

**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 75-летию Уфимского государственного нефтяного
технического университета

У ф а
УНПЦ «Издательство УГНТУ»
2 0 2 3

Информационные технологии. Проблемы и решения. – Уфа: УНПЦ «Издательство УГНТУ», 2023. 4(25). 94 с.

Information technology. – Ufa: UNPC «USPTU Publishers», 2023. 4(25). 94 p.

Учредитель:

**ФГБОУ ВО Уфимский государственный
нефтяной технический университет**

2023, 4(25)

Издается с 2014 г.

РЕДКОЛЛЕГИЯ**Главный редактор**

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

Члены редколлегии

Ю.Н. Белоножкин, канд. экон. наук, доцент кафедры финансы 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», 2023

© Коллектив авторов, 2023

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

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

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

Отпечатано с готового электронного файла.

Подписано в печать 15.11.2023. Формат 60x80^{1/16}. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 5,58. Тираж 800 экз. Заказ 166.

Издательство Уфимского государственного нефтяного технического университета
450064, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

Founder:

**FSBEU NE Ufa State Petroleum
Technological University**

2023, 4(25)

Published since 2014

EDITORIAL BOARD**Editor-in-Chief**

R.N. Bakhtizin, Dr. of Physical and Mathematical Sci., Professor, First Vice-Rector 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

ОГЛАВЛЕНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ

Курманчук Н.С. ИНТЕЛЕКТУАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИНАХ.....	5
Масгутова И.С., Низамова Л.И. МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС СБОРА ДАННЫХ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ.....	9
Суслов Н.С., Хафизов А.М. ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ НА ПРИМЕРЕ ERP СИСТЕМЫЖ НЮАНСЫ, ЗАДАЧИ И ПОДХОДЫ.....	18
Николаев А.А. ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ.....	21
Хамитов А., Белова Е.Ю. ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ ДОСТИЖИМОСТИ МИНИМАЛЬНО КЛИНИЧЕСКИ ЗНАЧИМОГО ИЗМЕНЕНИЯ В СОСТОЯНИИ ПАЦИЕНТА ПОСЛЕ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ СУСТАВА.....	27
Шахвердиева Р.О., Салимханова С.А. APPLICATION OF DIGITAL TRANSFORMATION TECHNOLOGIES IN INCREASING THE SUSTAINABILITY OF THE ENTERPRISE.....	34
Шаяхметов Г.Ф., Мухаметшин А.И. АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ.....	42

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ, УПРАВЛЕНИИ И БИЗНЕСЕ

Саргсян А.А., Ковалева К.А. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФОГЕЛЯДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ И ЕЕ ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ.....	47
Алиев А.Г. INDICATORS OF THE FORMATION OF DIGITAL MOBILE TECHNOLOGICAL ECONOMY SECTORS AND EVALUATION OF THEIR DEVELOPMENT LEVEL.....	53
Столяров И.В. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В СЕРВЕРНОМ ПОМЕЩЕНИИ	63

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Магазев А.А., Никифорова А.Ю. МОДИФИЦИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ РИДА-ФРОСТА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ К АНАЛИЗУ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВИРУСОВ В СЛОЖНЫХ СЕТЯХ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ГРАФАМИ ЭРДЁША-РЕНЬИ	67
--	----

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Лапин А. Н., Миначов Ш.М., Широкова А. А. МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГИС «ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ».....	75
---	----

СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

Меликова Н.Дж. НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАНДАРТОВ
В СИСТЕМАХ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ..... 82

СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Фот Ю.Д., Гапеева О.С. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РИСКОВ
ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕКТОРА (НА
ПРИМЕРЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ)..... 88

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ

УДК 004.652

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИНАХ

INTELLIGENT PLANNING OF RESEARCH AT GAS CONDENSATE WELLS

Курманчук Н.С.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия
N.S. Kurmanchuk,
Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

e-mail: kurmanchukn@mail.ru

Аннотация. Данная научная статья посвящена теме интеллектуального планирования исследований на газоконденсатных скважинах. В статье рассмотрены основные типы исследований, проводимых на скважинах, такие как газодинамические и промыслово-геофизические исследования, и описаны методы автоматизации их проведения. Также были рассмотрены нормативные документы, регулирующие требования к исследованиям и их объему, а также применяемые инновационные технологии.

Интеллектуальное планирование исследований на газоконденсатных скважинах позволяет собирать и анализировать данные о скважинах более эффективно и точно. Это может привести к увеличению добычи и снижению затрат на процесс. Благодаря автоматизации исследований и использованию инновационных технологий, процесс добычи газа и нефти становится более эффективным и рентабельным.

Программа и методика испытаний", определяют требования к исследованиям и их объему, а также методикам проведения их. Применение таких документов при разработке программ исследований на газоконденсатных скважинах позволяет повысить эффективность процесса добычи, а также улучшить экологическую ситуацию в регионе.

В целом, интеллектуальное планирование исследований на газоконденсатных скважинах является необходимым условием для повышения эффективности и рентабельности добычи газа и нефти. В статье представлены примеры применения технологий и методик, которые могут использоваться для автоматизации исследований и составления программ исследований на скважины на 5 лет.

Abstract. This scientific article is devoted to the topic of intelligent research planning at gas condensate wells. The article discusses the main types of research conducted at wells, such as gas-dynamic and field-geophysical studies, and describes methods for automating their conduct. Regulatory documents regulating the requirements for research and their scope, as well as the innovative technologies used, were also considered.

Intelligent planning of research on gas condensate wells allows you to collect and analyze well data more efficiently and accurately. This can lead to increased production and lower process costs. Thanks to the automation of research and the use of innovative technologies, the process of gas and oil production becomes more efficient and cost-effective.

The test program and methodology" define the requirements for research and their scope, as well as the methods of conducting them. The use of such documents in the development of research programs at gas condensate wells makes it possible to increase the efficiency of the production process, as well as improve the environmental situation in the region.

In general, intelligent research planning at gas condensate wells is a prerequisite for improving the efficiency and profitability of gas and oil production. The article presents examples of the application of technologies and techniques that can be used to automate research and develop research programs for wells for 5 years.

Ключевые слова: газоконденсатные скважины, интеллектуальное планирование, газодинамические исследования, промыслово-геофизические исследования, автоматизация, нормативные документы, инновационные технологии

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

Интеллектуальное планирование исследований на газоконденсатных скважинах является важной задачей для компаний, занимающихся добычей газа и нефти. В процессе эксплуатации газоконденсатных скважин необходимо регулярно проводить исследования, которые помогают определить текущее состояние скважины, оценить ее запасы и принять решения о дополнительных работах.

В данной статье рассматриваются основные аспекты интеллектуального планирования исследований на газоконденсатных скважинах, включая планирование газодинамических и промыслово-геофизических исследований, использование технологий и программ для автоматизации исследований и составления программ исследований на 5 лет, нормативные документы, применяемые для разработки программ исследований, и инновационные технологии, применяемые для исследований газоконденсатных скважин.

Газодинамические исследования проводятся для оценки запасов газа и нефти в скважинах. Они включают в себя измерение давления, температуры и

дебита на различных глубинах скважины. Для планирования газодинамических исследований используются данные о текущем состоянии скважины и результаты предыдущих исследований.

Одной из основных задач при планировании газодинамических исследований является определение места установки датчиков и глубин, на которых будут проводиться измерения. Для этого используются данные о структуре пласта, геологических характеристиках и геометрии скважины.

Промыслово-геофизические исследования проводятся для получения информации о геологических характеристиках пласта и условиях, в которых он находится. Они включают в себя измерения гравитационного поля, электрического сопротивления, магнитного поля и прочих параметров. Для планирования промыслово-геофизических исследований используются данные о геологической структуре и составе пласта, а также результаты предыдущих исследований.

Одной из задач при планировании промыслово-геофизических исследований является выбор методов исследования, наиболее подходящих для конкретной скважины и геологических условий. Например, для исследования состава пласта могут использоваться методы ядерной магнитной резонансной спектроскопии или рентгеновской флюоресценции.

Существует ряд технологий и программ, используемых для автоматизации исследований на газоконденсатных скважинах. Они позволяют значительно ускорить процесс сбора и анализа данных, а также улучшить точность результатов.

Одной из таких технологий является применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) для проведения промыслово-геофизических исследований. Дроны могут быстро и точно собирать данные о геологических характеристиках скважин и пластов, а также производить визуализацию полученной информации.

Для составления программ исследований на 5 лет используются специальные программы, которые учитывают данные о предыдущих исследованиях, текущем состоянии скважин и геологических условиях. Они позволяют определить необходимые виды исследований, сроки их проведения и ожидаемые результаты.

При разработке программ исследований на газоконденсатных скважинах используются нормативные документы, определяющие требования к исследованиям, их объему и методикам. Одним из таких документов является ГОСТ 15.301-89 "Система проектно-технической документации. Программа и методика испытаний".

Также для планирования исследований на газоконденсатных скважинах используются другие нормативные документы, такие как СП 25.13130.2012 "Основы проектирования нефтегазовых месторождений", ГН 2.1.7.2041-06 "Правила по проведению технических изысканий для строительства", РД 39-0147010-785-02 "Методика расчета запасов нефти и газа по результатам магнитометрических исследований" и др.

Инновационные технологии, применяемые в исследованиях газоконденсатных скважин, включают в себя использование дистанционно управляемых беспилотных летательных аппаратов (дронов) для выполнения аэрофотосъемки, лидарного сканирования и гиперспектральной съемки местности над скважиной и окружающей территории.

Также применяются новые методы обработки и интерпретации данных, такие как машинное обучение и искусственный интеллект, которые позволяют более точно и быстро обрабатывать большие объемы данных и находить скрытые закономерности в исследуемых параметрах.

Современные методы обработки и интерпретации данных, такие как машинное обучение и искусственный интеллект, стали неотъемлемой частью нефтегазовой отрасли. Они позволяют эффективно анализировать большие объемы данных и выявлять скрытые закономерности, которые не всегда могут быть заметны при ручном анализе.

Машинное обучение используется для автоматической классификации геологических объектов и определения границ между различными породами. Это позволяет уменьшить время и усилия, затрачиваемые на обработку данных, и снизить вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором.

Искусственный интеллект используется для обнаружения аномалий в данных, прогнозирования добычи и оптимизации работы скважин. Такие технологии, как нейронные сети и глубокое обучение, позволяют проводить более точные прогнозы и принимать эффективные решения в режиме реального времени.

Например, искусственный интеллект может помочь в определении оптимальных параметров бурения, выборе наиболее эффективных методов обработки и анализа данных, а также в принятии решений по оптимизации процессов добычи и распределения ресурсов.

Использование новых методов обработки и интерпретации данных позволяет не только повысить эффективность добычи и сократить затраты, но и обеспечить более точное и надежное прогнозирование добычи нефти и газа, что является крайне важным для долгосрочной устойчивости отрасли.

Выводы

Выводы данной статьи подчеркивают важность интеллектуального планирования исследований на газоконденсатных скважинах. Это позволяет собирать и анализировать данные о скважинах более эффективно и точно, что может привести к увеличению добычи и снижению затрат на процесс.

В статье были рассмотрены основные типы исследований, проводимых на газоконденсатных скважинах, такие как газодинамические и промыслово-геофизические исследования, а также методы автоматизации их проведения. Кроме того, были описаны нормативные документы, которые регулируют требования к исследованиям и их объему, а также применяемые инновационные технологии.

В целом, интеллектуальное планирование исследований на газоконденсатных скважинах является необходимым условием для повышения эффективности и рентабельности добычи газа и нефти, а также улучшения экологической ситуации в регионе.

Литература

1. Лукьянов А.П. Автоматизация процесса планирования геофизических исследований на газоконденсатных месторождениях / А.П. Лукьянов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2016. – № 8. – С. 42-45.

2. Хрусталева Д.А. Разработка и сопровождение программ исследований на газоконденсатных месторождениях с использованием интеллектуальных технологий / Д.А. Хрусталева, В.А. Пономарев // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15, № 6. – С. 1192-1197.

3. ГОСТ 15.301-89. Система проектно-технической документации. Программа и методика испытаний. – Москва: Издательство стандартов, 2015.

4. Коновалова Е.В. Моделирование газоконденсатных систем для оценки нефтегазоносности месторождений / Е.В. Коновалова, Е.И. Колесникова, И.Ю. Карпенко // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2017. – № 10. – С. 22-26.

