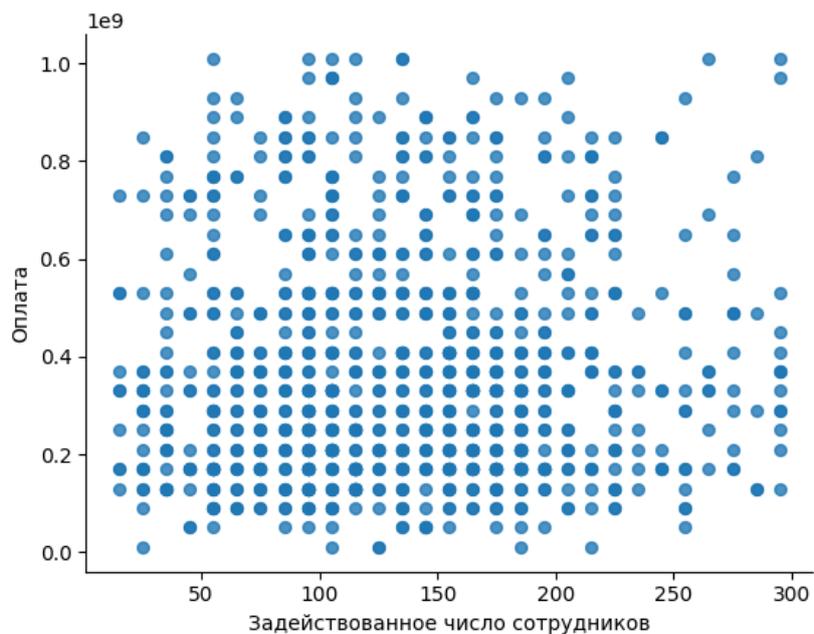


Рисунок 5. Нераспределенные по кластерам данные

Далее после проведения процесса кластеризации можно посмотреть графическую интерпретацию полученных результатов (рисунок 6).

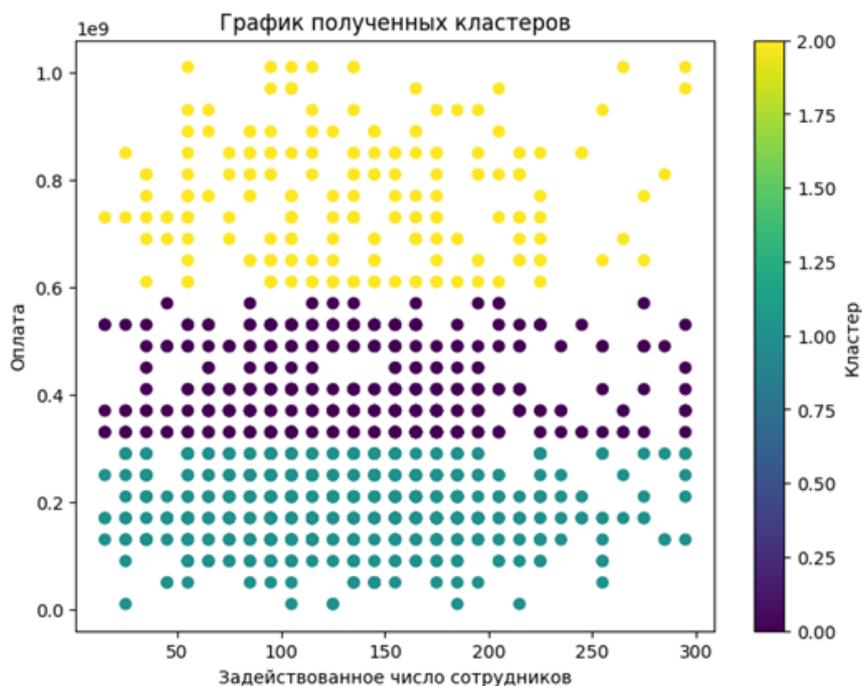


Рисунок 6. Данные разбиты на три кластера

В ходе анализа результатов эксперимента были получены следующие значения: средний коэффициент силуэта равный 0.6057 и внутрикластерное расстояние показало оценку 6.4723. Данный результат может быть улучшен путем дообучения модели.

Выводы

В статье рассматривается применение методов кластерного анализа и машинного обучения для категоризации потенциальных заказчиков на основе их сходства. Этот подход позволяет IT-компаниям эффективно оптимизировать ресурсы и выбирать наиболее подходящих заказчиков для сотрудничества.

Литература

1. Гилязитдинова, В.В. разработка руководства пользователя / В.В. Гилязитдинова, А.С. Тарасенко // Мавлютовские чтения: материалы XIV Всероссийской молодежной научной конференции, Уфа, 01–03 ноября 2020 года. Том 5. Часть 3. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2020. – С. 35. – EDN RZXVKG.
2. О методах оценки временных ресурсов программных проектов / М.А. Верхотуров, Г.Н. Верхотурова, О.М. Верхотурова, А.Н. Иванова // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2020): Труды Международной научно-технической конференции, Самара, 21–22 апреля 2020 года / Под редакцией С.А. Прохорова. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2020. – С. 342-346. – EDN WWSOXQ.
3. Gautam, N. Customer segmentation using k-means clustering for developing sustainable marketing strategies / N. Gautam, N. Kumar // Biznes-Informatika. – 2022. – Vol. 16, No. 1. – P. 72-82. – DOI 10.17323/2587-814X.2022.1.72.82. – EDN HUYGGQ.
4. Злодеева, Д.С. Исследование методов кластерного анализа и оценка качества кластеризации на примере данных клиентов банков / Д.С. Злодеева // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. – 2021. – № 1-2. – С. 117-120. – EDN UHLYXF.
5. Дунашов, Д.А. Сегментация клиентов с использованием K-Means кластеризации на Python / Д.А. Дунашов, А.Х. Сальгадо Лима // Актуальные проблемы экономики и управления : Материалы VI Всероссийской, с международным участием, научно-практической конференции, Гжель, 27 декабря 2022 года. – Гжель: Гжельский государственный университет, 2022. – С. 70-77. – EDN XKFBLR.

УДК 4.946

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА ПО СВАРКЕ ОПТОВОЛОКНА

DEVELOPMENT OF A VIRTUAL OPTICAL FIBER WELDING SIMULATOR

Мухаметьянов А.Р., Киреева Н.А.,
Институт нефтепереработки и нефтехимии
ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате, г. Салават, Российская Федерация
A.R. Mukhametyanov, N.A. Kireeva,
Institute of Oil Refining and Petrochemistry
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
USPTU in Salavat, Salavat, Russian Federation

e-mail: arturmuchamet@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается комплексный процесс разработки виртуального тренажера по сварке оптоволоконной оптики. Разработка включает в себя несколько ключевых этапов: моделирование трехмерных моделей (модели, необходимые для подготовки оптоволоконной оптики к сварке и сварочный аппарат); создание различных анимаций; текстурирование моделей, включая использование различных материалов и текстур для придания моделям желаемого внешнего вида. На последнем этапе осуществлялась разработка виртуального тренажера в программном приложении Unity с использованием пакета XR Interaction Toolkit. Были разработаны две основные сцены: «Меню» и «Обучение сварке оптоволоконной оптики». Сцена «Меню» позволяет пользователям начать новую сессию, настроить параметры и приступить к обучению. В сцене «Обучение сварке оптоволоконной оптики» показываются ключевые этапы подготовки оптоволоконной оптики к сварке, а также сама сварка. Особое внимание уделяется взаимодействию с моделями с помощью компонентов XR Grab Interactable и XR Socket Interactor, а также других компонентов данного пакета для обеспечения интерактивности и точного позиционирования объектов в виртуальном пространстве. Разработанный виртуальный тренажер позволяет эффективно обучать специалистов сварке оптоволоконной оптики, предоставляя реалистичные условия и возможности для практической тренировки в виртуальной среде.

Abstract. This article discusses the complex process of developing a virtual optical fiber welding simulator. The development includes several key stages: modeling of three-dimensional models (models necessary to prepare fiber for welding and welding machine); creation of various animations; texturing of models, including

the use of various materials and textures to give the models the desired appearance. At the last stage, a virtual simulator was developed in the Unity software application using the XR Interaction Toolkit package. Two main scenes were developed: "Menu" and "Fiber welding training". The "Menu" stage allows users to start a new session, adjust the settings and start learning. The "Fiber optic welding training" scene shows the key steps in preparing the fiber for welding, as well as the welding itself. Special attention is paid to interacting with models using the XR Grab Interactable and XR Socket Interactor components, as well as other components of this package to ensure interactivity and accurate positioning of objects in virtual space. The developed virtual simulator allows you to effectively train specialists in wholesale welding, providing realistic conditions and opportunities for practical training in a virtual environment.

Ключевые слова: виртуальная реальность, виртуальный тренажер, моделирование, текстурирование, интерактивное обучение, разработка

Keywords: virtual reality, virtual simulator, modeling, texturing, interactive learning, development

В современном мире, где цифровая связь является неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, волоконно-оптические линии связи становятся ключевым элементом инфраструктуры для передачи данных на дальние расстояния [1, 2]. Многие компании и предприятия осознают важность перехода на применение таких линий связи для обеспечения более высокой скорости передачи данных и улучшения качества связи [3].

Внедрение и эксплуатация волоконно-оптических сетей требует наличия специалистов по сварке волоконно-оптических кабелей. Эти специалисты играют ключевую роль в установке, настройке и обслуживании сетей, обеспечивая их надежную работу и высокую производительность. С учетом растущего спроса на подобных специалистов многие компании и предприятия проявляют интерес к привлечению квалифицированных кадров в данной области [4].

Однако не всегда легко найти подходящих специалистов на рынке труда. Поэтому многие компании готовы предоставить своим сотрудникам возможности для переподготовки. Проведение курсов по сварке волоконно-оптических кабелей или обучение новым технологиям и методам работы становится важным шагом для подготовки кадров и обеспечения конкурентоспособности предприятий [5].

Более того, с развитием виртуальных технологий, таких как виртуальная реальность и дополненная реальность, возникают новые возможности для обучения и тренировки специалистов. Виртуальные симуляторы могут эффективно имитировать рабочие условия и ситуации, что делает обучение более интерактивным и эффективным. Таким образом, компании могут внедрять инновационные образовательные программы, используя виртуальные

технологии, чтобы обеспечить высокий уровень подготовки своих специалистов по сварке волоконно-оптических кабелей.

Разработка виртуального тренажера для сварки волоконно-оптических кабелей представляла собой комплексный процесс, включающий несколько ключевых этапов. На начальном этапе проектирования каждый шаг разработки тренажера был тщательно продуман и спланирован, с учетом основных целей и требований проекта [6].

На первом этапе проводилось моделирование трехмерных моделей и создание анимаций. Это включало в себя разработку трехмерной модели сварочного аппарата и анимаций для основных операций, таких как открытие крышки и прижимов. Выполнялась также UV-развертка, необходимая для перевода геометрии трехмерной модели на двумерную поверхность. Этот процесс позволил подготовить модель к последующему текстурированию, обеспечивая правильное отображение текстур на ее поверхности. Моделирование трехмерной модели, а также создание UV-развертки сварочного аппарата представлены на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1. Моделирование трехмерной модели сварочного аппарата

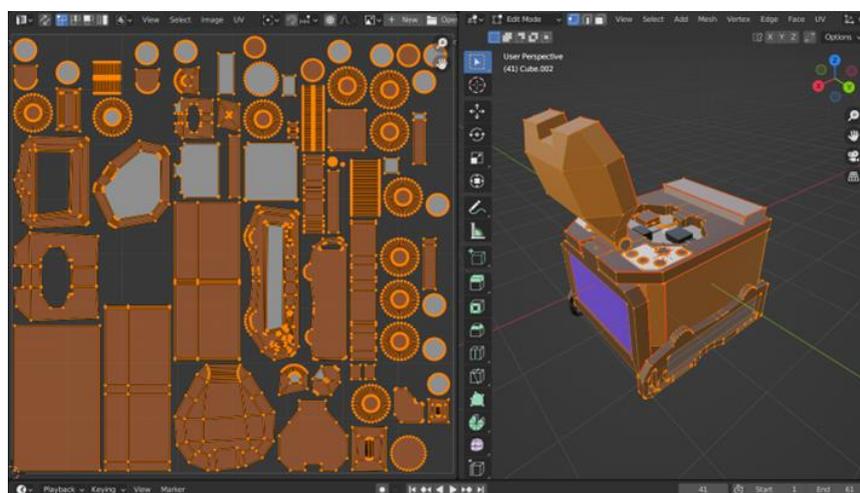


Рисунок 2. Создание UV-развертки для текстурирования сварочного аппарата

На втором этапе проводилось текстурирование трехмерных моделей. С целью придания моделям желаемого внешнего вида из библиотеки использовались разнообразные материалы и различные текстуры. Текстурирование включало в себя настройку цветов, шероховатости и прозрачности, что способствовало улучшению визуальной реалистичности сварочного аппарата и других элементов среды. Текстурирование трехмерной модели сварочного аппарата в Substance Painter представлено на рисунке 3

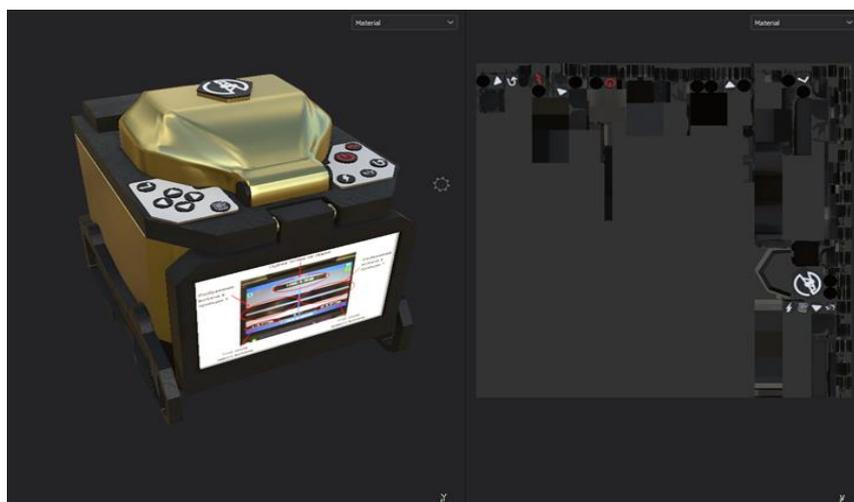


Рисунок 3. Текстурирование сварочного аппарата

Третий этап был посвящен разработке виртуального тренажера в игровом движке Unity с использованием пакета XR Interaction Toolkit. Были созданы две сцены: «Меню» и «Обучение сварке оптоволоконна».

Сцена «Меню» содержит четыре кнопки: «Начать обучение», «Настройки», «О проекте» и «Выход» (рисунок 4). Эти опции позволяют пользователям начать новую сессию, настроить параметры звука и управления повтором камеры, получить информацию о создателях или выйти из виртуального тренажера.

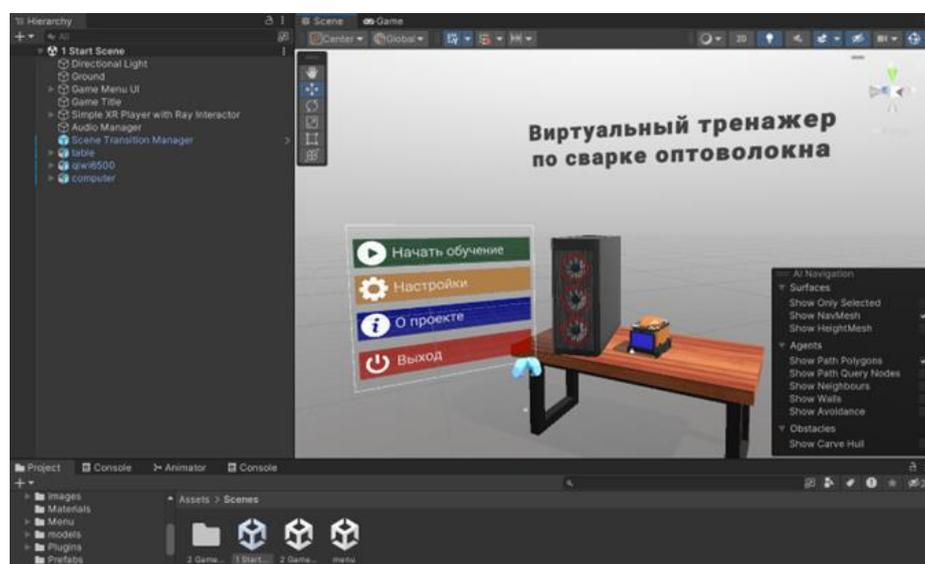


Рисунок 4. Сцена «Меню» виртуального тренажера

С помощью скрипта Game Start Menu (рисунок 5) обеспечивалось взаимодействие с пользователем через кнопки меню, а также добавлялись функциональные возможности для каждой кнопки, обеспечивая удобство использования и эффективность обучения.

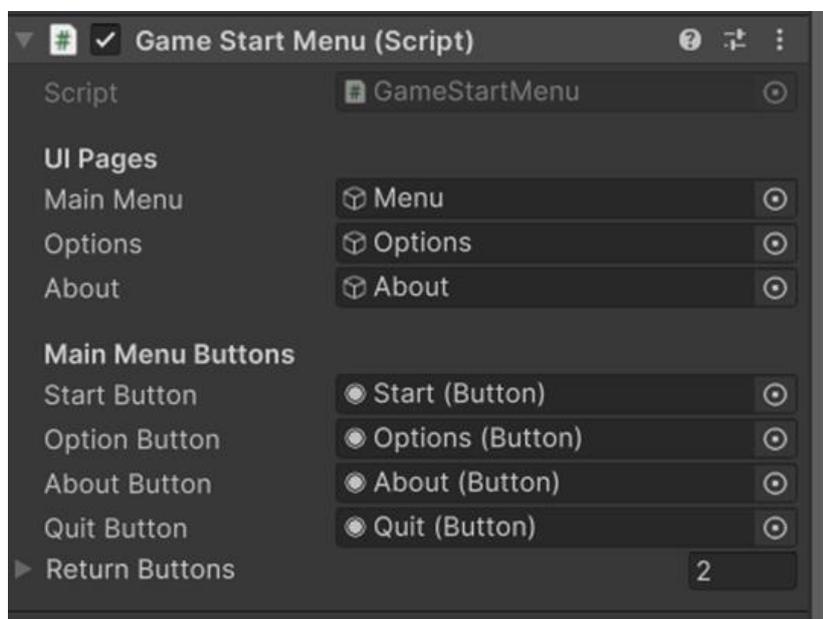


Рисунок 5. Скрипт Game Start Menu

Сцена «Обучение сварке оптоволоконна» предназначена для приобретения опыта и навыков по подготовке оптического волокна к сварке, а также для введения в непосредственный процесс сварки оптического волокна с помощью сварочного аппарата (рисунок 6).

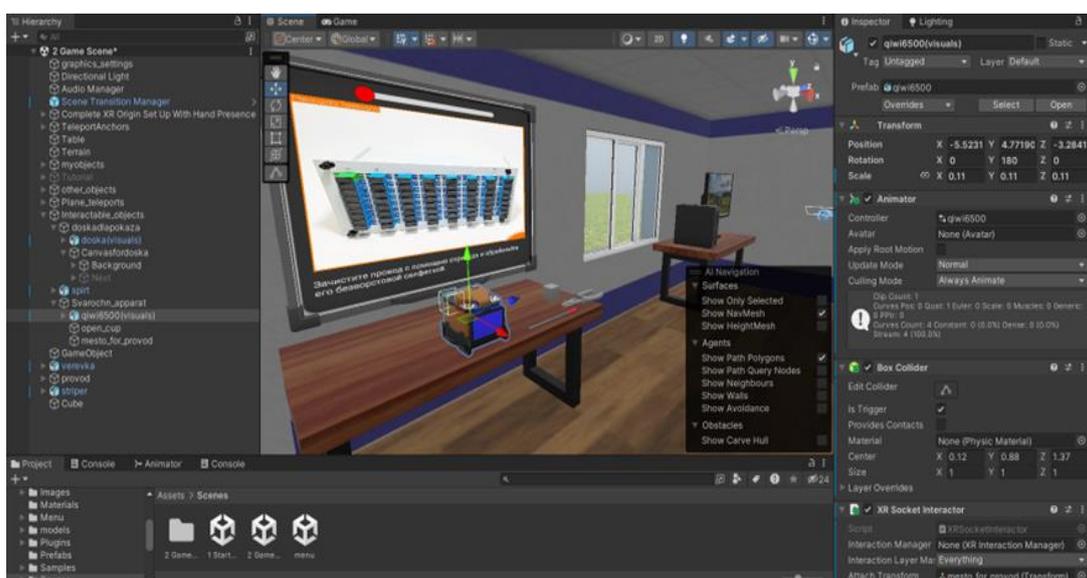


Рисунок 6. Сцена «Обучение сварке оптоволоконна»

Для взаимодействия с моделями на сцене использовались компоненты XR Grab Interactable, XR Socket Interactor и другие, что позволило обеспечить интерактивность и точное позиционирование объектов в виртуальном

пространстве [7]. Примеры использования компонентов XR Grab Interactable и XR Socket Interactor представлены на рисунках 7 и 8.

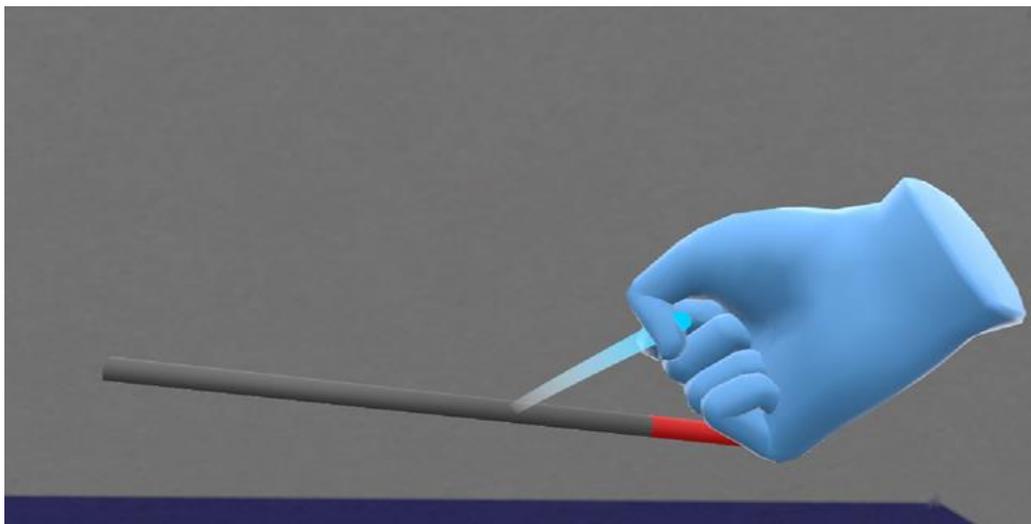


Рисунок 7. Пример использования XR Grab Interactable



Рисунок 8. Пример использования XR Socket Interactor

Выводы

Итогом реализации проекта стал виртуальный тренажер по сварке оптоволоконна, разработанный на базе программного приложения Unity. Данный тренажер предназначен для получения практических навыков по сварке оптоволоконна.

Литература

1. Ураксеев М.А., Левина Т.М. Волоконно-оптические датчики магнитного поля и электрического тока // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007 № 9 С. 42-44.
2. Ураксеев М.А., Левина Т.М. Оптоволоконные трансформаторы как элементы современных электротехнических комплексов и систем // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2013 Т. 9 № 2 С. 23-29.
3. Гафуров А.М., Гафуров Н.М., Гатина Р.З. Оптоволоконные системы для передачи возрастающего объема информации [Электронный ресурс] // Вестник Казанского гос. энергетич. ун-та: Электрон. журн. 2020 № 4 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optovolokonnye-sistemy-dlya-peredachi-vozzrastayuschego-obema-informatsii> (дата обращения: 05.04.2024).
4. Нотченко В.В., Жукова М.В. Исследование проблемы высокой текучести кадров на промышленных предприятиях [Электронный ресурс] // Вестник Псковского гос. ун-та. Серия: Экономика. Право. Управление: Электрон. журн. 2020 № 3 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-problemy-vysokoy-tekuchesti-kadro-v-na-promyshlennyh-predpriyatiyah> (дата обращения: 02.04.2024).
5. Новиков С.П., Козлов А.А. Технологии виртуальной реальности в обучении сварке оптоволоконна // Инновационные технологии в образовании и науке: сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2021. С. 76-80.
6. Смирнов А.В., Петров И.К. Разработка виртуального тренажера по сварке оптоволоконна // Инженерные системы и сети: сб. науч. трудов молодых ученых. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. С. 118-122.
7. Абрамов К.В., Соколов А.А. Создание виртуальных тренажеров для обучения сварке оптоволоконных кабелей в среде Unity // Инновации в науке и образовании»: сб. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф. Красноярск: Изд-во СФУ, 2020. С. 82-85.

УДК 004.428.4, 004.55

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧ В ОБЛАСТИ РАСЧЕТА РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

THE TECHNOLOGY OF REAL-TIME GENERATING THE COMPUTER TESTING TASKS IN EXAMPLE FOR THREADED CONNECTIONS CALCULATIONS

Сергеева А.Е., Минасов Ш.М., Кальметьев Э.И.,
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, Российская
Федерация

A.E. Sergeeva, Sh.M. Minasov, E.I. Kalmetev,
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ufa University
of Science and Technology», Ufa, Russian Federation

e-mail: nastya.levina.0220@mail.ru, kalmetev.emil@yandex.ru, minasov@ufanet.ru

Аннотация. В современной Российской экономике наблюдается серьезная проблема дефицита высококвалифицированных кадров [1]. Этот вопрос связан не только с дефицитом работников на рынке труда, но и с недостаточным уровнем их профессиональной подготовки. Повышение заработной платы не решает проблему, поскольку можно найти множество специалистов с высшим образованием, но гораздо сложнее найти квалифицированных сотрудников.

Несмотря на широкий выбор специализированных инструментов, предназначенных для улучшения образовательного процесса, существует потребность в развитии систем автоматизированного контроля умений и навыков специалистов. Они позволяют оценивать результаты с использованием компьютерного тестирования и технологий виртуальной или дополненной реальности. Такие системы способствуют корректировке учебного процесса для достижения лучших результатов, что делает их важным инструментом в современной образовательной среде.

Предложенные улучшения в технологии компьютерного тестирования позволяют продемонстрировать на примере решения задач расчета резьбовых соединений, что системы компьютерного тестирования являются не только инструментом для оценки статически накопленных знаний, но и средством развития умений и навыков в решении различных задач. Пользователи могут получить доступ к разнообразным тестам, в которых задания генерируются в режиме реального времени, что позволяет оценить их знания и навыки в данной области [2].

Abstract. In the modern Russian economy, there is a serious problem of a shortage of highly qualified personnel [1]. This problem is related not only to the shortage of workers in the labor market, but also to the insufficient level of their professional training. A salary increase does not solve the problem, because you can find many specialists with higher education, but it is much more difficult to find qualified employees.

Despite the wide range of specialized tools designed to improve the educational process, there is a need to develop automated systems for monitoring the qualifications of specialists. They allow you to evaluate the results using computer testing and virtual or augmented reality technologies. Such systems contribute to the

adjustment of the educational process to achieve better results, which makes them an important tool in the modern educational environment.

The proposed improvements in computer testing technology make it possible, using the example of solving problems of calculating threaded connections, to demonstrate that computer testing systems are not only a tool for evaluating statically accumulated knowledge, but also a means of developing skills and abilities in solving various tasks. Users can access various tests in which tasks are generated in real time, which allows them to evaluate their knowledge and skills in this area [2].

Ключевые слова: технологии обучения, цифровизация образования, компьютерное тестирование, цифровые образовательные технологии, расчет резьбовых соединений, подготовка инженерных кадров

Keywords: educational technologies, digitalization of education, computer testing, digital educational technologies, calculation of threaded connections, training of engineering personnel

Введение

Системы тестирования стали неотъемлемой частью образовательного процесса в последние годы, начиная с подготовки к ОГЭ, ЕГЭ, промежуточной и итоговой аттестации в ВУЗах и СУЗах, и заканчивая проверкой квалификации кадров при трудоустройстве. Тестирование помогает оценить уровень знаний и навыков учащихся и кандидатов на вакансии, что важно в условиях кадрового голода в России [3].

На сегодняшний день существует множество различных систем оценки знаний, включая образовательные платформы, такие как Coursera, edX и UdeMy, которые предлагают широкий спектр курсов по инженерным расчетам [4]. Кроме того, "Сбербанк" предоставляет платформу для обучающих курсов в различных областях, включая не только обучение, но и подготовку к собеседованиям [5].

Большинство систем тестирования, включая ведущую платформу проверки iSpring Learn (аналог Moodle на русском языке), сталкиваются с проблемой доступности в интернете скомпрометированных баз тестовых заданий и ответов на них. Одно из возможных решений данной проблемы - постоянное обновление базы данных новыми заданиями и исключение скомпрометированных из процесса оценки знаний. Однако, это не всегда эффективно, особенно для технических дисциплин. На сегодняшний день понимание уровня сформированности компетенций возможно через анализ текущей деятельности обучаемых, включая оценку отчетов, создаваемых в процессе обучения [7]. В то же время, применение инструментов интеллектуального анализа текста и автоматизации для оценки работ является сложной задачей. Однако, в технических дисциплинах это может быть не всегда применимо, так как инженерам необходимо придерживаться

стандартных алгоритмов для решения задач. В результате возникает необходимость в разработке новых методов автоматизированной оценки знаний, которые могут быть осуществлены с применением современных информационных технологий [8].

Постановка задачи

В настоящей работе рассматривается подход к решению задачи оценки уровня оценки освоения компетенций в области, относящейся к основам инженерной подготовки в энергетике, авиации, судостроении, машиностроении и т. д. на примере дисциплины «Детали машин» в части решения задач расчета резьбовых соединений.

К задачам на расчет резьбовых соединений относятся: расчет винтового соединения, нагруженного осевой силой; расчет болтового соединения, нагруженного силами, сдвигающими детали в стыке (с зазором/без зазора); расчет клеммовых соединений. Рассмотрим решение задания на примере клеммового соединения.

На рисунке 1 приведен пример сгенерированной задачи, а на рисунке 2 результат ее решения. Исходные данные (А), такие как размеры вала, усиление на рычаге и количество болтов, генерируются автоматически в реальном времени в процессе тестирования. Вывод решения (Б), представленный на рисунке, является результатом расчета соответствующего алгоритма и соответствует варианту задания, сгенерированному случайным образом.

Полученный ответ на задачу соответствует ГОСТ 8724–2002 (ИСО 261–98) [9]. Выбор шага диаметра болта по ГОСТ обеспечивает его совместимость с другими элементами, безопасность и надежность конструкций, а также унификацию и стандартизацию производства.

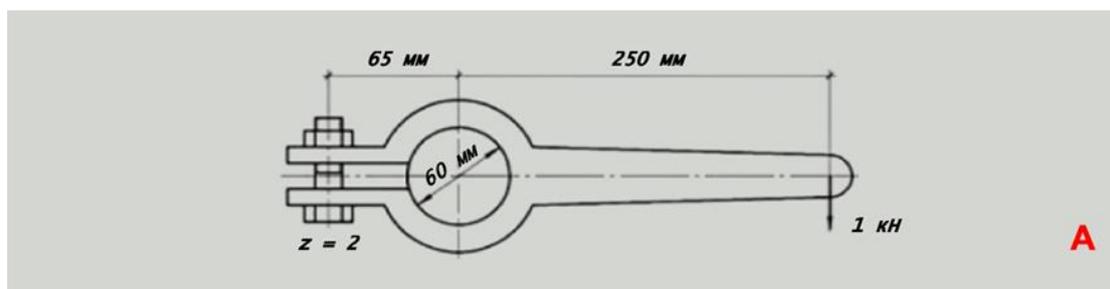


Рисунок 1. Результат генерации варианта заданий по случайно сгенерированным данным



Рисунок 2. Результат расчета

Очевидно, что сгенерированные задания и их решения, хотя и не будут использоваться в дальнейшем для проведения тестирования и оценки знаний, должны быть сохранены и зарегистрированы как средство проверки правильности ответов студентов и для возможного использования в учебном процессе в будущем. Фрагмент структуры базы данных, разработанный для этой цели, представлен на рисунке 3.

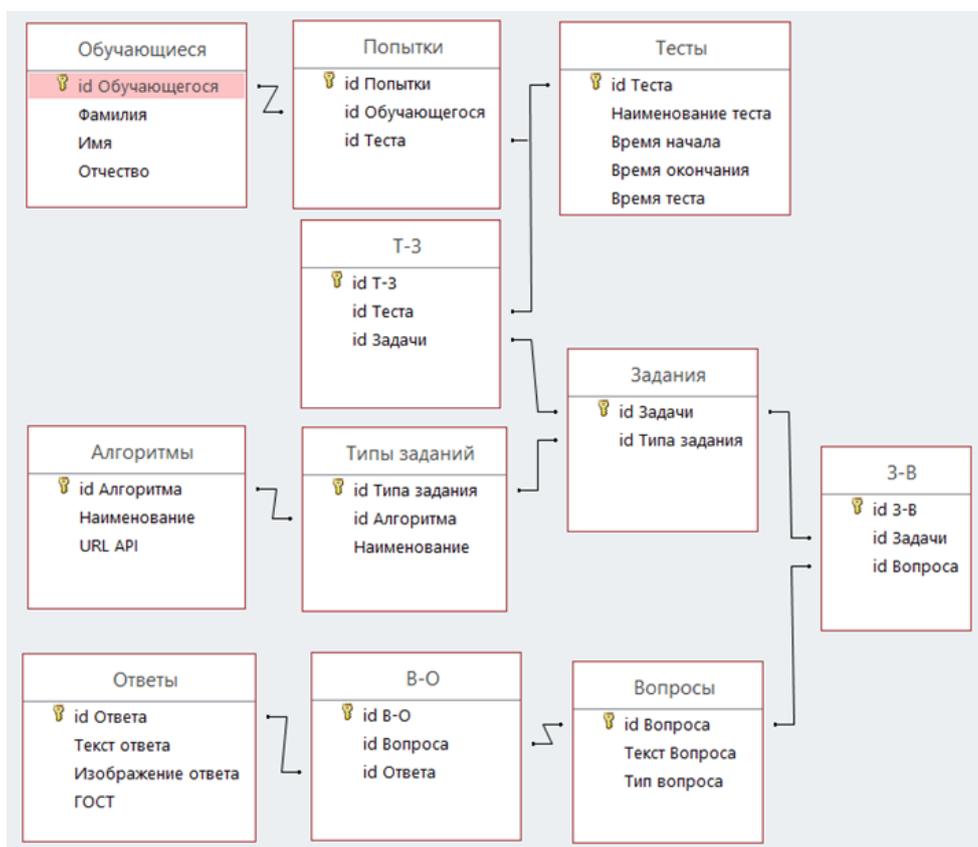


Рисунок 3. Фрагмент БД для хранения результатов генерации ТЗ

Математически постановка задачи предложено описывать следующим образом:

P – нагрузка вала, кН;

D – диаметр вала, мм;

R – радиус рычага вала, мм;

a – расстояние от оси болта до центра вала, мм;

z – число болтов, шт.