5. Мустафин Р.М. Геофизические исследования газоконденсатных скважин для определения параметров пласта / Р.М. Мустафин, А.М. Исмагилова // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2016. – Т. 16, № 2. – С. 345-348.

6. Хасанов Ф.Ш. Исследование нефтегазоносных пластов газоконденсатных месторождений методом газовой хроматографии / Ф.Ш. Хасанов, А.В. Абдуллаева // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2020. – № 9. – С. 27-32.

УДК 004

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС СБОРА ДАННЫХ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ MULTIFUNCTIONAL REAL-TIME DATA ACQUISITION INTERFACE

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

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

e-mail: lnizamova01@mail.ru

Аннотация. Для бесперебойной работы и контроля технологических процессов на предприятиях нефтепереработки и нефтехимии используются информационные системы производства, выполняющие функции сбора, хранения и предоставления производственных показателей пользователю. В целях успешного функционирования производственной деятельности предприятия необходимо отслеживать расход электроэнергии технологических установок, контрольным ведением которых занимается подразделение «Управление главного энергетика». В настоящее время процесс передачи данных на установке пектан-гексановой изомеризации не автоматизирован и для выполнения производственной задачи сбора данных электроэнергии специалисту УГЭ необходимо совершать визит на производственный объект и передавать данные диспетчеру с помощью средств телефонии. Для автоматизации бизнес-процесса необходимо обеспечить передачу данных электроэнергии в информационную систему производства посредством интерфейса передачи данных. В настоящее время закупка рассматриваемого интерфейса невозможна вследствие прекращения поддержки и предоставления программных продуктов зарубежными компаниями. Для актуальной задачи импортозамещения была выявлена необходимость разработки многофункционального интерфейса сбора данных в реальном времени в целях обеспечения передачи данных электроэнергии установке пектан-гексановой изомеризации. В данной статье речь пойдет о стандарте обмена данными между объектами автоматизации в реальном времени OPCDA. Проанализированы основные преимущества внедрения разрабатываемого программного решения. Рассмотрена оптимизация бизнес-процесса «Контроль данных расхода электроэнергии с производственного объекта». Описана структура передачи производственных показателей от прибора к пользователю. В рамках решения описана разработка интерфейса сбора данных в базу данных реального времени.

Abstract. For uninterrupted operation and control of technological processes at oil refining and petrochemical enterprises, production information systems are used that perform the functions of collecting, storing and providing production indicators to the user. For the successful functioning of the production activity of the enterprise, it is necessary to monitor the electricity consumption of technological installations, the control management of which is carried out by the Department of the Chief Power Engineer. Currently, the data transmission process at the pectan-hexane isomerization plant is not automated and in order to perform the production task of collecting electricity data, the UGE specialist needs to make a visit to the production facility and transmit data to the dispatcher using telephony means. To automate the business

process, it is necessary to ensure the transmission of electricity data to the production information system through the data transmission interface. Currently, the purchase of the interface in question is impossible due to the termination of support and provision of software products by foreign companies. For the urgent task of import substitution, the need was identified to develop a multifunctional interface for real-time data collection in order to ensure the transmission of data to the pectan-hexane isomerization unit. In this article we will talk about the standard of data exchange between automation objects in real time OPC DA. The main advantages of the implementation of the developed software solution are analyzed. The optimization of the business process «Control of power consumption data from a production facility» is considered. The structure of transmission of production indicators from the device to the user is described. The solution describes the development of an interface for collecting data into a real-time database.

Ключевые слова: интерфейс сбора данных, контроль показателей, система управления производством, база данных реального времени, расход электроэнергии, производственный объект.

Keywords: data collection interface, performance monitoring, production management system, real-time database, power consumption, production facility.

Своевременный контроль данных производственных показателей является актуальной задачей в жизненном цикле производств нефтепереработки и нефтехимии. Оперативное получение информации о текущем состоянии производственных процессов позволяет в кратчайшие сроки определять критичные изменения технологических параметров и оптимизировать рассматриваемые процессы.

На протяжении всей производственной деятельности технологические установки потребляют электроэнергию, расход которой необходимо контролировать для предотвращения ошибок при выполнении расчетов и формировании плана. Данные с датчиков показателей энергопотребления позволяют сделать вывод о корректности использования оборудования и определить размеры утечки электроэнергии. Контроль данных электроэнергии позволяет прийти к выводу, какой участок потребляет больше всего энергии, какой технологический процесс несет в себе значительные энергетические затраты.

Промышленные предприятия сталкиваются с большим ростом цен на сырье и энергию, что создает необходимость большого внимания к потерям в производственном процессе с применением специальных программных решений, позволяющих анализировать и планировать потребление ресурсов. Отсутствие на предприятии таких информационных ресурсов может привести к увеличению расходов на энергопотребление, невозможности достижения установленных федеральным и региональным законодательством требований по энергосбережению, понижению результативности и энергоэффективности процессов предприятия, снижению конкурентоспособности. Затраты на

энергоресурсы как в рамках технологических установок, так и между производственными и вспомогательными объектами промышленного предприятия могут достигать нескольких миллиардов рублей в год.

В рамках задачи был рассмотрен бизнес-процесс «Контроль данных электроэнергии с производственного объекта» и составлена схема в методологии ЕРС «как есть» (рисунок 1).

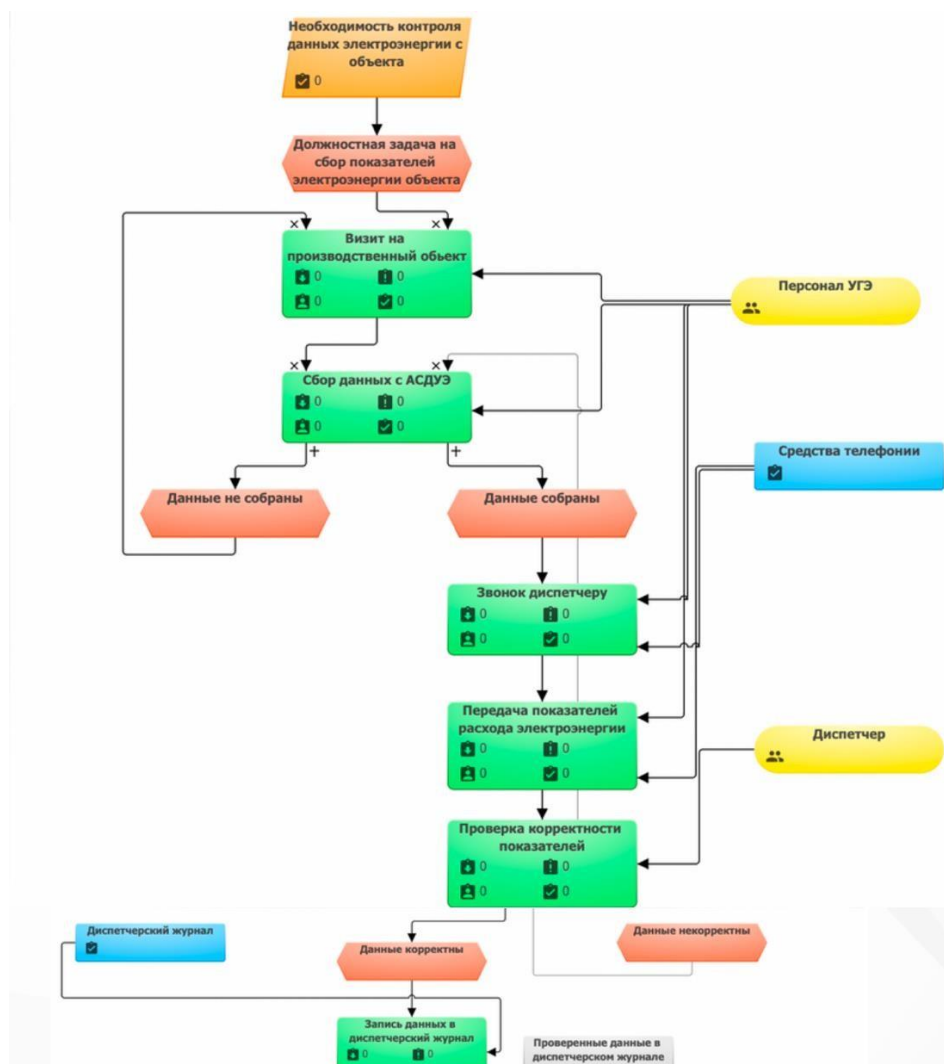


Рисунок 1. Бизнес-процесс «Контроль данных электроэнергии с производственного объекта» «как есть»

В настоящее время оперативный и надежный способ сбора данных о фактическом потреблении и выработке энергоресурсов представляет важную производственную задачу в связи с увеличением энергоемкости основных видов деятельности предприятия ввиду роста объема производства. Визит на производственный объект, запись показателей электроэнергии на бумажные носители, составление отчетов в Excel-файлах вручную, сопоставление данных и передача их по средствам телефонии представляет для сотрудников подразделения «Управление главного энергетика» трудоемкую работу, занимающую большое количество рабочего времени. Специалист в связи с человеческим фактором способен допустить ошибки в процессе выполнения

работы. Время, которое затрачивается на получение результатов по проведенным работам, является достаточно большим, так как включает в себя поход специалиста до установки, снятие показателей и их передачу. В процессе возможно сократить и минимально использовать человеческие ресурсы при выполнении процесса.

Возможности технического прогресса в области компьютерных информационных технологий на сегодняшний день достигли того уровня, который делает возможным создание программного обеспечения, позволяющего автоматизировать сбор данных с объектов предприятия. Процесс сбора данных с производственных объектов осуществляется в базу данных реального времени PI System посредством интерфейса сбора данных. Данные со всех подключенных точек с завода поступают на PI Server, где осуществляется хранение и обработка полученных данных. Пользователь видит клиентский уровень – это разнообразные программы, которые берут данные с PI Server и преподносят пользователю в нужном ему виде (мнемосхемы, отчеты в Excel и т.д.).

Сотрудники отделов информационных систем производства промышленных предприятий выполняют работы по внедрению и технической поддержке программных продуктов, позволяющих получать информацию с АСУТП и приборов учета всего предприятия в единую базу данных реального времени. Собранные и упорядоченные в одном хранилище данные позволяют отображать и контролировать ситуацию об оперативных сведениях с технологических установок, проводить анализ на основе исторических показателей, предоставлять сотрудникам предприятия возможность мгновенного доступа в реальном времени к важным данным в формате. Данные передаются по интерфейсу управления объектами автоматизации и технологическими процессами в базу данных реального времени MES-системы PI System. Plant Information System (PI System) – комплекс программного обеспечения, обеспечивающий управление данными, включая сбор, хранение, обработку и их представление по компании, предприятиям и отдельным процессам [1]. PI System поддерживает распределенную клиент-серверную архитектуру (рисунок 2). Серверное программное обеспечение (ПО) обеспечивает сбор информации от разнообразных источников данных, сжатие и архивирование информации по оригинальным алгоритмам, обработку больших объемов данных, быстрый доступ клиентских приложений к архиву [2]. Клиентское ПО обеспечивает отображение трендов истории или текущих данных на мнемосхемах и быструю подготовку отчетов.



Рисунок 2. Структура MES-системы PISystem

Для обеспечения сокращения времени передачи данных и числа задействованных сотрудников требуется обеспечить автоматизацию сбора данных для оптимизации процесса контроля данных электроэнергетической технологической установки пектан-гексановой изомеризации. Закупка рассматриваемого интерфейса для автоматизации процесса сбора данных для службы контроля электроэнергии предприятия на сегодняшний день невозможна, так как зарубежные компании прекратили предоставление и поддержку рассматриваемых программных продуктов.

На сегодняшний день одним из векторов развития российских компаний является переход на отечественное программное обеспечение. Экономическая ситуация в России требует реализации активных мер по осуществлению политики импортозамещения, в том числе для предприятий нефтегазовой и нефтехимической отрасли в сфере цифровых решений для систем производств [3]. Разработка многофункционального интерфейса передачи данных для актуальной задачи импортозамещения позволит собирать значения параметров в базу данных реального времени PI System, которая в режиме реального времени обеспечивает мгновенный доступ к необходимым показателям и настройку клиентских приложений для визуализации данных.

Разработанный интерфейс реализует программу, которая подключается к OPC-серверу, опрашивает необходимые значения и записывает их на PI Server. После подключения прибора в PI System посредством подключения и настройки шлюзового компьютера, параметры с которого с помощью интерфейса сбора данных передаются на PI Server, данные со всех подключенных точек с завода поступают на PI Server, где осуществляется хранение и обработка полученных данных (рисунок 3).

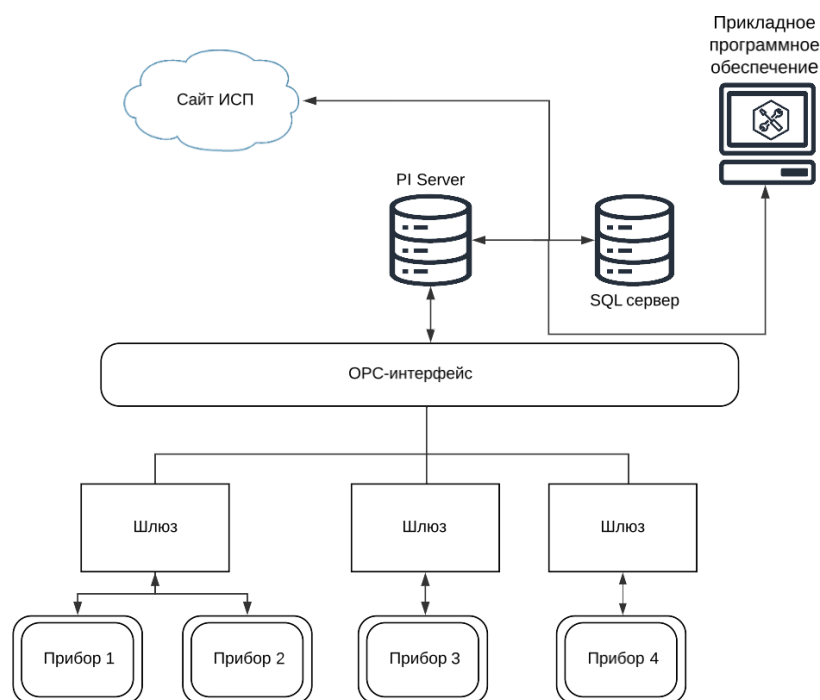


Рисунок 3. Структура передачи данных от прибора к пользователю

Интерфейс доступа к данным OPC позволяет считывать, записывать и контролировать переменные, содержащие текущие технологические данные. Основным вариантом использования является передача данных в реальном времени с ПЛК, DCSS и других устройств управления на HMI и другие клиенты отображения. OPC DA является наиболее важным OPC-интерфейсом. Сегодня это реализовано в 99% продуктов, использующих технологию OPC. Клиенты OPC DA выбирают переменные (элементы OPC), которые они хотят считывать, записывать или отслеживать на сервере. Клиент OPC устанавливает соединение с сервером путем создания объекта OPCServer. Объект server предлагает методы для навигации по иерархии адресного пространства для поиска элементов и их свойств, таких как тип данных и права доступа.

Для доступа к данным клиент группирует элементы OPC с идентичными настройками, такими как время обновления, в объекте OPCGroup (рисунок 4).

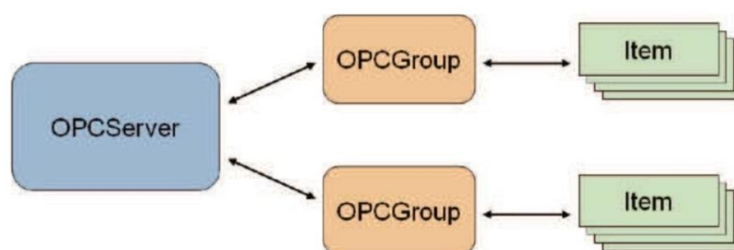


Рисунок 4. Объекты, созданные OPC-клиентом для доступа к данным

OPC предоставляет данные в режиме реального времени, которые могут быть недоступны постоянно, например, когда связь с устройством временно

прерывается. Классическая технология OPC решает эту проблему, предоставляя временную метку и качество передаваемых данных.

В разрабатываемом программном обеспечении создаются точки, которым указывается источник точки, далее это будет записано в настройки программы. Программа берет из своего файла настроек имя Point Source и загружает все точки с таким же Point Source, по которому необходимо производить запрос. Далее по этим точкам строятся инструмент теги, программа считывает инструмент теги точек и запускается их опрос на OPC-сервере, если значение меняется, то она записывает новое обновленное значение в точку на PI Server и обновляет каждые 10 секунд. Это универсальный интерфейс для любого прибора, который использует OPC-сервер.

При разработке программного кода были использованы библиотеки PISDK и TitaniumAS. PI Software Development Kit (PI SDK) — это программная библиотека, обеспечивающая доступ к серверам PI. PI SDK использует объектно-ориентированный иерархический подход для обеспечения доступа для чтения и записи к функциям PI Server. TitaniumAS.Opc.Client — клиентская библиотека .NET с открытым исходным кодом для OPC DA. Библиотека предоставляет оболочки .NET COM для взаимодействия OPC DA [4]. В ходе задачи был использован симулятор OPC-сервер Matricon, на предприятии данные собираются с OPC Honeywell, Yokogawa, они используют единый протокол для всех. Работа интерфейса сбора данных, где можно наблюдать процесс изменения данных на сервере (рисунок 5).

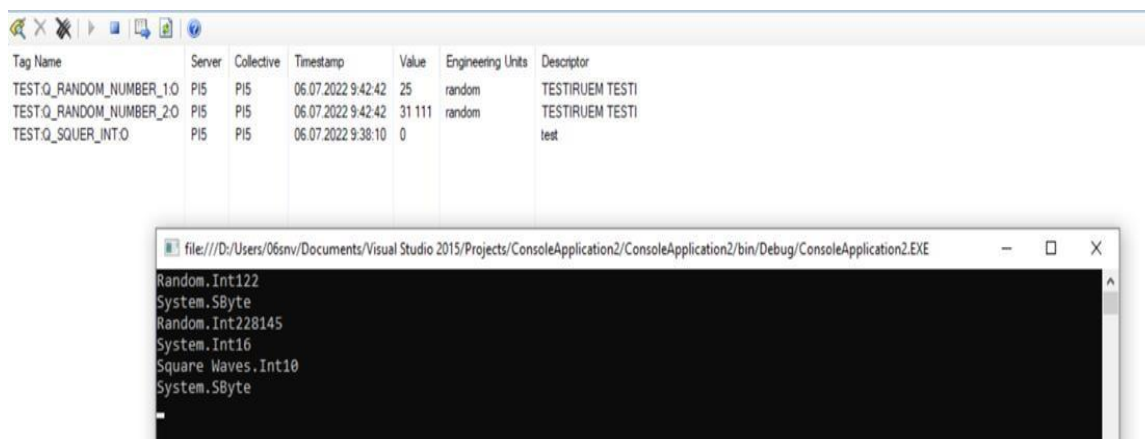


Рисунок 5. Работа программного кода OPC-интерфейса

В ходе внедрения многофункционального интерфейса сбора данных оптимизация бизнес-процесса «Контроль данных электроэнергии с производственного объекта» состоит в следующем (рисунок 6):

- сокращении времени процесса;
- снижении количества задействованных сотрудников ввиду устранения необходимости похода специалиста УГЭ к АСДУЭ;
- устранении рисков передачи некорректных показателей ввиду отсутствия влияния человеческого фактора;

- повышение качества передачи данных за счет выполнения операций автоматической передачей данных;

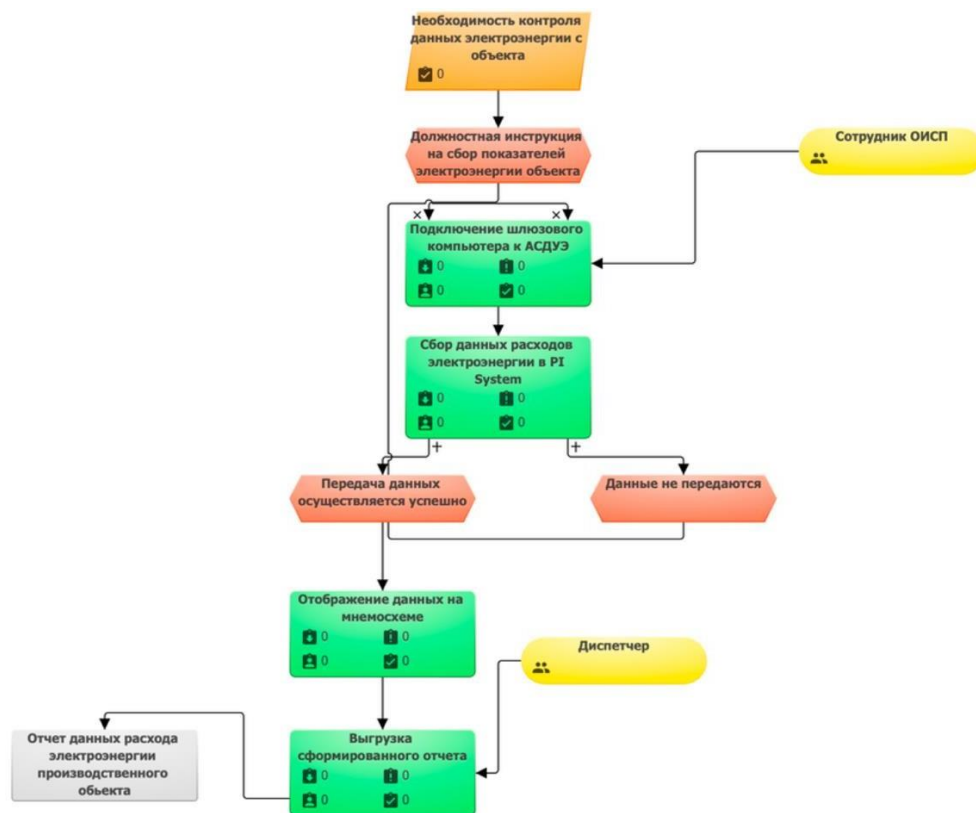


Рисунок 6. Бизнес-процесс «Контроль данных электроэнергетики с производственного объекта» «как будет»

Выводы

Важно автоматизировать задачу своевременного контроля данных производственных показателей электроэнергетики, ведь от этого напрямую зависит деятельность предприятия. Разработанный многофункциональный интерфейс сбора данных в реальном времени позволяет осуществлять автоматизированный сбор данных с приборов учета электроэнергии производственных установок в базу данных реального времени PI, позволяя оптимизировать рассматриваемый бизнес-процесс.

Литература

1. PI System эффективно использует производственные данные и открывает новые возможности: [сайт]. – 2020. – URL: <https://www.osisoft.ru/pi-system> (дата обращения: 11.04.2023). – Текст: электронный.
2. PI Интерфейсы: [сайт]. – 2017. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:PI_System (дата обращения: 13.04.2023). – Текст: электронный.

3. Как нефтегазовая отрасль переходит на отечественные технологии: [сайт]. – 2022. – URL: <https://www.vedomosti.ru/partner/articles/2022/04/29/920343-neftegazovaya-otrasl> (дата обращения: 17.04.2023). – Текст: электронный.

4. Titanium-as/TitaniumAS.Opc.Client [сайт]. – 2022. – URL: <https://github.com/titanium-as/TitaniumAS.Opc.Client> (дата обращения: 23.04.2023). – Текст: электронный.

УДК 004

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ НА ПРИМЕРЕ ERP СИСТЕМЫ: НЮАНСЫ, ЗАДАЧИ И ПОДХОДЫ

IMPORT SUBSTITUTION ON THE EXAMPLE OF ERP SYSTEM: NUANCES, TASKS AND APPROACHES

Суслов Н.С., Хафизов А.М.,

Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате, ул. Губкина, 22 б, г. Салават, Республика Башкортостан, Россия, 453265

N.S. Suslov,

Institute of Oil Refining and Petrochemistry FSBEI HE USPTU in Salavat, Gubkin Str., 22b, Salavat, Republic of Bashkortostan, 453265, Russia

e-mail: yunggopher@ya.ru

Аннотация. Отрасль информационных технологий считается одной из самых зависимых от импорта отраслей, т. к. в России сейчас используют исключительно импортное оборудование и ПО. Однако, начиная с 2012 года Правительство РФ запустило процесс импортозамещения, но особо острым этот вопрос стал после событий февраля 2022 года, повлекшие за собой приостановку работы и уход с российского рынка многих крупных зарубежных компаний, таких как Microsoft, Adobe, DXC Technology, Oracle, Forcepoint, Fortinet, Mikrotik, Lenovo, Samsung, Dell, Spotify, HP, Cisco и др. SAP CIS ушла с рынка в 2022 году, а у SAP ERP H5 с того момента отсутствует техподдержка, что также негативно сказывается на работе многих компаний в нефтяной отрасли. И если некоторое из зарубежного ПО можно с легкостью заменить отечественным, например офисные программы, СУБД и т.д., то в случае с ERP-системами на базе SAP необходимо сменить весь комплекс (ERP-система, ОС, СУБД, офисные приложения, аппаратное обеспечение и т.д.), что вызывает большие трудности в процессе импортозамещения, в связи с крупными затратами финансов и времени. В данной статье рассматриваются обоснование, задачи и подходы импортозамещения на примере ERP системы.