Так как дисциплина «Детали машин» справедлива для различных сфер деятельности, например, в машиностроении и авиации, варианты исходных данных обычно ограничены практическими соображениями, например, резьба на болтах имеют строго определенные размеры. Следовательно, алгоритм генерации случайных значений должен быть строго ограничен, чтобы соответствовать этим нормам, например:

$$\begin{cases} P \in \{0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2\} \\ D \in \{20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70\} \\ R \in \{200, 250, 300, 350, 400, 450, 500\} \\ a \in \{20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70\} \\ z \in \{1, 2, 3\} \end{cases}$$

Для генерации случайных вариантов заданий используется алгоритм, который выбирает значения из указанных множеств или диапазонов допустимых значений. Множества задаются фигурными скобками $\{\}$, а диапазоны значений задаются круглыми скобками. Укрупненный алгоритм генерации задания представлен на рисунке 4.

В этом решении предлагается использовать имеющееся программное обеспечение, которое организует контроль усвоенных знаний через тестирование. Суть в том, что разработанный алгоритм для создания заданий может быть использован для генерации новых наборов задач, которые автоматически будут добавлены в базу данных существующей программы тестирования. Если невозможно создать новые задания во время тестирования, этот метод всё равно позволит использовать результаты генерации новых вариантов задач, даже если придется добавлять их в базу данных вручную за день до экзамена.

На рисунке 5 показана модификация исходного алгоритма тестирования, который проверяет ответы на задания, создаваемые в реальном времени. Эта технология интегрируется в [7], а также позволяет внедрить полученное решение в большинство открытых систем, таких как «iSpring Learn». Это дает возможность генерировать задания в реальном времени во время тестирования и исключает использование матриц ответов при сдаче экзамена.

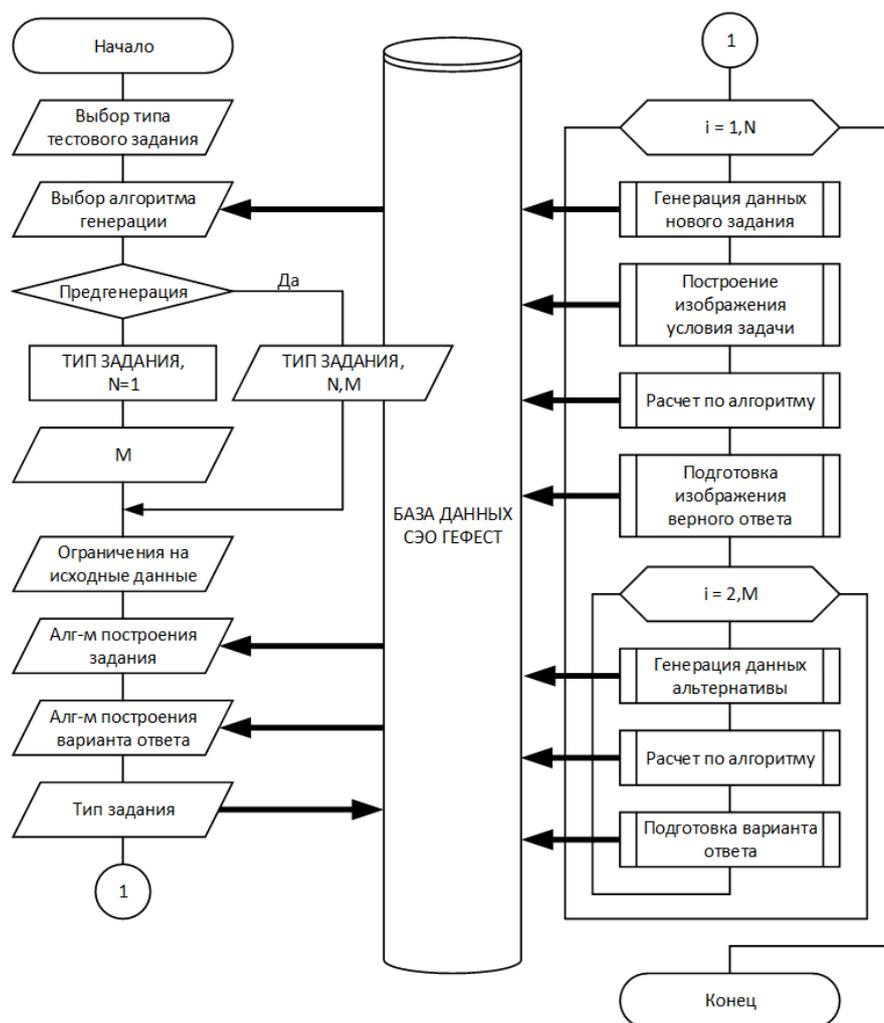


Рисунок 4. Алгоритм генерации задания

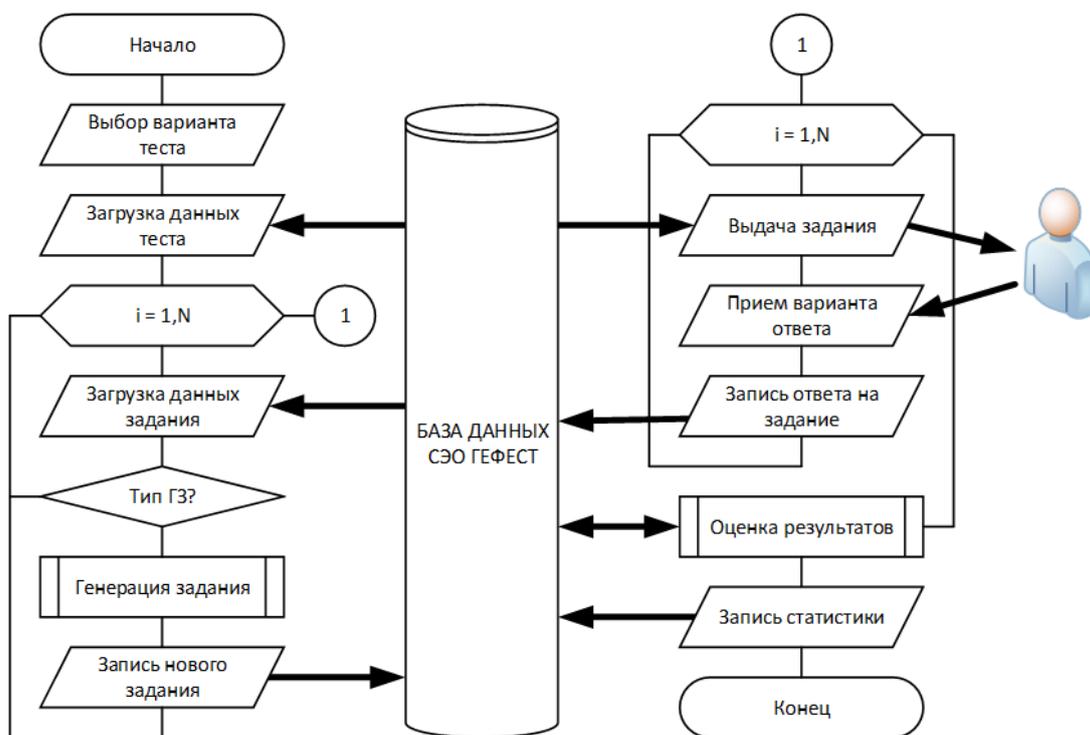


Рисунок 5. Укрупненный алгоритм работы системы тестирования

Выводы

В данном исследовании представлена реализация механизма формирования тестовых заданий, направленных на автоматизированную оценку как теоретической, так и практической подготовки специалистов. Этот подход иллюстрируется созданием заданий по ключевым аспектам дисциплины «Детали машин». Предложенная технология открывает путь к пересмотру процесса оценки компетенций в технических областях, основанному не только на запоминании материала, но и на способности решать практические задачи.

Эта технология будет полезна не только для оценки учебных достижений студентов в университетах, но также для оценки и отбора кандидатов на технические должности, основываясь на их способностях быстро решать типовые задачи в своей профессиональной области. Кроме того, она будет применяться для разработки тренажеров, способствующих улучшению навыков и повышению скорости решения инженерных задач.

Эта технология будет полезна не только для оценки учебных результатов студентов в вузах, но и для ранжирования кандидатов на вакансии в технических сферах. Она основана на их способности быстро решать типовые задачи в своей области и может быть использована для создания тренажеров по развитию навыков и ускорению работы с инженерными задачами.

Тем не менее, чтобы получить эти преимущества, необходимы дополнительные расходы, включая улучшение квалификации разработчиков тестов, проверку корректности работы алгоритмов, оценку диапазонов значений, разработка и внедрение инновационных методов тестирования, а также повышение производительности вычислительных систем. Несмотря на это, развитие автоматизированных технологий в данном направлении приводит к более высоким результатам, автоматизируя работу персонала, что может быть ценно в определенных ситуациях.

Литература

1. Акулов А. По всему миру начался кадровый голод. Как нехватка опытных и умных работников угрожает экономике России? Url: <https://lenta.ru/articles/2023/12/03/kadrovyy-golod-prinimaet-ugrozhayuschie-masshtaby/?ysclid=lvgl3s01qe320082846> (Дата обращения: 26.04.2024).

2. Минасов Ш.М. Обработка информации в системах реального времени. Уфа : Уфимский гос. авиационный технический ун-т, 2008 - 258 с. : ил., табл.; 20 см.; ISBN 978-5-86911-886-8.

3. Минасов Ш.М. Модели и алгоритмы программных инструментальных средств обработки информации и генерации учебных курсов в сетевой информационно-обучающей системе //Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Уфимский государственный авиационный технический университет. Уфа, 2003

4. testmasters. Testmasters PE Prep Courses. Url: <https://www.testmasters.com/pe> (Дата обращения: 26.04.2024).
5. Hrlider. Сбербанк России: как пройти тесты, собеседование и получить работу. Url: <https://hrlider.ru/posts/sberbankrossii/?ysclid=lvkmz35cuv798315484> (Дата обращения: 29.04.2024).
6. Ахмедзянов Д. А. Реализация и развитие системы дистанционного обучения в технических ВУЗах? / Ахмедзянов Д. А., Кудоярова В. М., Кишалов А. Е. // Url: <https://cyberleninka.ru/article/n/realizatsiya-i-razvitiye-sistemy-distantionnogo-obucheniya-v-tehnicheskikh-vuzah?ysclid=lvhv8egtzs588736402> (Дата обращения: 26.04.2024).
7. Модели и алгоритмы сбора и хранения результатов учебной деятельности обучающихся в системах электронного обучения. Ибатуллин М.Р., Минасов Ш.М., Сергеев Д.С., Шерстнев П.А. Информационные технологии. Проблемы и решения. 2023 № 1 (22). С. 82-90.
8. Storage and processing technologies of cognitive content for elearning systems. Tarkhov S.V., Minasova N.S., Minasov S.M., Tarkhova L.M. RPC 2018 - Proceedings of the 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications. 3 2018 С. 8482185.
9. ГОСТ 8724–2002 (ИСО 261–98). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги. – Взамен ГОСТ 8724–81. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2003 – 7 с.

UDC 004

DEEP LEARNING WITH FULL-TRIPLET RELATION FOR PERSON RE-IDENTIFICATION

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ГЛУБИННОМУ ОБУЧЕНИЮ С ПОЛНОЙ ТРОЙНОЙ СВЯЗЬЮ ДЛЯ ПЕРЕИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА

K.M. Choe, H.S. So, C.H. Choe, O.J. Choe, J.H. Choe, K.R. Jang,
Faculty of Information Science, “Kim Il Sung university”, Pyongyang, DPR Korea
Чой К.М., Се Х.С., Чой Ч.Х., Чой О.Ч., Чой Ч.Х., Чан К.Р.,
Факультет информационной науки, «Университет имени Ким Ир Сена» г.
Пхеньян, КНДР

e-mail: gfstcn@126.com, gfstk@star-com.net.kp

Abstract. We present a novel deep feature learning approach for person re-identification. Based on full triple relation, our deep network can improve the performance in person re-identification. We design a new objective function, which is constructed of local and global objective function. First, we define a local objective function to achieve maximization of intra-distance inside a triplet. Second, we also

define a global objective function to take account of distances between triplets. Finally, we propose a main objective function based on two distances in order to take full advantage of the information of triplets. We define this main objective function based on the combination of two distances. This combination of two distances is also called as a mixed distance based on the full-triple relation, which makes the distances between triplets increase and the distances between the matched pairs in each triplet decrease. Our deep learning framework is validated through several datasets and quantitative comparisons to the-state-of-the-art methods and demonstrate that it has potentially more discriminative and more efficient performance for person re-identification.

Аннотация. Глубокое обучение для распознавания человека является сложной задачей из-за изменений в позах, ракурсах, а также локальной оптимизации функции потерь сети и других факторов. Мы предлагаем новый подход к обучению, использующий три отношения для улучшения производительности распознавания человека. Предлагается построить функцию потерь на основе локальной и глобальной функций, каждая из которых представляет разные аспекты задачи. Мы также определили максимальное расстояние между этими двумя функциями, основанное на трех различных аспектах, что позволяет учесть максимальное отклонение между ними.

Keywords: deep feature learning, full-triple relation, mixed distance, inter-distance, intra-distance

Ключевые слова: глубокое обучение, полное трехстороннее отношение, смешанное расстояние, внутреннее расстояние, внешнее расстояние

To improve the performance of person re-identification, a Set-Label Model was introduced, which applies DBN (Deep Belief Network) and NCA (Neighborhood Component Analysis) on the proposed concatenated features of the query image and image data [1, P.1283-1292]. A deep learning framework was proposed, which learns filter pairs to automatically encode the photo metric transformation [2, P.152-159]. A scalable distance driven feature learning framework via the convolutional network was introduced to learn representations for person re-identification [3, P. 2993-3003].

While the traditional deep feature learning approaches are aimed at the minimization of the classification error, our approach learns features for the maximization of the relative distance. In further details, we train the network with a set of triplets. Each triplet consists of three images: a query image, a matched image (an image of the same identity as in the query image) and a mismatched image. The network produces feature such that the L2 distance of the matched pair and the mismatched pair should be as large as possible for each triplet. It makes the distances of matched pairs to have smaller values than those of the mismatched pairs. A scalable distance driven feature learning framework via the convolutional network was introduced to learn representations for the person re-identification problem.

We suppose that the traditional triplet loss only takes account of the relationships between images in one triplet. That is the reason that these methods are not able to make the distances in matched pairs larger than those between the triplets.

To address this problem, we introduced a novel neural network learning with mixed distance maximization based on full-triplet relation. While the traditional deep feature learning methods are aimed at the minimization of triplet loss, we defined our main objective function based on the combination of two distances, or the mixed distance based on full- triplet relation.

Our deep method produces features with which the distance of the matched pair and the mismatched pair should be as large as possible for each triplet. This can make the matched pairs become far away from each other and the mismatched pairs become closer among a triplet.

In deep learning with relative distance comparison, the distances between triplets may be smaller than those of matched pairs. The relative distance comparison in deep learning may force triplets get closer and matched pairs get more detached.

Instead, we define the objective function with the combination of intra-distances and the inter-distances, so called the mixed distance based on full-triplet relation. In addition, a novel neural network learning with the mixed distance maximization based on full-triple relation can solve the local optima problem in the person re-identification. Our model computes deep feature vectors automatically with the distance learning from input images.

The conversion of the relative distance constraints to the minimization problem which is defined by the objective function with a constraint is to prevent the overall value of the objective function from being overwhelmed by easily distinguishable triplets. In addition, the objective function itself has been not normalized. As a result, the identification performance for the objects that cannot satisfy distance constraints may be decreased.

Unlike the relative distance comparison based on the minimization of the objective function, we define the local objective function with the intra- distance maximization. The intra-distance represents the relative distance relation of images among a triplet. A deep feature learning with the intra- distance is applied to produce the feature for each image. The distances of the matched pairs should be smaller than those of the mismatched pairs with these generated features.

The distances between triplets should be larger than those of the matched pairs to obtain a satisfactory result from the deep learning with triplets. However, deep learning with the relative distance comparison may lead to decrease of distances between triplets and increase of distances of the matched pairs. If the distances of the matched pairs are larger than the ones between triplets, it is possible to make the images in the same triplets closer to ones in different triplets.

We use the inter-distance to make the distances between triplets larger than the distances of the matched pairs. The inter-distance represents the distance relation between triplets in an overall training dataset.

As discussed above, several distances can be used independently but can be used in combination with each other, which can improve the performance of person

re-identification. The combination based on the product of two distances, so called the mixed distance based on full-triplet relation is proposed. Sum, average, product and several other choices can be applied. Among these choices, the product can evaluate more accurately the mixed distance calculated from two distances. The sum of two items is 1, the average is 0.5 and the product is 0, where it is more reasonable to consider that 0 represents more correctly the relation of two variables.

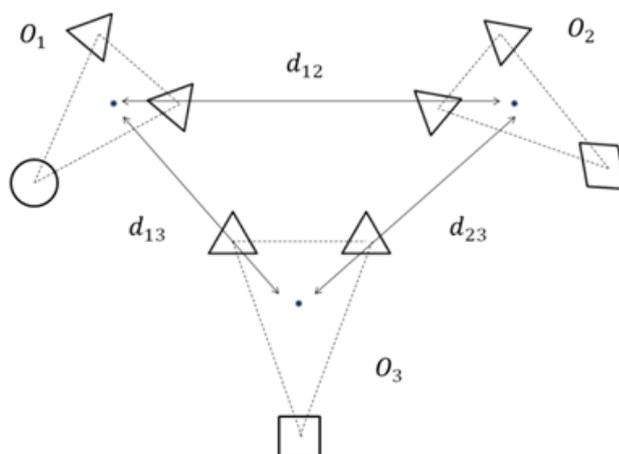


Figure 1. The principle of the global distance maximization

We evaluate the performance of our proposed neural network learning, or deep feature learning with mixed distance maximization. Our experiment should be aimed at the relative evaluation for our proposed approaches themselves in the relation with the previous approach. We test our proposed approach and the previous approach in several challenging images and several image dataset. All experiments are conducted by the codes written by MATLAB (2015a).

The images are available at public datasets, i.e. the VIPeR and the ETHZ datasets. The VIPeR and ETHZ datasets are the mostly used person re-identification dataset for evaluation. They are very challenging dataset for person re-identification because they contain significant variations on viewpoints and poses. All the quantitative results are reported in standard Cumulated Matching Characteristics (CMC) curves.

The comparisons of our deep feature learning with several approaches are shown in Tables 1 and 2

This result was obtained by repeating the procedure 10 times and by using the average as the metric. We can see that our method outperforms all ten benchmarking approaches. However, although promising results are achieved in rank-1 and rank-5 for MtMCML method, there is a slight performance decline for rank-5 to rank-30. It is hypothesized that the deeper architecture that helps to generate more discriminative features, easily sinks into over-fitting for the small datasets. Results of the references are from the publicized papers.

Table 1. VIPeR dataset: top ranked matching rates in[%]

Method	r = 1	r = 5	r = 10	r = 15	r = 20	r = 30
MtMCML	28.8	59.3	75.8	83.4	88.5	93.5
SDALF	19.9	38.4	49.4	58.5	66.0	74.4
eBiCov	20.7	42.0	56.2	63.3	68.0	74.4
PRDC	15.7	38.4	53.9	63.3	70.1	78.5
aPRDC	16.1	37.7	51.0	59.5	66.0	75.0
PCCA	19.3	48.9	64.9	73.9	80.3	87.2
KISSME	19.6	48.0	62.2	70.9	77.0	83.7
LF	24.2	52.3	67.1	76.1	82.2	87.9
SalMatch	30.2	52.3	66.0	73.4	79.2	86.0
LMLF	29.1	52.3	66.0	73.9	79.9	87.9
Ours	45.2	63.7	73.7	82.5	89.8	94.2

Table 2. ETHZ dataset(SEQ.1): top ranked matching rates in [%]

Method	r = 1	r = 2	r = 3	r = 4	r = 5	r = 6	r = 7
PLS	79	85	86	87	88	89	90
RPLM	77	83	87	90	91	92	92
SDALF	65	73	77	79	81	82	84
eBiCov	74	80	83	85	87	88	89
eLDFV	83	87	90	91	92	93	94
eSDC	81	86	89	90	92	93	94
Ours	88	93	95	96	97	98	99

It can be seen that the distance between matched pairs decreases according to increasing of the iteration number while the distance between mismatched pairs decreases.

Findings

In this paper, we proposed a novel neural network learning, or deep feature learning with mixed distance maximization, to solve the local optima problem in the person re-identification. The similarity function based on a ratio between the maximum and the minimum values of norms for two vectors was first proposed to increase the identifiability for objects whose distance constraints could not be satisfied and to normalize the objective function.

Also, the objective function is defined by means of the Bhattacharyya distance to maximize the relative distance in every triplets. The objective is to use a deep neural network that can satisfy the relative distance relationship under the Bhattacharyya coefficient.

Finally, the combination based on the product of two distances, called the mixed distance, was proposed to prevent that the relative distance comparison has possibility to induce decreasing the distances between the triplets while the distances between the matched pairs are increased during the deep learning.

Future work should be aimed at extending our method to associate with salience feature learning to achieve a more advanced person re-identification.

References

1. Liu H, Ma B, Qin L, Pang J, Zhang C, Huang Q, 2015 Set-label modeling and deep metric learning on person re-identification. *Neurocomputing*, 151 P. 1283-1292.
2. Li W, Zhao R, Xiao T, Wang X, 2014 Deep ReID: Deep filter pairing neural network for person re-identification. in: *CVPR*, P.152-159.
3. Ding S, Lin L, Wang G, Chao H, 2015 Deep feature learning with relative distance comparison for person re-identification. *Pattern Recognition*, vol.18. P.2993-3003.

UDC 004

A METHOD FOR CONSTRUCTING SPOKEN LANGUAGE CORPUS BASED ON AN IMITATION OF PARTICLES FOR KOREAN SPONTANEOUS SPEECH RECOGNITION

СПОСОБ СОЗДАНИЯ ТЕКСТОВОГО КОРПУСА НА ОСНОВЕ ПОДРАЖАНИЯ В РАСПОЗНАВАНИИ ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИЗНОШЕНИЯ КОРЕЙСКОГО ЯЗЫКА

H.C. Ri, H.S. Ri, S.H. Kim, J.H. Jong,
“KIM IL SUNG University”, Pyongyang, DPR Korea
Ли Х.Ч, Ли Х.С., Ким С.Х., Чжун Ч.Х.,
«Университет имени Ким Ир Сена», Пхеньян, КНДР

e-mail: gfstk@star-com.net.kp

Abstract. In the paper, we proposed a method of constructing a language corpus based on the imitation of spoken-style particles which are a distinctive feature of Korean spontaneous spoken language. Since it is not practical to train a spoken-style model using numerous spoken transcripts, the proposed approach generates a spoken-style text from a written-style one such as newspapers, based on characteristics of pronouncing variations of particles. Particles of abbreviated and transformed, irregular types to be imitated have proper and typical pronouncing features of spoken language. We replace particles in written-style text according to the correspondence of written particles to spoken ones, which results in spoken-style text. The language model, which is trained from spoken-style text imitating particles, significantly improved a word error rate (WER) on spontaneous speech.

Аннотация. Мы предложили метод построения языкового корпуса, который имитирует разговорные частицы, характерные для спонтанной речи корейского языка. Поскольку обучение модели разговорной речи с использованием большого количества данных транскрипций является непрактичным, наш подход генерирует текст в разговорном стиле из письменного текста, например, газет, на основе особенностей изменения произношения частиц. Частицы сокращённого, преобразованного и нерегулярного типов, которые мы стремимся имитировать, имеют характерные и типичные особенности произношения в устной речи. В соответствии с правилами соответствия письменных и устных частиц, мы заменяем частицы в письменном тексте, чтобы создать текст в разговорном стиле. Языковые модели, обученные на тексте с имитацией разговорных частиц, значительно улучшают уровень ошибок слов в спонтанной речи.

Keywords: automatic speech recognition (ASR), language model (LM), spontaneous speech, text corpus, natural language processing (NLP)

Ключевые слова: признание речи, языковая модель, звук естественного произношения, текстовый корпус, обработка естественного языка

The targets of large-vocabulary continuous speech recognition (LVCSR) research have been extended in recent years to spontaneous speech such as telephone conversations, lectures, and meetings. Large corpora of conversational telephone speech (CTS), such as Switchboard and Fisher corpora, were collected and a number of LVCSR techniques have been developed with these corpora [1, P. 905–908][2, P.

57–60]. Also, many research institutes and projects have been studying LVCSR for conversational and spontaneous speech such as meetings, lectures, public speeches [3, P. 238–247].

In some works [4, P. 1465-1468][5, P. 168-175], to resolve all of the topic adaptability and spontaneous characteristic problem of corpus, a number of Web pages on a comprehensive range topics were downloaded, and spoken-like texts were selected from the downloaded Web data, then typical linguistic phenomena such as fillers and pauses were added. But, these works focused on imitating fillers and pauses that are a part of spoken vocabulary being distinguished from written one.

In Korean, spoken language has features distinguished lexically and syntactically from written language. In [6], corresponding relationships between written and spoken-style particles that play similar grammatical functions are classified phonologically into four types and processing method for abbreviated and transformed-type particles is given.

Table 1. Corresponding relationships between written and spoken-style particles

Types	Written-style particles	Spoken-style particles	Examples
Abbreviated-type particles	는 를	ㄴ 르	나는- 난 학교를- 학골
Transformed-type particles	고 로 으로 도	구 루 으루 두	먹고- 먹구 기차로- 기차루 집으로- 집으루 동무도- 동무두
Mixed-type of abbreviated and transformed particles	이를 에서는 라는 고서는 으로는	일 에선 란 구선 으룬	영학이를- 영학일 입에서는- 입에선 쉬라는- 쉬란 신고서는- 신구선 힘으로는- 힘으룬
Irregular-type particles	다 쓰다 라 ...	아 쓰소, 쓰수다 라마, 거라 ...	막다- 막아 갔다- 갔소, 갔수다 하라- 하라마, 하커라 ...

There are indeclinable particles (e.g. "나와-나하구") among irregular-type particles, but the number of those is very small and hence we may map them manually. We consider only irregular-type declinable particles of which a phonological variability is intense.

As seen in the above sample, identical particles are not placed after verbs or adjectives in view of phonology, and so we have to know phonemic information of predicates, particularly phonemic information of last letter of predicate's stem that is combined with particles, in order to imitate spoken-style declinable particles similar

grammatically with written-style ones. Then, first of all, we should find to what extent phonemic information is necessary.

Commonly, Korean letter is represented by a consonant, a vowel and a batchim (consonant at the end of a syllable). Predicates of which last letters of stems end in the same batchim could not be followed phonologically by same declinable particles (e.g. 막다 : 막+아 (true), 먹다 : 먹+아 (false)). Such phonological phenomena could not be explained only by batchim information and hence we consider both of vowel phoneme and batchim phoneme. In Table 2, we show examples imitating irregular-type spoken-style declinable particles by phonemic information of last letter of predicate's stem.

Of course, we may employ all of consonant, vowel and batchim phoneme, but it means identical imitation for all predicates stem's last letter of which are same. If stem's last letter of predicates is employed wholly, an extensity of the imitation would be lost for predicates stem of which is one letter.

Table 2. Samples using phonemic information of last letter of predicate's stem

Phonemic information	Spoken-style irregular-type particles	Written-style particles to imitate	Imitated spoken-style particles
vowel "ㅏ" batchim "ㄱ"	막+어	적+다 씩+다 ...	적+어 씩+어 ...
vowel "ㅓ" batchim "ㄴ"	참+어	감+다 담+다 ...	감+어 담+어 ...
vowel "ㅣ" batchim "ㄹ"	모질+어	거칠+다 갈+다 ...	거칠+어 갈+어 ...

But, such as "씻+어 (true), 짓+어 (false)", there are many cases in which spoken-style particles created by using phonemic information of last letter of predicate's stem are phonologically wrong. This is not because of an incorrectness of phonemic information, and relates to phonemic composition of predicate's stem.

We analyzed contexts of predicates and classified transformations of predicate's stem into three groups as below:

First is a group of predicates which have not any transformations. Stems of predicates, such as "씻다, 먹다, 맑다", do not receive influence by next particles. We represented tags of predicates of this group as "PV (verb)" and "PA (adjective)".

Second is a group of predicates at batchim phoneme of stem's last letter of which is transformed. Predicates batchim of stem's last letter of which is "ㄷ, ㄹ, ㅂ, ㅅ, ㅎ" are transformed by next particles. For this group, we separated batchim of stem's last letter and distinguished their tags. Here, symbol "TG" indicates particle's tag.

Third is a group of predicates stem of which merged with next particles and is transformed. Variants, such as "아껴, 뺏쳐, 쓰러, 아파", occur by merger of next particle with predicate's stem. We distinguished their tags, like "아껴/PV_TG, 뺏쳐/PV_TG, 쓰러/PA_TG, 아파/PA_TG".

In this way, we classified variants of predicates' stem according to particles and applied to imitating irregular-type particles a string linked by phonemic information of last letter of predicate's stem and those tag. For example, phonemic information in Table 2 are detailed, like "ㄱ ㄱ/PV, ㅏ ㅏ/PV, ㅓ /PARR".

Because a purpose of spoken language corpora is to represent sentences as lexical units for ASR, morpheme analysis is dependent mostly on unsupervised method rather than supervised one. Therefore, POSs' tags of spoken language corpora are not as detailed as in semantic analysis. Thus, we are to employ the context of POSs, in order to detect automatically written-style declinable particles that are similar grammatically with spoken-style one.

Generally, in the Korean language, declinable particles which are placed after predicates play various grammatical functions, including prescribing to next word, altering to indeclinable POSs, ending, a parataxis and so on. Most of distinguished spoken-style declinable particles are terminative ones, thus we detected corresponding written-style terminative declinable particles by using end information of sentence(SE) that are placed after spoken-style declinable particles. Table 3 shows examples imitating irregular-type spoken-style declinable particles by using together POSs' context with phonemic information.

Table 3. Examples mapping written-style declinable particles to spoken-style ones by using phonemic information and POSs' context

written-style particles	spoken-style particles
그래+ㅂ니다	그래+야쵸
못하+ㅂ니다	못하+겠대
있+습니다	있+습디다
크+오	크+됐구만
와+ㅂ소	와+ㅂ수다
찍+자	찍+으려부나
...	...

Retrieval information of irregular-type spoken-style declinable particles applied to imitation of irregular-type particles by using phonemic information and POSs' context described above are as following: "phonemic information of last letter of predicate's stem/POS tag of predicate" + "POSs' context".

As mentioned above, tags used in morpheme analysis of unsupervised method are not detailed and thus written-style declinable particles like "라/TG", which is also terminative and but different grammatically from spoken-style particle "쓰수다/TG", are detected and replaced. Eventually, replacing of declinable particle caused meaningfully different spoken-style sentences, but we consider that these have non error phonologically grammatically and make spoken-style contexts diversified, and then are to verify through experiments.

There are various factors influencing on ASR performance. To evaluate exactly the effectiveness of proposed method, we use test data including non OOV words (close vocabulary), and fix settings of acoustic model and decoder. First, we introduce our baseline experiments and then, we present results using spoken corpus that is created based on our method. Finally, we analyze the advantages and disadvantages of our approach.

Baseline LMs are 3-gram LMs (LM01, LM02) estimated from the entire written corpus (1GByte) and spoken one (5.7MByte) in minimum and combined morpheme units. Distribution features of proper abbreviated and transformed particles of spoken language are expressed only in very small spoken corpus, thus spoken-style characteristics of baseline LMs are weak. But, their written-style characteristics are very strong, because a proportion of written corpus is absolutely very large among training corpora.

Table 4. Result of baseline experiments using minimum and combined morpheme-unit LMs

LM	Vocabulary size (K)	Written-style WER (%)	Spoken-style WER (%)	Average WER (%)
Minimum morpheme-unit LM (LM01)	54.6	0.96	28.57	14.76
Combined morpheme-unit LM (LM02)	63.6	0.34	23.95	12.14

Table 4 shows recognition results of minimum and combined morpheme-unit LMs.

In Table 4, it is self-evident that WER is lower for LM02 rather than LM01.

Here, experiments are conducted to compare recognition performances of LMs trained from various spoken corpora that are constructed based on our imitating method of spoken-style particles. To verify effects of methods for processing four types of spoken-style particles described above, experiments are passed through four steps : imitating abbreviated and transformed-type particles, creating combined morphemes, imitating mixed-type particles, imitating irregular-type particles.

In first step, spoken corpus imitating abbreviated and transformed-type particles are created from a half of written-style corpus of minimum morpheme units, and it is used to estimate LM1 together with the rest.

In second step, morph combining is done according to a combination count threshold for resulting corpus of first step, which cause some augmentation of vocabulary, and then this corpus of combined morpheme units is used to estimate LM2.

In third step, mixed-style particles are imitated for a half of second step' resulting corpus of combined units (part for the imitation of spoken-style particles), and it is used to estimate LM3 together with the rest.

In fourth step, irregular-style particles are imitated for a half of third step' resulting corpus of combined units (part for the imitation of spoken-style particles), and it is used to estimate LM4 together with the rest.

In Table 5, we summarize results of ASR experiments using LMs of four steps.

Table 5. Results of comparative experiments on LMs using imitated spoken-style corpora

LM	Vocabulary size (K)	Written-style WER (%)	Spoken-style WER (%)	Average WER (%)
LM1	54.6	1.70	26.43	14.06
LM2	64.2	1.15	23.44	12.29
LM3	65.3	1.15	22.76	11.95
LM4	65.3	1.15	22.76	11.70

In Table 5, among minimum morpheme-unit LMs, improvements of LM1's WERs than baseline LM01 are absolutely 2.14% on spoken-style test data and 0.7% on total test data, respectively.

Also, among of combined morpheme-unit LMs, improvements of WERs of LM2, LM3 and LM4 than baseline LM02 are absolutely 0.51%, 1.19% and 1.69% on spoken-style test data, respectively.

Findings

In this paper, we proposed a method for constructing spoken-style corpus from written-style one based on imitating spoken-style particles which are a distinctive feature of Korean spontaneous spoken language.

Through experiments we demonstrated that proposed method was superior from linguistic and vocal viewpoint of Korean spontaneous speech. In experiments, proposed model in minimum morpheme units achieved 2.14% absolute decrease in WER compared to baseline model, showing that it is superior absolutely to comparative model. Then proposed models in combined morpheme unit resulted in WER improvements of 0.51%, 1.19% and 1.69% absolute respectively compared to baseline model, which showed clearly the effectiveness of processing distinguished spoken-style particles.

In addition to what we mentioned here, various linguistic phenomena, including the adverb-combined particles and particle omission and anastrophe, are presented in Korean spoken language. In future, we would focus on these problems.

References

1. G. Zavaliagos, J. McDonough, D. Miller, A. El-Jaroudi, J. Billa, F. Richardson, K. Ma, M. Siu, and H. Gish, "The BBN Byblos 1997 large vocabulary conversational speech recognition system," in Proc. ICASSP, 1998, pp. 905–908.
2. T. Hain, P. Woodland, T. Niesler, and E. Whittaker, "The 1998 HTK system for transcription of conversational telephone speech," in Proc. ICASSP, 1999, pp. 57–60.
3. S. Renals, T. Hain, and H. Bourlard, "Recognition and understanding of meetings: The AMI and AMIDA projects," in Proc. ASRU, 2007, pp. 238–247.
4. R. Masumura, S. Hahm and A. Ito, "Training a Language Model Using Web Data for Large Vocabulary Japanese Spontaneous Speech Recognition," in Proc. Interspeech, 2011, pp. 1465-1468.
5. X. Hu, S. Matsuda, C. Hori and H. Kashioka, "Collecting Colloquial and Spontaneous-like Sentences from Web Resources for Constructing Chinese Language Models of Speech Recognition," *Journal of Information Processing*, vol. 21, no. 2, pp. 168-175, 2013.
6. Hyokchol, R. (2021). A method for constructing Korean spontaneous spoken language corpus based on an imitation of abbreviated and transformed particles. *International Journal of Speech Technology*, <https://doi.org/10.1007/s10772-021-09937-6>.

MULTI-DOCUMENT SUMMARIZATION BASED ON ITERATIVE MODEL FOR SENTENCE SCORING

РЕЗЮМИРОВАНИЕ МНОЖЕСТВЕННЫХ ДОКУМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ИТЕРАТИВНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ПРЕДЛОЖЕНИЙ

Man Hung Jong, Ye Hwa Kim, Kang Gwon Ryom,
Faculty of Information Science,
“Kim Il Sung University”, Pyongyang, DPR Korea
Чон Ман Хун, Ким Е Хва, Рём Ган Гвон,
Факультет информационной науки,
«Университет имени Ким Ир Сена» г. Пхеньян, КНДР

e-mail: gfstcn@126.com, gfstk@star-com.net.kp

Abstract. In this paper, we propose a novel multi-document extraction summarization method based on how to generate a single document from a document collection and implement a summary of the generated single document. The generation of single document is realized by filtering out redundant sentences from a given document collection. The single document summarization covers three important processing of a summary: sentence embedding, sentence scoring, and sentence clustering. The sentence embedding is the process of representing a sentence as a vector. The sentence scoring is modeled by a novel iterative scheme and sentence clustering is done by Mean Shift clustering. After Applying Mean Shift Clustering, we select the summary sentences from each cluster according to the summary rate and order summary sentences with group-level and sentence-level method. The experiments are performed on Korean dataset KADS2019. The experimental results show that the proposed approach is viable and effective for multi-document summarization.

Аннотация. В этой статье мы предлагаем новый метод резюмирования множества документов на основе способа, при котором создаётся один документ из совокупности документов и затем резюмируется. Создание одного документа выполняется с фильтрацией оставшихся предложений из данной совокупности. Процесс резюмирования состоит из трёх этапов: встраивание предложений, оценка предложений, кластеризация предложений. Встраивание предложений — это процесс представления предложений в виде векторов. Оценка предложений моделируется с помощью итеративной схемы. После применения метода сдвига среднего для кластеризации на уровне резюмирования предложения отбираются и ранжируются. Эксперименты проводятся на базе данных корейского языка KAD2019. Результаты эксперимента показывают, что предложенный метод является эффективным и применимым для резюмирования множества документов.

Keywords: Single document summarization, Multi-document Summarization, Mean Shift Clustering, Sentence Ordering, Embedding

Ключевые слова: Резюмирование единственного документа, Резюмирование много-документов, кластерование среднего сдвига, ранжирование предложений, встраивание

Document summarization occupies a very important position in many information systems and natural language processing applications. In the situation of an increase of documents with the rapid growth of the Internet over the years, document summarization has become an important task. The general categories of document summarization are extractive and abstractive. [9, P. 28-36] An extractive method produces the summary by extracting the relevant sentences from the document, whereas abstractive method rephrases the original text or generates new sentences from the set of words in the text for summarization. From the aspect of number of documents, a summarization technique can be designed for a single document or multi-document contents. [3, P. 93-21] The single document summarization extracts the information from a single document, while the multi-document summarization extracts the information from the multiple documents of the same topic. The multi-document summarization is a useful solution to the exponential growth of information on the Internet. [2] Document summarization has so far been widely studied in both the natural language processing field and the information retrieval field. The multi-document summarization can be considered as an extension of single document summarization. [5, P. 631-635]

We target our analysis on extractive summarization applied to document collection. The paper is organized as follows: Section 2 is about the preceding related studies. Section 3 is concerned with the details of the approaches presented in the paper, and Section 4 shows the results of experiments and their evaluation. The paper ends with findings in Section 5.

Related work.

Multi-document extraction summarization has issues like extraction and ordering of summary sentences.

The extracting summary sentences, the first task of document summarization, have already been conducted quite a lot. [9, P. 3-21] There are several approaches to extraction of summary sentences, namely frequency-based approach, feature-based approach and graph based approach. In frequency-based text summarization, it was assumed that important words will be repeated many times, compared to the other words in the document. From this assumption, Luhn expressed the importance of sentence by using word frequency. Since then, many of text summarization systems have used frequency-based approaches in extraction process of important sentences. One of the natural methods to determine the importance of a sentence is to identify the features that reflect the relevance of the sentence. To determine the sentence

relevance, Pradeepika Verma and Hari Om are used features as follows: Sentence position, Sentence length, Sentence similarity, Sentence containing title words, Sentence containing numerical data, Number of proper noun, Sentence with frequent words, and Sentence significance. [6, P. 43-56] The weights of text features are assigned by a new meta-heuristic approach SSO. SSO is a new meta-heuristic approach proposed by [1, P. 97-116]. Many researchers have tried to generate the summary sentences using approaches based on graph. Xiaojun Wan suggested a novel unified approach to simultaneous single document and multi-document summarizations, when a document set is provided. [10, P.1137-1145] Here are used local saliencies of the sentence indicating the importance of a sentence in an individual document and global saliencies of the sentence indicating the importance of a sentence in document collection.

The second task of multi-document summarization is to order extracted summary sentences. In multi-document summarization, summary sentences are extracted from document collection. Therefore, the optimal ordering of those extracted summary sentences to create a coherent summary is not obvious. Renxian Zhang suggested the approach to ordering summary sentences based on clustering in which local and global relations are incorporated out of the intention to enhance the readability of summary sentences. [8, P. 6-11] James Gung et al. introduced the technology of considering weight to the traditional technology of sentence ordering, thus taking a look into the summarization of historical articles using temporal event clustering. [5, P. 631-635]

In the paper, under the assumption that score of a sentence that is closely related with the sentences of high score have also high score, we compute the sentence score.

The proposed multi-documents summarization.

We first generate a single document including summary candidate sentences by filtering out redundant sentences from a given document collection using approach proposed in [6, P. 43-56], and then multi-document summary is formed by summarizing the generated single document. Finally, the summary sentences are ordered.

The single document summarization is given as follows: Using the embedding of words contained in a sentence, the sentence embedding is found. After finding the sentence embedding, an iterative scheme for computing the scoring of sentences using similarity between embeds is presented. Mean Shift clustering is used to cluster coherent sentences together. In each cluster, the pairs of sentences that have a high score and a low similarity between sentences are selected as summary sentences with a given summary rate.

1) The sentence embedding using neural networks

We obtain the embedding of a sentence using an auto-encoder. An auto-encoder is an unsupervised neural network which is trained to reconstruct a given input vector from its latent representation ([4, P. 75-83]). It can be considered as a

neural network with the input layer, the latent layer, and the reconstruction layer. An auto-encoder contains encoder and decoder. The encoder maps an input vector $x \in R^m$ to the latent representation $x' \in R^{m'}$ via an activation function. The decoder maps the latent representation x' back to a reconstruction $\hat{x} \in R^m$ via another activation function. The training objective is the determination of parameters that minimize the reconstruction error over an input vector $x \in R^m$. Here loss function L is the L_2 norm of the differences between the input vector and the reconstructed vector. For each sentence $s = (w_1, w_2, \dots, w_m)$ with m words, we assume that the word embedding is found. Thus, we can define a word concatenation vector E_s of sentence s by the concatenation of the word embedding vector $w_i \in R^d$. The word concatenation vector is used as the input of the auto-encoder considered previously, and the latent representation is used as the sentence embedding.

2) An extraction of summary sentence

We introduce a summary of a single document generated via filtering out redundant sentences from a document collection. Extraction of summary sentences involves three stages: sentence scoring, sentence clustering by scoring, and selection of summary sentences.

The sentence score is calculated under the assumption that the sentence that is closely related with the sentences having high sentence score is important. Hence, we propose an iterative-model for sentence score as follows:

$$E(s_i) = \alpha \sum_{j \neq i}^m sim(s_i, s_j) E(s_j) + \beta W_B(s_i), \quad 1 \leq i \leq n \quad (1)$$

$$\alpha, \beta \in [0, 1], \quad \alpha + \beta = 1$$

$E(s_i)$ is the score of sentence s_i . If $E(s_i) < E(s_j)$, then sentence s_j is regarded as more important than sentence s_i . $W_B(s_i)$ is the base-score of sentences s_i , and sim is cosine similarity between sentence embedding.

The base-score of sentences s_i is calculated as follows:

$$W_B(s_i) = \gamma \times Score_{CF}(s_i) + (1 - \gamma) \times Score_{SF}(s_i) \quad (2)$$

In equation (3), $Score_{CF}(s_i)$ represents sentence score calculated by the collaborative filtering word frequency prediction and $Score_{SF}(s_i)$ represents sentence score calculated by the optimal weights sum of sentence features.

Equation (1) can be written in matrix form as follows:

$$(I - \alpha W) \overset{\forall i}{E} = \beta \overset{\forall i}{B} \quad (3)$$

We set the parameter α small such that the coefficient matrix is a strictly diagonal dominance matrix. The matrix $(I - \alpha W)$ is a strictly diagonally dominant matrix and the solution of the equation (2) exists.

We select summary sentences according to the following procedure. First, we cluster the sentences of a single document using Mean Shift clustering based on sentence scores. Next, from each cluster, select the pairs of sentences that scoring is greater than average score of the sentences belonging to the generated single document and similarity is small than threshold value $R \in (0, 1)$. We note that the scores of each sentence in the selected sentence pairs are large, but the content meaning

between the sentences may be different. Finally, we construct a summary document with the sentences selected from each cluster.

3) Ordering of Summary Sentences

The ordering of summary sentences is implemented through two steps. The first step is the cluster-level ordering and the second step is the sentence-level ordering. Our approach to ordering is similar to [8, P. 6-11], but it is distinctive of the methods in which the first cluster in cluster-level and the first sentence within cluster are decided.

The first cluster G_1 is decided by the assumption that the cluster including more sentences which is located in the prior order in the document will be the one of the prior order.

The sentence which has the minimum cosine similarity with all the sentences in cluster G_2 is selected as first sentence s_{11} in cluster G_1 . The sentence which has the maximum cosine similarity with all the sentences in cluster G_{i-1} is selected as first sentence s_{i1} in cluster $G_i (i \neq 1)$.

Experiments and evaluation.

In this paper, we used Korean article dataset KADS2019 as experimental data. The parameter γ of Eq. (2) and similarity threshold R is chosen as 0.6 and 0.75 respectively. The number of iterations to find the approximate solution of Eq. (3) by the Gauss-Seidel iteration method was set to 2 and the parameter α is automatically chosen so that the coefficient matrix is diagonal dominance matrix. Here the informativeness and ordering of summary sentences has been evaluated in the context of multi-document extractive summarization task.

The Informativeness evaluation of multi-document extractive summarization has been evaluated with ROUGE-1 and ROUGE-2. We have compared the proposed method (IMCFSF) with two other methods: MDSCSA and MCRMR. MDSCSA is Cuckoo search based multi-document summarizer proposed in [7]. MCRMR is method for multi-document summarization that covers coverage, non-redundancy, and relevancy proposed in [6, P. 43-56].

Table 1 (Table 2) shows ROUGE-1 (ROUGE-2) of recall, precision and F-measure for the proposed approach with the related techniques.

Table 1. ROUGE-1 scores of multi-summarization

Method	Recall	Precision	F-measure
MDSCSA	0.39688	0.38567	0.39119
MCRMR	0.45856	0.43408	0.44598
IMCFSF	0.51210	0.48942	0.50050

Table 2. ROUGE-2 scores of multi-summarization

Method	Recall	Precision	F-measure
MDSCSA	0.12268	0.18172	0.14647

MCRM	0.13621	0.24401	0.17483
IMCFSF	0.17496	0.27930	0.21515

As metric for evaluating the ordering of summary sentences, Kendall's τ -metric, AC-metric, and P-AC is used. In AC-metric and P-AC, we set $k = 4$ and $\varepsilon = 0.01$. For comparison, used a Baseline-1 and Baseline-2. Baseline-1 is the approach based on assumption that sentence that has highest position in the original document is selected as the first sentence of the summary and the sentence which is most similar to the first sentence in the summary is positioned as second. Baseline-2 is the approach of ordering driven by global and local coherence for summary sentence using k-means clustering of summary sentences. Table 3 shows τ -metric, AC-metric, P-AC for the proposed approach with the related techniques.

Table 3. Efficiency of the ordering of summary sentences

Method	τ -metric	AC-metric	P-AC
Baseline-1	0.4152	0.1876	0.0312
Baseline-2	0.4201	0.1927	0.0332
Proposed Method	0.4371	0.2123	0.0390

Findings

In this paper, we discussed a multi-document summarization approach ordering summary sentences by improved greedy method after extracting summary sentences through the process of sentence embedding, sentence scoring and clustering. Through the experiments of Korean article datasets KADS2019, we have proved the efficiency of the approach presented in the paper.

References

1. Abedinia, O., Amjady, N., & Ghasemi, A., 2016. A new metaheuristic algorithm based on shark smell optimization. *Complexity*, 21(5), pp 97–116
2. Asma Al-Saleh and Mohamed El Bachir Mena, 2018. Solving Multi-Document Summarization as an Orienteering Problem, *Algorithms*, 11, 96; doi: 10.3390/a11070096 www.mdpi.com/journal/algorithms.
3. Ahmed M. El-Refaiy, Ahmed R. Abas, and Ibrahim M. El-Henawy, 2019. Determining Extractive Summary for a Single Document Based on Collaborative Filtering Frequency Prediction and Mean Shift Clustering. *IAENG International Journal of Computer Science*, vol.46, no. 3, pp 3-21.
4. Guangyou Zhou, Yin Zhou, Tingting He, Wensheng Wu, 2016. Learning semantic representation with neural networks for community question answering retrieval, *Knowledge-Based Systems* 93 pp 75–83.

5. James Gung and Jugal Kalita, 2012. Summarization of Historical Articles Using Temporal Event Clustering, 2012 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, pp 631–635, Montreal, Canada, June 3-8.
6. Pradeepika Verma, Hari Om, 2019. MCRMR: Maximum coverage and relevancy with minimal redundancy based multi-document summarization, Expert Systems With Applications 120. pp 43–56.
7. Rasmita Rautraya, Rakesh Chandra Balabantaray, 2017. An evolutionary framework for multi document summarization using Cuckoo search approach: MDSCSA, Applied Computing and Informatics, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aci.2017.05.003>.
8. Renxian Zhang, 2011. Sentence Ordering Driven by Local and Global Coherence for Summary Generation, Proceedings of the ACL-HLT 2011 Student Session, pp 6–11, Portland, OR, USA 19-24. June © 2011 Association for Computational Linguistics.
9. Saiyed Saziyabegum, G. H. patel PG, 2016. Literature Review on Extractive Text Summarization Approaches, International Journal of Computer Applications(0975-8887)Volume 156- No 12, pp 28-36.
10. Xiaojun Wan, 2010. Towards a Unified Approach to Simultaneous Single-Document and Multi-Document Summarizations, Proceedings of the 23rd International Conference on Computational Linguistics (Coling 2010), pp 1137–1145, Beijing.

UDC 004

IMPLEMENTATION METHOD OF ENTERPRISE SERVICE BUS SUPPORTING RESTFUL WEB SERVICES COMPOSITION

РЕАЛИЗАЦИЯ СЕРВИСНОЙ ШИНЫ ПРЕДПРИЯТИЯ, ПОДДЕРЖИВАЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИЮ ВЕБ-СЕРВИСОВ REST- ПОДХОДА

Nam Hyok Jo, Song Sun Jo, Kwang Myong Jo,
Faculty of Information Science,
“Kim Il Sung University”, Pyongyang, DPR Korea
Чо Нам Хёк, Чо Сон Сун, Чо Гван Мён,
Факультет информационной науки,
«Университет имени Ким Ир Сена» г. Пхеньян, КНДР

e-mail: gfstcn@126.com, gfstk@star-com.net.kp

Abstract. Web service composition is becoming one of the most appropriate methods in implementing enterprise application integration. In the paper, we propose a method to make the enterprise service bus(ESB) to support heterogeneous web

service composition(This includes the RESTful web service as well as SOAP web service). In the paper, we analyse the characteristics of RESTful web services in aspects of service composition and present a business process execution algorithm and RESTful web service call algorithm based on the formulation of business process supporting SOAP and RESTful web service composition. Basing ourselves on the previous approach to extend the BPEL execution engine and invoke RESTful web services directly, and adding to it different content-types of RESTful web services and the way to map the data transferred to the path parameters to XML-based BPEL, we formulate the business process and newly extend the processing algorithm of the business process execution engine. At the end, we apply the suggested method for constructing the intelligent hospital information system and evaluate the effectiveness of web service composition.

Аннотация. Композиция веб-сервисов становится одним из наиболее подходящих методов для реализации интеграции приложений предприятия. В этой статье предложен новый подход к созданию сервисной шины предприятия, чтобы поддерживать композицию разнородных веб-сервисов, включая веб-сервис REST-подхода, а также веб-сервис простого протокола доступа к объектам (SOAP). В этой статье мы анализировали свойства веб-сервиса REST-подхода с точки зрения композиции сервисов и представляем алгоритм выполнения бизнес-процесса и вызова веб-сервиса REST-подхода на основе формулировки бизнес-процесса поддерживающего композицию веб-сервиса SOAP и REST-подхода. На основе предыдущего подхода для улучшения механизма выполнения BPEL, прямого вызова веб-службы REST-подхода и дополнительного добавления разных представлений данных веб-службы REST-подхода и способы для соответствия данных преобразованных в параметры пути в BPEL основанный на XML, мы формулируем бизнес-процесс и вновь расширяем алгоритм механизма выполнения бизнес-процесса. В конце мы применили данный метод к построению интеллектуальной системы медицинского обслуживания и оценили эффективность композиции веб-сервисов.

Keywords: RESTful web service, Enterprise Service Bus, Web Services composition, business process execution algorithm

Ключевые слова: Веб-сервис REST-подхода, Сервисная шина предприятия, Композиция веб-сервисов, Алгоритм выполнения бизнес-процесса

The researches to construct the complex intelligent hospital information system (this system includes sub-systems such as EMRS (Electronic Medical Record System), CPOE (computerized provider of entry), NIS (Nursing Information System), LIS (Laboratory Information System), PIS (Pharmacy Information system), and HRPS (Hospital Resource Planning System is in process [5, P. 459-528].

The development of the information system is being carried out based on ESB which supports the implementation of the service oriented architecture as it requires a constant update of an enterprise system.

As the existing ESB which we are going to apply for intelligent medical service system only supports SOAP-based web service composition, it can't easily be applied to the integration of intelligent medical service system where the majority of the web services are RESTful. Therefore the existing ESB should be expanded to support RESTful web service composition as well as traditional SOAP web services.

This paper suggests the service composition method for SOAP and RESTful web services from a viewpoint of constructing intelligent medical service system.

Service providers have recently started using RESTful services to make service provision and consumption easy and it is possible to support different forms of information integration of application systems by implementing the composition of RESTful services and SOAP-based web services[2, P. 851-866 3, P. 1-4 4, P. 142-159].

Business process involves the flow and use of information and resources as a set of activities that define the steps required to achieve the corresponding business goal.

In order to enable an ESB to synthesize not only SOAP web services but also RESTful Web services to define and execute business processes, it is necessary to define a dedicated activity node for the RESTful web service call and update the BPEL engine to configure and execute business processes using it. First, the components for registering RESTful web services include URI, method, path parameter type, input content-type and input parameters, output content-type and output parameters. In the case of SOAP web services, only the URL that reflects the location information of the service and WSDL that reflects all the information of the service should be registered, but in the case of RESTful web services, the URI that reflects the location information of the service, the standard HTTP methods provided by the service, the path parameter type information, the input and output parameters, and its content-types should be registered.

Second, the main content-type used in RESTful web services is Json, and in addition to using Xml and Form content-type. The business process composed of SOAP Web services represented the input and output data of SOAP Web services based on XML, and the data processing was performed using XPath and XSLT. However, as JSON is used as the main content-type of RESTful web services, it is necessary to implement the functionality of interactive data transformations between XML and JSON to perform the I/O process related to service call within the business process.

Third, the RESTful web service implements a service method based on stateless operations (CRUD: Create, Read, Update, and Delete) and thus the service execution mode proceeds in a synchronous manner. As the service call of the RESTful web service takes place in a synchronous manner, unlike the SOAP Web service, if the service call fails, the service call must return the service call result to

the call side of the business process rather than stop the execution of the business process.

The formulation of a business process that supports RESTful Web service composition is of great importance in updating BPEL and the BPEL execution engine that runs it without adversely affecting the core function and performance indicators of the existing ESB.

As analysed in previous work, among Web service composition methods based on SOAP and RESTful web services, the method of directly invoking RESTful services by extending the BPEL of the corresponding ESB has the advantage that it is a relatively simple method that can fully implement the diversity of REST web services by adding information that can represent RESTful web services to the existing BPEL language and adding rules that can interpret and execute it to the BPEL execution engine[1, P. 110-119, 2, P. 851-866].

However, the previous approach to directly invoke RESTful services by extending the BPEL execution engine did not propose a way to map different content-types (JSON, XML, and FormData) of RESTful web services to XML-based BPEL in the context of service composition, the most core of the functions of the ESB. It also did not discuss how to handle data transferred to path parameters in RESTful web services. If the previous approach is applied, it is impossible to use data transmission by the inherent route parameters of RESTful web services or different content-types, but it makes it possible to perform service composition only for XML content-type on a fixed path.

Hence, basing ourselves on the previous approach to extend the BPEL execution engine and invoke RESTful web services directly, and adding to it different content-types of RESTful web services and the way to map the data transferred to the path parameters to XML-based BPEL, we formulate the business process and newly extend the processing algorithm of the business process execution engine.

[Definition 1] The business process is defined as a set of activities, a set of transitions, a set of variables, a set of SOAP web service call interfaces, and a set of RESTful web service interfaces as follows.

$$BP = \{ Acts, Trs, Ds, W, R \} \quad (1)$$

Acts: A set of Activities that form a business process

Trs: A set of Transitions that connect between Activities

Ds: A set of DataField to implement the processing logic of a business process

W: A set of SOAP Web service call Interfaces (WsInterface: WI)

R: A set of RESTful web service call interfaces (RESTful Interface: RI)

The services used in the business process must be registered in W and R respectively as service call interfaces before the definition of the business process.

[Definition 2] An activity node is defined as a set of names, identifiers, types, attributes, association types, and position as follows.

$$Activity = \{ name, id, type, ActivityAttr, joinType, pos \} \quad (2)$$

name, id: The name and identifier of the activity node.

type: is an element of Types (set of types of nodes) and is defined as follows.

Types = { START, END, ROUTE, INVOKE, RECEIVE, TRANSFORM, REST }

ActivityAttr: As a set of node attributes according to the type of activity, the following are:

$$\text{ActivityAttr} = f(t \in \text{Types}) = \{s_i \mid i \in \mathbb{N}, s_i \in \text{AttrS}\}$$

AttrS is an entire set of node attributes as follows.

$$\text{AttrS} = \{\text{ActLogic}, \text{PreTrans}, \text{AfterTrans}, \text{ErrorAct}, \text{CorSet}\}$$

The meaning of the function f indicates that the node attributes change according to the activity node type, and the $\text{ActivityAttr} \subseteq \text{AttrS}$ relation holds true.

joinType: It is an element representing the joint type of activity node and is defined as following.

Enum(AND, XOR)

- pos: In the edit state, the positions of the top left and bottom right corner points of the activity node are shown as following.

$$\text{pos} = (\text{leftX}, \text{leftY}, \text{rightX}, \text{rightY})$$

[Definition 3] The RESTful web service call interface (RESTInterface ; RI) is defined as a set of service ids, service name, service description, URI, service method, parameter type, input content-type, input parameters, output content-type, and output parameters, as following.

$$\text{RI} = \{\text{id}, \text{name}, \text{des}, \text{URI}, \text{Method}, \text{ParamType}, \text{InputMediaType}, \text{OutputMediaType}, \text{OutputParam}\} \quad (3)$$

- URI: The call address of web service
- id, name : The id and name of RESTful web service
- des : RESTful web service description

Method : A set of methods (opi) of RESTful web service

$$\text{Method} = \{\text{op1}, \text{op2}, \dots, \text{opn}\}, n \in \mathbb{N}$$

ParamType: The parameter type of RESTful web service

$$\text{ParamType} = \{\text{QueryParam}, \text{PathParam}, \text{MatrixParam}, \text{HeaderParam}\}$$

InputMediatype, OutputMediatype: The input and output content-type of RESTful web service.

$$\text{InputMediatype}, \text{OutputMediatype} = \{\text{json}, \text{xml}, \text{form}\}$$

- InputParam, OutputParam : Input and the output parameter name of RESTful web service.

The formulation of the business process that supports SOAP and RESTful web service composition functions generates a relevant data structure for the definition and implementation of the business process.

Based on the formulation of the business process supporting SOAP and RESTful web services composition, we propose the main algorithm of the Business Process Execution Language (BPEL) Engine and the service call method of the RESTful web service activity. The main algorithm of the business process execution engine that supports service composition of SOAP and RESTful web service is as follows.

Step1, Creates the relevant business process. In this step, we initialize the business process instance and then move to step 8.

Step2, Sets the activity node instance. In this step, we check whether there is an activity node instance to be executed and set up.

Step 3, Check the time exceeding.

Step 4, Perform a pre-transformation for web service call. In this step, if the transformation before web service call is valid, perform a pre-transformation.

Step 5, Invoke the relevant web service. A detailed method of RESTful web service call is described in the following section of the execution algorithm of the RESTful web service activity.

Step 6, Perform transformation after web service call. In this step, we perform post-transformation if the transformation after web service call is valid.

Step 7, If an error occurs, the error condition is checked. In this step, the error condition is evaluated and the corresponding processing is performed.

Step 8, Check the transition condition. In this step, we determine the transition condition and then the activity instances to be executed.

Step 9, Do the final check. In this step, we check whether there is an END activity node.

Step 10, Complete the execution of the business process. In this step, we set the process instance to completion and finish.

Based on the main algorithm of the business process execution engine, update the BPEL engine of the ESB.

We have evaluated the accuracy of definition and implementation of business process based on registration of RESTful web services. To do this, we have registered more than 200 RESTful services provided by more than 30 different business systems developed in Java, PHP, and C++ languages and analysed their feature details (Table 1).

Table 1. Details of registered RESTful web services.

Index name	Sub index	Count(%)
MethodType	GET	66
	POST	31.6
	PUT	1.2
	DELETE	1.2
ParameterType	PathParam	4.2
	QueryParam	89.2
	PathParam, QueryParam, MatrixParam	6.6
Input data type	JSON	75.2
	Form	24.8
Output data type	JSON	95.6
	XML	3.2
	Form	1.2

As shown in the table, we can see that the function of registration of RESTful web services provided by the ESB system accurately reflects all details of RESTful.

The business process call performance of an ESB system supporting SOAP and RESTful web service composition is as follows (Table 2).

Table 2. Performance indicators of process call.

Case	Process call count	Success Rate (%)	Average time (ms)	Maximum time (s)	Max data size (MByte)	CPU usage (%)	Memory usage (%)	Network traffic (Mbps)
1	100,000	99.81	150	1.23	8.5	18	65	0.8
2	250,000	99.83	180	1.25	8.5	23	68	1.2
3	500,000	99.85	200	1.23	8.5	45	70	1.42
4	750,000	99.89	200	1.24	8.5	50	72	2.2
5	1,000,000	99.98	200	1.23	8.5	48	72	2.02

As shown in the table, we can see that the average time of the business process is 200 ms, which fully satisfies the characteristics of RESTful web service that makes synchronous call. It also shows that the consumption of system resources is very stable at certain limits.

Findings

This paper introduces the methods and their algorithms to extend the ESB that provides only SOAP-based web service composition so as to support RESTful web service composition.

In this paper, our study is focussed on building a business process execution engine and updating BPEL that can directly invoke RESTful web service. Future study will include proposing methods for enhancing the load distribution and exception throughput of business process execution.

References

1. Haupt F, Fischer M, Karastoyanova D, Leymann F, Vukojevic-Haupt K. 2014. Service composition for REST. In: Proceedings of the 18th international enterprise distributed object computing conference (EDOC). September: P. 110-119.
2. Pautasso C. 2009. RESTful Web service composition with BPEL for rest. *Data Knowl Eng* 2009; 68(9): P. 851-866.
3. Peng Y, Ma S, Lee J. 2009. REST2SOAP : a framework to integrate SOAP services and RESTful services. In: Proceedings of the international conference on service oriented computing and applications (SOCA). 2009. P. 1-4.
4. Pautasso C. 2009. Composing RESTful services with JOpera. In: Bergel A, Fabry J, editors, *Software composition. Lecture notes in computer science*, 2009. Vol: 5634: P. 142-159.

5. 李兰娟. 2015. “新型智能医院”, 科学出版社 医药卫生出版分社. P. 459-528.

UDC 004

EFFECTIVE USE OF WEB3D VIRTUAL CHEMISTRY LABORATORY IN CHEMICAL EDUCATION

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ WEB3D В ХИМИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

P.C. Ryong¹, P.U. Hak, Y.I. Nam, K.N. Il, K.T. Gwon, Kim Yon Ok,
¹Department of Chemistry Technology,
²Kim Chaek University of Technology,
Pyongyang, DPR Korea

¹Рён П.К., Хак П.У., Нам Ю.И., Иль К.Н., Гвон К.Т., Ён Ок Ким,
Кафедра химической технологии,
Технологический университет Ким Чаек,
Пхеньян, КНДР

e-mail: CR.Bang@star-co.net.kp

Abstract. It is being extensively argued that virtual laboratory helps students with experiment and improves recognition ability and encourages their interests for experiment to be helpful to their schooling.

We have proposed Search and Verification (S&V) which can be regarded as a method to find out the most reasonable experiment plan, which has maximum efficiency in order to combine virtual experiment and actual one in chemistry laboratory. And we have also introduced Web 3D virtual chemical laboratory based on the proposed method.

Search and Verification method consists of 3 steps in all-there are steps of setting problem, searching experiment plan and verification of experiment.

(1) The first step sets the aim of virtual laboratory as the method which finds out the most reasonable plan to improve the efficiency of the laboratory experiment

(2) The second step is to learn about how we constitute the experiment process and operating method, and find out the most reasonable experiment plan through sufficient simulation in Web3D VCL (Web3D Virtual Chemistry Laboratory).

(3) The last step is to verify the reasonable experiment plan from virtual laboratory in actual laboratory and achieve the aim of experiment.

We have introduced this method into the basic subjects - chemistry, organic chemistry and analytical chemistry.

As a result of that, the students` practical ability has been remarkably improved.

Keywords: Web3D Application, Search and Verification method, virtual chemistry experiment, remote education, chemical education

Introduction.

In the contemporary education, information, communication, and technology (ICT) plays an important role in teaching and most schools and universities have been using related techniques.

Especially, experiment in chemical education is indispensable to professional skills and apart from experiment, there is no review and no consolidation of knowledge from their lesson and we can never train any ability for ability to create and put into practice.[1,2]

The present condition for experiment is not sufficient and perfect due to the lack of laboratory instruments, time limitation in lab work and lack of experienced tutors.[3,4]

In addition, there are various kinds of experiments such as process experiment and harmful experiment.

They are difficult to observe the result of experiment in certain time or they emit harmful gases and what is more, there are few chances for students to experiment with very expensive laboratory instruments.[5-7]

ICT in experiment education has enabled students improve practical ability to overcome these difficulties.

One of the typical successes is virtual laboratory.

Virtual laboratory is a collection of multimedia-based laboratory instruments that interacts with users and software with computer to simulate all works in the laboratory as if the user is actually experimenting in the laboratory.[8]

There is a growing body of research to improve education methods and improve students` practical ability using virtual laboratories in experiment education.

Especially, web-based virtual laboratories have been being developed and used extensively.

In response to the COVID-19 pandemic situation, many countries are planning to build virtual laboratory environments that students can use without any limit of time and place on the network and achieve learning goals.[9,10]

There are also many virtual laboratories that have applied various types of teaching methods.

For example, there are virtual chemistry laboratories applying guided inquiry-based approach[9] and virtual physics laboratories[5] that apply an evaluation system consisting of multiple selection queries (MCQs) and problems on the particular subject area.

It has been argued that virtual laboratories can effectively replace actual laboratories when schools are closed by the spread of pandemic epidemics such as COVID-19, and that they are also effective tools for actively experimenting by raising interest in experiments before laboratory experiment and making them familiar with laboratory environment.

However, there is little discussion of using virtual lab and actual laboratory as an effective tool to increase the efficiency of laboratory experiment by organically combining virtual lab with actual one.

We aimed to find the detailed ways which effectively combine virtual laboratory works with actual laboratory works in the act of teaching chemical experiment, to render vivid various chemical experiment process.