Abstract. The IT industry is considered to be one of the most import-dependent industries, since Russia now uses exclusively imported hardware and software.

However, since 2012, the Russian Government has launched the process of import substitution, but this issue became particularly acute after the events of February 2022, which led to the suspension and withdrawal from the Russian market of many major foreign companies, such as Microsoft, Adobe, DXC Technology, Oracle, Forcepoint, Fortinet, Mikrotik, Lenovo, Samsung, Dell, Spotify, HP, Cisco, etc. SAP CIS left the market in 2022, and SAP ERP EHP5 has had no tech support since then, which also negatively affects many companies in the oil industry. And if some of the foreign software can be easily replaced by domestic, for example office applications, DBMS, etc., in the case of ERP-systems based on SAP it is necessary to change the entire complex (ERP-system, OS, DBMS, office applications, hardware, etc.), which causes great difficulties in the process of import substitution, due to the large cost and financial and time costs. This article discusses the rationale, objectives and approaches of import substitution on the example of ERP system.

Ключевые слова: импортозамещение, ERP, SAP, СУБД, офисное ПО.

Keywords: import substitution, ERP, SAP, DBMS, office software.

Главной причиной перехода на российское ПО является Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации», в котором сказано о том, что компании не могут осуществлять закупки иностранного ПО, в т.ч. в составе программно-аппаратных комплексов.

Основными задачами политики импортозамещения являются:

- 1) технологическое совершенствование отечественного производства;
- 2) рост производительности за счет реализации энергоэффективных, энерго- и ресурсосберегающих технологий и производств;
- 3) увеличение инновационной активности предприятий, освоение высокотехнологичных технологий и производств.

Программа импортозамещения наиболее активно показала себя в таких отраслях, как: сельское хозяйство; машиностроение; IT-сфера; государственные закупки [1].

По статистике 2022 года SAP поддерживает около 437 000 клиентов в 190 странах, в том числе и в России [2]. Однако, в конце того же года SAP CIS ушла с рынка, прекратив техподдержку, поддержку локальных объектов и обслуживание.

Рассмотрим проблемы импортозамещения на примере перехода с SAP ERP на 1С: ERP. Большинство основ нынешних систем выглядят примерно так: ERP система SAP ERP (Германия), операционная система Windows (США), СУБД SQL (США), офисный пакет MS Office (США). Самой подходящей заменой станет система, в которой все элементы будут отечественными: 1С: ERP, Astra Linux, PostgreSQL, P7 Офис, однако нынешний комплекс также обладает набором коннекторов для интеграции с такими программными средствами, как

решения 1С (1С: АСОДУ, 1С: УАТ и др.), Docsvision, ServiceDeskCreatio, PISystem, и другие. Поэтому простой замены “ядра” комплекса недостаточно. Также не все нынешние ПС совместимы для такой системы – например, вышеупомянутый Р7 Офис на данный момент не имеет полного функционала Excel и не поддерживает .vba, однако и над этим ведутся работы, что позволит вскоре полностью перейти на отечественный продукт. Также нельзя забывать и о том, что необходимо обучить внутреннюю команду, что тоже займет какое-то время.

Что касается 1С - среди российских ERP систем, например, МАЗ и RostechERP, 1С:ERP является лидером по ряду причин: то, что сейчас 1С уже имеет в своем функционале, у аналогов только запланировано для реализации, 1С:ERP также является одной из самых распространенных систем на территории РФ, что частично подтверждает надежность продукта. Также 1С имеют опыт внедрения на базе операционной системы Linux с СУБД PostgreSQL, что подходит под критерии импортозамещения.

Если же сравнивать 1С:ERP с нынешним SAPERP, то можно увидеть, что для крупных компаний 1С:ERP является лучшим вариантом из отечественных, т.к. исходя из статистики, данные две системы в совокупности занимали 81,6% от всего дохода среди ERP-систем на момент 2020 года [3,4]. Сравнительная характеристика ERP-систем приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение ERP систем

ERP	Плюсы	Минусы
1С	Высокая адаптированность к российским условиям рынка	Низкая производительность при большом объеме данных
	Низкая стоимость продуктов	Высокая стоимость установки и поддержки системы
	Быстрое внедрение	
SAP	Включает лучшие практики ведущих предприятий мира	Требуется адаптация к российским стандартам
	Высокая производительность	Сложный и долгий процесс внедрения

Таким образом, 1С:ERP является неплохой альтернативой SAPERP в рамках импортозамещения.

Выводы

Проанализирован рынок отечественных ERP-систем, предложены возможные альтернативные решения, а также выявлены некоторые нюансы перехода на российское ПО.

Литература

1. Попова И.Н., Сергеева Т.Л. Импортозамещение в современной России: проблемы и перспективы //BENEFICIUM. – 2022. – №2(43). – С.73-84.

2. Лучшие практики внедрения ERPSAPInsights [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sap.com/cis/insights/erp-implementation-best-practices.html> (дата обращения 17.04.2023)
3. Ершов П.А. Импортозамещение и политика импортозамещения: теоретический подход к определению понятий // Вестник ИЭ РАН. –2017. – №2. – С. 147–157.
4. Карелин И.В., Акимова И.В., Титова Н.В., Баландин И.А. ERP-СИСТЕМЫ 1С И SAP. СРАВНЕНИЕ И ИНТЕГРАЦИЯ // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 10-2. – С. 211-217; URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39372> (дата обращения: 17.04.2023).

УДК 004.946

ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES IN THE ENTERPRISE

Николаев А.А.,

Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате,
ул. Губкина, 22 б, г. Салават, Республика Башкортостан, Россия, 453265

A.A. Nikolaev,

Institute of Oil Refining and Petrochemistry FSBEI HE USPTU in Salavat, Gubkin
Str., 22b, Salavat, Republic of Bashkortostan, 453265, Russia

e-mail: ahtoh_02@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривает важность использования виртуальной реальности в бизнесе. Авторы обсуждают, как технологии виртуальной реальности могут помочь предприятиям улучшить производительность, снизить затраты и повысить качество продукции. Статья начинается с обзора технологий виртуальной реальности и их применения в различных отраслях бизнеса. Авторы рассматривают примеры использования виртуальной реальности в обучении, маркетинге, проектировании и производстве. Далее статья переходит к обсуждению конкретных примеров использования виртуальной реальности на предприятии. Авторы описывают, как компании используют виртуальную реальность для обучения сотрудников, тестирования продуктов и улучшения производственных процессов. В заключении автор подчеркивает, что технологии виртуальной реальности могут помочь предприятиям достичь новых высот в производительности и качестве продукции. Также отмечает, что виртуальная реальность может быть особенно полезна для компаний, работающих в отраслях, где безопасность и точность критически важны. В итог,

статья представляет собой ценный обзор технологий виртуальной реальности и их применения на предприятии. Она может быть полезна для менеджеров и руководителей, которые ищут новые способы повышения эффективности своих компаний.

Abstract. The paper considers the importance of using virtual reality in business. The authors discuss how virtual reality technologies can help businesses improve productivity, reduce costs, and improve product quality. The article begins with an overview of virtual reality technologies and their application in various business sectors. The authors consider examples of the use of virtual reality in education, marketing, design and production. The article then proceeds to discuss specific examples of the use of virtual reality in the enterprise. The authors describe how companies are using virtual reality to train employees, test products, and improve manufacturing processes. In conclusion, the author emphasizes that virtual reality technologies can help enterprises achieve new heights in productivity and product quality. Also notes that virtual reality can be especially useful for companies operating in industries where security and accuracy are critical. As a result, the article is a valuable overview of virtual reality technologies and their application in the enterprise. It can be useful for managers and executives who are looking for new ways to improve the efficiency of their companies.

Ключевые слова: VR-технологии, виртуальный мир, обучение персонала, потенциал, преимущества.

Keywords: VR-technologies, virtual world, personnel training, potential, advantages.

Виртуальная реальность становится все более доступной для обычных потребителей. Если еще несколько десятилетий назад использование 3D-технологий и VR было доступно только крупным корпорациям, то сейчас каждый может заказать шлем виртуальной реальности для персонального использования.

Согласно исследованию Министерства цифрового развития, промышленность и строительство являются приоритетными отраслями для применения VR/AR-технологий. Промышленные гиганты уже несколько десятилетий используют виртуальную реальность для решения своих производственных и бизнес задач. С появлением шлемов виртуальной реальности, доступность технологии значительно возросла, а пул решаемых задач расширился.

Ранее корпорации использовали среды виртуальной реальности (CAVE), которые требовали отдельного помещения с определенными техническими характеристиками и огромных бюджетов. Однако, с появлением шлемов виртуальной реальности, перечень решаемых задач и доступность технологии значительно возросли.

Одним из ключевых моментов в развитии VR-технологий стал стартап Oculus, который в 2012 году собрал за четыре часа 250 тысяч долларов на краудфандинговой платформе Kickstarter на разработку шлема виртуальной реальности с эффектом полного погружения. С тех пор, VR-технологии стали более компактными, алгоритмы и технологии — эффективнее и доступнее.

Интересно, что изначально ориентированные только на потребительский рынок мировые компании, создающие устройства и софт для VR, такие, как, например, Google или HTC, быстро поняли перспективность применения своих устройств на промышленных предприятиях и предусмотрели такое использование.

Заметно, что мировые компании, занимающиеся разработкой VR-устройств и софта, изначально ориентировались на потребительский рынок. Однако, они быстро осознали потенциал применения своих продуктов на промышленных предприятиях и адаптировали их для такого использования.

В свою очередь, широкое внедрение VR/AR-технологий в промышленности способствует развитию экономики страны, увеличению производительности и эффективности на предприятиях в рамках Индустрии 4.0, а также формированию новых подходов к обучению и повышению уровня образования. Существуют несколько крупных направлений, в которых применение виртуальной реальности помогает снизить риски и повысить эффективность решаемых задач:

Минцифры отмечает, что широкое внедрение VR/AR-технологий способствует развитию экономики страны, существенному повышению производительности и эффективности на промышленных предприятиях в рамках Индустрии 4.0, формированию новых подходов к процессу обучения и повышению уровня образования. Можно выделить несколько крупных направлений, в которых использование виртуальной реальности помогает снизить риски и повысить эффективность решаемых задач:

- обучение персонала;
- безопасность и охрана труда;
- проектирование;
- создание прототипов и их согласование.
- VR в обучении рабочих;

Иммерсивные технологии доказали свою эффективность в процессах обучения и повышения квалификации сотрудников производственных компаний. Это обусловлено двумя ключевыми факторами: высокой эффективностью такого обучения и экономической выгодой для работодателя. Прежде всего, обучение на VR-тренажерах позволяет практиковать навыки, которые необходимы в работе с конкретным оборудованием или опасными веществами. Текстовые описания и рассказы коллег не могут заменить практического опыта, который можно получить только наставничеством. Однако, обучение на VR-тренажерах позволяет изучить алгоритмы и закрепить базовые операции без риска повредить дорогостоящее оборудование. Это помогает снизить издержки и ускорить производственные процессы.

Во-вторых, виртуальная реальность позволяет симулировать аварии и взрывы, что повышает мотивацию персонала следовать инструкциям и более ответственно относиться к обучению. Кроме того, возможно создание бесконечного множества разветвленных сценариев, которые помогают сохранить обучающий эффект при многократном прохождении.

Таким образом, использование иммерсивных технологий в процессах обучения и повышения квалификации сотрудников производственных компаний является эффективным и экономически выгодным решением. Немаловажно, что VR-симуляции также помогают научиться мыслить критически, брать на себя ответственность и принимать решения, получить и отточить навыки командной работы, ведения переговоров, решения нестандартных задач и управления негативными эмоциями в стрессовых ситуациях и другие soft skills.

Так, с 2019 года «Газпром нефть» развивает soft skills своих работников в виртуальной реальности. В 2020 году АО «Атомэнергоремонт» использует технологию VR в процессе обучения персонала техническому обслуживанию и ремонту оборудования. В 2021 году «Электрохимический завод» начал использовать программно-аппаратный комплекс виртуальной реальности для обучения электротехнического персонала безопасному производству работ и ликвидации аварийных ситуаций. В 2022 году Череповецкий металлургический комбинат запустил VR-тренажеры для обучения операторов коутера и резчиков холодного металла.

Виртуальный опыт может стать незаменимым для сотрудников опасных производств: металлургических, связанных с переработкой нефти и горюче-смазочных материалов, с работой на оборудовании под высоким давлением и с высокими температурами и других. На таких производствах каждый сотрудник регулярно обязан проходить специальные инструктажи. Также для них организуются учения, на которых имитируются различные ЧС и опасные ситуации. А при возникновении нештатных ситуаций требуется мгновенная реакция сотрудников для ликвидации самой аварии и ее последствий.

Между тем известно, что реальное поведение человека в стрессовой ситуации, тем более в той, что происходит впервые, предсказать сложно. Велика вероятность, что работник без реального опыта допустит ошибку при ликвидации последствий аварии или сам пострадает. Виртуальная реальность дает возможность воссоздать любую критическую ситуацию, погрузить в нее работника, отработать до автоматизма алгоритмы действий при аварии, а также обучить одновременно большое количество человек.

В 2015 году Ford Motor Company отчиталась, что, начиная с 2003 года, благодаря применению технологии виртуальной реальности на производстве, снизила уровень травматизма на 70 %. В VR-лаборатории организована безопасная монтажная линия и рабочее пространство, а на телеоператора размещено более 50 датчиков, с помощью которых эргономист может проверить различные сценарии и сделать процесс работы безопасным.

Иммерсивные технологии дают возможность наглядно показать, как будет выглядеть новый цех или инновационная разработка. Первым этапом выступает

создание 3D-проекта, вторым — его визуализация в VR. Данные технологии помогли вывести промышленное проектирование на качественно новый уровень, благодаря снижению числа ошибок в технологии, эргономике, повышению качества и скорости создания. В ранее упомянутом исследовании Минцифры говорится, что скорость проектирования с использованием данных технологий возрастает на 30-50%, а число ошибок и простоев сокращается до 30%.

Тот же Ford в 2019 году перенес проектирование своих автомобилей в виртуальную реальность с помощью программы Gravity Sketch. С помощью специальной гарнитуры и контроллеров дизайнеры могут не только рисовать, но и вращать, расширять и сжимать отрисованные 3D-объекты. Симуляция в виртуальной реальности открывает новые возможности для создания прототипов без натурального воплощения. Прототип можно изучить и обсудить, прощупать на ошибки и недоработки, глядя не в чертежи или картинку на мониторе, а работая непосредственно с объектом в натуральную величину. При этом значительно снижаются затраты и сокращаются сроки подготовки к макетной комиссии. Важно, что в процессе могут принимать участие любые сотрудники компании: от генерального директора до инженера, и даже заказчиков.

Французский национальный космический центр (CNES) проектировал ракетный ускоритель проекта Callisto в САПР, а с помощью VR проводил удаленное обсуждение проекта с одновременным решением множества задач: анализ инструментов сборки и размер необходимого здания, процесс перевозки ускорителя до места старта и других важных нюансов. Это позволило сократить реализацию проекта на целый год из 4 запланированных. Еще один французский гигант — SEAT — с помощью инструментов виртуальной реальности сократил время анализа конструкции прототипа новых моделей автомобилей и количество макетов и натуральных прототипов. Это позволило также значительно сократить сроки производства.

В первую очередь, важно понимать, что внедрение технологии виртуальной реальности в производство должно иметь под собой конкретную необходимость, сформулированные задачи и понимание проблем, которые эта технология способна решить. В принятии решения совершенно точно не нужно ориентироваться на представление о том, что «раз все внедряют, то и нам нужно».

Согласно исследованию европейских аналитиков PwC, в среднем, один неудачный проект, связанный с внедрением технологий, обходится промышленным компаниям из стран ЕС в полмиллиона евро. В нашей стране эта цена за неверное решение значительно ниже, но, однозначно, не стоит рисковать.

Перед внедрением VR, нужно определить показатели, для которых необходимо проанализировать ситуацию с производственными травмами и критическими ситуациями, как часто ломается оборудование, во сколько обходится из-за этого простой и ремонт, а также как часто и какой бюджет

тратится на обучения, перепрофилирование и инструктаж персонала. Также важно понимать, что процесс внедрения VR должен быть неотъемлемой частью общей цифровой трансформации компании с заранее продуманной стратегией и пониманием эффективности решений.

Технологии виртуальной реальности на предприятии являются важным инструментом для улучшения производительности и эффективности работы. Они позволяют сократить время и затраты на обучение персонала, улучшить качество проектирования и тестирования продукции, а также повысить уровень безопасности на производстве.

Однако, для успешной реализации технологий виртуальной реальности на предприятии необходимо учитывать ряд факторов, таких как выбор подходящего оборудования, разработка качественного контента, обучение персонала и организация процессов работы.

Выводы

Таким образом, использование технологий виртуальной реальности на предприятии может принести значительные выгоды, но требует серьезного подхода и инвестиций. В будущем, с развитием технологий и увеличением доступности оборудования, они станут еще более распространенными и востребованными в различных отраслях промышленности.

Литература

1. Чуланова О.Л., Буяр В.А. VR-технологии в обучении персонала как глобальный технологический тренд // В сборнике: Актуальные вопросы управления персоналом и экономики труда. Материалы VI научно-практической конференции. 2020. С. 394-400.
2. Иванова А.В., Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения // Стратегические решения и риск менеджмент. – 2018. - №3 - С. 88-107. – Текст: электронный. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36284345&> (дата обращения: 27.03.2023)
3. Бурлуцкий А. Виртуальная реальность и цифровая трансформация. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.transneft.ru/pressReleases/view/id/13201/>. (дата обращения: 29.03.2023)
4. Joe Bardi. What is Virtual Reality? [Definition and Examples]. – Текст: электронный. – URL: <https://www.marxentlabs.com/what-is-virtual-reality/> (дата обращения: 28.03.2023)
5. Тычков А.Ю., Буныгин Е.В., Бутров Н.А. Виртуальная реальность для вооруженных сил: обзор // Вестник Пензенского государственного университета. - 2020. - № 4. - С. 107-114.
6. Тычков А.Ю., Грачев А.В., Алимуратов А.К., Чураков П.П. Исследование особенностей передачи мультимедийной и параметрической

информации в среде виртуальной реальности // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. - 2020. - № 4. - С. 27-38.

УДК 004.85

**ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ ДОСТИЖИМОСТИ МИНИМАЛЬНО
КЛИНИЧЕСКИ ЗНАЧИМОГО ИЗМЕНЕНИЯ В СОСТОЯНИИ
ПАЦИЕНТА ПОСЛЕ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ СУСТАВА**

**EVALUATION OF THE APPLICABILITY OF MACHINE LEARNING
MODELS FOR PREDICTING THE REACHABILITY OF THE MINIMAL
CLINICALLY IMPORTANT DIFFERENCE IN THE PATIENT'S STATE
AFTER JOINT REPLACEMENT**

Хамитов А., Белова Е.Ю.,

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург,

Российская Федерация

A. Khamitov, E.Y. Belova,

Saint Petersburg Electrotechnical University, St. Petersburg, Russian Federation

e-mail: abulkairhamitov@gmail.com; eyshukeylo@gmail.com

Аннотация. Применение методов машинного обучения для прогнозирования минимально клинически значимого изменения, которое произошло с состоянием пациента с момента проведения операции и до завершения процесса реабилитации, позволяет произвести коррекцию тактики лечения в будущем и снизить финансовые затраты на медицинское обслуживание. В исследовании использован набор данных, сформированный на основе информации из Австралийского регистра клинических результатов эндопротезирования и включающий сведения о плановых операциях по полной замене тазобедренного и коленного суставов. Для определения достижимости минимально клинически значимого изменения в состоянии пациента после проведения эндопротезирования построены как модели на основе алгоритмов классического машинного обучения, так и модели на основе нейронных сетей: MLP, TabNet и HyperTab. Логистическая регрессия и метод опорных векторов показали наилучшее среднее арифметическое значение AUC – от 0.68 до 0.78 в зависимости от набора данных. Отставание данного значения на 0.01-0.02 продемонстрировали модели случайного леса и наивного Байесовского классификатора. Табличное обучение TabNet и гиперсетевой подход HyperTab не достигли высокого среднего арифметического значения AUC. Таким образом, использование логистической регрессии и метода опорных векторов рекомендуется для предсказания достижимости минимально клинически значимого изменения в состоянии пациента после эндопротезирования сустава.

Abstract. The use of machine learning methods to predict the minimum clinically important difference that has occurred in the patient's condition from the moment of the operation to the completion of the rehabilitation process allows to correct treatment tactics in the future and reduce the financial costs of medical care. A data set based on information from The Arthroplasty Clinical Outcomes Registry, Australia and including data on elective total hip or total knee replacement surgery was used in the research. Models based on classical machine learning algorithms and models based on neural networks: MLP, TabNet and HyperTab are built to determine the achievability of minimum clinically important difference in the patient's condition after arthroplasty. Logistic regression and support vector machine showed the best arithmetic mean AUC - from 0.68 to 0.78 depending on the dataset. The lag of this value by 0.01-0.02 was demonstrated by the models of the random forest and the naive Bayesian classifier. TabNet tabular learning and HyperTab's hypernet approach did not achieve a high arithmetic mean AUC. Thus, the use of logistic regression and support vector machine analysis is recommended to predict the achievability of the minimal clinically important difference in the patient's condition after total joint replacement.

Ключевые слова: анкета OxfordKneeScore, анкета OxfordKneeScore, минимально клинически значимое изменение, машинное обучение, нейронные сети, гиперпараметры

Keywords: Oxford Knee Score, Oxford Knee Score, minimum clinically important difference, machine learning, neural networks, hyperparameters

Введение

Эндопротезирование является одним из распространённых методов оперативного лечения заболеваний суставов. В 2020 году в России проведено 116 080 операций, из которых 62 680 случаев (54%) относилось к эндопротезированию тазобедренного сустава и 49 974 случая (43%) – к эндопротезированию коленного сустава [1].

Получение и анализ различных показателей, связанных с состоянием здоровья пациента и качеством его жизни на каждом этапе реабилитации после проведения эндопротезирования, осуществляется за счёт использования PROM (patient reported outcomes measure) – это оценка результатов, сообщаемых пациентом [2]. Примером её реализации являются анкеты OKS (Oxford Knee Score) и OHS (Oxford Hip Score) для измерения боли и функции коленного и тазобедренного суставов соответственно [3]. Благодаря использованию анкет существует возможность расчёта MCID (minimum clinically important difference) – минимально клинически значимого изменения, которое произошло с состоянием пациента с момента проведения операции и до завершения процесса реабилитации. Выявление пациентов с риском недостижения MCID вносит существенный вклад в предоперационную поддержку принятия решений [4]. Прогнозирование MCID ранее выполнялось с помощью методов математической статистики, однако в последние годы для решения данной проблемы используется машинное обучение [5]. Однако, ни в одной из работ на этапе

моделирования не применялись табличное обучение TabNet и гиперсетевой подход HyperTab, сочетающий в себе преимущества метода случайного леса и нейронных сетей [6, 7].

Целью исследования является оценка применимости моделей машинного обучения для предсказания достижимости минимально клинически значимого изменения в состоянии пациента после эндопротезирования сустава.

Материалы и методы

В исследовании используется набор данных, сформированный на основе информации из Австралийского регистра клинических результатов эндопротезирования с 2013 по 2018 годы. Он содержит информацию о пациентах, перенесших плановую операцию по полной замене тазобедренного или коленного сустава в различных медицинских учреждениях, – данные, собранные путем опроса пациентов перед проведением операции; данные, полученные в интраоперационный период; оценки результатов лечения, сообщенные пациентами через 6 месяцев после оперативного вмешательства (OKS, OHS, EQ-5D). К набору данных прилагается словарь, включающий описание используемых переменных. Ранее исследователи в статье [8] обращались к тому же регистру с целью выявления предикторов неудовлетворенности пациентов результатами тотального эндопротезирования тазобедренного сустава, проведенного в период с 2014 по 2016 годы.