We have proposed Search and Verification method and a virtual laboratory design requirement for implementing it and introduced Web3D VCL that implements design requirements. And also, we have analyzed the effectiveness of the Search and Verification method.

Virtual Laboratory Design Requirements.

Search and Verification method is to combine virtual laboratory work and actual one effectively.

It is very important to design virtual laboratory so that all the factors in laboratory experiment can be considered enough.

For such educational purpose, the design requirements for virtual laboratory media can be set as follows:

First, there must be a scientific simulation function to find a reasonable solution that maximizes the efficiency of a given experiment in a virtual laboratory.

Second, it must be designed in 3D so as to truly reflect reality.

Third, it should be developed for web applications for convenience in terms of scalability and portability.

Fourth, it should be possible to evaluate the result of virtual experiment.

Fifth, it should be a system including history management function so that it can be used in remote education.

Web 3D Virtual Chemistry Lab.

Base on the design requirements for virtual chemistry laboratory development, we used the X3DOM framework which is high-grade of Web3D technology.

X3DOM is an open source JavaScript framework which can create declarative 3D scenes on Web pages without installing any plugin in Web browser.

This framework can be considered as a suitable Web3D technology for developing Web3D VCL because there are useful nodes including extrusion and clip node used in modeling fluids with the help of sectional technology and pressing technology.

For example, changing shape effect of the fluid according to the tilt angle of reagent bottle was actualized using Clip node.

```
<Transform id="HCl1" translation="5 0 2">
  <Transform>
    <ClipPlane id="HCLClip" plane="0 -1 0 2.45" cappingColor="0.5 0.34
0" cappingStrength="4"></ClipPlane>
    <Transform id="HCLiquid" rotation="0 0 1 0" center="0 2.15 0">
      <Inline url="/VEpublic/S04/models/bottle_liquid.x3d" />
    </Transform>
  </Transform>
  <Transform id="HClBody" rotation="0 0 1 0" center="0 2.15 0">
    <Inline url="/VEpublic/S04/models/bottle_body.x3d" />
  </Transform>
  <SphereSensor id="HClSS" enabled='false' autoOffset='false'
onoutputchange='processRotation(event);'>
  </SphereSensor>
</Transform>
```

It is important to set appropriate position, color and influence region of section suitable for size and content of objects. And the sections must not rotate when reagent bottle is tilted.

Then, we have mathematically modelled research results to secure scientific accuracy of all experiments conducted in web 3D virtual chemistry laboratory and reflected those modelling into program.

For example, in the “electrolytic refining of copper” experiment, the following results are reflected:

The electrolytic efficiency with the concentration of Cu^{2+} in the liquid is mathematically modeled and the experiment conditions are: sulfuric acid concentration of 130g/l, current density of 350A/m², electrolytic temperature of 60±5°C, and electrolytic time of 1h.

The results of electrolytic experiments with increasing Cu^{2+} concentration in the liquid from 10g/l to 90g/l by 20g/l are shown in Table 1.

Table 1. Electrolytic efficiency versus concentration of Cu^{2+} in liquid

Number	Cu^{2+} concentration in liquid, g/l	Electrolytic efficiency, %
1	10	82.80
2	30	91.80
3	50	93.35
4	70	78.29
5	90	63.24

In addition, the electrolytic efficiency with the concentration of sulfuric acid in the liquid is reflected by the mathematical modeling of the following results.

The experiment conditions are current density 350A/m², Cu^{2+} concentration in liquid 50g/l, electrolytic temperature 60±5°C, and electrolytic time 1h.

The results of electrolytic operation with varying sulfuric acid concentration of 80g/l, 130g/l and 180g/l are shown in Table 2.

Table 2. Electrolytic efficiency with sulfuric acid concentration

Number	Concentration of sulfuric acid in liquid, g/l	Electrolytic efficiency, %
1	80	90.34
2	130	93.35
3	180	96.36

When the virtual experiment is completed, relevant information, including virtual experiment results, virtual experiment execution time, the number of virtual experiment execution, and pass state, is immediately sent to the server and stored in history, and teachers can browse students' virtual experiment progress status in real time.

The individual virtual experiment largely consists of pre-test preparation, main virtual experiment and virtual experiment evaluation steps.

In the pre-test preparation, we can learn the basic knowledge of experiment, purpose of experiment, theoretical basis, laboratory instruments and reagents, and warnings in experiment before virtual experiment.

In the main virtual experiment stage, we perform virtual experiment looking at experiment tasks on the right side of the screen.

In the virtual experiment, error messages for wrong operations, implicit messages that inform necessary information are displayed at the desired time.

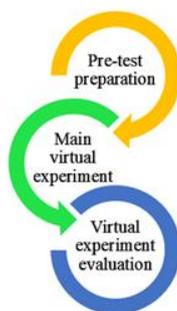


Figure 1. Steps of Virtual Experiment

It is also possible to perform simulations several times by varying parameters such as reaction amount, reaction time of various chemicals available in laboratory experiment for each subject, and the results have a direct influence on virtual experiment results.

The last step is evaluation step and it evaluates process which finds the reasonable plan for maximum efficiency and process which learns the process constitution of experiment and operation method.

Thus, individual terminal experimental programs are grouped into one experiment system to allow students to browse their virtual laboratory performance and marks in real time.

Web3D VCL has been developed to enable students who learn subjects related to chemistry such as general chemistry, analytical chemistry, organic chemistry to do virtual experiment at any time through the network and also to find the reasonable plan.

Search and Verification method.

Search and Verification method is one that effectively combines virtual and laboratory experiments to find a reasonable plan and this plan maximizes the efficiency of the laboratory experiment.

First, the objective of corresponding virtual experiment is set to problem of finding the best alternative to increase the efficiency of the laboratory experiment.

For example, let`s consider "electrolytic refining of copper" experiment in chemistry course.

The purpose of "electrolytic refining of copper" experiments is to acquire the principle of electrolysis and electrolysis method.

Students analyze various kinds of instruments used in the process of electrolytic refining of copper and influences of factors to result of electrolytic refining.

It can not only achieve the objective of laboratory experiment, but also help students to improve practical ability.

Since the electrolytic efficiency in the "electrolytic refining of copper" experiment is strongly dependent on the composition of the electrolyte, it is essential to find a reasonable concentration of copper sulfate and sulfuric acid in the electrolyte to maximize the electrolysis efficiency.

In actual lab, finding the concentration of copper sulfate and sulfuric acid for maximum efficiency of electrolyte asks a lot of copper sulfate and sulfuric acid.

However, the virtual laboratory is safe, cheap and easy to experiment from its characteristics, so it is possible to find a reasonable solution for the maximum electrolytic efficiency, i.e., copper sulfate and sulfuric acid concentrations in the electrolyte.

The objective of the corresponding virtual experiment can be set to find a reasonable solution for the maximum efficiency of the laboratory experiment.

Second, we will learn the experimental process configuration and operation method in Web3D VCL and find the best experimental strategy through full simulation.

A teacher gives students experiment task in the virtual laboratory about 10 days ago before starting the corresponding experiment and monitors the situation in real time through the network.

As an example of the "electrolytic refining of copper" experiment, students will do experiment when the electrolytic efficiency becomes the highest, setting different concentrations of copper sulfate and sulfuric acid in the electrolyte several times.

The students can join the Web3D VCL at their leisure time and perform virtual experimental tasks.

The teacher looks at the virtual experimental task performance of the students interviewed on the network in real time, and asks students to finish the virtual experimental task in time, make all of them participate in the laboratory experiment with pass certificate.

Thus, all students passed in the virtual experimental task not only find a reasonable solution to maximize the electrolytic efficiency, but also fully benefit the process configuration and operation method.

Third, a reasonable experiment plan found in the virtual laboratory is verified in the actual laboratory to achieve experimental goals.

Since students has already been fully familiar with process of electrolytic refining of copper and operating method, as well as they have found the reasonable plan, they can verify the effectiveness of virtual laboratory in the actual one.

Discussion.

We have done educational experiments for validation of the effectiveness of Search and Verification method, which effectively combines virtual experiment with laboratory experiment.

98 primary students of the university of technology, with 31 students of group A, 35 students of group B and 32 students of group C have attended in experiment.

Group A has prepared experiment by itself using the conventional method. In other words, they did not use virtual chemistry laboratory at all.

Both group B and C are allowed to use the Web3D VCL in experiment preparation.

Group B did not apply Search and Verification method, and learned only the experiment process configuration and operation methods, and group C applied Search and Verification methods to find a reasonable plan to maximize the efficiency in actual chemistry experiment.

Therefore, group B participated in experiment based on the full understanding of principles and methods of operation.

Group C not only understood fully about the principles and methods of operation, but also found the reasonable plan for the maximum efficiency in actual laboratory and after of that, they took part in experiment.

Every team consists of 2 students, consisting of 15 teams (15th team-3) in group A, 17 teams (17th team-3) in group B and 16 teams in group C.

In the previous example “electrolytic refining of copper” experiment, the result of each team is as follows.

Table 3. Electrolytic efficiency obtained by students of group A

Team number	Electrolytic efficiency (η), %	Team number	Electrolytic efficiency (η), %
1	62.42	9	55.23
2	58.83	10	95.92
3	78.34	11	72.10
4		12	
5	89.30	13	80.71
6		14	50.92
7	58.97	15	65.33
8	91.35		

In group A, 3 teams did not find the electrolytic efficiency in time due to various kinds of reasons, and the average value of electrolytic efficiency $=71.6183$ obtained in other 12 teams.

Table 4. Electrolytic efficiency obtained by students in group B

Team number	Electrolytic efficiency (η), %	Team number	Electrolytic efficiency (η), %
1	87.23	10	70.12
2	52.34	11	79.2
3	67.09	12	78.2
4	73.31	13	50.23
5	56.33	14	95.4
6	89.02	15	66.38
7	62.34	16	90.73
8	85.23	17	58.39
9	94.82		

In group B, all 17 teams found electrolytic efficiency and the average value of electrolytic efficiency $=73.9035$.

Table 5. Electrolytic efficiency obtained by students in group C

Team number	Electrolytic efficiency (η), %	Team number	Electrolytic efficiency (η), %
1	89.98	9	85.36
2	90.23	10	91.4
3	83.9	11	90.51
4	93.12	12	95.2
5	96.43	13	93.79
6	96.6	14	89.82
7	95.37	15	90.09
8	94.23	16	95.3

In group C, all 16 teams found electrolytic efficiency and the average value of electrolytic efficiency =91.9581. In group A, which did not use a virtual chemistry laboratory, the results of 3 teams did not finish their experiment and they did not achieve electrolysis efficiency.

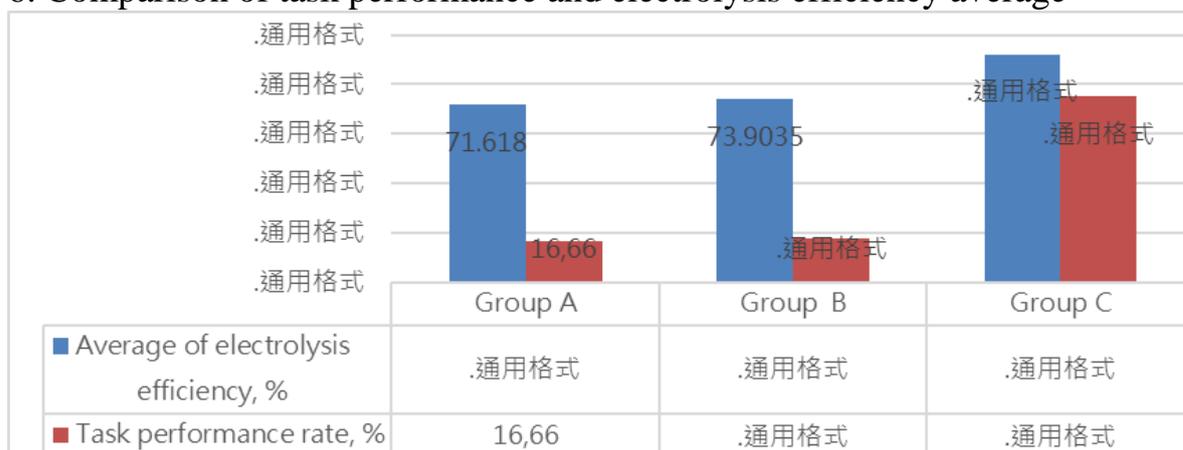
However, all achieved electrolysis efficiency but there were differences between group B and C that were familiar with the experimental process configuration and operation method in the virtual chemistry laboratory. This indicates that virtual chemistry laboratory is more effective in their preparation for experiment.

Next, we analyzed the situation where we found a reasonable plan.

Since the objective of the experiment was to find a reasonable plan to maximize electrolysis efficiency, we evaluated the performance of the experimental set obtained above 90% electrolysis efficiency in each team. Then, two teams in group A (16.66%), three teams (17.6%) in group B and 12 teams (75%) in group C found the reasonable plan.

Thus, comparing the average of three groups of task performance and electrolytic efficiency is as follows.

Table 6. Comparison of task performance and electrolysis efficiency average



As you can see clearly from the diagram, the numbers of teams obtained above 90% electrolysis efficiency in the laboratory experiment shows that the C group is considerably more than the other groups. In addition, most of teams in group C reported some errors during the validation of the virtual laboratory-based approach in experiment, and the results of the analysis of the cause by itself were also reported in the experimental report. The students in group C analyzed that the cause of error was in the ideal condition in the virtual laboratory, but during the experiment in the laboratory, there were several factors such as changes in current density with time, temperature change of the electrolytic cell, and not measuring the electrolytic time. This analysis of error indicates that students in Group A or B are not able to do, and that only students in Group C have full analysis about experiment. This indicates that students in group C have conducted an extensive experiment in the Web3D VCL with more distinct objectives, practical knowledge to increase electrolysis efficiency during laboratory experiment.

Findings

This paper proposed Search and Verification method as an effective way to combine virtual experiments with laboratory experiments. And also we developed Web3D VCL using X3DOM framework to implement Search and Verification method.

In the past three years, the application of this approach to chemistry, organic chemistry and analytical chemistry, which is an essential task in material engineering education, has significantly improved the students' practical ability, cause analysis ability, and also helpful at learning the arithmetic knowledge for practice, and much less resource consumption, such as time, reagents, and power, than before to achieve the same educational goals.

In the future, how virtual lab works help students with their practical ability more effectively and the form of virtual laboratories to implement them should be further studied.

References

1. T. Y. Kiat et al, 2020. The effectiveness of multimedia learning on academic achievement in reproduction topic science subject. *Universal Journal of Educational Research*, 8(8), 3625-3629.
2. C.Bayrak et al, 2009. A Simulation on Teaching Volhard Method. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 10(3), P.105-116.
3. S. Sriadhi, R. Restu, H. Sitompul and J. Manurung. 2019. Development of web-virtual laboratory to improve the effectiveness and efficiency of remedial learning. *Journal of Physics*, 1402(7).
4. S. Sriadhi, R. Restu and H. Sitompul. 2021. Multimedia simulation model for electrical laboratory learning *Materials Science and Engineering*, 1098(3).
5. A. Dixit, A. Shukla. 2021. Understanding Concepts of Physics through Virtual Labs during Lockdown. *A Journal of Physical Sciences, Engineering and Technology*, 13(1), P.12-19.
6. A. Gungor et al. 2022. The Use of Virtual Reality in A Chemistry Lab and Its Impact on Students' Self-Efficacy, Interest, Self-Concept and Laboratory Anxiety. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(3).
7. C.A. Guerrero-Martin et al. 2019. *J. Mater. Ed.* 41, 189.
8. Z. Tatli, A. Ayas. 2013. Effect of a virtual chemistry laboratory on students' Achievement. *Journal of Educational Technology & Society*, 16, P.159-170.
9. J. V. Madhuri, LNS Prakash Goteti. 2022. Using virtual laboratories in Chemistry through guided inquirybased approach. *Journal of Positive School Psychology*, 6(2), P.369–374.
10. Jennifer Van Allen, Stacy Katz. 2020. Teaching with OER during pandemics and beyond. *Journal for Multicultural Education*, 14(3), P.209-218.

IMPROVED INTERVAL-VALUED FUZZY REASONING METHOD**ИССЛЕДОВАНИЕ УЛУЧШЕННОГО МЕТОДА ИНТЕРВАЛЬНО-ЗНАЧЕННЫХ НЕЧЕТКИХ РАССУЖДЕНИЙ**

Yong-Mi HO, Son-II KWAK, Kwang-Chol RI

Faculty of Information Science,

“Kim Il Sung University”, Pyongyang, DPR Korea

Хо Ён Ми, Гвак Сон Ир, Ли Гван Чоль

Факультет информационной науки,

«Университет имени Ким Ир Сена» г. Пхеньян, КНДР

e-mail: gfstcn@126.com, gfstk@star-com.net.kp

Abstract. We develop the new rule of fuzzy modus tollens based on the principle that fuzzy modus ponens (FMP) and fuzzy modus tollens (FMT) are opposite one another. We also propose a novel bidirectional reasoning method and experiential function based on least squares method for fuzzy systems with interval-valued fuzzy sets on the theory of Bustince. Four properties proposed by previous research [Chen et al. 2000] do not take into account that IFMP and IFMT are opposite and some properties are also missing. We develop a new reasoning method that overcomes the shortcomings of previous research and use the theorems and examples to illustrate our proposed method reasonable. We extend properties of bidirectional approximation reasoning and propose approximate reasoning algorithm, considering that FMP and FMT are opposite each other. Furthermore, we have proposed its validity as a theorem and have used 3 numerical examples to illustrate proposed method, which is improved interval-valued fuzzy reasoning method.

Аннотация. Исходя из принципа двойственности методов нечёткого подтверждения (FMP) и отрицания (FMT), в статье по-новому дано определение правила метода нечёткого отрицания и предложен новый метод двунаправленного рассуждения на основе наименьших квадратов для нечёткого множества интервальных значений по теории Bustince. В четырёх условиях, предложенных Chen, не учитывается, что FMP и FMT противоположны, и отсутствуют некоторые условия. В целях преодоления дефекта предыдущих исследований в статье предложен новый метод рассуждения и доказана уместность предложенного нами метода. Расширяя условия двунаправленного приблизительного рассуждения и учитывая, что FMP и FMT двойственны, мы предложили алгоритм приблизительного рассуждения и доказали его в примерах тремя числовыми значениями.

Keywords: interval-valued fuzzy, fuzzy reasoning, approximation reasoning, fuzzy modus ponens, fuzzy modus tollens, least square method

Ключевые слова: нечёткое множество интервальных значений, приближительное рассуждение, нечёткое рассуждение, метод нечёткого подтверждения, метод нечёткого отрицания, метод наименьших квадратов

Fuzzy reasoning is a method of intelligent information processing that mimics human thinking activities.

Bustince [1, P. 315–336, 2, P. 137–209] defined generalized fuzzy modus ponens (FMP) and fuzzy modus tollens (FMT) as follows:

Rule : *IF x is A THEN y is B*

Fact Information : *x is A**

Conclusion : *y is B**

Rule : *IF x is A THEN y is B*

Fact Information : *y is B**

Conclusion : *x is A**

(1)

Considering that FMP and FMT mentioned in [4, P.243–273] and [5, P. 253–283] are opposite, we modify the fuzzy modus tollens as follows.

Rule : *IF y is \bar{B} THEN x is \bar{A}*

Fact Informatin : *y is B**

Conclusion : *x is A**

(2)

Chen et al. [3, P. 185–203] proposed a bidirectional reasoning of interval-valued fuzzy sets which can satisfy the following properties.

- (a) *If $A^* = \text{very } A$, then $B^* = \text{very } B$*
- (b) *If $A^* = \text{more or less } A$, then $B^* = \text{more or less } B$*
- (c) *If $B^* = \text{very } B$, then $A^* = \text{very } A$*
- (d) *If $B^* = \text{more or less } B$, then $A^* = \text{more or less } A$*

Four properties above proposed by Chen et al. [3, P. 185–203] do not take into account that IFMP and IFMT are opposite and some properties are missing. In this paper, we develop a new reasoning method that overcomes the shortcomings of previous research and use the theorems and examples to illustrate our proposed method reasonable.

Approximate interval-valued fuzzy reasoning method.

According to [4, P.243–273] and [5, P. 253–283], IFMP and IFMT are opposite, so we modify (c) and (d) as follows.

(c) *If $B^* = \text{not very } B$, then $A^* = \text{not very } A$*

(d) *If $B^* = \text{not more or less } B$, then $A^* = \text{not more or less } A$*

In this section, we propose a novel bidirectional reasoning method for interval-valued fuzzy sets using the least square method based on the theory of Bustince [1, P. 315–336, 2, P. 137–209]. The method proposed here satisfies the following eight properties, and it shows that this is a more generalized method than the bidirectional

reasoning method proposed by Chen [3, P. 185–203].

- $\widetilde{IFMP-1}$) If $A^* = A$, then $B^* = B$
- (IFMP – 2) If $A^* = \text{very } A$, then $B^* = \text{very } B$
- (IFMP – 3) If $A^* = \text{more or less } A$, then $B^* = \text{more or less } B$
- (IFMP – 4) If $A^* = \text{not } A$, then $B^* = \text{not } B$
- (IFMT – 1) If $B^* = \text{not } B$, then $A^* = \text{not } A$
- (IFMT – 2) If $B^* = \text{not very } B$, then $A^* = \text{not very } A$
- (IFMT – 3) If $B^* = \text{not more or less } B$, then $A^* = \text{not more or less } A$
- (IFMT – 4) If $B^* = B$, then $A^* = A$

By expanding the properties proposed in the previous papers, we define a new empirical function satisfying four properties (IFMP – 1, 2, 3, 4) as follows.

Definition 1: The empirical function fitted by the data set of (x_i, y_i) ($x_i > 0, y_i > 0, i = 1, 2, \dots, n$) is defined as follows:

$$y = \begin{cases} x^\rho, & IFMP-1, 2, 3 \\ \rho - x, & IFMP-4 \end{cases} \quad (3)$$

Now we introduce the following lemma to equation the process of getting the parameter for IFMP – 4.

Lemma 2: For the property IFMP – 4, we denote the parameter ρ as follows.

$$\rho = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n (x_i + y_i) \right) \quad (4)$$

Proof: We order $y = \rho - x$, then we have $\rho = x + y$. ρ is an empirical function fitted by the data set of (x_i, y_i) ($x_i > 0, y_i > 0, i = 1, 2, \dots, n$).

For (x_1, y_1) , we have $\rho_1 = x_1 + y_1$. Thus $\rho = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n (x_i + y_i) \right)$.

End of proof.

Theorem 1: [6, P. 73–83] If $A^* = A^p$, then $B^* = B^p$, where $p \in (0, +\infty)$.

Theorem 2: For IFMP, If $A^* = \text{not } A$, then $B^* = \text{not } B$.

Proof: According to Lemma 2, the parameter ρ_1, ρ_2 is defined by $\rho_1 = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n (x_{i1} + y_{i1}) \right)$, $\rho_2 = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n (x_{i2} + y_{i2}) \right)$.

$$\rho = \frac{1}{2}(\rho_1 + \rho_2) = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (x_{i1} + y_{i1} + x_{i2} + y_{i2})}{2} = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (x_{i1} + 1 - x_{i2} + x_{i2} + 1 - x_{i1})}{2} = \frac{1}{n} \frac{2n}{2} = 1$$

We compute the degree of the membership of reasoning consequence B^* using the following equation.

$$w_{j1} = \rho - z_{j2} \quad (5)$$

$$w_{j2} = \rho - z_{j1} \quad (6)$$

So $w_j = 1 - z_j$, $B^* = \text{not } B$. Thus, we completed the proof of Theorem 2.

Definition 2:

$$A = \left\{ \left(\frac{[x_{11}, x_{12}]}{u_1} \right), \left(\frac{[x_{21}, x_{22}]}{u_2} \right), \dots, \left(\frac{[x_{n1}, x_{n2}]}{u_n} \right) \right\}$$

$$\bar{A} = \left\{ \left(\frac{[1-x_{12}, 1-x_{11}]}{u_1} \right), \left(\frac{[1-x_{22}, 1-x_{21}]}{u_2} \right), \dots, \left(\frac{[1-x_{n2}, 1-x_{n1}]}{u_n} \right) \right\} \quad (7)$$

$$B = \left\{ \left(\frac{[z_{11}, z_{12}]}{v_1} \right), \left(\frac{[z_{21}, z_{22}]}{v_2} \right), \dots, \left(\frac{[z_{m1}, z_{m2}]}{v_m} \right) \right\}$$

$$\bar{B} = \left\{ \left(\frac{[1-z_{12}, 1-z_{11}]}{v_1} \right), \left(\frac{[1-z_{22}, 1-z_{21}]}{v_2} \right), \dots, \left(\frac{[1-z_{n2}, 1-z_{n1}]}{v_n} \right) \right\} \quad (8)$$

The given premise, i.e., new fact information is as follows.

$$B^* = \left\{ \left(\frac{[w_{11}, w_{12}]}{v_1} \right), \left(\frac{[w_{21}, w_{22}]}{v_2} \right), \dots, \left(\frac{[w_{m1}, w_{m2}]}{v_m} \right) \right\}$$

where $0 \leq x_{i1} \leq x_{i2} \leq 1$, $i = 1, 2, \dots, n$, $0 \leq z_{i1} \leq z_{i2} \leq 1$, $0 \leq w_{j1} \leq w_{j2} \leq 1$, $j = 1, 2, \dots, m$.

$$A^* = \left\{ \left(\frac{[y_{11}, y_{12}]}{u_1} \right), \left(\frac{[y_{21}, y_{22}]}{u_2} \right), \dots, \left(\frac{[y_{n1}, y_{n2}]}{u_m} \right) \right\}$$

Let A^* be the reasoning consequence obtained by the following IFMT algorithm. The algorithm for IFMT is as follows.

Step 1: Compute $\text{supp}(\bar{B})$ and $\text{supp}(B^*)$. Suppose that $T = \text{supp}(\bar{B}) \cap \text{supp}(B^*) \subseteq v$. If

$$T = \phi \text{ then } A^* = \left\{ \left(\frac{[0, 0]}{u_i} \right) \mid i = 1, 2, \dots, n \right\}, \text{ else } T \neq \phi \text{ then } T = \{v_{j1}, v_{j2}, \dots, v_{jt}\}.$$

$$\bar{B}_{low} = \langle 1 - z_{j_1 2}, 1 - z_{j_2 2}, \dots, 1 - z_{j_n 2} \rangle, \quad B_{low}^* = \langle w_{j_1 1}, w_{j_2 1}, \dots, w_{j_n 1} \rangle,$$

$$\bar{B}_{high} = \langle 1 - z_{j_1 1}, 1 - z_{j_2 1}, \dots, 1 - z_{j_n 1} \rangle, \quad B_{high}^* = \langle w_{j_1 2}, w_{j_2 2}, \dots, w_{j_n 2} \rangle.$$

Step 2: According to the above-mentioned function LogFunc , we can obtain the following equations.

$$\text{LogFunc}(\bar{B}_{low}) = \langle \text{LogFunc}(1 - z_{j_1 2}), \text{LogFunc}(1 - z_{j_2 2}), \dots, \text{LogFunc}(1 - z_{j_n 2}) \rangle$$

$$\text{LogFunc}(B_{low}^*) = \langle \text{LogFunc}(w_{j_1 1}), \text{LogFunc}(w_{j_2 1}), \dots, \text{LogFunc}(w_{j_n 1}) \rangle$$

$$\text{LogFunc}(\bar{B}_{high}) = \langle \text{LogFunc}(1 - z_{j_1 1}), \text{LogFunc}(1 - z_{j_2 1}), \dots, \text{LogFunc}(1 - z_{j_n 1}) \rangle$$

$$\text{LogFunc}(B_{high}^*) = \langle \text{LogFunc}(w_{j_1 2}), \text{LogFunc}(w_{j_2 2}), \dots, \text{LogFunc}(w_{j_n 2}) \rangle$$

Step 2-1: Setting the data to

$\{(\text{LogFunc}(1 - z_{j_1 2}), \text{LogFunc}(w_{j_1 1})), \dots, (\text{LogFunc}(1 - z_{j_n 2}), \text{LogFunc}(w_{j_n 1}))\}$, the parameter σ_1 is defined by Eq. (9).

$$\sigma_1 = \frac{\sum_{l=1}^n \text{LogFunc}(1 - z_{j_l 2}) \text{LogFunc}(w_{j_l 1})}{\sum_{l=1}^n (\text{LogFunc}(1 - z_{j_l 2}))^2} \quad (9)$$

Step 2-2: Setting the data to

$\{(\text{LogFunc}(1 - z_{j_1 1}), \text{LogFunc}(w_{j_1 2})), \dots, (\text{LogFunc}(1 - z_{j_n 1}), \text{LogFunc}(w_{j_n 2}))\}$, the parameter σ_2 is defined Eq. (10).

$$\sigma_2 = \frac{\sum_{l=1}^n \text{LogFunc}(1 - z_{j_l 1}) \text{LogFunc}(w_{j_l 2})}{\sum_{l=1}^n (\text{LogFunc}(1 - z_{j_l 1}))^2} \quad (10)$$

So, we have $\sigma = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_2)$.

Step 3: Compute the degree of membership of reasoning consequence A^* ,

$i = 1, 2, \dots, n$ by the following Eq. (11), (12).

$$y_{i1} = \begin{cases} (1 - x_{i2})^\sigma, & \text{if } 1 - x_{i2} > 0 \\ 0, & \text{if } x_{i1} = 0 \end{cases} \quad (11)$$

$$y_{i2} = \begin{cases} (1 - x_{i1})^\sigma, & \text{if } 1 - x_{i1} > 0 \\ 0, & \text{if } x_{i2} = 0 \end{cases} \quad (12)$$

Numerical Examples.

In this section, we investigate IFMP and IFMT problems of SISO systems with interval-valued fuzzy sets using approximate reasoning algorithms and then evaluate their reducibility.

Example 1: Let us consider the SISO IFMP with interval-valued fuzzy sets.

$$A = \left\{ \left(\frac{[0, 0]}{u_1} \right), \left(\frac{[0, 0.5]}{u_2} \right), \left(\frac{[0.75, 0.8]}{u_3} \right), \left(\frac{[0.94, 0.95]}{u_4} \right), \left(\frac{[1, 1]}{u_5} \right), \left(\frac{[0.94, 0.95]}{u_6} \right), \left(\frac{[0.75, 0.8]}{u_7} \right), \left(\frac{[0, 0.5]}{u_8} \right), \left(\frac{[0, 0]}{u_9} \right) \right\}$$

$$B = \left\{ \left(\frac{[0, 0]}{v_1} \right), \left(\frac{[0, 0.6]}{v_2} \right), \left(\frac{[0.87, 0.92]}{v_3} \right), \left(\frac{[1, 1]}{v_4} \right), \left(\frac{[0.87, 0.92]}{v_5} \right), \left(\frac{[0, 0.6]}{v_6} \right), \left(\frac{[0, 0]}{v_7} \right) \right\}$$

The new reasoning result is obtained as follows.

$$B^* = \left\{ \left(\frac{[0, 0]}{v_1} \right), \left(\frac{[0, 0.36]}{v_2} \right), \left(\frac{[0.76, 0.85]}{v_3} \right), \left(\frac{[1, 1]}{v_4} \right), \left(\frac{[0.76, 0.85]}{v_5} \right), \left(\frac{[0, 0.36]}{v_6} \right), \left(\frac{[0, 0]}{v_7} \right) \right\}$$

Example 2: Let us consider the IFMP of SISO system with interval-valued fuzzy sets. The interval-valued fuzzy sets A and B are the same as Example 1. Suppose that the fact information is $A^* = \text{not } A$.

$$A^* = \left\{ \left(\frac{[1, 1]}{u_1} \right), \left(\frac{[0.5, 1]}{u_2} \right), \left(\frac{[0.2, 0.25]}{u_3} \right), \left(\frac{[0.04, 0.06]}{u_4} \right), \left(\frac{[0, 0]}{u_5} \right), \left(\frac{[0.04, 0.06]}{u_6} \right), \left(\frac{[0.2, 0.25]}{u_7} \right), \left(\frac{[0.5, 1]}{u_8} \right), \left(\frac{[1, 1]}{u_9} \right) \right\}$$

According to the IFMP algorithm of SISO system we calculate reasoning consequence.

$$(1) \quad S = \text{supp}(A) \cap \text{supp}(A^*) = \{u_2, u_3, u_4, u_6, u_7, u_8\}.$$

$$A_{low} = \langle 0, 0.75, 0.94, 0.94, 0.75, 0 \rangle, \quad A_{low}^* = \langle 0.5, 0.2, 0.04, 0.04, 0.2, 0.5 \rangle,$$

$$A_{high} = \langle 0.5, 0.8, 0.96, 0.96, 0.8, 0.5 \rangle, \quad A_{high}^* = \langle 1, 0.25, 0.06, 0.06, 0.25, 1 \rangle.$$

$$(2) \quad \rho = \frac{1}{2}(\rho_1 + \rho_2) = 1$$

$$(3) \quad B^* = \left\{ \left(\frac{[1, 1]}{v_1} \right), \left(\frac{[0.4, 1]}{v_2} \right), \left(\frac{[0.08, 0.13]}{v_3} \right), \left(\frac{[0, 0]}{v_4} \right), \left(\frac{[0.08, 0.13]}{v_5} \right), \left(\frac{[0.4, 1]}{v_6} \right), \left(\frac{[1, 1]}{v_7} \right) \right\}$$

Example 3: Let us consider SISO IFMT approximate reasoning of interval-valued fuzzy sets as follows. The interval-valued fuzzy sets A and B are the same as Example 1. According to Definition 2, the membership functions of \bar{A} and \bar{B} are as follows.

$$\bar{A} = \left\{ \left(\frac{[1, 1]}{u_1} \right), \left(\frac{[0.5, 1]}{u_2} \right), \left(\frac{[0.2, 0.25]}{u_3} \right), \left(\frac{[0.05, 0.06]}{u_4} \right), \left(\frac{[0, 0]}{u_5} \right), \left(\frac{[0.05, 0.06]}{u_6} \right), \left(\frac{[0.2, 0.25]}{u_7} \right), \left(\frac{[0.5, 1]}{u_8} \right), \left(\frac{[1, 1]}{u_9} \right) \right\}$$

$$\bar{B} = \left\{ \left(\frac{[1, 1]}{v_1} \right), \left(\frac{[0.4, 1]}{v_2} \right), \left(\frac{[0.08, 0.13]}{v_3} \right), \left(\frac{[0, 0]}{v_4} \right), \left(\frac{[0.08, 0.13]}{v_5} \right), \left(\frac{[0.4, 1]}{v_6} \right), \left(\frac{[1, 1]}{v_7} \right) \right\}$$

The fact information is $B^* = \text{not more or less } B$.

$$B^* = \left\{ \left(\frac{[1, 1]}{v_1} \right), \left(\frac{[0.225, 1]}{v_2} \right), \left(\frac{[0.041, 0.067]}{v_3} \right), \left(\frac{[0, 0]}{v_4} \right), \left(\frac{[0.041, 0.067]}{v_5} \right), \left(\frac{[0.225, 1]}{v_6} \right), \left(\frac{[1, 1]}{v_7} \right) \right\}$$

According to the IFMP algorithm of SISO system we calculate reasoning consequence.

$$(1) \text{supp}(\bar{B}) = \text{supp}(B^*) = \{v_1, v_2, v_3, v_5, v_6, v_7\}$$

$$\bar{B}_{low} = \langle 1, 0.4, 0.08, 0.08, 0.4, 1 \rangle, \quad B^*_{low} = \langle 1, 0.225, 0.041, 0.041, 0.225, 1 \rangle$$

$$\bar{B}_{high} = \langle 1, 1, 0.13, 0.13, 1, 1 \rangle, \quad B^*_{high} = \langle 1, 1, 0.067, 0.067, 1, 1 \rangle$$

$$(2) \sigma = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_2) = \frac{1}{2}(1.307 + 1.32) = 1.31$$

$$A^* = \left\{ \left(\frac{[1, 1]}{u_1} \right), \left(\frac{[0.4, 1]}{u_2} \right), \left(\frac{[0.12, 0.16]}{u_3} \right), \left(\frac{[0.02, 0.025]}{u_4} \right), \left(\frac{[0, 0]}{u_5} \right), \left(\frac{[0.02, 0.025]}{u_6} \right), \right.$$

$$\left. \left(\frac{[0.12, 0.16]}{u_7} \right), \left(\frac{[0.4, 1]}{u_8} \right), \left(\frac{[1, 1]}{u_9} \right) \right\}$$

The proposed interval-valued fuzzy reasoning result A^* in case of fact information $B^* = \text{not more or less } B$ in IFMT is shown in Figure 1.

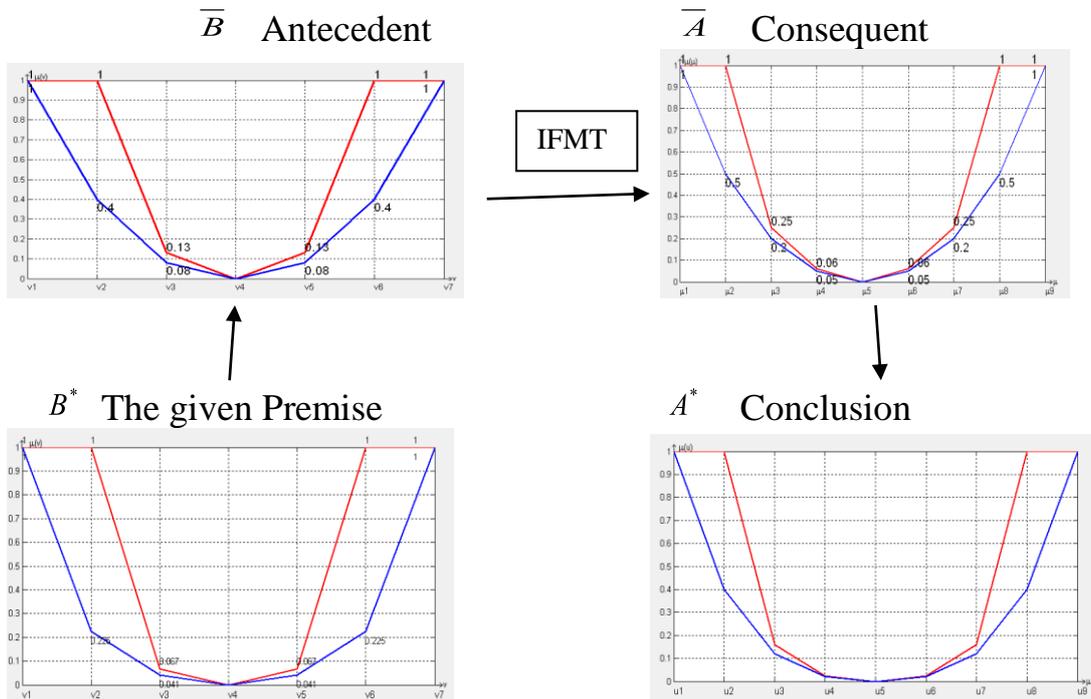


Figure 1. The reasoning result A^* in case of fact information $B^* = \text{not more or less } B$ in IFMT

Findings

Firstly, we have developed a new reasoning method that overcomes the shortcomings of previous research and use the theorems and examples to illustrate our proposed method reasonable. Secondly, we have extended the properties of bidirectional approximation reasoning and propose approximate reasoning algorithm, considering that FMP and FMT are opposite. Thirdly, we have proposed its validity as a theorem and used 3 numerical examples to illustrate the proposed interval-valued fuzzy reasoning.

References

1. H. Bustince, M. Calderón, V. Mohedano, 1998. Some considerations about a least squares model for fuzzy rules of reasoning, *Fuzzy Sets Syst.* 97, P. 315–336.
2. H. Bustince, 2000. Indicator of inclusion grade for interval-valued fuzzy sets. Application to approximate reasoning based on interval-valued fuzzy sets, *Int. J. Approx. Reason.* 23, P. 137–209.
3. S.M. Chen, W. H. Hsiao, 2000. Bidirectional approximate reasoning for rule-based systems using interval-valued fuzzy sets, *Fuzzy Sets Syst.* 113, P. 185–203.
4. S. Fukami, M. Mizumoto, K. Tanaka, 1980. Some considerations on fuzzy conditional reasoning, *Fuzzy Sets Syst.* 4, P.243–273.
5. M. Mizumoto, H. J. Zimmermann, 1982. Comparison of fuzzy reasoning methods, *Fuzzy Sets Syst.* 8, P. 253–283.
6. W. Y. Zeng, Shuang Feng, 2014. Approximate reasoning algorithm of interval-valued fuzzy sets based on least square method, *Information Sciences.* 272, P. 73–83.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ, УПРАВЛЕНИИ И БИЗНЕСЕ

УДК 4.8

ОПТИМИЗАЦИЯ БЮДЖЕТИРОВАНИЯ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

OPTIMIZATION OF BUDGETING OF SMALL ENTERPRISES USING NEURAL NETWORKS

Ахметшина Э.И., Хисамова А.Н.,
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет» Институт нефтехимии и нефтепереработки,
г. Салават, Российская Федерация
E.I. Akhmetsina, A.N. Khisamova,
FSBEI HE «Ufa State Petroleum Technical University» Institute of
Petrochemistry and Oil Refining,
Salavat, Russian Federation

e-mail: hamtonpeppe@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается использование нейронных сетей для оптимизации бюджета в малых предприятиях, проблема недостаточного уровня автоматизации бизнес-процессов в российских компаниях, а также развитие и внедрение нейронных сетей в управление компаниями. Актуальность исследования обуславливается низким уровнем автоматизации бизнес-процессов в российских компаниях, что приводит к ошибкам в прогнозировании и неэффективному распределению ресурсов. Рассмотрены факторы, которые могут оказать наибольшее влияние на бизнес-среду. Приведена статистика использования нейронных сетей в крупнейших организациях мира. В статье также рассмотрены риски использования традиционного метода бюджетирования и риски применения нейросетевых прогнозов. Нейросетевой прогноз не является точным и не должен быть единственным источником информации при формировании бюджета. Целью исследования является анализ возможностей применения нейронных сетей в процесс формирования бюджета, а именно на стадию составления проекта бюджета. В статье представлены результаты исследования, которые показали, что использование нейронных может повысить точность прогнозирования, автоматизировать рутинные задачи и улучшить контроль исполнения бюджета. Статья содержит практические рекомендации по использованию нейронных сетей для оптимизации бюджетирования в малых предприятиях. Она будет

полезна владельцам и руководителям малых предприятий, а также финансовым специалистам.

Abstract. The article considers the use of neural networks for budget optimization in small enterprises, the problem of insufficient level of automation of business processes in Russian companies, as well as the development and implementation of neural networks in the management of companies. The relevance of the study is determined by the low level of automation of business processes in Russian companies, which leads to errors in forecasting and inefficient allocation of resources. The factors that can have the greatest impact on the business environment are considered. Statistics on the use of neural networks in the world's largest organizations is given. The article also considers the risks of using the traditional method of budgeting and the risks of using neural network forecasts. Neural network forecast is not accurate and should not be the only source of information in budgeting. The purpose of the study is to analyze the possibilities of applying neural networks in the process of budgeting, namely at the stage of drafting the budget. The article presents the results of the study, which showed that the use of neural networks can increase the accuracy of forecasting, automate routine tasks and improve the control of budget execution. The article contains practical recommendations on the use of neural networks to optimize budgeting in small businesses. It will be useful for owners and managers of small businesses, as well as financial specialists.

Ключевые слова: нейронные сети, бюджетирование, малые предприятия, прогнозирование бюджета, автоматизация бизнес-процессов, риски использования нейронных сетей

Keywords: neural networks, budgeting, small enterprises, budget forecasting, automation of business processes, risks of using neural networks

В современной эпохе нейронные сети, также известные как искусственные нейронные сети, привлекают все больше внимания в различных областях науки и техники. Это обусловлено их способностью к адаптации, обучению на основе опыта и выявлению сложных взаимосвязей в данных. Повышенный интерес к применению нейросетей в современном мире объясняется увеличением доступности обширных массивов данных, быстрым развитием вычислительных ресурсов и появлением новых методов обучения. Сфера применения нейросетей постоянно расширяется, и уже сейчас они становятся все более важным инструментом для нефтяных компаний, помогая им повышать свою конкурентоспособность на мировом рынке.

В последние десятилетия компании активно внедряют искусственный интеллект и нейросети в процессы управления для того, чтобы оптимизировать и автоматизировать бизнес-процессы и улучшить процесс принятия решений. Это также может быть вызвано тем, что в современном бизнесе данные стали накапливаться в больших объемах, а нейронные сети в роли инструмента

способны работать с такими сложными структурами и анализировать их. Использование нейронных сетей также позволяет автоматизировать повторяющиеся задачи в процессах управления, выявлять риски и аномалии в данных, что помогает минимизировать возможные убытки.

Согласно исследованию, проведенному WorkSpace [5], нейросети в процессы управления внедрили уже 86% организаций, что отражено на рисунке 1.



Рисунок 1. Статистика использования нейронных сетей

Интеграция нейросетей в управление свидетельствует о стремлении компаний улучшить эффективность управления, оптимизировать стратегическое планирование и достигать бизнес-целей более эффективно.

В исследовании, проведенном PwC в 2023 году [1], респонденты отметили, какие факторы могут оказать влияние на бизнес-отрасли в перспективе на 10 лет (рисунок 2).

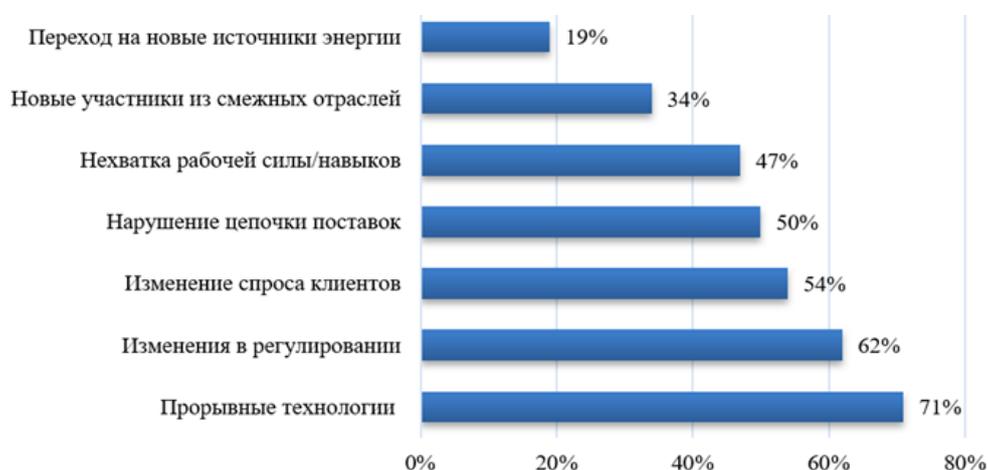


Рисунок 2. Факторы, которые окажут влияние на бизнес-отрасли

Согласно статистике, указанной на рисунке 3, большая часть опрошенных руководителей крупнейших компаний мира – а именно 71 %, считают, что наибольшее влияние на бизнес-среду окажут прорывные технологии, например, искусственный интеллект, блокчейн и т.п. Исходя из этого, следует вывод, что для повышения конкурентоспособности на рынке все больше компаний начнут использовать технологии для автоматизации бизнес-процессов.

Forbes в своей статье [2] отметили, что 30% компаний теряют до 10% прибыли из-за неточного бюджетирования, а дефицит бюджета России по итогам апреля превысил план на весь 2023 год. Эти данные свидетельствуют о том, что неточное бюджетирование может иметь серьезные последствия как для бизнеса, так и для экономики в целом. Например, на стадии составления проекта бюджета могут происходить искажения прогнозных показателей или неправильный прогноз социально-экономического развития ввиду человеческого фактора. Ошибки в прогнозах могут приводить к неправильному распределению ресурсов. Существующие методы бюджетирования часто не отвечают вызовам современной экономики, таким, как политическая нестабильность, быстрый технологический прогресс и увеличение конкуренции, что заставляет компании искать способы повышения и оптимизации затрат.

При планировании платежей в среднесрочном периоде исследуемого предприятия рекомендовано разрабатывать проектный баланс потоков денежных средств, а в краткосрочном периоде используется платежный календарь.

Нейронные сети могут быть использованы для прогнозирования будущих значений выручки и расходов организации на основе исторических данных, что позволяет повысить точность планирования и снизить риски финансовых потерь. Также нейросети могут быть использованы для формирования плановых показателей бюджета на основе прогнозируемых значений выручки и расходов с целью автоматизировать процесс формирования бюджета и повысить его эффективность, также они позволяют выявлять отклонения фактических значений от плановых и принимать соответствующие управленческие решения. Использование нейронных сетей в формировании бюджета организации имеет ряд преимуществ:

- повышение точности планирования: способность обучаться на больших массивах данных и выявлять в них сложные закономерности (по данным исследования компании Deloitte, использование нейронных сетей в формировании бюджета позволяет повысить точность прогнозирования выручки и расходов на 10-20%);

- автоматизация процесса формирования бюджета: сокращение времени и трудозатрат, а также повышение эффективности планирования (по данным исследования компании Ernst & Young, использование нейронных сетей в формировании бюджета позволяет сократить время и трудозатраты на формирование бюджета на 20- 30%);

- улучшение контроля исполнения бюджета: нейронные сети способны выявлять отклонения фактических значений от плановых, что позволяет своевременно принимать соответствующие управленческие решения и минимизировать финансовые потери (по данным исследования компании PwC, использование нейронных сетей в формировании бюджета позволяет улучшить контроль исполнения бюджета на 15-20%).

Например, такой подход к формированию бюджета уже используется в следующих компаниях: Amazon, Google, Walmart. Amazon использует нейронные сети для прогнозирования спроса на товары и услуги. Google использует нейронные сети для прогнозирования выручки от рекламы. Walmart использует нейронные сети для контроля исполнения бюджета. Существующие программные решения для автоматизации процесса бюджетирования указаны в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительная таблица существующих решений

Характеристика/ Название	Adaptive Insights	Anaplan	IBM Planning Analytics	SAP Analytics Cloud
Тип	Облачное решение	Облачная платформа	Программное обеспечение	Облачное решение
Интеграция с системами	Oracle ERP Cloud, Microsoft Dynamics, SAP ERP, Workday ERP			
Поддержка русского языка	Нет	Имеется	Имеется	Имеется
Отчёт на выходе	Отчет о прибылях и убытках, баланс, отчет о движении денежных средств	Аналитика по финансовым показателям	Бюджетирование и планирование	Отчет о прибылях и убытках, баланс, отчет о движении денежных средств, аналитика по финансовым показателям

Из сравнения существующих решений можно отметить, что ни одно из решений не имеет интеграции с наиболее используемой в Российской Федерации программной системой «1С: Предприятие», что крайне важно в нынешней политико-экономической ситуации в стране. Вышеописанные существующие решения для автоматизации процесса бюджетирования рассчитаны лишь на среднесрочный или долгосрочный периоды, в то время как отчетов для краткосрочных периодов они не содержат. Поэтому для прогнозирования бюджета на краткосрочный период компаниям нужно разрабатывать собственное решение. Примером такого решения может служить

программный модуль формирования бюджета для «1С: Предприятие», который использует нейронные сети для анализа отчетов прошлых периодов и прогнозирования будущих периодов. Однако разработка подобного программного модуля может потребовать большое количество ресурсов: времени, технических, финансовых и человеческих ресурсов.

Программный модуль формирования бюджета с использованием нейронных сетей может иметь следующие преимущества:

- интеграция с 1С: модуль легко интегрируется с 1С, что делает его удобным для пользователей этой системы, а также, в текущей политической ситуации, является достоинством для российского бизнеса;
- русификация: модуль полностью русифицирован, что делает его доступным для русскоязычных пользователей;
- платежный календарь: модуль включает в себя платежный календарь, что является важной функцией для бюджетирования.

Рекомендуемая архитектура программного модуля с нейросетью отображена на рисунке 3.

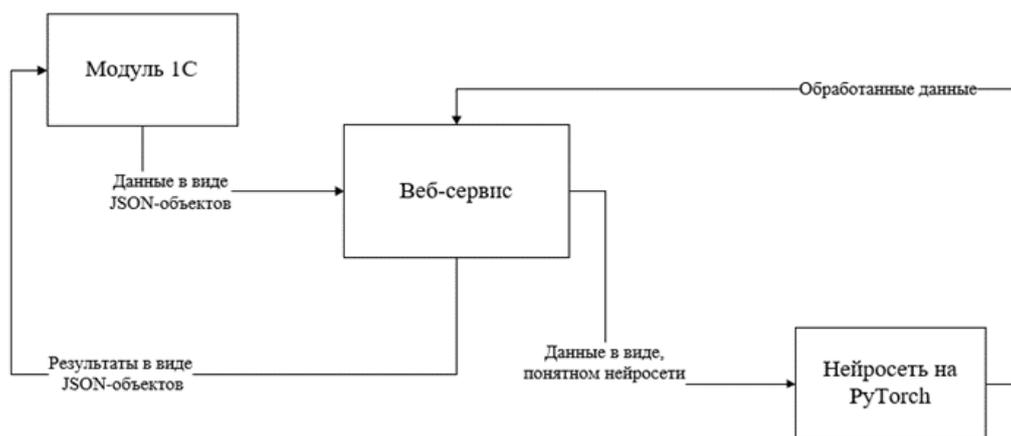


Рисунок 3. Предлагаемая архитектура программного модуля

Модуль 1С отправляет данные на веб-сервис, реализующий REST API, в JSON-формате, далее веб-сервис передает эти данные нейросети в том виде, которые ей будут понятны. Нейросеть обрабатывает эти данные и передает на веб-сервис, который, в свою очередь, преобразует их вновь в JSON-объекты и передает модулю 1С.

Однако стоит учитывать и риски, которые может нести в себе использование нейронных сетей в процессе формирования бюджета. Риски использования нейронных сетей в программном модуле формирования бюджета малого предприятия могут быть следующие:

- непредвиденные факторы в экономической сфере, в законодательстве или появление конкурентов могут привести к значительным отклонениям прогнозов от реальности;
- ошибки ввода данных или некорректная их классификация может привести к ошибкам в прогнозах;

- автоматизация формирования бюджета в дальнейшем может привести к тому, что руководство малого предприятия будет меньше контролировать бюджет;

- чрезмерная надежда и перекладывание ответственности за результаты на нейронную сеть могут привести к игнорированию важных деталей и нюансов.

В дополнение к вышесказанному, стоит отметить, что не стоит полностью полагаться на результат нейронной сети в формировании бюджета: нейросетевой прогноз может быть использован, например, в качестве шаблона, и он не является абсолютно точным и не должен рассматриваться как единственный источник информации при формировании бюджета.

Выводы

Использование нейронных сетей в управлении бизнесом является мощным и перспективным инструментом, который используется в компаниях все чаще, однако без должного тестирования и обучения нейронной сети внедрять ее в процессы компании не стоит, так как это может привести к еще большим рискам, чем отсутствие автоматизации.

Литература

1. Boston Consulting Group: сайт. – URL: <https://www.bcg.com/>.
2. Дефицит бюджета России по итогам апреля превысил на весь 2023 год // Forbes URL: <https://www.forbes.ru/finansy/489088-deficit-budzeta-rossii-po-itogam-aprela-prevysil-plan-na-ves-2023-god>.
3. Киреева, Н.А. Нейронные сети: история возникновения и развития / Н.А. Киреева, Р.М. Усманов // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля – 2020, посвящ. 75-летию Победы в Великой Отечественной войне: материалы Междунар. науч.-метод. конф. / редкол.: Н.Г. Евдокимова и др. - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2020 – С. 181-184.
4. Смирнов А.В. Нейронные сети в формировании бюджета: возможности и ограничения // Проблемы теории и практики управления. 2023 № 4 С. 42-51.

УДК 004.7

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАКЛАДНЫХ РАСХОДОВ
ПРОТОКОЛОВ ВНУТРЕННЕЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В
СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТИ**

**COMPARISON OF INTERNAL ROUTING PROTOCOL OVERHEAD IN
FIXED NETWORK OPERATION MODE**

Ромасевич П.В.,
ФГАОУ «Волгоградский государственный университет», г. Волгоград,
Российская Федерация
P.V. Romasevich,
FSAEI «Volgograd State University», Volgograd, Russian Federation

e-mail: promasevich@gmail.com

Аннотация. Одним из этапов проектирования телекоммуникационной инфраструктуры является превентивная оценка накладных расходов эксплуатации сети, техническая составляющая которых складывается из утилизации ресурсов сети для передачи служебного трафика.

Цель данного исследования состоит в получении инженерных формул для сравнительной оценки пропускной способности каналов связи, необходимой для передачи служебной информации протоколов маршрутизации IGP (Interior Gateway Protocol) типа Link State в зависимости от числа маршрутизирующих узлов и количества их активных интерфейсов.

Опыт автора показывает, что подобные оценки целесообразно осуществлять не только по средним, но и максимально возможным значениям, и на этой основе планировать параметры телекоммуникационной инфраструктуры, автоматически закладывая достаточную степень избыточности в её характеристики.

В работе рассматривается стационарный случай эксплуатации сети, когда отношения соседства маршрутизирующих узлов установлены, таблицы маршрутизации сформированы и синхронизированы, телекоммуникационная инфраструктура стабильна и её топология не меняется. Тем не менее, и в этих условиях маршрутизаторы периодически обмениваются определенной служебной информацией, поэтому превентивная оценка необходимой для её полосы пропускания важна при проектировании инфраструктуры маршрутизирующих сетей.

Abstract. One of the design stages of the telecommunications infrastructure is a preventive assessment of the overhead costs of network operation, the the technical component of which is added of the network resources utilization for the transmission of service traffic.

The purpose of this study is to provide engineering formulas to compare the link throughput required to transmit the Link State IGP (Interior Gateway Protocol) overhead based on the number of routing nodes and the number of their active interfaces.

The author's experience shows that it is advisable to carry out such assessments not only by average, but also by the maximum possible values, and on this basis to plan the parameters of the telecommunications infrastructure, automatically laying a sufficient degree of redundancy in its characteristics.

The work considers a stationary case of network operation, when the neighborhood relationships of routing nodes are established, routing tables are formed and synchronized, the telecommunications infrastructure is stable and its topology does not change. However, even under these conditions, routers periodically exchange certain service information, so a proactive assessment of the bandwidth required for it is important when designing the infrastructure of routing networks.

Ключевые слова: накладные расходы, сравнительная оценка, IGP, Link State, телекоммуникационная инфраструктура, пропускная способность

Keywords: overhead, benchmarking, IGP, Link State, telecom infrastructure, bandwidth

Накладные расходы на маршрутизацию IGP можно разделить на три случая: установление соседства и формирование маршрутных таблиц; режим обмена данными при фрагментарных изменениях в сети; стационарный режим, когда изменений в топологии нет.

В стационарном режиме работа протоколов маршрутизации Link State сводится к передаче и обработке пакетов поддержания отношений соседства и периодическому обновлению базы состояния каналов (LSDB), что позволяет оценить объем служебного трафика в сети.

Опорная телекоммуникационная инфраструктура автономных систем операторов связи обычно строится на базе каналов P2P (point-to-point), поэтому данные сообщения маршрутизатора отправляются непосредственно подключенным коллегам. Маршрутизаторы, связанные сетями point-to-point всегда являются смежными, иными словами, устанавливающими соседство. [1].

В современных телекоммуникационных сетях операторов связи между маршрутизаторами организуются P2P-соединения через интерфейсы Ethernet. Её использование предполагает процессы выборов DR в случае OSPF [1] и DIS в случае IS-IS [2], однако на современных устройствах это происходит практически мгновенно, осуществляется на начальном этапе инициализации канала связи и на рассматриваемый случай стационарного режима не влияет. Кроме того, современные реализации IGP позволяют исключить эти выборы на P2P-интерфейсах на основе Ethernet.

При проектировании автономной системы телекоммуникационной сети целесообразно использовать однотипные устройства с интерфейсами одной

скорости. Это позволяет сократить затраты на проектирование, управление и администрирование инфраструктуры.

Рассмотрим случай, когда автономная система состоит из единственной области, количество активных P2P-интерфейсов у всех маршрутизаторов одинаковое, что вполне реально при системном подходе проектирования сети.

Поскольку целью работы является сравнение накладных расходов протоколов IGP на одной и той же инфраструктуре, выбор подобной модели сети отрицательно не повлияет на результат.

Объем трафика будем оценивать на канальном уровне модели OSI, поэтому к информации рассматриваемых протоколов IGP будет прибавляться служебная информация нижележащих уровней.

Пакеты OSPF инкапсулируются в область данных IP-пакетов с кодом 89. Все типы пакетов OSPF имеют стандартный заголовок длиной 24 байта.

Пакет Hello имеет свой подзаголовок 20 байт + 4 байта на упоминание каждого соседа, которых маршрутизатор «видит» через интерфейсы. Если у устройства имеется N активных маршрутизирующих интерфейсов, то максимальный объем Hello-трафика после установления соседств с непосредственным окружением на уровне OSPF составит $N \cdot (24 + 20 + N \cdot 4)$ байт.

С учётом служебной информации пакетов IP (20 байт) и Ethernet (26 байт, взят самый длинный вариант кадра), передаваемый объём Hello-трафика маршрутизатора на канальном уровне оценивается как $N \cdot (90 + N \cdot 4)$ байт, что в масштабе всей сети из M узлов в стационарном режиме можно оценить выражением:

$$V_{Hello} = M * N * (90 + N * 4) \text{ байт} \quad (1)$$

Поскольку по умолчанию данная информация отправляется каждые 10 с, то средняя оценка необходимой пропускной способности C_{Hello} будет выглядеть так:

$$C_{Hello} = 0.1 * M(N * (90 + N * 4)) \text{ байт/с} \quad (2)$$

Кроме того, для исключения запуска алгоритма SFP по достижению «времени старения» записей в LSDB раз в 30 минут маршрутизаторы генерируют и рассылают «свои» LSA типа 1, инкапсулированные в LSU. LSA типа 2 в данном случае не рассылаются, поскольку интерфейсы Ethernet сконфигурированы как P2P [1].

Общий заголовок LSA имеет длину 20 байт.

В случае LSA типа 1, который описывает состояние маршрутизатора, к заголовку добавляется по 12 байт на каждый активный интерфейс маршрутизатора [1].

В этой связи с учетом заголовка LSU (4 байта) данный вклад в объём «своих» LSA от M маршрутизаторов на канальном уровне составит

$$B_LSDB = M * N * (94 + 12 * N) \text{ байт} \quad (3)$$

Поскольку этот объём трафика генерируется протоколом OSPF раз в 30 минут [1], то необходимая пропускная способность можно оценить как

$$C1_LSDB = M * N(94 + 12 * N)/1800 \text{ байт/с} \quad (4)$$

Также, при этом, каждый маршрутизатор методом лавинной рассылки [1] копирует полученные от остальных (M-1)-маршрутизаторов сети «чужие» LSA типа 1 через свои интерфейсы, кроме того, с которого они получены, то есть через свои (N-1)-интерфейсы. И так поступает каждый из M маршрутизаторов сети.

Соответственно, объем этой информации отдаст вклад в требуемую пропускную способность

$$C2_LSDB = M * (N - 1) * (M - 1) * (94 + 12 * N)/1800 \text{ байт/с} \quad (5)$$

В итоге, общая оценка необходимой пропускной способности для служебного трафика OSPF в стационарном режиме можно представить как

$$C_OSPF \sim M * N * (9 + 0.4 * N) + M * \{N + (M - 1) * (0.05 + 0.006 * N)\} \quad (6)$$

Из формулы видно, что второй член даёт относительно малый вклад и в практических оценках им можно пренебречь.

Видно, что зависимость от количества узлов маршрутизации линейная, а от количества интерфейсов – квадратичная.

Необходимо отметить, что существуют механизмы уменьшения объема данного трафика за счет объединения групп LSA в одном LSU, тем самым уменьшая количество пакетов обновления. Однако задача данной работы определить максимально возможный объем служебного трафика по умолчанию для превентивных оценок при проектировании телекоммуникационной сети.

В отличие от OSPF пакеты IS-IS инкапсулируются непосредственно в кадры канального уровня, поэтому информация IS-IS в поле данных всегда дополняется до MTU, что позволяет оценить передаваемые объемы [2].

В случае IS-IS [2] в стационарном режиме через определенные промежутки времени рассылаются пакеты PDU - Hello, CSNP-пакеты синхронизации топологических баз данных LSDB и пакеты описания топологии LSP от каждого маршрутизатора для обновления LSDB.

PDU CSNP [2] периодически генерируются по умолчанию каждые 10 с, являются списком записей LSP топологической базы данных, и рассылаются остальным маршрутизаторам сети. Они имеют размер 34 байт плюс область переменной длины (<1459 байт), включающая 2 байта + 16

байт описания на каждую запись базы. В каждом пакете CSNP может быть до 90 таких описаний.

Поскольку пакеты IS-IS инкапсулируются в область данных кадра канального уровня, то их размер не превышает MTU. Поэтому для описания сети из M маршрутизаторов с N интерфейсами объем информации CSNP составит $M * N * (26 + MTU) / 90$, а необходимая скорость

$$C_{CSNP} = (M/90) * N * (26 + MTU) \text{ байт/с} \quad (7)$$

PDU Hello [2] для которых определен не Hello-интервал, а Holding Timer, по умолчанию распространяются через также через 10 с. Длина пакета Hello составляет 27 байт + переменная область TLV, в которой содержится информация об области, известных соседях маршрутизатора, а также поля заполнения, которые всегда дополняют информацию IS-IS до размера MTU. В противном случае соседство не будет установлено. Поэтому размер фрейма канального уровня, переносящего PDU Hello, по максимуму будет составлять 26 байт + MTU. Тогда трафик поддержания соседства каждого маршрутизатора будет составлять $0,1 * N * (26 + MTU)$, а необходимая пропускная способность Hello-трафика всей сети

$$C_{Hello} = 0.1 * M * N * (26 + MTU) \text{ байт/с} \quad (8)$$

Кроме того, в стационарном режиме эксплуатации сети в цели исключения дежурного запуска алгоритма SFP из-за «старения» записей в LSDB, раз в 15 минут каждый маршрутизатор IS-IS [2], независимо от наличия событий в сети, генерирует свой PDU LSP, которые являются самостоятельным пакетом одновременно записью LSDB, и распространяются по всей сети методом лавинной рассылки в неизменном виде, что даёт объем информации $N * LSP$.

Кроме того каждый маршрутизатор ретранслирует «чужие» LSP методом лавинной рассылки [2], делая копии через свои интерфейсы, кроме того, с которого они получены. Соответственно, данный объем информации составит $M * (N - 1) * (M - 1) * LSP$. Поэтому объем информации обновления LSDB будет $LSP * (M * (N - 1) + 1)$, что на канальном уровне даст $(26 + LSP) * (M * (N - 1) + 1)$ от каждого маршрутизатора сети.

Поскольку длина LSP дополняется до MTU, общий объем данного трафика можно оценить как:

$$B_{LSP} = M * (26 + MTU) * (M * (N - 1) + 1), \quad (9)$$

где наблюдается квадратичная зависимость от количества маршрутизирующих узлов в сети и линейная от количества их интерфейсов.

Поэтому с учётом периодичности данного процесса необходимую оценку утилизации каналов сети данным трафиком в среднем можно выразить:

$$C_{LSP} = M * (26 + MTU) * (M * (N - 1) + 1) / 900 \text{ байт/с} \quad (10)$$

В итоге, с учётом значения MTU в 1492 байт необходимая пропускная способность для трафика IS-IS в стационарном режиме может быть оценена выражением:

$$C_{ISIS} \sim 1.7 * M * (90 * N + M * (N - 1) + 1) \quad (11)$$

Итак, формулы превентивной оценки трафика маршрутизации в стационарном режиме эксплуатации сети в зависимости от количества маршрутизации и количества интерфейсов:

$$C_{OSPF} \sim M * N * (9 + 0.4 * N) \quad (12)$$

$$C_{ISIS} \sim 1.7 * M * (90 * N + M * (N - 1) + 1)$$

Например 100 маршрутизаторов сети с 4 интерфейсами генерируют трафик OSPF $\sim 6,43$ Кбайт/с, а трафик IS-IS ~ 109 Кбайт/с.

Такая ощутимая разница является следствием того, что в отличие от OSPF каждый маршрутизатор IS-IS по умолчанию рассылает пакеты CSNP каждые 10 с, в два раза чаще осуществляет обновление базы LSDB и всегда дополняет информацию IS-IS до размера MTU кадра канального уровня.

Существенно уменьшить трафик можно, разрешив после установления соседства не дополнять сообщение протокола до MTU. Эксперименты, описанные в [3], показывают уменьшение служебного трафика IS-IS на порядок при использовании этой возможности.

Кроме того, при стабильной инфраструктуре сети можно увеличить таймеры IS-IS для уменьшения объема служебного трафика.

Выводы

Полученные формулы получены на основании анализа архитектур протоколов IGP Link State [1-2] и не зависят от типа маршрутизирующих устройств и скоростей их интерфейсов. Поэтому данный подход может быть использован для превентивной оценки необходимой пропускной способности протоколов IGP на телекоммуникационной инфраструктуре, построенной на оборудовании любых производителей.