Расчёт MCID, как правило, производится с применением методов, основанных либо на распределении, либо на привязке. По данным из литературы для группы пациентов, наблюдение за которыми ведется на определенном промежутке времени, следует использовать значения MCID по OHS, равное ~11 баллам, и MCID по OKS, равное ~9 баллам [9]. Данные значения получены с применением методов на основе привязки.

В качестве алгоритмов машинного обучения используются логистическая регрессия, метод k-ближайших соседей, дискриминантный анализ, метод опорных векторов, наивный байесовский классификатор, дерево решений, случайный лес, экстремальный градиентный бустинг, 1-2 слойный нейронный классификатор. Кроме того, применены MLP, TabNet и HyperTab.

Метрикой для оценки предсказательной способности построенных моделей служит Area under the ROC Curve (AUC) – площадь под ROC-кривой. Её рекомендуется использовать при работе с несбалансированным набором данных. Она является статистически непротиворечивой, а также более избирательна, чем точность [10].

Подготовка данных и моделирование

Изначально набор данных содержал 9146 строк и 227 столбцов. Однако потребовалось разделить его на две части, поскольку одной группе пациентов выполнялась операция эндопротезирования тазобедренного сустава, а другой

группе пациентов – операция эндопротезирования коленного сустава. В связи с этим для измерения боли и функции использовались разные анкеты – OHS и OKS соответственно. После выполнения разделения первый набор данных включал 2203 строки и 46 столбцов, второй набор данных – 4504 строки и 46 столбцов. Информация о пациентах, которым проводили вторичное двустороннее эндопротезирование суставов, не учитывалась в данной работе.

В ходе исследования проведена нормализация данных в сформированных наборах. Если ячейки не содержали значений, то они изымались вместе со строкой. Послеоперационные переменные, кроме тех, которые используются для подсчёта MCID, и столбцы с около нулевой дисперсией удалены. Значения, которые не предусмотрены в словаре данных, исключены как выбросы.

Настройка гиперпараметров для всех моделей, за исключением TabNet и HyperTab, выполнена путем использования фреймворка Optuna и реализованного в нём алгоритма TPESampler (оценщик Парзена с древовидной структурой), с помощью которого принимается решение о выборе последующих значений гиперпараметров на основе результатов предыдущих итераций.

Проблема несбалансированности данных устранена путем использования взвешивания классов и решении задачи минимизации эмпирического риска.

На рисунке 1 в качестве примера представлен процесс подбора гиперпараметров для модели случайного леса на первом наборе данных, где одним из параметров является вес меньшего класса. На цветовой шкале конкретный оттенок ставится в соответствие номеру испытания. В качестве целевой функции для оптимизации выбран средний результат AUC, который получен на десяти невзаимосключающих выборках, составляющих 20% от исходного набора данных (ось ординат на рисунке 1).

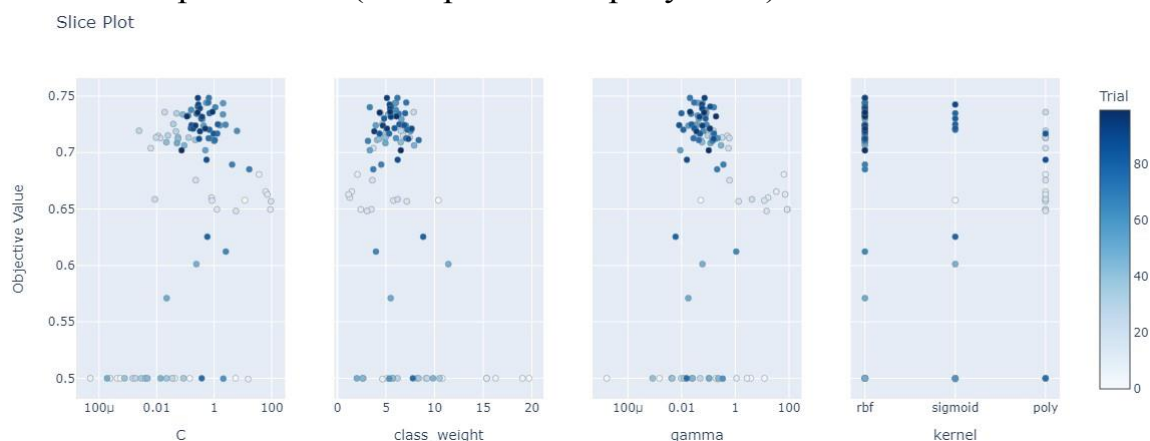


Рисунок 1. Процесс подбора гиперпараметров для модели случайного леса на первом наборе данных

Каждый из двух используемых в исследовании наборов данных эмпирически разделен на два равных по размеру подмножества. Первое подмножество используется для подбора гиперпараметров, второе подмножество – для обучения моделей. Таким образом достигнуты оптимальные результаты оценки точности без не затрагивания переобучения, связанного с подбором параметров на обучающей выборке. При обучении моделей TabNet и

HyberTab разделение наборов данных на подмножества не производится. Калибровка моделей выполнена на полных наборах данных, как и проверка важности признаков.

С учётом того факта, что результаты оценки AUC могут отличаться из-за процедуры её анализа и стохастической природы алгоритмов, выполнено разделение в количестве 1000 раз каждого из двух наборов данных (второго подмножества) на обучающую и тестовую выборки в соотношении 80% к 20%. После сортировки от меньшего к большему устанавливается доверительный интервал с уровнем доверия 95%. Среднее значение получено как среднее арифметическое. Такой подход позволяет найти диапазон, в котором находится истинное значение AUC.

Результаты

В процессе проведенного исследования получены значения нижней границы, верхней границы и среднего арифметического значения AUC, они представлены в таблице 1.

Таблица 1. Доверительные интервалы моделей для первого и второго наборов данных

Название модели	Нижняя граница (OHS/OKS с EQ-5D)	Верхняя граница (OHS/OKS с EQ-5D)	Среднее (OHS/OKS с EQ-5D)
Логистическая регрессия	0.71/0.63	0.86/0.74	0.78/0.69
к-ближайших соседей	0.63/0.56	0.79/0.65	0.70/0.69
Метод опорных векторов	0.71/0.63	0.85/0.74	0.78/0.68
Наивный Байесовский классификатор (Бернулли)	0.67/0.63	0.82/0.73	0.76/0.68
Квадратичный дискриминантный анализ	0.55/0.56	0.70/0.64	0.62/0.61
Дерево решений	0.64/0.60	0.80/0.71	0.72/0.65
Случайный лес	0.69/0.62	0.84/0.73	0.76/0.68
Экстремальный градиентный бустинг	0.65/0.54	0.81/0.62	0.73/0.58
Нейронный классификатор (MLP)	0.68/0.52	0.83/0.68	0.75/0.60

Для TabNet и HyberTab проведено десять прогонов на 5000 и 70 эпохах соответственно. В первом получены средние AUC 0.69 и 0.60 и для второго 0.69 и 0.59 на наборах данных OHS+EQ-5D и OKS+EQ-5D соответственно.

Наилучший результат достигнут с применением логистической регрессии и метода опорных векторов, наихудший результат – с использованием квадратичного дискриминантного анализа.

Табличное обучение TabNet и гиперсетевой подход HyperTab не продемонстрировали высокого среднего арифметического значения AUC. Таким образом, линейные модели справились с задачей классификации на исследуемых наборах данных лучше, поэтому их использование рекомендуется для предсказания достижимости минимально клинически значимого изменения в состоянии пациента после эндопротезирования сустава.

В исследовании произведена оценка важности признаков для моделей логистической регрессии, случайного леса и экстремального градиентного бустинга. В первом случае под важностью признаков подразумевается нормализованные значения коэффициентов, где наибольший коэффициент равен единице. Во втором и в третьем случаях важность признака вычисляется как (нормализованное) общее снижение критерия, привносимого этим признаком. В процессе исследования выбрано среднее значение из 20 результатов, которые получены для каждого признака на случайно обученных подмножествах, составляющих 80% от исходной выборки.

На рисунке 2 представлены первые 12 важных признаков для логистической регрессии на втором наборе данных. Стоит отметить, что наибольшие значения коэффициентов у логистической регрессии имели признаки демографии и базовых медицинских характеристик.

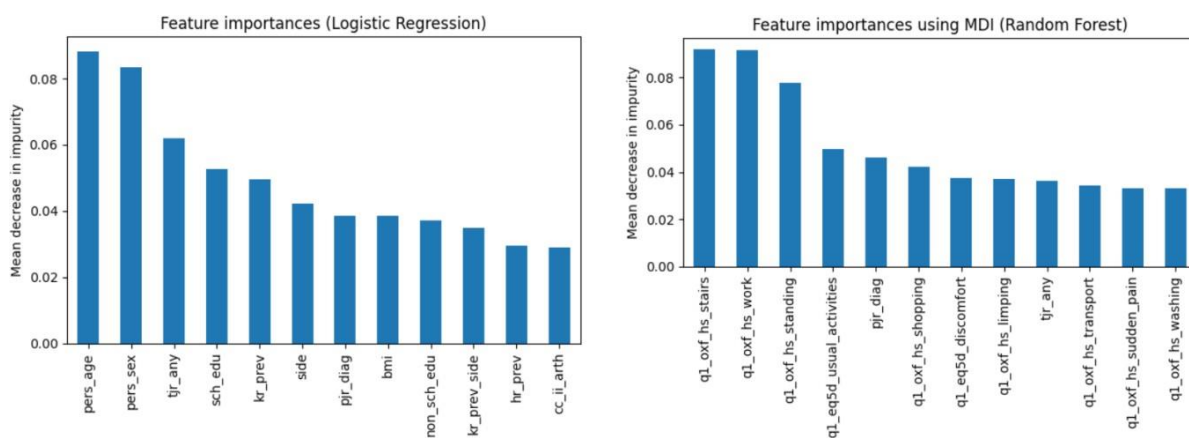


Рисунок 2. Важности признаков для модели логистической регрессии и случайного леса на втором наборе данных

Логистическая регрессия (с регуляризаторами) занижала значения коэффициентов для признаков OHS, OKS и EQ-5D. Метод случайного леса и экстремального градиентного бустинга справляются с данной задачей чуть хуже, больше акцентируя внимание на признаках из анкет.

Для проверки моделей на других наборах данных и исключения факта систематической ошибки, связанного с размером выборок и их разделением, предоставлен процесс подбора гиперпараметров, калибровки моделей и код обучения. Они доступны по ссылке: https://github.com/abulkairhamitov/MCID_ML.

Литература

1. Соломяник И.А., Загородний Н.В., Родионова С.С. и др. Травматизм, ортопедическая заболеваемость, организация травматолого-ортопедической помощи в Российской Федерации в 2020 году. Москва: ФГБУ Нмиц ТО им. Н. Н. Приорова, 2022. – 514 с.
2. Хатьков И.Е., Минаева О.А., Домрачев С.А. и др. PROM-современный подход к оценке качества жизни пациентов с онкологическими заболеваниями // Терапевтический архив. 2022. № 94(1). С. 122-128.
3. Синеокий А.Д., Билык С.С., Близнюков В.В., Коваленко А.Н. и др. Кросс-культурная адаптация и валидация русскоязычной версии анкеты Oxford Knee Score для пациентов с гонартрозом, ожидающих выполнения первичного эндопротезирования // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 2. С. 92-97.
4. Fontana M.A., Lyman S., Sarker et al. Can machine learning algorithms predict which patients will achieve minimally clinically important differences from total joint arthroplasty? // Clinical orthopaedics and related research. 2019. № 477(6). P. 1267-1279.
5. Langenberger, B., Thoma, A., Vogt, V. Can minimal clinically important differences in patient reported outcome measures be predicted by machine learning in patients with total knee or hip arthroplasty? A systematic review. // BMC Medical Informatics and Decision Making. 2022. № 22(1). P. 1-14.
6. Arik, S. Ö., Pfister, T. Tabnet: Attentive interpretable tabular learning // In Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2021. Vol. 35, №. 8, P. 6679-6687.
7. Wydmański, W., Bulenok, O., & Śmieja, M. HyperTab: Hypernetwork Approach for Deep Learning on Small Tabular Datasets // arXiv. 2023. P. 1-15.
8. Van Meirhaeghe, J. P., Alarkawi, D., Kowalik, T. et al. Predicting dissatisfaction following total hip arthroplasty using a Bayesian model averaging approach: Results from the Australian Arthroplasty Clinical Outcomes Registry National (ACORN) // ANZ Journal of Surgery. 2021. № 91(9). P. 1908-1913.
9. Beard, D. J., Harris, K., Dawson et al. Meaningful changes for the Oxford hip and knee scores after joint replacement surgery // Journal of clinical epidemiology. 2015. № 68(1). P. 73-79.
10. Huang, J., & Ling, C. X. Using AUC and accuracy in evaluating learning algorithms // IEEE Transactions on knowledge and Data Engineering. 2005. № 17(3). P. 299-310.

**APPLICATION OF DIGITAL TRANSFORMATION TECHNOLOGIES IN
INCREASING THE SUSTAINABILITY OF THE ENTERPRISE
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
В ПОВЫШЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

R.O. Shahverdiyeva¹, S.A. Salimkhanova²,

¹Institute of Information Technology, Baku, Azerbaijan

²Azerbaijan University of Architecture and Construction

¹Шахвердиева Р.О., ²Салимханова С.А.,

¹Институт Информационных Технологий, Баку, Азербайджан

²Азербайджанский Университет Архитектуры и Строительства

E-mail:shahverdiyevr@gmail.com¹; sunye.selimxanova@gmail.com²

Abstract. In the article, the application of digital transformation technologies in increasing the sustainability of the enterprise was considered. In the conditions of application of digital innovative technologies in all spheres of society, Artificial Intelligence, Internet of Things, etc. It has been shown that the development of the high technology sector is one of the important issues. In accordance with the conditions of the digital economy, the characteristics of increasing the stability of enterprises based on the digital platform have been determined. A conceptual development model of improving the sustainable information support of the enterprise based on the TOGAF standard was proposed. Many scientific research works on the mentioned problems have been analyzed and problems have been identified. A conceptual model of the formation of sustainable activity of the enterprise has been developed. With the application of digital transformation technologies, the conceptual model of increasing the stability and competitiveness of the enterprise was developed, and the directions for increasing its sustainable activity were determined. Features of the application of the best industrial digital technologies in the operation of their enterprises are given. The concept of the architecture of the information support system was developed, and the features of the development of the enterprise architecture concept were determined based on the TOGAF standard. Based on the TOGAF standard concept of enterprise architecture, the structural components and stages are given and the advantages of the TOGAF standard are explained. The directions for the development of the application of digital transformation technologies in the Industry 4.0 platform to increase the sustainability of the enterprise were determined and some recommendations were given to increase their level of development.

Аннотация. В статье рассмотрено применение технологий цифровой трансформации в повышении устойчивости предприятия. В условиях применения цифровых инновационных технологий во всех сферах жизни общества, искусственного интеллекта, Интернета вещей и др. Показано, что развитие сектора высоких технологий является одним из важных вопросов. В соответствии с

условиями цифровой экономики определены характеристики повышения устойчивости предприятий на базе цифровой платформы. Предложена концептуальная модель развития совершенствования устойчивого информационного обеспечения предприятия на основе стандарта TOGAF. Проанализированы многие научные исследования по указанным проблемам и выявлены проблемы. Разработана концептуальная модель формирования устойчивой деятельности предприятия. С применением технологий цифровой трансформации разработана концептуальная модель повышения устойчивости и конкурентоспособности предприятия, а также определены направления повышения его устойчивой деятельности. Приведены особенности применения лучших промышленных цифровых технологий в работе своих предприятий. Разработана концепция архитектуры системы информационного обеспечения и определены особенности разработки концепции архитектуры предприятия на основе стандарта TOGAF. На основе стандартной концепции архитектуры предприятия TOGAF приводятся структурные компоненты и этапы, а также объясняются преимущества стандарта TOGAF. Определены направления развития применения технологий цифровой трансформации в платформе Индустрии 4.0 для повышения устойчивости предприятий и даны некоторые рекомендации по повышению уровня их развития.

Keywords: digital transformation technologies, digital innovation, artificial intelligence, digital twin, enterprise architecture concept, TOGAF standard, Industry platform.

Ключевые слова: технологии цифровой трансформации, цифровые инновации, искусственный интеллект, цифровой двойник, концепция архитектуры предприятия, стандарт TOGAF, платформа Индустрия 4.0.

Introduction.

The application of digital innovative technologies in all areas of society is one of the main development trends of the advanced countries of the world. With the dynamic development of digital transformation technologies, the digital economy is forming and developing[1]. This makes further development of the high technology sector one of the important issues in the conditions of digital transformations [2]. The rapid development of the ICT infrastructure and the increasing potential of the ICT industry are key issues for the digitalization of the economy (<https://president.az/articles/22382>). For the effective operation of enterprises, the importance of improving regulatory mechanisms in the field of information technology development and forming a normal competitive environment is extremely important. Implementation of the mentioned problems is considered one of the main goals (<https://president.az/articles/53407>). Complex applications of artificial intelligence, the Internet of Things (IoT), 5G, robotization, Big Data, and cloud technologies in various fields, as well as in increasing the stability of the information support system of the innovative enterprise, are considered promising development directions. The development of digital technologies changes the approaches to it enterprise

management. The application of digital transformation technologies in increasing the stability of the enterprise and improving the quality of management decisions on its activity is currently gaining momentum. The development of modern enterprises in accordance with the conditions of the digital economy makes the issue of studying the problems of sustainable information provision and the formation of a dynamic development model based on a digital platform urgent [3].

In recent years, many countries have formulated production development strategies such as "Industry 4.0", "National Industrial Strategy 2030", "Europe 2020 Strategy", and "Advanced Manufacturing" of the United States, China 2025 [4].

Therefore, turning Smart production into the main direction of the Industrial Revolution and ensuring sustainable human development is considered one of the main issues. Special attention is paid to the fact that green development is one of the most important components of the concept of sustainable development. In this regard, it should be noted that for the development of information security systems of enterprises, directions for improving their innovative activities based on the technologies of the Industry 4.0 platform should be developed.

Many research works have been carried out on the considered problems. Conceptual approaches and various models were proposed in those studies. In [5] developed a conceptual model of the formation of competitiveness of high-tech enterprises in the context of digital transformation. The proposed model is based on the formation of a decentralized ecosystem model in a single distributed digital space based on the methodology of management, planning, monitoring, and change management. Using the DEMATEL approach, the competitive advantage criteria of science, technology parks, and incubators were analyzed, and the relationship between the competitive advantage criteria was studied [6]. The main factors affecting competitive advantage were implemented in the form of a DEMATEL questionnaire and compiled by experts. The results of the survey were modeled by means of a software package [7] considered an analytical approach to forecasting the competitiveness of industrial enterprises. Competitiveness based on the approach is based on energy, transport costs, market capacity of products produced by enterprises, etc. analyzed on the basis of several factors. The main goal here was to formulate an approach that allows taking into account the maximum possible number of factors. Another study is devoted to the analysis of indicators of sustainable development of small enterprises [8]. The sphere of small enterprises is characterized by rapid changes in revenue volume indicators, the transformation of new workplaces, large and medium-sized companies, etc. has such characteristics.

In order to effectively manage the activities of innovative enterprises, in the "Enterprise of the Future" Concept adopted by the European Union Commission (<http://www.ec.europa.eu>), as well as with the European Single Digital Market proposed by the European Union in the context of the Eastern Partnership (<https://eufordigital.eu/discover-eu/eu-digital-single-market/>) many recommendations on expanding links should also be taken into account. The process of development of the model for determining and increasing the efficiency level of the activity of innovative enterprises, the architectural-technological structure model of its effective information provision, the *The Open Group Architecture Framework (TOGAF)* [9] of

the general architecture concept of the enterprise, as well as the development of information provision "Innovation Management Evaluation" improvement based on ISO international standards is one of the urgent issues of the modern era [10]. In order to implement the solution to the indicated problems, many recommendations should be taken into account in terms of improving the information support system of enterprises' management activities based on the TOGAF standard. For this reason, the presented article focused on the importance of determining the prospects of applying digital transformation technologies in increasing the sustainability of the enterprise.

Formation of sustainable activity of the enterprise. As a result of the formation of the Global Information Society, the increase in the level of competitiveness has led to significant changes in the activities of production/service companies [5]. Since the fourth industrial revolution, many past concepts have been reworked: business models, collaboration, user interfaces, value chains, and even the traditional automation pyramid have now undergone major changes. In order to remain competitive, enterprises must constantly improve the efficiency and performance of production processes. Increasing digitization, awareness, and global initiatives influence the high-tech industry to transition toward sustainable development. Digital transformation is one of the most important components of future product development. Minimizing the human factor in many production and logistics processes with the widespread use of data and digital models will have a positive impact on the quality of management decisions. Digital transformation of business processes and business models is a necessary stage in the development of the high-tech industry. Based on the development and application of digital platforms, the high-tech industry should become a digital industry. The development and implementation of digital twins, the implementation of the transition to cyber-physical systems, and the digital form of the interaction of enterprises create new tasks that require a quick, effective solution of a production and management nature [11]. Digital transformation is the application of modern digital technologies to the business processes of the enterprise at all levels. This approach involves not only the installation of modern hardware or software but also fundamental changes in management approaches. Digital transformation is fully expressed through the use of the potential of digital technologies in decision-making approaches [5].

The degree of application of digitalization elements in the enterprise is one of the main criteria for increasing its technological maturity level. One of the forms of implementation of the concept of Industry 4.0 envisages an intelligent production system formed by the adoption of new models, new forms, and new methodologies necessary to transform the structure of the traditional production system into an intelligent system. It includes the following categories: 1) intelligent design, 2) intelligent machines, 3) intelligent monitoring, 4) intelligent management, and 5) intelligent planning.

The concept of managing the development of high-tech enterprises in the context of digital transformation. The formation of management principles for the operation of a high-tech enterprise in the context of digital transformation based on Industry 4.0 technologies is an important stage in the creation of a methodology and management system in the relevant field. In order to study the methodological aspects

of process management, the main principles of the management and development of high-tech enterprises in the conditions of digital transformation were defined in the following directions [5].

General principles. The principle of a systematic approach implies that the planning and implementation of digital transformation processes should be systematic. The principle of sustainability, the principle of adaptive management, the principle of innovation and progress, the principle of openness and standardization. Organizational and economic principles: Mature digital environment, virtualization, prioritization and targeting, ecosystem management model, and principles of synergy effect.

Manufacturing and technological principles: Platform, design, intellectualization, big data analytics, and integration principles.

A conceptual model of improving the sustainability and competitiveness of the enterprise by applying digital transformation technologies can be proposed as shown in Figure 1.

The mechanism of implementation of the digital transformation strategy may consist of the following main components:

- 1) formulation and adoption of targeted programs to increase the level of digital maturity and efficiency of high-tech enterprises;
- 2) formation of a modern system of digital standards and technologies;
- 3) implementation of digital transformation projects, expansion of the experience of using modern digital technologies in the modernization and reconstruction of the main funds;
- 4) training and motivation of personnel in terms of digitization.

The digital transformation of the enterprise includes several directions. The following can be attributed to them [5]: 1) application of modern technologies and equipment or software to business processes; 2) formation of the offer of new digital or digital products and services; 3) fundamental changes in approaches to enterprise and personnel management; 4) transformation of means of interaction within the enterprise, relations between employees; 5) establishing external communications through digital communication channels, etc.

Directions for increasing the sustainable activity of enterprises in the conditions of digital transformation. It is necessary to pay attention to some indicators that characterize the innovation activity of enterprises in the digital economy [12]: 1) digital systems that make up the digital platform of the enterprise, 2) equipment and systems equipped with Internet of Things (IoT) sensors, 3) employees connected to a single enterprise system through mobile platforms, 4) technical personnel who can use augmented reality tools, 5) the enterprise level of robotization and digitalization, etc. The application of the best industrial digital technologies in the activity of industrial innovative enterprises is also a very important issue

(<https://issek.hse.ru/news/494926896.html>). In modern industrial enterprises, the latest digital technologies are rapidly applied (table 1).