Литература

1. RFC 2328. OSPF Version 2.
2. RFC 1142. OSI ISIS Intradomain Routing Protocol.
3. Шардаков К.С., Корбаков А.И., Красновидов А.В. // Сравнение динамической маршрутизации IS-IS и OSPF, Intellectual Technologies on Transport, 2017, №2.

UDC 004

A STUDY OF IMPLEMENTING KOREAN QUESTION ANSWERING BASED ON SEMANTIC TRIPLES

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ОТВЕТОВ НА КОРЕЙСКОМ ЯЗЫКЕ НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ ТРИПЛЕТОВ

Myong Ok Choe, Jun Sik O, Hyon I Ri,
Faculty of Information Science,
“Kim Il Sung University”, Pyongyang, DPR Korea
Чвэ Мён Ок, О Чун Сик, Ли Хён И,
Факультет информационной науки,
«Университет имени Ким Ир Сена» г. Пхеньян, КНДР

e-mail: gfstcn@126.com, gfstk@star-com.net.kp

Abstract. Question Answering (QA) is another research area in the field of information science which comes into focus in last few decades. To improve the accuracy of QA systems, document resources must be semantically interpreted and structured. Ontology as a form of knowledge representation that represents the meaning of document resources is actually considered as a knowledge base with more sophisticated form than relational databases, thesaurus, semantic networks, and frame networks, and many researchers in various countries have built ontologies fitting to their languages and are using in QA. This paper described a method implementing semantic triples based Korean Question Answering System. We defined new extended ontology containing semantic triples, constructed it and used in QA. We gave the meaning to ontology through semantic triples composing the semantic syntax structure of sentence and enhanced the semantic expression ability of ontology. We suggested the method extracting semantic triple based on dependency parsing, and the method constructing the extended ontology. The effectiveness of the proposed method was showed with experiments.

Аннотация. Ответ на вопрос (QA) является еще одним исследовательским полем в области информатики, который в последние

несколько десятилетий является фокусом. Для улучшения точности систем QA ресурсы документа должны быть семантически проанализированы и структурированы. В качестве формы представления знаний, представляющего семантику ресурсов документов, онтология считается на самом деле базой знаний с более сложными формами, чем реляционные базы данных, тезаурус(thesaurus), семантические сети и фреймные сети, и в нескольких странах многие исследователи строят онтологию, подходящую для своих языков, и используются в QA. В этой статье описывается способ реализации системы QA на Корейском языке на основе семантических триплетов. Мы определили новую онтологию задачи, содержащую семантические триплеты, и построили и использовали в QA. Через семантический триплет, который представляет собой семантическую грамматическую структуру предложения, мы дали смысл онтологии и улучшили семантическую выразительность онтологии. На основе анализа зависимости мы предложили метод извлечения семантических триплетов и как построить онтологию задачи. Эффективность предлагаемого метода показана через несколько экспериментов.

Keywords: question answering, ontology, dependency parsing, semantic triple, knowledge representation

Ключевые слова: ответ на вопрос, онтология, зависимый анализ, семантический триплет, представление знаний

Motivation

Several approaches have been proposed for semantic structure analysis, and the research on semantic structure analysis is directed towards assigning the meaning related to the predicate to each word of the sentence.

Many researchers found already that the best solution to express knowledge is ontology and the dominant trend is to use ontology in QA.

Up to now many research works on Korean QA were carried, they were the syntactic matching methods from the viewpoint of IR, such as question expansion, question recommendation, answer extraction by voting and so on, and the semantic information retrieval system, but there were not the ones that apply ontology to Korean QA.

Furthermore, in semantic information retrieval, ontology is constructed with concepts, relations and properties about the resources and is retrieved on it, so many problems should be settled to realize QA that demands retrieval in the resources. In this paper we resolve several problems to apply ontology to the implementation of Korean QA system.

Ontology is a technology that is used to enhance answer accuracy and reduce search time by the usage of domain knowledge on higher level in QA.

Shanthi et al. [2, P. 1969-1980] uses ontology mapping based on JSON- LD and semantic similarity. For ontology mapping, we apply the semantic similarity method proposed in [2, P. 1969-1980].

Pachpind et al. [3, P. 32-60] propose a method of solving close domain problem in FAQ using template matching for natural language question. The determination of the structure of query template is very important, and therefore, in order to realize the question answering of Korean language, we are to choose the template that reflects the semantic description unit that suits the syntactic characteristics of the Korean language.

NLQA [4, P. 31-39] applies OpenNLP to syntactic analysis and semantic frame to semantic analysis. Here, we can see that modern question answering systems are attempting to increase answer accuracy and increase system efficiency by combining ontology and syntactic analysis.

Ankita and Nidhi [5, P. 2429-2434] introduce an open domain ontology based QA system using SQL query, which has a simple structure. Because the authors do not directly search ontologies but import ones into databases to perform SQL search on databases, there are the disadvantage of making a lot of effort to construct the resources.

Marta et al. transform the knowledge extracted from natural language text into a RDF representation and translate the questions into SPARQL queries to facilitate easy access to the information stored in the RDF semantic index. [6, P. 16-31] The SPARQL is based on ontology triple such as <resource, property, value>, and many semantic contents are lost when it is applied directly to the Korean QA.

Extended ontology definition adding semantic triple

We aim to construct a system that can answer questions in specified domain that users use during e-learning.

The document resources considered here cover the content of textbooks and references that were written by the relevant experts and can be informative comparatively, thus we suppose the document resources do not contain any noise.

We extract concepts, entities, relations, properties and semantic triple sets, construct ontology in RDFS format based on them.

The semantic grammatical unit in Korean sentence is <subject, adverbial modifier, object, predicate>. The triples derived from 4 components of sentence are <subject, predicate, object> and <subject, predicate, adverbial modifier> according to the importance of components, and we are to enhance the semantic expression of ontology by giving the meaning to ontology through the triples.

In languages such as English and Russian, where the semantic syntax unit is <subject, predicate, object, adverbial modifier>, the syntactic meaning depends on the order of the word, so a study using the form of <subject, predicate, object> to the semantic description was proposed by applying the phrase structure grammar, but the adverbial modifier was omitted in such a triple study. [5, P. 2429-2434]

We want to extract a more accurate answer to the question at the retrieval stage by adding the semantic triples of <subject, predicate, object> or <subject, predicate, adverbial modifier> to the ontology and searching for the extended ontology. The concept of triple also exists in ontology, but the triple in ontology is <r, p, v>, where r is resource, p is property and v is value according to it. [6, P. 16-31]

The semantic triple in this paper is more inclusive concept that contains both property and relation. In other words, semantic triple here is <s, p, o> and <s, p, a>, where 's' : subject, 'p' : predicate, 'o' : object and 'a' : adverbial modifier.

Extended ontology including semantic triples for QA, Ontology is defined as the set of the following 5 components:

$$\text{Ontology} := \langle C, E, R, P, T \rangle \quad (1)$$

where C : concept set, E : entity set, R : relation set, P : property set, T : semantic triple set.

Semantic triple extraction based on dependency parsing

Dependency parsing is a language processing method to look into the sentence structure by judging dependence between words. Since the dependence between words in a sentence is similar to semantic relation and the sentence structure is decided similarly to semantic structure, dependency parsing is used widely in applying to language processing using semantic structure. And the fact that each word has a simple structure with only one hanged direction makes analysis process comparably easy and it is suitable for analyzing agglutinative languages in which the predicate comes to the tail.

In dependency parsing, sentence structure analysis is carried out in the way to find out how an inflected word depends on another one in a sentence. Dependency structure is usually presented by a graphic structure called dependency structure tree. Unlike in [1, P. 725–762], the graph structure representing the Korean-language dependency structure has the following properties.

- Graphs are linked and each node has only one back direction.
- More than two inflected words that belong to same sorts are not hanged repeatedly.
- There are no closed routes or crosslines inside the graphs.

The methods for dependency parsing are rule based one and statistical information based one. The rule based method is the one to analyze it on the basis of human's experimental knowledge and it was proved that it is better than the statistical information based one by experiments. [1, P. 725–762]

The basis here is the restriction that dependency graphs never cross each other or the principle that each inflected word is hanged to the nearest one possibly. It is based on Korean phrase structure rule showed in Figure 1.

- | | |
|--|--|
| • $S \rightarrow NPT, VPT$ | • $NP \rightarrow APT, NP$ |
| • $VPT \rightarrow VP, TO$ | • $\underline{NP} \rightarrow AD, NP$ |
| • $VP \rightarrow V$ | • $NPQT \rightarrow NP, QT$ |
| • $VP \rightarrow NPT, VP$ | • $APT \rightarrow AP, TO$ |
| • $VP \rightarrow AD, VP$ | • $\underline{AP} \rightarrow VPT, AP$ |
| • $\underline{VP} \rightarrow NP, VP(O C t)$ | • $\underline{VP} \rightarrow APT, VP$ |
| • $NPT \rightarrow NP, TO$ | • $\underline{VP} \rightarrow VPT, VP$ |
| • $NP \rightarrow N$ | • $\underline{AP} \rightarrow APT, AP$ |
| • $NP \rightarrow VPT, NP$ | • $\underline{AD} \rightarrow NP, TO$ |
| • $NP \rightarrow NPQT, NP$ | • $\underline{AD} \rightarrow VP, TO$ |

where S: sentence, NPT : substantive collocation, VPT : verbal collocation, VP : verbal phrase, NP : nominal phrase, APT : adjective collocation, NPQT : nominal phrase with attributive particle, AD : adverb or adverbial modifier, V : verbs, A : adjectives, N : nouns, TO : particles and QT : possessive particle.

Figure 1. Korean phrase structure rule

We extract the semantic triple by obtaining a phrase structure tree and a dependency structure.

Given a sentence, we divide NPT and VPT.

- The presence of VPT and NP in NPT extracts the triple here.
- If VPT and NP are not present in the NPT, we extract the triple using the NP here and the VP in the subsequent VPT.

Several triples can be extracted from a sentence.

Construction of the Extended Ontology

This paper suggests a method to build an domain ontology about Korean history, which can be used in QA system. We construct an extended ontology by extracting concepts in the domain, relations between concepts, formal description of the properties of each concept, and semantic triples.

The domain knowledge structure can be implemented by ontology items represented in the database. The data source for use was offered by “Korean History” textbook in the beginning. And this data source, which is represented by non-structured form, aims to find out the structure from the text itself.

Let us take an example of extracting semantic triples on the following sentence. “Koguryo was the first feudal state in our country built in the old Kuryo land with Jolbon as the capital by KoJuMong in 277 B.C.”.

Here, the concept is “feudal state”, the entities are “Koguryo”, “KoJuMong”, “Jolbon”, “Kuryo” and “our country”, the property is “capital”, the relation is “be built” and the literal constant is “277 B.C.”.

Extractable triples in this sentence are as follows: <Koguryo, is, feudal state>, <Koguryo, be built, Kuryo>, <Koguryo, be built, 277 B.C.>, <Koguryo, be built, KoJuMong>, <Koguryo, capital, Jolbon>

<Koguryo> and <feudal state> has an “is_a” relation in the triple above. <Feudal state> and <Koguryo> has “instance_of” relation. <Koguryo> and <KoJuMong> has <be built> relation, while <KoJuMong> and <Koguryo> has <build> relation.

A part of built Korean history ontology is shown in the Figure 2.

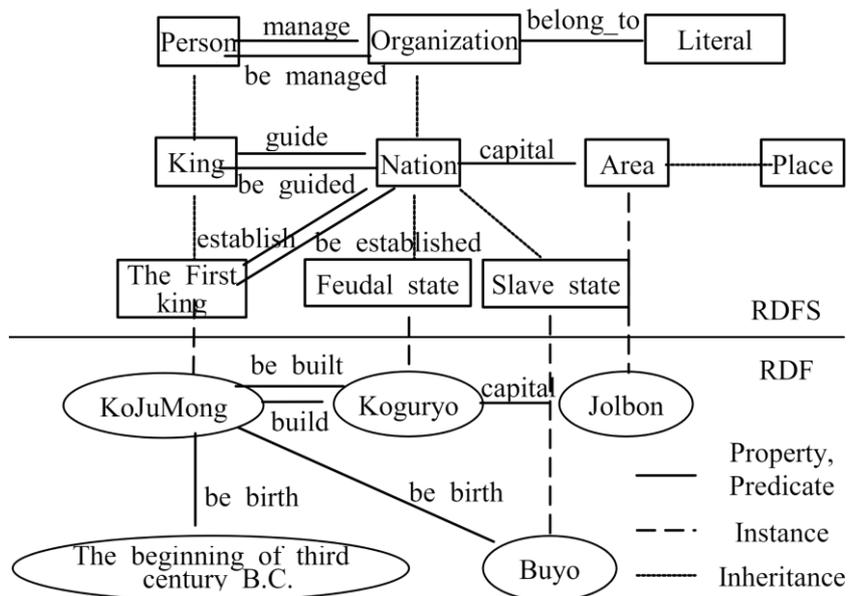


Figure 2. A part of Korean History Ontology.

Experiments and Evaluation

We have built an ontology using RDFS, and used NLTK for the natural language processing tool and Spring for the development tool.

We used 30,000 sentences and 2,992 passages, and then built an ontology with 573 concepts, 1,035 entities, 652 relations, 130 properties and 410,453 triples related to “Korean History” as the resources.

To evaluate the effectiveness of method suggested in the paper we have conducted experiments for 50 users in e-learning. 10 of them were the specialists of a certain subject and the other 40 were students.

In order to clarify the contrast, we have also had experiments with method1 in [4, P. 31-39] and method2 in [6, P. 16-31].

We randomly chose 20 students and let each one to put forward 10 questions including one definitional question, one summary question and three factoid questions with one query term and more than 2 query terms, respectively three times according to 3 different methods. And then let the 10 specialists evaluate the answers from the systems using the three methods and score them. The scored marks are shown in Table 1.

For more objective evaluation, we evaluated the answer accuracy on 200 different questions from the previous 20 students.

The answer accuracy of each method is defined as follows.

Table 1. Scored marks

Question kinds	Definitional		Summary		Factoid		Average	
	1	more than 2	1	more than 2	1	more than 2	1	more than 2
Method 1	8.8	8	8	8.2	8.2	8	8.2	7.7
Method 2	9	7.8	8.3	8.5	8.5	7.7	8.5	7.6
Suggested Method	9.6	9.4	9	9.4	9.4	9.8	9.4	9.5
Average	9.1	8.4	8.4	7.8	8.5	8.5	-	-

$$Accuracy = \frac{N_c}{N} \tag{1}$$

where N_c is the number of questions answered correctly or similarly, N is the number of total questions in the experiment. The results are shown in Table 2.

Table 2. Accuracy Evaluation

	Number of question answered correctly or similarly	Accuracy (percent)
Method1	172	86
Method2	183	91.5
Suggested Method	194	97

The experiments show that the suggested method can extract more accurate answers in Korean QA than the method1 or method2.

Findings

In this paper we described the method of extracting semantic triples and constructing ontology for Korean QA system which retrieves answers to questions.

We gave a formal definition of an extended ontology containing semantic triples and introduced RDFS format ontology construction method based on the semantic triples extraction. Based on the dependency parsing, we extracted the semantic triples and constructed the ontology.

Applying the suggested method we have implemented Korean question answering system and evaluated the effectiveness of the suggested method.

References

1. Caner, D. et al., 2018. A closed-domain question answering framework using reliable resources to assist students, *Natural Language Engineering*, 24(5): 725–762, Cambridge University Press.
2. Shanthi P. et al., 2018. Ontology based Question Answering system using JSON-LD for Closed Domain, *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, Volume 119, No. 12, P. 1969-1980.
3. Pachpind, P.P. et al., 2014. An Automatic Answering System Using Template Matching For Natural Language Questions, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Volume 4, Issue 4, P. 32-60.
4. Athira, P.M. et al., 2013. Architecture of an Ontology-Based Domain-Specific Natural Language Question Answering System, Government Engineering College, Sreekrishnapuram, Palakkad Kerala, India, 678633, *International Journal of Web & Semantic Technology (IJWesT)*, Vol.4, No.4, P. 31-39.
5. Ankita, S. and Nidhi, T., 2013. Ontology Based Question Answering System, *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, Vol.1, Issue 10, P. 2429-2434.
6. Marta, T. et al., 2016. A Semantic Question Answering Framework for large Data Sets, *Open Journal of Semantic Web (OJSW)*, Vol.3, Issue 1, P. 16-31.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

УДК 004.51

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИAPPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF
FIRESAFETY

Захаров Г.В., Васильев А.С., Филиппов В.Н., Филиппова К.В., Филиппова Е.В.,
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
г. Уфа, Российская Федерация

G.V. Zakharov, A.S. Vasil'ev, V.N. Filippov, K.V. Filippova, E.V. Filippova,
FSBEI HE "Ufa state petroleum technological university", Ufa, Russian Federation

Аннотация. Пожары представляют серьезную угрозу для человеческих жизней и имущества, поэтому эффективные системы предотвращения и борьбы с ними играют важную роль в обеспечении общественной безопасности. Основной акцент делается на использовании цифровых датчиков температуры и уровня заряда батареи в пожарных извещателях. Эти технологии позволяют точнее и быстрее обнаруживать угрозы возгорания, улучшают возможности мониторинга и управления системами безопасности. Помимо этого, рассматривается также вопрос о централизованном управлении извещателями, особенно актуальном для крупных объектов и зданий с большим количеством извещателей. Использование современных информационных технологий позволяет повысить эффективность систем и снизить риски возникновения и распространения пожаров. Такой подход способствует обеспечению безопасности как на уровне отдельных граждан, так и в промышленных и городских инфраструктурах, что является важным аспектом в обеспечении общественной защиты и устойчивости. Помимо улучшения обнаружения и реагирования на пожарные угрозы, в статье также рассматривается важность интеграции современных систем мониторинга и управления для централизованного контроля пожаробезопасности на крупных объектах. Обсуждаются преимущества цифровых интерфейсов и передачи данных в цифровом формате для более надежной передачи информации и оптимизации процессов анализа данных. Этот подход не только улучшает безопасность жизни и имущества, но и способствует более эффективной работе пожарной службы и управляющих органов в случае чрезвычайных ситуаций.

Abstract. Fires pose a serious threat to human lives and property, so effective fire prevention and suppression systems play a crucial role in ensuring public safety.

The main focus is on the use of digital temperature and battery charge level sensors in fire detectors. These technologies enable more accurate and faster detection of fire threats, enhance monitoring capabilities, and improve the management of security systems. Additionally, the article discusses the importance of centralized management of detectors, especially relevant for large facilities and buildings with numerous detectors. The use of modern information technologies allows for increased system efficiency and reduced risks of fire occurrence and spread. Such an approach contributes to safety at both the individual citizen level and in industrial and urban infrastructures, which is a key aspect of ensuring public protection and resilience. In addition to improving fire threat detection and response, the article also examines the importance of integrating modern monitoring and management systems for centralized fire safety control in large facilities. The advantages of digital interfaces and data transmission in digital format are discussed for more reliable information transfer and optimization of data analysis processes. This approach not only enhances life and property safety but also promotes more effective work of fire services and management authorities during emergencies.

Ключевые слова: пожаробезопасность, технологии, цифровые датчики, управление, мониторинг

Keywords: fire safety, technologies, digital sensors, management, monitoring

Пожаробезопасность играет критическую роль в обеспечении безопасности как общества в целом, так и отдельных граждан. Пожары могут привести к гибели людей, разрушению имущества, экологическим катастрофам и социальным последствиям. Они могут возникнуть в любом месте, в любое время, поэтому осознание важности предотвращения и борьбы с пожарами необходимо во всех сферах жизни: от домашней обстановки до промышленных предприятий и городских инфраструктур.

Эффективная система пожаробезопасности, основанная на соблюдении нормативов и использовании современных технологий, позволяет свести к минимуму риски возникновения и распространения пожаров [1, 6]. Это включает в себя не только наличие соответствующего оборудования и систем оповещения, но и обучение персонала правилам поведения в чрезвычайных ситуациях. Инвестирование в пожаробезопасность не только защищает жизнь и имущество, но и способствует устойчивости бизнеса и общества в целом.

Повышение эффективности системы пожаробезопасности требует постоянного совершенствования технологий и методов предотвращения чрезвычайных ситуаций. В данном контексте модернизация существующих пожарных извещателей с использованием цифровых датчиков температуры в помещении и уровня заряда батареи извещателя играет важную роль. Эти датчики не только обеспечивают более точные и надежные данные, но и позволяют более оперативно реагировать на угрозы пожара и предпринимать необходимые меры [3].

Добавление цифровых датчиков в извещатели также улучшает возможности мониторинга и управления данными. Современные системы могут осуществлять удаленное управление и мониторинг состояния извещателей, что обеспечивает более высокий уровень контроля и оперативности реагирования на изменения среды. Это особенно важно для крупных объектов с большим количеством извещателей, где централизованное управление играет ключевую роль в эффективной работе системы пожаробезопасности [4, 5].

Добавление цифровых датчиков температуры в помещении и уровня заряда батареи в существующие пожарные извещатели является важным шагом в совершенствовании систем пожарной безопасности. Эти датчики предоставляют дополнительную информацию и функциональность, что повышает эффективность и надежность работы извещателей.

Одним из ключевых преимуществ использования цифровых датчиков является их точность и стабильность измерений. Цифровые датчики обычно имеют высокую точность измерений температуры в помещении и уровня заряда батареи извещателя, что позволяет более точно определять потенциальные опасности, связанные с пожаром или отказом системы питания. Точные данные от датчиков позволяют оперативно реагировать на изменения условий и принимать соответствующие меры предосторожности.

Другим важным аспектом является возможность мониторинга и управления данными от датчиков через цифровые интерфейсы. Цифровые интерфейсы — это своего рода «язык общения» между различными устройствами, который позволяет им обмениваться информацией. Цифровые датчики часто имеют стандартные интерфейсы, такие как I2C, SPI или UART, что обеспечивает легкость интеграции с существующими системами мониторинга и управления. Эти интерфейсы делают процесс общения между датчиками и другими устройствами, такими как компьютеры или контроллеры, очень простым, что позволяет оперативно получать информацию о температуре в помещении и уровне заряда батареи извещателя, а также настраивать параметры работы датчиков в соответствии с требованиями конкретной системы. Благодаря этим интерфейсам также можно настраивать параметры работы датчиков, чтобы они соответствовали нуждам конкретной системы безопасности [2].

Кроме того, цифровые датчики обычно обладают возможностью передачи данных в цифровом формате, что снижает уровень шума и искажений сигнала при передаче на большие расстояния. Это особенно важно в крупных зданиях или комплексах, где извещатели могут быть удалены от центральной системы управления. Цифровая передача данных также облегчает обработку и анализ полученной информации, что помогает определить реальные угрозы и принять необходимые меры по предотвращению чрезвычайных ситуаций.

Интеграция цифровых датчиков температуры и уровня заряда батареи в существующие пожарные извещатели существенно улучшает их функциональность, точность и надежность работы. Этот шаг не только

повышает общий уровень безопасности объектов, но и обеспечивает оперативное реагирование на любые изменения условий, связанных с температурой или состоянием системы питания.

Важно отметить, что необходимость модернизации или замены существующих извещателей также распространяется на помещения, не являющиеся жилыми. Промышленные объекты, офисные здания, торговые центры, складские помещения и другие нежилые здания представляют собой значительные потенциальные риски в случае возникновения пожара. Введение обязательной модернизации или замены существующих извещателей на модернизированные версии с цифровыми датчиками становится необходимым шагом для повышения уровня пожаробезопасности в таких объектах.

Нежилые помещения часто имеют особенности, которые требуют более сложных и надежных систем пожарной сигнализации. Например, в промышленных предприятиях могут присутствовать высокие температуры, вещества, способные вызвать возгорание, или другие особенности, которые усложняют обнаружение и тушение пожаров. Внедрение современных цифровых датчиков в извещатели позволяет эффективнее мониторить эти условия и своевременно предупредить о возможных опасностях.

Важно отметить, что в жилых помещениях, особенно в категориях семей, называемых «неблагополучными», где происходит большинство пожаров, необходимо ввести обязательную модернизацию существующих систем пожарной сигнализации. Статистика показывает, что до 75% всех пожаров происходят именно в таких категориях семей из-за различных факторов, таких как неправильное использование электробытовых приборов, недостаточное соблюдение правил пожарной безопасности или отсутствие соответствующего оборудования.

Введение обязательной модернизации пожарных извещателей с использованием цифровых датчиков температуры и уровня заряда батареи поможет снизить риск возникновения и распространения пожаров в этих категориях жилых помещений. Данные датчики обеспечат более быстрое и точное обнаружение начальных признаков пожара, что позволит оперативно принять меры по предотвращению его распространения и спасению жизней и имущества.

С другой стороны, для других категорий граждан, где уровень гражданской ответственности выше и соблюдаются правила пожарной безопасности, введение обязательной модернизации систем пожарной сигнализации может быть рекомендовано, но не обязательно. Здесь важно проводить регулярные проверки и обучение по пожарной безопасности, чтобы поддерживать высокий уровень готовности к чрезвычайным ситуациям и минимизировать риски возникновения пожаров.

Таким образом, адаптация мер безопасности в зависимости от конкретной категории жильцов позволит эффективнее использовать ресурсы и сосредоточить усилия на наиболее уязвимых сегментах, что в конечном итоге способствует повышению общего уровня пожаробезопасности в обществе.

Выводы

Внедрение современных технологий в системы пожаробезопасности играет ключевую роль в повышении эффективности и надежности защиты от пожаров. Использование цифровых датчиков температуры и уровня заряда батареи в пожарных извещателях обеспечивает более быстрое и точное обнаружение начальных признаков пожара. Это позволяет оперативно принимать меры по предотвращению его распространения и минимизации ущерба для жизни и имущества.

Кроме того, современные технологии позволяют осуществлять удаленное управление и мониторинг состояния извещателей, что обеспечивает более высокий уровень контроля и оперативности реагирования на изменения среды. Это особенно важно для крупных объектов с большим количеством извещателей, где централизованное управление играет ключевую роль в эффективной работе системы пожаробезопасности. Снижение рисков возникновения и распространения пожаров благодаря современным технологиям также способствует повышению общего уровня безопасности в обществе. Более точное и оперативное реагирование на угрозы пожара помогает не только предотвратить ущерб, но и сохранить жизни людей, что является одной из основных задач систем пожаробезопасности.

Литература

1. Васильев А.С., Батищева В.А., Филиппов В.Н., Некрасов Д.С. Актуализация решения проблем размещения зон пожарных депо в крупных городах с помощью технологии моделирования // Сетевое издание "Нефтегазовое дело", 2021. №6. С. 136-145 URL: <http://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2021-6-136-145>.
2. Логан С. Управление несколькими периферийными устройствами по линиям шин SPI/I2C // Компоненты и технологии. – 2008. – № 7(84). – С. 66-70.
3. Юртаев С.В. Проблемы эксплуатации существующих пожарных извещателей и анализ инновационных пожарных извещателей // Вестник науки. – 2022. – Т. 1, № 2(47). – С. 233-240.
4. Писанко А.В. Мониторинг температуры и влажности в помещении с датчиком DHT11 // Молодежный научный форум: сборник статей по материалам СХ студенческой международной научно-практической конференции, Москва, 23 декабря 2020 года. Том 41 (110). – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Международный центр науки и образования", 2020. – С. 70-72.
5. Дамле Б. Контроллер уровня заряда батареи для всех / Б. Дамле // Компоненты и технологии. – 2017. – № 3(188). – С. 32-35.
6. Захаров Г.В., Филиппов В.Н., Васильев А.С., Филиппова Е.В. Определение оптимального расположения пожарных депо // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024667289, 23.07.2024. Заявка от 09.07.2024.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.067

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕГИСТРАЦИИ ГЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ

INFORMATION TECHNOLOGIES USED IN THE REGISTRATION OF GEOMAGNETIC DATA

Ромашенко М.Д., Хлыбов В.С., Зигангирова Ю.В.,
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа,
Российская Федерация
M.D. Romashchenko, V.S. Khlybov, Yu.V. Zigangirova,
“Ufa University of Science and Technology”, Ufa, Russian Federation

e-mail: misha.romashchenko1@gmail.com, 4hr0m4@gmail.com,
julia.zigangirova@mail.ru

Аннотация. Работа направлена на создание прикладных методов и программных средств по изучению динамических процессов в магнитосфере в периоды магнитных бурь. Наблюдения геомагнитного поля дают информацию о строении, эволюции, и современном состоянии, как твердой Земли, так и ее газо-плазменных оболочек. Возмущения в геомагнитном поле связаны с процессами, как в магнитосфере, так и в атмосфере Земли. Они являются также индикаторами процессов происходящих на солнце. Наблюдения вариаций геомагнитного поля на геофизических обсерваториях в широком диапазоне частот востребованы не только для изучения этих процессов, но и для развития навигационных средств, прогноза погоды, диагностики медико-биологических проявлений солнечной активности. При этом создание баз данных геомагнитных наблюдений непосредственно на ведущих геомагнитных измерениях обсерваториях обеспечивает их оперативное наполнение, а использование Интернет технологий делает возможным оперативный доступ к полученной геомагнитной информации. В работе представлена программная система по анализу вариаций геомагнитного поля, основу которой составляют авторские методы и алгоритмы. Система позволяет оценивать состояние геомагнитного поля и выделять геомагнитные возмущения, возникающие в периоды повышенной солнечной активности и магнитных бурь. К системе организован свободный доступ через сеть Интернет.

Abstract. The work is aimed to creation of applied methods and software tools for the study of dynamic processes in the magnetosphere during magnetic storms.

The software system is presented in the paper for analyze the variations of the geomagnetic field, which is based on the author's methods and algorithms. The system allows us to assess the condition of the geomagnetic field and allocate geomagnetic disturbances, arising during periods of increased solar activity and magnetic storms. There is a free access to the system through the Internet.

Ключевые слова: магнитная буря, геомагнитные данные, вейвлет-преобразование, цифровая обработка сигналов

Keywords: magnetic storm, geomagnetic data, wavelet transform, digital signal processing

Геомагнитные данные представляют собой информацию о магнитном поле Земли, которое возникает из-за движения жидкого внешнего ядра Земли. Это магнитное поле оказывает влияние на различные аспекты нашей жизни, такие как навигация, радиосвязь, а также защита от космических лучей.

Геомагнитные данные могут быть измерены и записаны в различных форматах, таких как магнитные полярности, интенсивность магнитного поля, а также геомагнитные штормы и ионосферные возмущения. Эти данные могут быть использованы для прогнозирования погоды в космическом пространстве, а также для изучения потенциального влияния геомагнитных штормов на технические системы и оборудование.

Геомагнитные данные включают в себя информацию о магнитном поле Земли, такую как его интенсивность, направление и вариации во времени и пространстве. Эти данные могут быть получены с помощью магнитометров, установленных на различных точках на поверхности Земли или в космосе.

Изменения вариаций магнитного поля Земли связаны с различными геофизическими процессами и имеют сложную внутреннюю структуру, что делает малоэффективными традиционные методы для их обработки и анализа. В периоды возмущений в вариациях поля возникают локальные особенности различной формы, длительности и амплитуды. Они характеризуют возмущенность поля и содержат важную информацию о характере развития магнитной бури. При обработке используются минутные значения горизонтальной составляющей вектора напряженности магнитного поля Земли. В системе поддерживается формат данных IAGA2002, принятый международной сетью геомагнитных обсерваторий INTERMAGNET. Также реализованы функции пространственно-временного анализа, что позволяет выполнять анализ геомагнитных событий по цепочке станций регистрации.

Сбор и первичное накопление данных наблюдений, поступающих с датчиков геомагнитных полей всех типов, осуществляется компьютерами. Полученные данные поступают в Базу данных среднеширотной Геофизической обсерватории через локальную сеть сбора данных рисунок 1, в которую входят также компьютер обработки и хранения данных и сервер базы данных.



Рисунок 1. Локальная сеть сбора геомагнитных данных

Обсерватории INTERMAGNET в настоящее время объединяющей более 100 магнитных обсерваторий в 36 странах мира. Данные геомагнитных наблюдений оперативно передаются обсерваториями и институтами, участвующими в программе, на региональные геомагнитные информационные узлы через спутники, компьютерные сети или другими средствами, с использованием стандартных форматов INTERMAGNET. Региональные геомагнитные информационные узлы осуществляют глобальный обмен геомагнитными данными и результатами их обработки, обеспечивают доступ к данным участвующих в программе обсерваторий и всего научного сообщества.

Сеть сбора данных и база данных ГО “Борок”

На ГО “Борок” установлено стандартное оборудование INTERMAGNET, включающее скалярный и векторный магнитометры. Скалярный протонный магнитометр для измерения полной величины магнитного поля обладает разрешением 0,1 нТл, динамическим диапазоном 32000–70000 нТл, частотным диапазоном 0–0,3 Гц. Векторный трехкомпонентный магнитометр при том же разрешении имеет динамический диапазон ± 70000 нТл и полосу пропускания 0–1 Гц. Для проведения абсолютных геомагнитных измерений используется портативный однокомпонентный магнитометр на немагнитном теодолите, обеспечивающий измерения магнитного поля в пределах ± 2 мкТл с разрешающей способностью 0,1 нТл в частотном диапазоне на аналоговом выходе 0–10 Гц.

Магнитометры включают индукционные датчики с пермаллоевыми сердечниками, измерительные усилители и блоки фильтров. Линейная частотная характеристика датчиков позволяет расширить динамический диапазон измерений вследствие компенсации спектральной неоднородности и широкого диапазона изменений амплитуд геомагнитных пульсаций. Частотный

диапазон составляет 0,001–3,0 Гц, при уровне шума 0,5 пТл/Гц^{1/2} на частоте 1 Гц.

Сбор и первичное накопление данных наблюдений, поступающих с датчиков геомагнитных полей всех типов, осуществляется выделенными компьютерами. Полученные данные поступают в Базу данных среднеширотной Геофизической обсерватории “Борок” через локальную сеть сбора данных (рисунок 1), в которую входят также компьютер обработки и хранения данных и сервер базы данных.

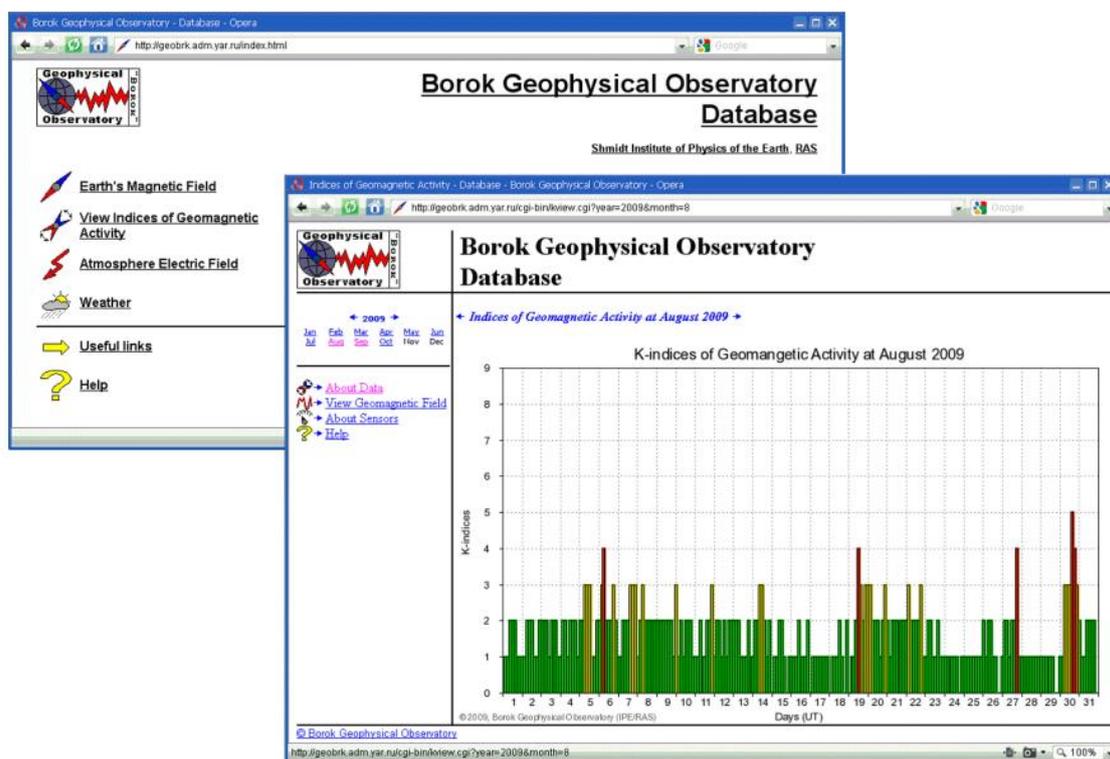


Рисунок 2. Начальная страница web-сайта базы данных и страница просмотра данных

В состав автоматической магнитной обсерватории INTERMAGNET входит специализированная система сбора данных скалярного и векторного магнитометров, обеспечивающая также контроль качества поступающих данных, их фильтрацию и отображение на экране монитора. Частота дискретизации выходного амплитудно-временного ряда 1 мин. Для точной привязки к мировому времени, необходимой при работе в сети синхронных наблюдений магнитного поля, используется устройство GPS. Данные измерений накапливаются на внешнем носителе и раз в сутки переносятся оператором на компьютер обработки данных.

С начальной страницы (Рис. 2) посетитель сайта может перейти к просмотру руководства по пользованию базой данных, правил пользования ею и разделов сайта, относящимся к конкретным видам наблюдений. В открытом доступе представлены результаты измерений вариаций геомагнитного поля Земли и рассчитанные на их основе К-индексы геомагнитной активности. Все

страницы сайта имеют в левой части меню со ссылками на подразделы текущего уровня и логотип ГО “Борок” со ссылкой на начальную страницу сайта. Для обеспечения безопасности и предотвращения атак хакеров доступ к исходным файлам данных закрыт. Пользователь имеет возможность просматривать графики данных и запрашивать данные, заполняя соответствующие формы. Запрошенные данные формируются программным обеспечением web-сайта и отсылаются пользователю по электронной почте. Для коллективных пользователей базы данных ведется регулярная рассылка данных. При этом тип и формат данных, периодичность и способ рассылки определяются по договоренности с заказчиками. В частности, данные наблюдений вариаций геомагнитного поля по программе INTERMAGNET, передаются по электронной почте в Парижский институт физики Земли, а аналогичные данные, полученные по программе SAMNET, – по ftp-протоколу в Ланкастерский университет.

Выводы

Таким образом, регистрация геомагнитных данных - важный процесс, требующий применения специализированных информационных технологий для сбора, обработки и анализа этой информации. Современные методы и технологии играют ключевую роль в этом процессе, обеспечивая точность данных и оперативность их обработки.

Для начала необходимо упомянуть специализированные геомагнитные оборудования, такие как магнитометры и геомагнитные сенсоры, которые используются для регистрации геомагнитных данных. Эти устройства могут быть высокоточными и автоматизированными, что упрощает сбор информации.

Информационные технологии включают в себя программное обеспечение для обработки и анализа данных, визуализации результатов измерений, а также системы хранения и передачи информации. С помощью специализированного ПО данные могут быть структурированы, интерпретированы и анализированы исследователями для получения ценных научных выводов.

Также важным аспектом является использование современных информационных технологий для передачи и обмена данных между различными исследовательскими центрами и научными организациями. Благодаря сетям передачи данных и облачным технологиям, специалисты могут обмениваться информацией и совместно работать над анализом геомагнитных данных.

Таким образом, информационные технологии при регистрации геомагнитных данных играют важную роль, обеспечивая эффективность, точность и оперативность в проведении исследований в этой области.

Литература

1. Пилипенко, В. А., А. А. Черников, А. А. Соловьев, Н. В. Ягова, Я. А. Сахаров, Д. В. Кудин, Д. В. Кострарев, О. В. Козырева, А. В. Воробьев, и А. В. Белов, (2023), Влияние космической погоды на надежность функционирования транспортных систем на высоких широтах, Russian Journal of Earth Sciences, – Т. 23, ES2008, 10.2205/2023ES000824.
2. Воробьев А.В., Соловьев А.А., Пилипенко В.А., Воробьева Г.Р. Интерактивная компьютерная модель для прогноза и анализа полярных сияний // Солнечно-земная физика. 2022. – Т. 8, № 2. – С. 93-100.
3. Воробьев, А.В. Подход к динамической визуализации разнородных геопространственных векторных изображений / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева // Компьютерная оптика. – 2024. – Т. 48, № 1. – С. 123-138.

СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

UDC 004

A METHODOLOGY FOR IMPLEMENTATION OF MANDATORY ACCESS CONTROL BY ROW-LABEL SECURITY POLICY IN RELATIONAL DATABASE MANAGEMENT SYSTEMS

МЕТОДОЛОГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ДОСТУПА К ПОЛИТИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ С МЕТКОЙ СТРОКИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ РЕЛЯЦИОННЫМИ БАЗАМИ ДАННЫХ

Song Ran Choe, Tae Guk Kim,
Faculty of Information Science,
“Kim Il Sung University”, Pyongyang, DPR Korea
Чой Сен Ран, Ким Тхе Гук,
Школа информационной науки,
«Университет имени Ким Ир Сена» г. Пхеньян, КНДР

e-mail: gfstcn@126.com, gfstk@star-com.net.kp

Abstract. Access control is a technique that verifies whether the access is legitimate for various purposes of access to various resources in the information system and allows only legitimate access. Access control is divided into Discretionary Access Control (DAC) and Mandatory Access Control (MAC) according to who is responsible for access control. DAC is a user-level access control, in which the owner of the resource can change access rights arbitrarily. Since it is based on an access control matrix model, there is a disadvantage of compromising confidentiality in security by failing to prevent leakage of information through the covert channel. MAC is system-level access control, in which the owner of the resource cannot change the permissions arbitrarily, and it can control the flow of information correctly on the basis of assigning the clearance classification to the subject and the security classification to the object, thus it is possible to prevent the leakage of information through the covert channel. In addition, there is Role-Based Access Control (RBAC) that is used as combination of DAC and MAC. In this paper, we suggested a security policy for implementing MAC in Relational Database Management Systems (RDBMS) where DAC is implemented. We proposed a row-label security policy using the Bell-Lapadula (BLP) model and implement it by extending the SQL statements.

The database manager can selectively enforce mandatory access control using these added SQL statements when necessary.

Аннотация. Контроль доступа - это метод, который позволяет проверять законный доступ к различным целям доступа к различным ресурсам информационной системы и разрешить только законный доступ. Контроль доступа разделен на контроль свободного доступа (DAC: Discretionary Access Control) и контроль мандатного доступа (MAC: Mandatory Access Control) от того, кто несет ответственность за контроль доступа. Управление свободным доступом может произвольно изменять права доступа к владельцу ресурсов в качестве контроля доступа к уровню пользователя. Это основано на модели матрицы управления доступом, что приводит к потере конфиденциальности в безопасности, не предотвращая утечку информации через скрытый канал. Управление мандатным доступом является контролем доступа к системному уровню, и владелец ресурсов не может произвольно изменить лицензию. Это может предотвратить утечку информации через скрытый канал, потому что правильно контролирует поток информации на основе выделения класса разрешения на субъект и уровня безопасности на объект. Кроме того, существует контроль доступа на основе роли (RBAC: Role Based Access Control), который используется в сочетании с контролем свободного и мандатного доступа. Мы предлагаем политику безопасности для реализации управления мандатным доступом в системе управления реляционными базами данных, где реализовано управление свободным доступом. Мы предложили политику безопасности с меткой строки с использованием модели Bell-Lapadula (BLP) и реализовали путем расширения команд SQL. Менеджер базы данных может альтернативно исполнять управления мандатным доступом, используя эти дополнительные команды SQL, когда это необходимо.

Keywords: discretionary access control, mandatory access control, row-label security policy, relational database management system, Bell-Lapadula model

Ключевые слова: контроль свободным доступом, контроль мандатного доступа, политика безопасности с меткой строки, система управления реляционными базами данных, Bell-Lapadula модель

Generally, open-source relational database management systems such as MySQL or PostgreSQL define roles and apply RBAC based on implementing DAC by GRANT and REVOKE statements according to the SQL92 standard [1, P. 1010-1020]. Since DAC and RBAC are based on the access control matrix model, there is a disadvantage that information leakage through the covert channel cannot be prevented. PostgreSQL supports MAC using the sepgsql module combined with SELinux[3, P. 316-322].

Oracle can strictly control the information flow by implementing MAC using row-label security in VPD (Virtual Private Database), OLS (Oracle Label Security), etc., which all use the PL/SQL functions and are difficult to porting to other DBMS [2, P. 71-79], [5, P. 54-56].

Therefore, we proposed a row-label security policy that can implement MAC by adding SQL statements without the help of SELinux or PL/SQL functions in general RDBMS.

1) The structure of Row-Label Security Policy

When the user reads or writes data in the table, the database management system first checks whether there are access rights on the table by DAC, and then checks access rights to the row that is in it by MAC. Thus, a row includes label in addition to data, and a label column is added to the table. This is called a row-label and this security is called row-label security.

Define the row-label security policy. The row-label security policy consists of components, security profiles, security labels, and protected tables (or tables in which security policies are applied).

Each component consists of elements called levels, compartments, and groups. The security profile is assigned to user, and each row of the protected table is labeled with a security label. The security label consists of a pair elements of levels, compartments, and groups. The row-label security consists of 10 basic elements and 11 relationships. The structure of the row-label security policy is shown in Figure 1.

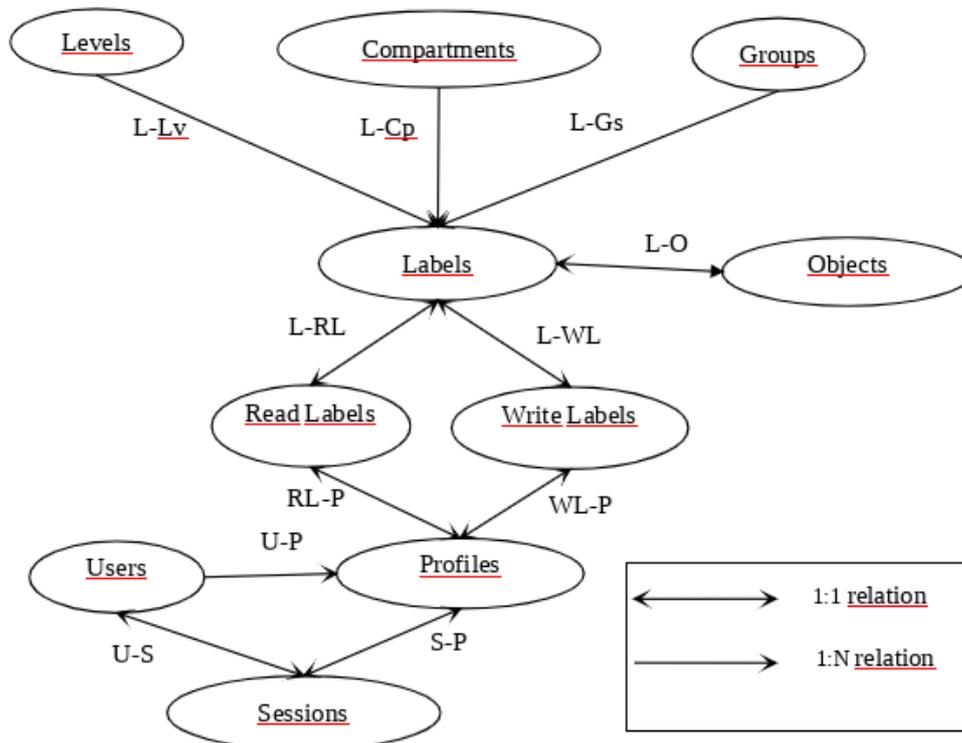


Figure 1. The structure of the row-label security policy

The components consist of Levels, Compartments, Groups.

Definition 1. $Levels = \{l_i | i = 1, n\}$, where $i < j \Rightarrow l_i < l_j$. And l_i, l_j are order of object(data) and subject(profile), that is, level represents security classification or clearance classification in security policy. n is the total number of levels used in the security policy.

Definition 2. *Compartments* = $\{c_i | i = 1, m\}$, where $i \neq j \Rightarrow c_i \neq c_j$. And c_i, c_j are the kind of information that requires exclusive inclusion when access occurs, that is, the compartment plays the role of classifying information. m is the total number of compartments used in the security policy.

Definition 3. *Groups* = $\{(g_i, gprnt_i) | i = 1, k, gprnt_1 = \emptyset\}$, where $gprnt_i \in \{(g_p) | p = 1, k\}$ and $i \neq j \Rightarrow g_i \neq g_j$. And g_i, g_j represent a group and $gprnt_i$ represents parent of g_i . The group represents hierarchy of information. k is the total number of groups used in the security policy.

Definition 4. *Labels* = $\{lbl_i | i = 1, n\}$, where $lbl_i = \langle l_i, sub_Compartments, g_i \rangle$, where *sub_Compartments* is a subset of *Compartments*.

The partially ordered relation between labels is as follows.

$$lbl_i \leq lbl_j \quad l_i \leq l_j, c_i \leq c_j, g_i \leq g_j \quad (1)$$

$$lbl_i \geq lbl_j \quad l_i \geq l_j, c_i \geq c_j, g_i \geq g_j \quad (2)$$

Definition 5. *Profiles* = $\{pro_i | i = 1, n\}$, where $pro_i = \langle pro_name, RL_{def}, RL_{max}, RL_{min}, WL_{def}, WL_{max}, WL_{min}, ROW_{def} \rangle$ and *pro_name* is identifier of profile

RL_{def} : default read label, RL_{max} max read label value

RL_{min} min read label value, WL_{def} default write label

WL_{max} max write label value, WL_{min} min write label value

ROW_{def} default row label,

Definition 6. The schema of table that applied row-label security policy is *SS*.

$$SS = \langle REL_{name}, F_{info} \rangle \quad (3)$$

where REL_{name} is the name of table that applied row-label security policy.

$F_{info} = \{(fName_i, fDom_i, F_{rowlabel}, int) | i = 1, N\}$.

$fName_i$ i 'th column name.

$fDom_i$ i 'th column data type.

$F_{rowlabel}$ label column.

N : degree of table -1.

Definition 7. The Security Policy consists of users, profiles, labels, components, objects.

$$Policy = \langle Users, Profiles, Labels, Components, Objects \rangle \quad (4)$$

2) SQL Statements for Row-Label Security policy

We added the following SQL statements to enforce the row-label security policy.

- Security policy statements

creation of security policy statement.

CREATE POLICY *policy_name* USING COLUMN *label_column_name*

deletion of security policy statement.

DROP POLICY *policy_name*

The *policy_name* is the name of the security policy you want to create/delete.

The *label_column_name* is unique as the name of the label column used in the security policy, and the *policy_name* is also unique.

This statement creates a new security policy. If a security policy is created, a record with the security policy and the label column name is added in the *policy* table of the *security_schema* database. To execute this statement, you must be granted the authority to manage the security policy from the security manager.

- Component statements

creation of component statement.

CREATE COMPONENT [*policy_name.*]*component_type* SET
element_name1=element_value1, element_name2=element_value2,...

deletion of component statement.

DROP COMPONENT [*policy_name.*] *component_type.component_name*
modification of component statement.

ALTER COMPONENT [*policy_name.*] *component_type.component_name*
CHANGE *element_name1=new_element_value1, ...*

The *policy_name* is name of the already created security policy, and the *component_type* is one of three component types: LEVEL, COMPARTMENT, GROUP. The *component_name* is the name used to describe the element values according to the component type.

- Label statements

creation of label statement.

CREATE LABEL *label* VALUE *tag* [ON *policy_name*]
deletion of label statement.

DROP LABEL [*policy_name.*]*label*
modification of label statement.

ALTER LABEL [*policy_name.*]*label* VALUE *tag*

The label is used to determine the user's access rights to data. The label consists of a label name and a number. The label name consists of component values and the component values are set in the order of level, compartment, and group.

- Apply and Remove the security policy

application of security policy statement.

APPLY POLICY [*policy_name*] TO [*database_name*].*table_name* WITH
OPTIONS *table_option*

removal of security policy statement.

REMOVE POLICY [*policy_name*] FROM [*database_name*]. *table_name*
where *table_option* is one of the following five values: "NO_CONTROL",
"READ_CONTROL", "WRITE_CONTROL", "LABEL_CONTROL",
"LABEL_DEFAULT".

The application of security policy statement performs the function to apply a created security policy to the real table. Applying the security policy to the real table, a numerical column with the label column name used by the security policy is added to the table.

- Profile statements

creation of profile statement.

CREATE PROFILE *profile_name* [ON *policy_name*] SET
pro_element_name1=pro_element_value1,...

deletion of profile statement.

DROP PROFILE [*policy_name.*]*profile_name*

modification of profile statement.

ALTER PROFILE [*policy_name.*]*profile_name* CHANGE
pro_element_name1=pro_element_value1,...

adding component to profile statement.

ALTER PROFILE [*policy_name.*]*profile_name* ADD
component_type.component_name

deletion of component from profile statement.

ALTER PROFILE [*policy_name.*]*profile_name* DROP *component_type*

Creation of profile performs the function creating a new profile that will be used in a security policy.

- Grant and Revoke the profiles to user

granting of profile statement.

GRANT PROFILE [*policy_name.*]*profile_name* TO *user_name*[@*host_name*
or *IP_address*]

revoking of profile statement.

REVOKE PROFILE ON *policy_name* FROM *user_name*[@*host_name* or
IP_address]

These statements grant to users a profile that has already been created, or revoke a profile already granted. A user can have only one profile for one security policy.

Findings

We have added and extended SQL statements to the MySQL database management system that can implement the label security policy.

Thus, the security manager can create, modify, or delete a new security policy using these SQL statements[4, P. 21-55].

The comparison of our approach with existing access control methods in MySQL, PostgreSQL, and Oracle is shown in Table 1.

Table 1. Comparison of existing MySQL, PostgreSQL, Oracle, and our proposed method

Criterion	Security in existing MySQL	Security in PostgreSQL	Security in Oracle	Our proposed method
confidentiality	low	high	high	high
Integrity	low	high	high	high
Availability	high	high	high	high
Access control	DAC, RBAC	DAC, RBAC, MAC	DAC, RBAC, MAC	DAC, RBAC, MAC
Is it independent of OS?	o	X	o	o
supporting language	SQL	SQL	PL/SQL	SQL

As shown in Table 1, our approach is similar to security in Oracle, but has advantages in terms of flexibility of information access.

Access control in the relational database management system using row-label security policy is a security administrator-centric mandatory access control method that can overcome the problem of confidential data leakage and provide accurate information flow with user-centric discretionary access control method, and it is a superior security system that facilitates the use of security mechanisms using SQL statements in relational database

References

1. Rjaibi W., 2004. Proceedings of the 30th VLDB Conference, A multi-purpose implementation of mandatory access control in relational database management systems, Toronto, Canada, P. 1010-1020.
2. Man Liu, Lei Yu, 2022. Intelligent Information Management: Vol. 14, Research and Practice on Security Protection and Disaster Recovery Strategy of Oracle Database in Colleges and Universities. P. 71-79.
3. He, W.C., Li, S.J., Liu, P.H., Ma, Y.J. and Yang, Y.T., 2020. Computer Applications and Software, Vol 37, Overview of Oracle Database Security Protection. P. 316-322.
4. Zou, X.J. 2017. Research on Database Security Technology Based on Web. Master Thesis, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing, P. 21-55.
5. Xu, Y. 2015. Research on the Application of Sensitive Data Encryption Based on Oracle Database. Software Engineer, 18, P. 54-56.

СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

UDC 004

REDUCTION IN UPLINK INTERFERENCE AND MOBILE ENERGY CONSUMPTION IN PD-NOMA SYSTEM USING RELAYING OF MEC AT CELL EDGE

ОБРАТНАЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ И СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ В МЕС, РАСПОЛОЖЕННОМ НА КРАЮ КЛЕТОК В СИСТЕМЕ PD-NOMA

Un Kyong Choe, Tae Guk Kim, Chang Gon Ju,
School of Information Science,
“Kim Il Sung University”, Pyongyang, DPR Korea
Чой Ын Гён, Ким Тхе Гук, Чжу Чан Гэн,
Факультет Корейско-филологической науки,
«Университет имени Ким Ир Сена» г. Пхеньян, КНДР

e-mail: gfstcn@126.com, gfstk@star-com.net.kp

Abstract. Nowadays the development of smart phones, tablets or laptops and the IOT makes mobile network operators to support real time communication and its computation to deal with the delay-sensitive applications such as interactive game, face recognition, virtual reality, autonomous operation. The solution to these problems is the new technology-MCC (Mobile Cloud Computing), but since cloud servers are located far from mobile devices, there must be transmission delay in downlink and uplink which deduces computation capabilities. To overcome the deduction, there comes a MEC technology that gives computation capabilities near user machines. MEC (Mobile Edge Computing) in NOMA (Non-Orthogonal Multiple Access) is under investigation in recent research activities. In this paper we proposed a method to reduce the uplink interference and mobile energy consumption using relay communication of MEC at cell edge. Real-time communication and calculation is needed to satisfy the requirement for the new type of data service. To cope with this problem, several studies on using MEC in NOMA system are in progress. Most of these studies focus on simultaneous allocation of tasks and resources. The proposed method can reduce interference power and mobile energy consumption.

Аннотация. Недавние с развитием современно мобильных телефонов, планшеты, или дорожная ЭВМ и появление ИОТ, операторы мобильных сетей должны проводить коммуникации и вычисления в реальном времени для

удовлетворения требований к приложениям, которые имеют чрезвычайно низкое применение, например, интерактивные игры, распознавание лица, повышенная реальность и автономическое вождение. Новая технология для решения этих проблем - мобильные облачные вычисления (МСС: Mobile Cloud Computing), но облачные серверы обычно имеют задержку обратной связи и вперед передачи, поскольку они далеко от мобильных терминалов и ухудшают вычислительную способность. Из этого появилась технология вычисления мобильного края (МЕС), которая обеспечивает вычислительную мощность вблизи пользовательских терминалов. Поэтому недавние времена исследуют МЕС в NOMA. В этой статье предлагается способ уменьшить обратную интерференцию и потребление энергии с использованием реле связи в МЕС, расположенном на краю клеток. Для удовлетворения требований к новым типам услуг данных необходимо выполнить коммуникацию и расчет в реальном времени, и для этого необходимо провести исследования для использования МЕС в системе NOMA. Большинство из этих исследований были направлены на совместное распределение задач и ресурсов. В этой статье предлагается способ проведения реле связи с использованием МЕС, расположенного на краю клеток, что позволяет уменьшить потребление мощности интерференции и мобильных энергии.

Keywords: PD-NOMA system, MEC, NOMA, uplink interference, energy consumption

Ключевые слова: PD-NOMA система, МЕС, NOMA, обратная интерференция, потребление энергии

1. System model

1.1 A new network architecture

According to the previous research using MEC in NOMA[6, P. 2323–2324], MEC is just a technique providing computation capacity to the cell edge area of the network[3, P. 6443-6444].

Most studies supposed the environment in which MEC and BS (Base Station) is collocated or MEC is wire-linked to BS nearby[1, P. 3-4]. This environment reduces the radio resource and hardware consumption[2, P. 5109–5110].

In this paper, we suppose that MECs are installed at cell edges and shared by neighboring cells. (Just like in common case-a base station's service region is an equilateral hexagon)

1.2 Uplink communication

After user pairing, some of users sharing one orthogonal resource communicate thru MEC's relay[4, P. 432-433].

Suppose that two users are allocated to one orthogonal resource. According to NOMA, a user in better channel condition is given less power than the other in worse condition in PD-NOMA. Statistically, the latter would be farther than the former[5, P. 855–857].

At this point, UE2's signal would be weak only enough to be received by MEC6, which gives fairly small interference to the base station BS0 while receiving signal from UE1, unlike in previous NOMA system.

In previous NOMA system[7, P. 5897–5899], transmission power of UE2 was bigger than the one of UE1.

2. Performance analysis

2.1 Uplink interference power decrease

With the network architecture and communication method proposed in this paper, downlink interference power is same as in the conventional NOMA system. But uplink interference power is different.

Without losing generality, we consider the case in which a pair of 2 users share 1 PRB. Then at least one UE of the pair is in A2.

Assuming that the size of cell0 is S_{cell} (the size of each cell is same), A1's size is $S_{A1} = 1/3S_{cell}$, and A2's size $S_{A2} = 2/3S_{cell}$. So the probability that at least one of the pair is in A2 is $8/9 \approx 0.9$. But if we consider that main principle of PD-NOMA is to allocate different power to more than 2 UEs with different channel conditions, we can know that at least one of the pair can be in A2. Furthermore, we can make all pairs with a user in A1 and the other in A2. To this end, we should make the sizes of A1 and A2 are same.

If we set A1 and A2, the sizes of A1 and A2 are $1/2S_{cell}$ and the size of service sector of i th MEC $Z_{MEC,i} \cap A_{BS0}$ ($Z_{MEC,i}; i = 1, 6$ is service sector of i th MEC) and $1/12S_{cell}$, and the size of $Z_{MEC,i}$ is $1/4S_{cell}$ (a half of A1's size), where A_{BS0} is cell0's size.

If one edge's length of cell is L_c , A1 is an equilateral hexagon with one edge of $L_c/\sqrt{2}$. To decrease uplink interference power, a user UE1 in $A_1^{(3)}$ is selected as a pair user of the user UE2 in $Z_{MEC,6} \cap A2$.

At first, we consider the interference power from UE2's signal when BS0 receives UE1's signal. In previous NOMA, normalized interference power is as following.

$$\rho_{1,2}^{NOMA,U} = \frac{\text{the received interference power}}{\text{the available received signal power}} = \frac{|h_2|^2 * a_2}{|h_1|^2 * a_1} \quad (1)$$

$$\text{In proposed method} \quad \rho_{1,2}^{MEC,U} = \frac{|h_2|^2 * a_2^U}{|h_1|^2 * a_1} \quad (2)$$

$$a_2^U = a_2 \frac{1+(d_{UE2-MEC6})^\gamma}{1+(d_{UE2-BS0})^\gamma} \quad (3)$$

Finally, the normalized interference power is reduced by a factor of

$$\beta_{1,2}^U = \frac{\rho_{1,2}^{MEC,U}}{\rho_{1,2}^{NOMA,U}} = \frac{\alpha_2^U}{\alpha_2} \approx \frac{1+(d_{UE2-MEC6})^\gamma}{1+(d_{UE2-BS0})^\gamma} < 1 \quad (4)$$

which is the change ratio of normalized interference power when BS0 receives UE1's signal in the uplink.

Finally, the change ratio of the normalized interference power is as following.

$$\beta_{2,1}^U = \frac{\rho_{2,1}^{MEC,U}}{\rho_{2,1}^{NOMA,U}} = \frac{|h_1^U|^2}{|h_1|^2} \approx \frac{1+(d_{UE1-BS0})^\gamma}{1+(d_{UE1-MEC6})^\gamma} < 1 \quad (5)$$

where $d_{UE1-BS0}$, $d_{UE1-MEC6}$ is Euclidean distance from UE1 to BS0 and MEC6, respectively, and we assumed that channel coefficient k is constant inside of 1 cell.

On average, the normalized interference power is reduced by a factor

$$\overline{\beta_{2,1}^U} \approx \frac{1}{|A_1^{(3)}|} \iint_{S_2} \frac{1+(d_{UE1-BS0})^\gamma}{1+(d_{UE1-MEC6})^\gamma} dS_2 \quad (6)$$

2.2 Energy consumption decrease

The proposed method in this paper can reduce energy consumption for uplink communication.

As shown in the previous section, transmission power of user UE1 is constant as α_1 , but transmission power of user UE2 is reduced from α_2 to α_2^U .

Finally, communication power in uplink is reduced from

$$P_{uplink}^{NOMA} = \alpha_1 + \alpha_2 = 1 \quad (7)$$

$$P_{uplink}^{MEC} = \alpha_1 + \alpha_2^U \approx 1 - \alpha_1 + \alpha_2 \frac{1+(d_{UE2-MEC6})^\gamma}{1+(d_{UE2-BS0})^\gamma} = 1 - \alpha_2 \left(1 - \frac{1+(d_{UE2-MEC6})^\gamma}{1+(d_{UE2-BS0})^\gamma} \right) < 1 = P_{uplink}^{NOMA} \quad (8)$$

The uplink power consumption is reduced by

$$\Delta P_{uplink} = P_{uplink}^{NOMA} - P_{uplink}^{MEC} \approx \alpha_2 \left(1 - \frac{1+(d_{UE2-MEC6})^\gamma}{1+(d_{UE2-BS0})^\gamma} \right) \quad (9)$$

3. Numerical results

Simulation parameters are set as follows: path loss index $\gamma=2-5$ and cell radius $L_c=1-1,000m$.

3.1 Uplink interference power analysis

Figure 1 shows the normalized interference power due to UE2's signal when a BS receives UE1's signal in uplink PD-NOMA based on the proposed network architecture.

As can be seen in figure 1, when the BS receives UE1's signal, the normalized interference power due to UE2's signal, $\beta_{1,2}^U$ is reduced as the radius of cell is increased and the path index is increased. We can see that the normalized interference power is constant irrespective of the radius of cell in case that the radius of cell is larger than 10m for all path indices, and is 0.2 when the path index is 2, 0.1 when the path index is 3. Thus, the normalized interference power is reduced to less than 20% with the proposed method.

Figure 2 shows the normalized interference power due to UE1's signal when MEC6 receives UE2's signal.

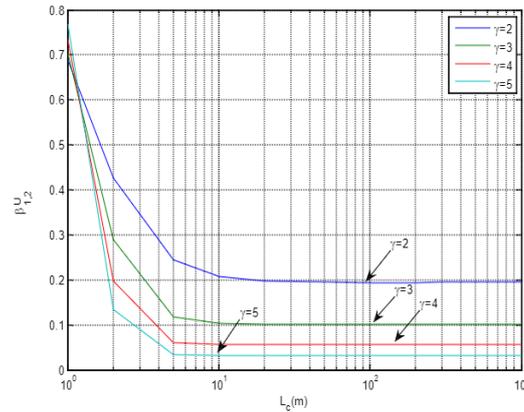


Figure 1. Normalized interference power due to UE2's signal when BS0

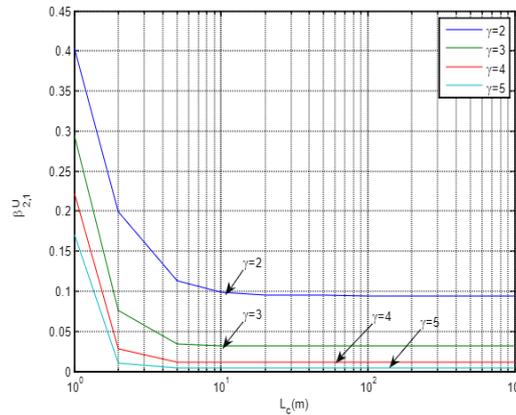


Figure 2. Normalized interference power due to UE1's signal when MEC6 receives UE2's signal receives UE1's signal.

As can be seen in figure 2, when MEC6 receives UE2's signal, the normalized interference power due to UE1's signal, $\beta_{1,2}^U$ is reduced as the radius of cell is increased and the path index is increased. We can see that normalized interference power is constant in case that the radius of cell is larger than 10m for all path indices, and is below 0.1 when path index is 2.

3.2 Energy consumption analysis

Figure 3 shows energy consumption decrease in uplink PD-NOMA in the proposed network architecture.

Of course, the practical decrease is smaller than in figure 3, since these results are not multiplied by α_2 ($\alpha_2 < 1$). As can be seen in figure 3, the energy consumption decrease ΔP_{uplink} is increased, as the radius of cell and the path index is increased. The energy consumption is decreased to 80% when the path index is 2, if we do not consider α_2 .

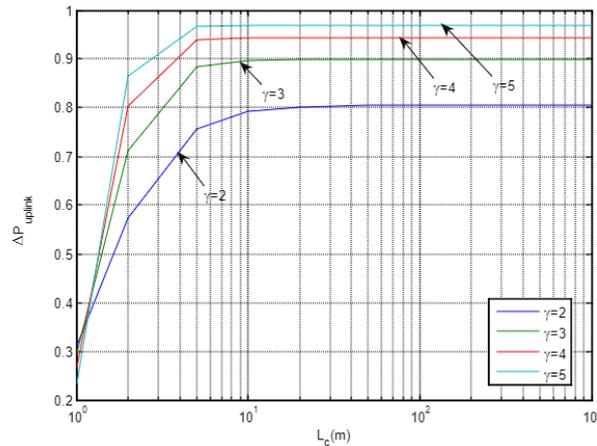


Figure 3. Mobile energy consumption decrease in uplink PD-NOMA system

Findings

We propose a network architecture and communication method using MEC at cell edge and analyzed the performance of the proposed method. In the proposed network architecture MECs are located at cell edges in NOMA. The interference power and energy consumption in uplink are decreased. We simulated the interference power and energy consumption using mathematical model.

References

1. Mengmeng Ren, Long Yang, Hai Jiang, Jian Chen, and Yuchen Zhou, Energy-Delay Tradeoff in Helper-Assisted NOMA-MEC Systems: A Four-Sided Matching Algorithm, JOURNAL OF LATEX CLASS FILES, VOL. 14, NO. 8, AUGUST 2015.
2. R. Ruby, Q. V. Pham, K. Wu, A. A. Heidari, H. Chen, and B. M. ElHalawany, "Enhancing secrecy performance of cooperative NOMAbased IoT networks via multiantenna-aided artificial noise," IEEE Internet Things J., vol. 9, no. 7, pp. 5108–5127, 2022.
3. Y. Zhang, X. Zhao, Z. Zhou, P. Qin, S. Geng, C. Xu, Y. Wang, and L. Yang, "Robust resource allocation for lightweight secure transmission in multicarrier NOMA-assisted full duplex IoT networks," IEEE Internet Things J., vol. 9, no. 9, pp. 6443–6457, 2022.
4. Qing WANG, Minjiong ZHU, and Chunping HOU, 5G key technologies on mooc, in ICCSE July 22-24, 2015, pp. 431-433.
5. M. Chiang and T. Zhang, Fog and IoT: An overview of research opportunities, IEEE Internet of Things Journal, vol. 3, no. 6, pp. 854–864, Dec. 2016.

6. Y. Mao, C. You, J. Zhang, K. Huang, and K. B. Letaief, A survey on mobile edge computing: The communication perspective, *IEEE Communications Surveys Tutorials*, vol. 19, no. 4, pp. 2322–2358, Aug. 2017.

7. K. Zhang, Y. Mao, S. Leng, Q. Zhao, L. Li, X. Peng, L. Pan, S. Maharjan, and Y. Zhang, Energy efficient offloading for mobile edge computing in 5G heterogeneous networks, *IEEE Access*, vol. 4, pp. 5896–5907, Aug. 2016.

8. P. Mach and Z. Becvar, Mobile edge computing: A survey on architecture and computation offloading, *IEEE Communications Surveys Tutorials*, vol. 19, no. 3, pp. 1628–1656, Mar. 2017.

9. C. A. Kiani and N. Ansari, Edge computing aware NOMA for 5G networks, *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 1299–1306, Apr. 2018.

СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.056

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ВНУТРЕННЕГО АУДИТА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АСУ ТП

THE METHODOLOGY OF CONDUCTING AN INTERNAL AUDIT OF INFORMATION SECURITY IN THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM

Московский В.И., Сенцова А.Ю.,
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа,
Российская Федерация,
V.I. Moskovsky, A.Yu. Sentsova,
FSBEO HE “Ufa University of Science and Technology”,
Ufa, Russian Federation

e-mail: moskovsky.vlad@gmail.com

Аннотация. В данной статье представлен анализ существующих методик внутреннего аудита информационной безопасности, которые служат для обнаружения возникающих угроз безопасности на объектах критической информационной инфраструктуры (КИИ). Определяется рост значимости данных методик на сегодняшний момент времени, указываются преимущества проведения внутреннего аудита на предприятии. Проанализированы ключевые аспекты внутреннего аудита в области автоматизированных систем управления (АСУ). Указаны особенности аудита автоматизированных систем управления технологическими процессами при их совместной работе с другими системами, актуальные для АСУ ТП критерии безопасности. Приведены и охарактеризованы разновидности аудита многоуровневых информационных систем АСУ ТП, а также приведены примеры существующего программного обеспечения для проведения внутреннего аудита. Разработана и предложена методика проведения внутреннего аудита на основе объективных данных. Разработанная методика будет полезна при проведении аудита информационной безопасности организации для быстрой и качественной оценки защищенности системы, в которой не допускается нарушение скорости передачи данных и работоспособности. Эта статья предназначена для широкой аудитории в области информационной безопасности, включая специалистов АСУТП по кибербезопасности, ИТ-администраторов, студентов имеющих желание развиваться в этой области.

Abstract. This article presents an analysis of existing internal information security audit techniques that serve to detect emerging security threats at critical

information infrastructure (CII) facilities. The growth of the importance of these methods at the present time is determined, the advantages of conducting an internal audit at the enterprise are indicated. The key aspects of internal audit in the field of automated control systems (ACS) are analyzed. The features of the audit of automated process control systems when they work together with other systems, relevant safety criteria for automated process control systems are indicated. The types of audit of multi-level information systems of automated control systems are presented and characterized, as well as examples of existing software for internal audit. A methodology for conducting an internal audit based on objective data has been developed and proposed. The developed methodology will be useful when conducting an audit of an organization's information security for a quick and qualitative assessment of the security of a system in which data transfer rate and operability are not violated. This article is intended for a wide audience in the field of information security, including Automated Control System cybersecurity specialists, IT administrators, and students who have a desire to develop in this field.

Ключевые слова: аудит, информационная безопасность, автоматизированная система управления технологическим процессом, методика, программное обеспечение

Keywords: audit, information security, automated process control system, methodology, software

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) – это целостное решение технических и программных средств, которые предназначены для автоматизации управления технологическим оборудованием на промышленных предприятиях.

Информационная безопасность (ИБ) промышленных предприятий, а именно предприятий, относящихся к критическим информационным инфраструктурам (далее КИИ), является частью национальной безопасности Российской Федерации в информационной сфере.

На практике у большинства промышленных предприятий нет цельной, четко отлаженной СЗИ. Так, например, антивирусные программные средства установлены на многих АСУ ТП, чего не скажешь о системах обнаружения/предотвращения вторжений или правилах и регламентах реагирования на компьютерные инциденты. Вследствие чего возникает необходимость оценить положение дел и разобраться, какие меры по защите информации реализованы, а какие в обязательном порядке требуют немедленного внедрения.

Цель этой статьи - углубиться в область применения методик аудита информационной безопасности, проанализировать их полезность, сложности и присущие им ограничения. Рассматривая как традиционные, так и современные подходы к проверке системы. Разработать собственную методику проведения аудита на основе объективных оценок.

Актуальность проверки информационной безопасности на объектах компьютерных информационных систем (КИИ) и автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП) нельзя переоценить в современном мире, где цифровизация и автоматизация играют ключевую роль в различных отраслях. С увеличением числа киберугроз и кибератак, как в масштабе, так и в сложности, защита информационной безопасности на объектах КИИ и АСУТП становится критически важной. Недостаточные меры безопасности могут привести к серьезным последствиям, включая утечку конфиденциальной информации, нарушение производственных процессов и даже угрозу жизни и здоровью людей.

Методики проведения аудита ИБ АСУТП:

Существует несколько методик проведения внутреннего аудита информационной безопасности в области автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), включая:

1. Методика ГОСТ Р ИСО/МЭК 27007-2016 "Информационные технологии. Инструкции по проведению внутреннего аудита безопасности информации".

2. Методика ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2015 "Информационные технологии. Методы обеспечения информационной безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования".

3. Методика проведения внутреннего аудита по стандарту ISO 19011 "Руководящий стандарт ISO/CASCO по аудиту систем менеджмента".

4. Методика проведения аудита информационной безопасности в соответствии с требованиями Федерального закона "О защите информации".

Эти методики подразумевают проведение всех этапов внутреннего аудита информационной безопасности в АСУТП, включая планирование, проведение аудита, выявление несоответствий, разработку плана мероприятий по устранению выявленных проблем, их коррекцию с учетом требований ИСО/МЭК 27001 и других регуляторных документов.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 27007-2016 устанавливает общие принципы и руководящие указания по проведению внутреннего аудита безопасности информации в организации.

Аудит безопасности информации — это процесс систематического оценивания обеспечения конфиденциальности, целостности и доступности информации в соответствии с установленными требованиями и международными стандартами.

Данный стандарт определяет область действия внутреннего аудита безопасности информации, а также основные задачи и принципы проведения аудита. В нем указывается, что аудит безопасности информации должен быть независимым, объективным, систематическим, документированным и оценивать соответствие политикам и процедурам, установленным в организации.

Стандарт также содержит рекомендации по подготовке, планированию и проведению внутреннего аудита, а также по осуществлению оценки рисков и разработке планов действий по устранению выявленных несоответствий.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 27007-2016 является важным инструментом для организаций, которые заботятся о защите своей информации и стремятся к соблюдению современных стандартов безопасности. Его соблюдение помогает повысить уровень безопасности информации и снизить риски возможных нарушений и утечек данных.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2015 — это стандарт, определяющий требования к системам менеджмента информационной безопасности (СМИБ). Он разработан для помощи организациям в управлении и защите своей информации путем установления, реализации, поддержки и непрерывного улучшения системы управления информационной безопасностью. Стандарт включает в себя общие принципы, политику и процессы, необходимые для обеспечения адекватной защиты информации от различных угроз, включая кибератаки, несанкционированный доступ и другие риски. Реализация стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2015 позволяет организациям эффективно управлять рисками и демонстрировать свою готовность к обеспечению информационной безопасности.

Для достижения целей аудита (выявление уровня защищенности информационных блоков и подсистем АСУ ТП предприятия) превентивного (определение угроз и уязвимостей) и детектирующего характера требуется решить ряд задач:

- произвести поиск уязвимостей различными методами;
- анализировать риски;
- оценить уровень защищенности системы в состоянии «as is»;
- определить наличие соответствия существующим стандартам ИБ и выработать ряд рекомендаций по повышению уровня защищенности [1; 2].

Ключевые аспекты внутреннего аудита в области автоматизированных систем управления (АСУ)

Особенности работы с АСУ ТП проявляются уже при подготовке к проведению аудита, когда требуется предварительно собрать информацию об уязвимостях в системе из открытых источников. В соответствии с делением на типы сегментов делятся и классы уязвимостей:

- уязвимости уровня MES и схожие с ними (связаны операционными средами и средствами, программным обеспечением, передачи данных на основе стека протоколов TCP/IP);
- уязвимости уровня АСУ ТП, в том числе SCADA-систем, если они присутствуют, и уязвимости полевого уровня (для выяснения этого можно использовать специализированные банки данных: ICS-CERT, NVD/CVE, SCADA Strangelove, SiemensProduct CERT). [3]

Особенности построения архитектуры АСУ ТП кардинально отличают ее от привычной всем корпоративной информационной системы (КИС), при анализе проблемной области были выявлены следующие ключевые аспекты аудита:

Оценка рисков: выявление и оценка потенциальных рисков для безопасности и целостности автоматизированных систем управления с учетом как внутренних, так и внешних угроз.

Мониторинг соответствия: обеспечение соответствия операций АСУ соответствующим нормативным требованиям, отраслевым стандартам и внутренним политикам.

Оценка средств контроля: Анализ эффективности существующих средств контроля безопасности в АСУ для снижения выявленных рисков и предотвращения несанкционированного доступа или манипуляций.

Готовность к реагированию на инциденты: Разработка и тестирование протоколов реагирования на инциденты или нарушения безопасности в АСУ, включая процедуры локализации, расследования и восстановления.

Непрерывный мониторинг: Внедрение систем и процессов для постоянного мониторинга работы АСУ, включая обнаружение аномалий или подозрительных действий в режиме реального времени.

Управление поставщиками и сторонними организациями: оценка методов обеспечения безопасности поставщиков и сторонних поставщиков, участвующих в разработке, внедрении или обслуживании компонентов, или систем АСУ.

Повышение осведомленности и обучение по вопросам безопасности: Обучение и переподготовка сотрудников, участвующих в операциях АСУ, для повышения осведомленности о рисках безопасности и передовых методах их снижения.

Документация и отчетность: Ведение полной документации по результатам аудита, рекомендациям и действиям по устранению недостатков, а также представление информации о них соответствующим заинтересованным сторонам, включая руководство и регулирующие органы.

Использование технологий: Использование передовых технологий, таких как автоматизированные инструменты аудита, искусственный интеллект и анализ данных, для повышения эффективности процессов аудита в АСУ.

Постоянное совершенствование: Создание механизмов для постоянного анализа и совершенствования практики внутреннего аудита в ответ на возникающие угрозы безопасности, технологические достижения и изменения в законодательстве.

При этом если учитывать особенности архитектуры АСУ ТП: системы и подсистемы, созданные на основе различных технологий, объединяются в одну. Это значит, что подсистемы диспетчерского контроля и полевого применения должны быть связаны с информационными подсистемами административного управления. Поэтому методы решения поставленных задач аудита будут

отличаться в зависимости от свойств исследуемых подсистем на разных уровнях, а именно:

- организации и бизнес-процессов;
- систем управления (менеджмента) и корпоративных информационных систем;
- технических систем.

Виды внутреннего аудита ИБ в области АСУТП

Первый из этих видов — это технический аудит. Его основная задача состоит в выявлении технических уязвимостей в инфраструктуре АСУТП с помощью специализированных инструментов и методов сканирования, тестирования на проникновение и анализа уязвимостей. Несмотря на свою эффективность, этот вид аудита имеет свои ограничения, такие как ограниченная способность к выявлению сложных межсетевых атак и внутренних угроз.

Другой важный вид аудита - анализ логов и мониторинг безопасности. В этом случае аудиторы активно изучают данные журналов событий, системные логи, данные аутентификации и другие записи, чтобы выявить аномальные или подозрительные действия, которые могут свидетельствовать о потенциальной угрозе безопасности. Однако этот подход требует высокой степени автоматизации и аналитических навыков.

Третий вид аудита — это оценка политик и процедур безопасности. Здесь основное внимание уделяется проверке соответствия политик и процедур безопасности в области АСУТП установленным стандартам и регуляторным требованиям. Несмотря на свою важность, этот вид аудита может столкнуться с проблемами в случае недостаточной привязки политик к конкретным техническим мерам безопасности или их неполного выполнения на практике.

Каждый из этих видов внутреннего аудита ИБ в области АСУТП имеет свои преимущества и ограничения, и их эффективное сочетание зависит от конкретных потребностей и характеристик организации. Успешное обеспечение безопасности АСУТП требует комплексного подхода и гибкости в выборе подходящих стратегий аудита и контрольных мер. [4]

Внутренний аудит информационной безопасности в АСУТП проводится с целью оценки эффективности механизмов защиты информации и выявления уязвимостей в системе. Он начинается с анализа документации и установленных политик безопасности, а также проведения интервью с сотрудниками и ответственными за безопасность информации.

Далее специалисты проводят проверку соответствия технических средств защиты и систем контроля доступа установленным требованиям. Проводится сканирование сети на наличие уязвимостей и потенциальных угроз, а также анализ журналов аудита и мониторинга событий.

После завершения проверки составляется отчет об обнаруженных уязвимостях и предлагаются рекомендации по их устранению. Важным этапом

внутреннего аудита является обучение сотрудников и внедрение новых политик безопасности для улучшения общей защищенности информационной системы.

Существующие программные средства для проведения аудита информационной безопасности в АСУТП

- Nessus - универсальное решение для сканирования сетей на уязвимости и аудита их безопасности.
- OpenVAS - бесплатное и открытое программное обеспечение для сканирования сетей на уязвимости.
- Qualys - облачное решение для аудита информационной безопасности.
- McAfee Vulnerability Manager - программное обеспечение для сканирования и анализа уязвимостей в сети.
- Rapid7 Nexpose - платформа для контроля уязвимостей и аудита информационной безопасности.

Эти программные средства помогают обнаружить уязвимости в сети, провести анализ их безопасности и принять меры по устранению обнаруженных проблем. Но они не могут в полной мере перекрыть вопрос проверки всей системы, которая существует на данный момент в области АСУТП.

Разработка новой методики внутреннего аудита в области АСУТП на основе объективных оценок

В контексте современной информационной безопасности, разработка новых методик аудита, основанных на объективных оценках, играет ключевую роль в обеспечении эффективной защиты информации.

Представленная методика представляет собой инновационный подход к аудиту, который стремится улучшить точность и надежность процесса оценки информационной безопасности. Основываясь на объективных критериях и параметрах, данная методика позволяет более полно и точно оценить степень соответствия информационной системы требованиям безопасности, а также выявить уязвимости и потенциальные угрозы.

Такой подход способствует повышению прозрачности и эффективности аудиторских процессов, обеспечивая организациям более надежные инструменты для управления информационной безопасностью и минимизации рисков (рисунок 1).

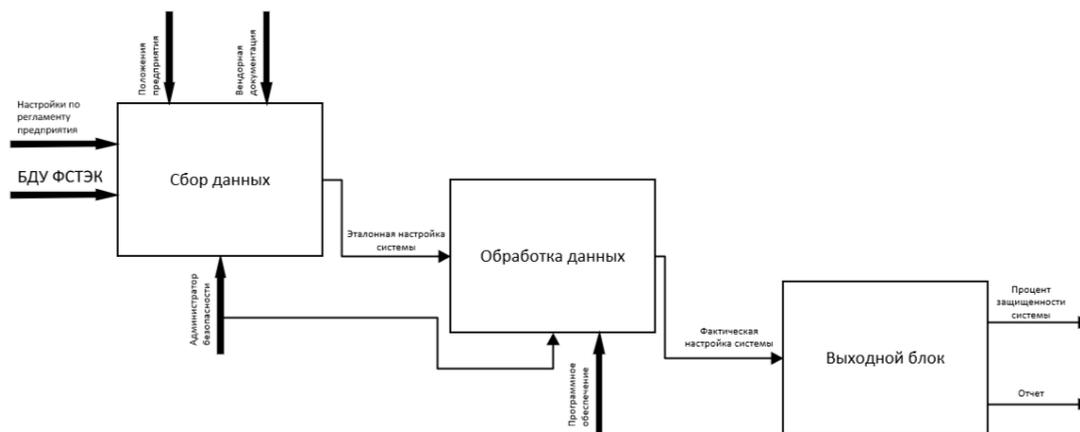


Рисунок 1. Диаграмма внутреннего аудита

Важность внутреннего аудита информационной безопасности в области АСУТП

Несмотря на важность защиты информации в области АСУТП, многие организации не уделяют должного внимания внутреннему аудиту информационной безопасности. Внутренний аудит позволяет выявлять уязвимости и недостатки в системе защиты информации, а также контролировать соответствие принятых мероприятий стандартам безопасности.

Не стоит забывать, что внутренний аудит информационной безопасности в области АСУТП является необходимым и обязательным шагом для любой организации, работающей с автоматизированными системами управления. Только при постоянном контроле и анализе безопасности информации можно обеспечить защиту от возможных угроз и сбоев в работе системы.

При достижении цели аудита безопасности предприятия, основываясь на предложенных рекомендациях, имеют возможность произвести оптимизацию структуры информационных технологий (ИТ) и совершенствование процессов ИС. Иными словами, возможность построить оптимальную по эффективности и затратам систему защиты информации, соответствующую текущим задачам и целям предприятия. В противном же случае необходимо провести дополнительный анализ данных и с вновь внесенными изменениями создать результирующий отчет по проведенному аудиту [4].

Выводы

В заключение, проведение внутреннего аудита информационной безопасности в области автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) играет решающую роль в обеспечении защиты критически важных систем от угроз и атак. Надлежащая оценка рисков, анализ существующих уязвимостей, контроль соответствия стандартам и законодательству, а также постоянный мониторинг и улучшение систем безопасности становятся ключевыми задачами внутренних аудиторов.

Эффективный аудит позволяет выявлять потенциальные угрозы заблаговременно, принимать меры по их устранению и повышать общий уровень защиты. Однако важно помнить, что безопасность — это постоянный процесс, и успешное обеспечение информационной безопасности требует не только проведения аудитов, но и систематического обучения персонала, адаптации к новым угрозам и использования передовых технологий.

Представленная методика улучшит точность и скорость проведения аудита на объектах АСУТП, где не допускается нарушение скорости передачи данных и работоспособности.

Только таким образом можно обеспечить надежную защиту АСУТП и минимизировать риски для бизнеса и критической инфраструктуры.

Литература

1. Аверичников В.И., Рытов М.Ю., Кувылкин А.В., Рудановский М.В. Аудит информационной безопасности органов исполнительной власти: учеб. пособие. М., 2011.
2. Астахов А. Введение в аудит информационной безопасности // GlobalTrust Solutions. 2018. URL: <http://globaltrust.ru> (дата обращения: 24.04.2024).
3. Д. А. Хватов, А.И. Ковтун, В.В. Подтопельный. Проблемы аудита информационной безопасности АСУ ТП: вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Физико-математические и технические науки 2019.
4. Pointlane – информационная безопасность. Аудит ИБ [Электронный ресурс]. URL: http://www.pointlane.ru/security_a/ (Дата обращения 24.04.2024г.)
5. Постановление Правительства № 162 от 17.02.2018 г. «Об утверждении Правил осуществления государственного контроля в области обеспечения безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».
6. Макаренко С.И. Аудит информационной безопасности: основные этапы, концептуальные основы, классификация мероприятий // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 1. С. 1–29. DOI:10.24411/2410-9916-2018-10101.
7. Ситнов А.А. Организация аудита информационной безопасности. 2016. – С. 107-110. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «eLibrary». – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28743214> (дата обращения: 24.04.2024г).
8. Федеральный закон №187 ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».
9. Исаев А.С. Границы применимости теории нечетких множеств при проведении аудита информационной безопасности. 2017. – С. 102-104. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «eLibrary». – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=3001215> (дата обращения: 24.04.2024).

10. Ермаков А.С. Методы аудита информационной безопасности государственного предприятия. 2017. – С. 10-14. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «eLibrary». – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25795345> (дата обращения: 24.04.2024).

UDC 004

QUALITY IMPROVEMENT OF LARGE MOTION VIDEO INTERPOLATION BASED ON MOTION ESTIMATION AND STRUCTURAL FEATURE

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА БОЛЬШОЙ ВИДЕОПОЛЯЦИИ ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ДВИЖЕНИЯ И СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Hyо. Son. So, Yol Jong, Kwang Min. Choe, Chun Hwa. Choe,
Faculty of Information Science,
“Kim Il Sung University”, Pyongyang, DPR Korea
Се Хё Сен, Чен Ёль, Чой Кван Мин, Чой Чун Хва,
Факультет информационной науки,
«Университет имени Ким Ир Сена» г. Пхеньян, КНДР

e-mail: gfstcn@126.com, gfstk@star-com.net.kp

Abstract. Video frame interpolation is a technique that synthesizes non-existent frames between original input frames to improve the visual effect of video. This technique is performed by motion estimation and motion compensation, and recently, some advances have been made by convolutional neural networks in video frame interpolation. Video frame interpolation with convolutional neural networks is based on optical flow and interpolation kernel. The former cannot estimate correct motion in occlusion area and lacks constraint on object structure, and the latter only relies on context and explicit features and tends to blur results. This phenomenon is more pronounced for large motions of the object.

In this paper, we propose a method to improve the quality of interpolated frames by performing large motion video frame interpolation which combines structural features with motion estimation. The proposed framework consists of an end-to-end learning network. This method uses generalized warping model by motion estimation and edge-based structural features to better reflect the structural information for large motions. It also helps to further improve the quality of interpolated frames using post-processing network. Experimental results show that the proposed framework achieves better performance over the state-of-the-art methods on various test datasets including Middlebury with large motions.

Аннотация. Видео интерполяция - это метод, который позволяет синтезировать фреймы, которые не существуют между фреймами, чтобы помочь визуальным эффектам видео. Этот метод выполняется с оценкой движения и компенсацией, и в последнее время в видео интерполяции мы достигаем некоторых успехов с использованием инволюционных нейронных сетей.

Ключом к видео интерполяции с помощью нейронной сети является использование оптических потоков и интерполяций на основе ядро, в которых первое не является точной оценкой движения, ограничение на структуру объекта, последнее, как правило, размывают интерполяционные фреймы из-за использования только семантических и явных характеристик.

Это явление более выражено, если движение объекта больше. Мы предлагаем способ улучшить качество интерполяционных фреймов путем выполнения большой кинематической интерполяции на основе структурных функций и оценки движения. Предлагаемая архитектура состоит из конечной сети обучения. Этот подход был лучше отображен структурной информацией в большой видео интерполяции движения с использованием обобщенной модели warping и характеристик структуры, связанных с границей, с оценкой движения. Кроме того, мы смогли улучшить качество интерполяционных фреймов через сеть постобработки.

Экспериментальные результаты показывают, что предлагаемый метод превосходит современные методы в интерполяциях видео-фреймов с большим движением для различных наборов обучения и критерий производительности Middlebury.

Keywords: deep Learning, Video frame interpolation, Motion estimation, Convolutional neural network, Edge image, Occlusion area

Ключевые слова: глубокое обучение, интерполяция видеокамеры, оценка движения. Инволюционная нейронная сеть, граничное изображение, иллюзионная область

Given frame sequences, synthesizing intermediate frame is one of the important topics in computer vision community. This has been applied to many applications, including frame rate up-conversion and the slow motion production without professional high-speed camera. The key to video frame interpolation is motion estimation and synthesis. Challenges are large motions and occlusion process.

Many studies have been reported to address this, and recent advances have been made using deep learning. In learning based video frame interpolation, flow-based and kernel-based methods are widely used. The flow-based approach clearly represents the dynamic motion and reflects the details well. However, due to the basic assumption of flow estimation that the motion between adjacent frames is smooth and linear, flow-based methods still face challenges in dealing with the interpolation of complicated dynamic scenes.

The kernel-based methods smoothly handle the occlusion area by taking into account the local correlation between pixels, but are sensitive to large motions due to the large dependency of kernel size. Recently, methods combining flow estimation and interpolation kernels have been proposed.

Unlike the optical flow-based approach, kernel-based approaches use a multilevel feature array to better maintain the structure. These methods encode hierarchical low-level and high-level convolutional features using synthetic results and actual data. Frames generated using constraints from different semantic feature layers can improve the stability and rationality of the object and scene structure.

To supervise learning based on structure, [3, P.14004- 14013] used pretrained VGG network to encode semantic features from the previous layers.

To make the kernel reception field larger and adaptive, [3, P.14004- 14013] and [4, P. 5316-532] use deformable extended convolution modules to effectively exploit the structural and textual information to improve the quality of interpolated frames in occlusion and large motions.

In [2, P.933-948], instead of mixing already warped input frames, they proposed a context aware frame synthesis method to better handle optical flow and occlusion inaccuracies, and develop a frame-synthesis deep neural network that directly generates intermediate frames from warped frames.

The kernel-based frame interpolation method has been advanced to achieve structural stabilization, but the lack of pixel-by-pixel motion information results in blurring of the interpolation results.

The end-to-end learning network structure produces a reasonable and explicit intermediate frame and achieves better video frame interpolation results. The proposed architecture consists of two main components. We take two adjacent frames as input and extract its edge image and contextual information. Then the edge image and input image are fed into the feature extraction network to extract the feature, which is used to estimate occlusion area, offset and kernel in sub-networks. And the kernel and offset estimation results are applied to the input frame and context feature map to obtain warped results of the input frame $\hat{I}_{t-1}, \hat{I}_{t+1}$ and the warped results of the contextual feature map $\hat{C}_{t-1}, \hat{C}_{t+1}$.

We obtain the intermediate frame \hat{I}_t by occlusion process on $\hat{I}_{t-1}, \hat{I}_{t+1}$. The warped result of this intermediate frame and context feature map $\hat{C}_{t-1}, \hat{C}_{t+1}$ are fed to the residual learning network to obtain residual information of the intermediate frame, which is added to the intermediate frame \hat{I}_t to obtain the final interpolated frame \tilde{I}_t . So, we further improve the quality of interpolated frame.

The details of the proposed video frame interpolation are as follows.

Let $I_{t-1}(x)$ and $I_{t+1}(x)$ denote two input frames. Here, $x \in [1, H] \times [1, W]$ represents 2D spatial coordinates of image plane, and H and W are height and width of the image. Our goal is to synthesize an intermediate frame \hat{I}_t in $t \in [t - 1, t + 1]$.

To achieve this goal, the flow projection relationship from $I_{t-1}(x)$ and $I_{t+1}(x)$ to \hat{I}_t should be considered. Furthermore, in video frame interpolation, the motion of an object must be considered, unlike pixel interpolation in an image.

In our approach, BDCN is used to get edge images from the input frames $I_{t-1}(x)$ and $I_{t+1}(x)$. Four-channel images obtained by concatenating input images and edge images are fed into the feature extraction network.

Meanwhile, contextual information C_{t-1} and C_{t+1} are obtained in semantic extraction network. Then, the feature images of the obtained input frames are fed into the sub-networks to obtain a flow vector, based on which, warped results of the input frame $\hat{I}_{t-1}, \hat{I}_{t+1}$, and warped results of context images $\hat{C}_{t-1}, \hat{C}_{t+1}$ are obtained, respectively. Then, intermediate result \hat{I}_t is obtained by occlusion processing of two warped frames.

From intermediate result \hat{I}_t and warped contextual features $\hat{C}_{t-1}, \hat{C}_{t+1}$, residual learning network learns residual information, which is added to \hat{I}_t to generate final result \tilde{I}_t .

Loss Function. We use perceptual loss L_p with pixel loss L_o to visually further enhance the quality of the interpolation frame.

$$L_o = \left\| I_t - I_{gt} \right\|_1 \quad (1)$$

$$L_p = \left\| F(\tilde{I}_t) - F(I_{gt}) \right\|_2^2 \quad (2)$$

Perceptual loss L_p is calculated with feature extractor, which is conv4_3 of ImageNet pretrained VGG16 network. In addition, we use edge loss to better reflect the structural features of the interpolated frame. Thus, the total loss function is as follows

$$L = \lambda_1 L_o + \lambda_2 L_p + \lambda_3 L_e \quad (3)$$

where λ_1, λ_2 and λ_3 are weights.

Kernel Size. In [2, P.933-948], the quality assessment of interpolation frames with kernel size is performed using a deformable convolutional network (DCN) for video frame interpolation. We then fixed the network structure and evaluated the quality of the average interpolation frame for all test samples by changing the kernel size from 5×5 to 13×13 . The experimental results are shown in Table 1.

Table 1. Estimation of the quality of interpolation frames by kernel size

Kernel Size	Middlebury		UCF101		RealVideo	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
5×5	35.715	0.978	35.063	0.974	25.764	0.833
7×7	35.927	0.979	34.974	0.974	25.663	0.841
9×9	36.019	0.980	35.012	0.973	25.938	0.863
11×11	36.094	0.981	35.024	0.974	26.329	0.875
13×13	35.773	0.963	35.142	0.973	26.113	0.872

The numbers in bold represent the best performance.

Based on this, we set the kernel size to 11×11 in the deformable convolutional neural network.

Learning Strategy. Neural network is trained using ADAM[5, P. 261-270] optimizer, with $\beta_1 = 0.9$ and $\beta_2 = 0.99$. The initial learning rate is 0.001 and decays half every 20 epochs. The batch size is 4.

Training Dataset. Commonly available datasets are used to train neural network. And the training samples are set to 256×256 . Non-interval video, instead interval video, is used to improve the quality of the training sample.

To build training dataset, triplets are made by choosing three consecutive frames in video.

Then, to exclude samples with no or small motion in training samples and to select a triplet group with large motions, background and object are separated from each triplet group and the average flow of pixels in the object of the first and third frames is calculated. Thus, the number of samples with large motions among training samples was greater than the number of samples with small motions.

In the conventional video data, large and small motions are estimated by calculating the average motion vector of pixels in the moving object.

Through experiment, we define the average motion of pixels within an object as small motions of 5–10 pixels and large motions of 20–35 pixels. Thus, we construct 5000 training samples. Then, for each training sample, we perform data augmentation by randomly flipping horizontally or vertically and changing the order of the first and last frames in the triplet group. Thus, we finally construct 10, 000 training samples. Of them, 7, 000 samples are used for training and 3, 000 samples for test.

Evaluation. The experiments are performed on Middlebury, UCF101 and normal video ($640 \times 480p$) which are widely used to evaluate video frame interpolation. We evaluate each algorithm by measuring the PSNR (peak signal-to-noise ratio) and SSIM (structural similarity) for all sets.

Loss function. We evaluate the quality of the interpolation frame using different loss function. The results are shown in Table 2.

Table 2. Comparison of experimental results with loss function

Loss type	Middlebury		UCF101		Real Video	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
L_o	33.879	0.956	32.449	0.937	24.787	0.826
$L_o + L_e$	34.762	0.982	35.689	0.974	26.802	0.854
$L_o + L_p$	33.872	0.956	32.451	0.933	24.623	0.829

As shown in Table 2, there is clear difference in the quality when combining Eqs. (2) and (3). Thus we set $\lambda_1=1$, $\lambda_2=0.01$, $\lambda_3=0.1$ in Eq. (3).

Quantitative Evaluation: The proposed method is compared with recent methods, DAIN[1, P.920-936], FeFlow[3, P.14004- 14013], and AdaCof[4, P. 5316-532]. The evaluation used Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) and Structural Similarity index measure (SSIM).

The experimental results are shown in Table 4. The experimental results show that our method is similar to the previous methods in different benchmarks, but superior to the previous ones in videos containing complex and non-linear motions

Table 3. Comparison with previous methods on different data sets

Method	Middlebury		UCF101		Vimeo90K		RealVideo	
	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
DAIN[1]	36.82	0.983	35.00	0.968	34.96	0.976	26.527	0.851
FeFlow[3]	36.691	0.983	35.12	0.968	35.18	0.979	25.889	0.855
AdaCof[4]	36.713	0.987	35.49	0.983	35.58	0.978	26.637	0.858
ours	36.735	0.988	35.54	0.987	35.47	0.976	26.699	0.868

As shown in Table 3, we show that our method outperforms previous methods on various benchmark.

Findings

In this paper, we considered the effect of structural features for video frame interpolation and proposed a method to improve the quality of interpolated frames with large motions by combining motion estimation and structural features. We also demonstrated the effectiveness of synthetic networks based on contextual information. Quantitative evaluations show that the proposed method outperforms previous methods on various test datasets. Experimental results show that our method can improve the quality of interpolated frame even for occluded regions.

References

1. Wenbo Bao, Wei-Sheng Lai, Chao Ma, Xiaoyun Zhang, Zhiyong Gao, and Ming-Hsuan Yang. 2019. Depth-aware video frame interpolation. In The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), June. P.920-936.
2. Wenbo Bao, Wei-Sheng Lai, Xiao yun Zhang, Zhiyong Gao, and Ming-Hsuan Yang. 2021. Memc-net: Motion estimation and motion compen-sation driven neural network for video interpolation and enhancement.IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Mar, 43(3) P.933-948.
3. Gui S, Wang C, Chen Q, et al. 2020. FeatureFlow: Robust Video Interpolation via Structure-to-Texture Generation[C]// CVPR. P.14004- 14013.
4. Lee H, Kim T, Chung T, et al. 2020. AdaCoF: Adaptive Collaboration of Flows for Video Frame Interpolation[C]// CVPR. P. 5316-532.
5. Niklaus S, Mai L, Liu F. 2017. Video frame interpolation via adaptive separable convolution[C]//ICCV.: P. 261-270.