Table 1. Application of the best industrial digital technologies in the activity of industrial innovation enterprises (<https://issek.hse.ru/news/494926896.html>).

Rating	Digital technologies	Significance index
1.	Industrial robots	1
2.	Artificial intelligence	0,86
3.	Machine learning	0,68
4.	Digital prototyping	0,56
5.	Sensors	0,42
6.	Wireless technologies	0,3
7.	Blockchain technologies	0,21
8.	Big Data	0,2
9.	Virtual and augmented reality	0,12
10.	Product as a service	0,09
11.	Computer (machine) vision	0,03
12.	Smart contracts	0,03
13.	Industrial Internet of Things	0,03
14.	Digital twins	0,02
15.	Smart factories and plants	0,01

The concept of the architecture of the enterprise's information support system. The concept of information support architecture describes the creation of opportunities for rapid decision-making and dissemination of information inside and outside the organization using information technologies. It can be said that information architecture is a mirror image or mirror image of business architecture. Business architecture addresses the question of who will do what, taking into account the shared vision, goals, and strategies, and information architecture, what information should be provided for the implementation of these processes by the executives? answers questions such as Information architecture includes models describing information processing processes, information value chains, main information objects related to business events, information flows, and information management principles [13].

In the process of developing the architectural-technological structure model of the information provision of enterprises, it is necessary to take into account the strategy of the enterprise's architecture as a basis. Enterprise architecture is a defined approach or method for analyzing, designing, planning, and implementing enterprise activities, using a consistent approach at all times for the successful development and execution of an appropriate strategy. Enterprise architecture applies architecture principles and practices to guide organizations through the technology changes needed to implement their business process and information strategies. These practices help identify, motivate, and achieve change using various aspects of the enterprise, understand the strategic intent of the business, and then drive better business performance in everything from business processes to supporting technology, partner relationships,

and infrastructure. Enterprise architecture [9, 14] is the organization of a system based on principles that govern the relationships of its components with each other and with the environment, and with their design and evolution (<https://www.archimetric.com/what-is-togaf/>).

Features of the development of the enterprise architecture concept based on The Open Group Architecture Framework. TOGAF standard, which is one of the main concepts of enterprise architecture, is 1) business architecture; 2) data architecture; 3) software architecture; 4) technological architecture, etc. consists of structural components such as [1, 9].

The TOGAF standard uses an iterative methodology to describe the stages of architectural transformation under the influence of internal and external factors. Based on the TOGAF standard approach, the stages of enterprise architecture are 1) Vision enterprise architecture; 2) Business architecture; 3) Information systems architecture; 4) Technology architecture; 5) Features and solutions; 6) Transition planning; 7) Application management; 8) Enterprise architecture change management, etc. can be entered. This technology Architecture Development Method (ADM) is called. Before starting the implementation of the iterative methodology, experts formulate the basic principles for the development of the enterprise architecture. In the "Enterprise Vision Architecture" stage, the architectural concept is developed and approved, and the main activities are planned for the transformation of the existing Enterprise Architecture into the target according to the developed vision. With the help of SWOT analysis, the differences between the "as is" and "to be" models are determined. Then, in the "Possibilities and solutions" stage, the convergence paths of the models are defined. In the Transition Planning phase, a detailed plan is developed for the transition to the new model. In the "execution management" stage, the compliance of the results of the project implementation with the transformation plans of the existing enterprise architecture is monitored. A similar problem is solved in the "Enterprise Architecture Change Management" phase: Changes to the Enterprise Architecture are coordinated and managed. At all these stages, the requirements are constantly managed, which allows for taking into account the interests of all interested parties [1].

The Open Group Architecture structure is based on four interrelated levels [9, 13, 14]: 1) Business architecture defines the organization's business strategy, management, organization, and core business processes. 2) Information architecture describes the organization's logical and physical information assets structure and related information management resources. 3) The architecture of applications provides frameworks of services to be presented as business functions for the integration of individual systems to be applied, the interaction between application systems, and their relations with the main business processes of the organization. 4) The technical or technology architecture describes the hardware, software, and network infrastructure needed to support the deployment of key, mission-critical applications. The Open Group Architecture Platform was developed by the Open Group based on the Technical Architecture Framework for Information Management and the Integration Architecture structure. As of 2016, the Open Group Architecture Platform is reported to be used by 80% of Global 50 companies and 60% of Fortune 500 companies.

The Open Group Architecture Framework has the following advantages [9, 14]: 1) It provides a comprehensive checklist of design deliverables; 2) Promotes better integration of work products if adopted within the enterprise; 3) It provides a detailed open standard for how design should be described.

Conclusion

In modern times, the application of digital innovative technologies in all areas of society is one of the main development trends of the advanced countries of the world. In the conditions of digital transformations, Artificial Intelligence, Internet of Things, Big Data, etc. the development of the high technologies sector is one of the urgent issues. Increasing the stability of enterprises in the digital platform environment, as well as developing a conceptual development model for improving its sustainable information provision based on modern digital platforms is of particular importance. For this reason, an analysis of the indicated problems, a determination of its prospective development directions, and an analysis of various works in this field have been attempted. The enterprise architecture concept should be developed based on the TOGAF standard of the enterprise's modern information security system. Based on the concept of TOGAF, ISO international standards of the enterprise, development directions should be determined and suggestions for its improvement should be developed. Proposals and recommendations of scientific and practical importance should be developed on the application of digital transformation technologies to increase the sustainability of the enterprise on the Industry 4.0 platform. In conclusion, it can be noted that the application of digital transformation technologies in increasing the sustainability of the enterprise, and its improvement on the Industry 4.0 platform can give a serious boost to increasing the sustainability of the digital economy, and create a basis for making appropriate management decisions for the application of digital technologies in the development of the economy.

References

1. Kuntsman A.A. Postroyeniye effektivnoy arkhitektury predpriyatiya kak neobkhodimoye usloviye adaptatsii k tsifrovoy ekonomike. Voprosy innovatsionnoy ekonomiki, 2018, №4, Tom 8, S.753-770.
2. Aliyev A.G., Shahverdiyeva R.O. A conceptual approach to the formation of a digital innovation economy based on artificial intelligence technologies. Artificial Societies, 2022, v.17, issue 4, pp.1-16.
3. Kravchenko Ye.et al. Tsifrovyye biznes-modeli predpriyatiya: sushchnost', strukturnyye elementy, formaty. Problemy sovremennoy ekonomiki, 2022, №1(81), str.88-92.
4. Lianhui Li. et al. Digital twin in smart manufacturing. Journal of Industrial Information Integration, 2022, volume 26, pp.100-289.

5. Pronchakov Y. et al. Concept of high-tech enterprise development management in the context of digital transformation. *Computation* 2022, 10, 118. pp.1-19.
6. Khanmirzaee S. et al. Analyzing the competitive advantage's criteria of science and technology parks and incubators using DEMATEL approach. *Journal of the Knowledge Economy*, 2022, 13, pp.2302–2318.
7. Pankratov E.L. et al. On analysis of the competitiveness of industrial enterprises. *Journal of the Knowledge Economy*, 2022, volume 13, pp.805–812.
8. Churakova I.YU., Ichkitidze YU.R., Zorina K.S. Pokazateli ustoychivogo razvitiya malykh predpriyatiy v Sankt-Peterburge. *Problemy sovremennoy ekonomiki*, 2022, N4(84), str.98-103.
9. Aliyev A.G., Shahverdiyeva R.O. Issues of application of digital twin technologies in the organization and management of the activities of innovative enterprises. *Journal Information Technologies*, 2023, No.3, vol.29, pp.162–168.
10. Zaytsev I.A., Gorokhova A.Ye. Metody otsenki innovatsionnoy deyatelnosti malogo predpriyatiya v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki. *Drukerovskiy vestnik*, 2021, №4, s. 150-162

УДК 004

АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

ANALYSIS OF SOFTWARE DEVELOPMENT TOOLS

Шаяхметов Г.Ф., Мухаметшин А.И.,
Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате,
г. Салават, Российская Федерация
G.F. Shayakhmetov, A.I. Mukhametshin,
Institute of Oil Refining and Petrochemistry FSBEI HE USPTU in Salavat,
Salavat, Russian Federation

E-mail: ArtyrArtyrA@yandex.ru

Аннотация. В этой статье представлен всесторонний анализ инструментов разработки программного обеспечения, включая интегрированные среды разработки (IDE), системы контроля версий, системы отслеживания ошибок, инструменты тестирования и инструменты управления проектами. Мы оцениваем некоторые из наиболее популярных инструментов разработки программного обеспечения в каждой из этих категорий и обсуждаем их особенности, преимущества и недостатки. Цель этой статьи — предоставить разработчикам представление о различных инструментах разработки программного обеспечения и помочь им принимать обоснованные решения при

выборе правильных инструментов для своих проектов разработки. Анализ подчеркивает важность выбора правильных инструментов разработки программного обеспечения для эффективной и действенной разработки программного обеспечения.

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of software development tools, including integrated development environments (IDEs), version control systems, bug tracking systems, testing tools, and project management tools. We evaluate some of the most popular software development tools in each of these categories and discuss their features, advantages and disadvantages. The purpose of this article is to provide developers with an understanding of various software development tools and to help them make informed decisions when choosing the right tools for their development projects. The analysis highlights the importance of choosing the right software development tools for effective and efficient software development.

Ключевые слова: программный продукт, разработка, технологии, интегрированная среда разработки, программное обеспечение, программный код, анализ.

Keywords: software product, development, technologies, integrated development environment, software, program code, analysis.

Инструменты разработки программного обеспечения являются критически важными компонентами процесса разработки программного обеспечения, позволяя разработчикам эффективно проектировать, кодировать, тестировать и развертывать программное обеспечение. На рынке доступны различные типы инструментов разработки программного обеспечения, включая интегрированные среды разработки (IDE), системы контроля версий, системы отслеживания ошибок, инструменты тестирования и инструменты управления проектами. В этом анализе мы оценим некоторые из самых популярных инструментов разработки программного обеспечения в каждой из этих категорий.

Интегрированные среды разработки (IDE).

IDE – это программные приложения, предоставляющие разработчикам комплексную среду для написания, отладки и тестирования кода. Некоторые из самых популярных IDE включают Visual Studio, Eclipse, IntelliJ IDEA и Xcode. Эти IDE поставляются с различными функциями, такими как подсветка кода, автозаполнение, отладка, рефакторинг и анализ кода.

Системы контроля версий.

Системы контроля версий являются важными инструментами для разработки программного обеспечения, поскольку они позволяют разработчикам отслеживать изменения в коде, сотрудничать с другими членами команды и управлять несколькими версиями кода. Некоторые из самых популярных систем контроля версий включают Git, SVN, Mercurial и Perforce.

Системы отслеживания ошибок.

Системы отслеживания ошибок помогают разработчикам выявлять, отслеживать и устранять проблемы в программных приложениях. Некоторые из самых популярных систем отслеживания ошибок включают Jira, Bugzilla, Mantis и Redmine. Эти системы поставляются с такими функциями, как отслеживание проблем, создание отчетов и совместная работа.

Инструменты тестирования.

Инструменты тестирования необходимы для обеспечения качества программных приложений. Они помогают разработчикам автоматизировать процессы тестирования и выявлять дефекты в программном обеспечении. Некоторые из самых популярных инструментов тестирования включают Selenium, JUnit, TestNG и Cucumber.

Инструменты управления проектами.

Инструменты управления проектами помогают разработчикам управлять процессом разработки программного обеспечения, позволяя им планировать, отслеживать и составлять отчеты о ходе проекта. Некоторые из самых популярных инструментов управления проектами включают Trello, Asana, Jira и Basecamp. Эти инструменты поставляются с такими функциями, как управление задачами, совместная работа и отчетность.

Проведём сравнение популярных платформ интегрированных сред разработки Visual Studio, Eclipse, IntelliJ IDEA и Xcode – это IDE, используемые разработчиками для разработки программного обеспечения.

Visual Studio – это разработанная Microsoft интегрированная среда разработки, которая поддерживает несколько языков программирования, таких как C++, C# и .NET. Он предлагает такие функции, как IntelliSense, средства отладки и рефакторинг кода, что делает его отличным выбором для разработки под Windows. Visual Studio также предлагает встроенную поддержку Azure, что делает его популярным выбором для облачной разработки.

Eclipse – это интегрированная среда разработки с открытым исходным кодом, которая поддерживает несколько языков программирования, таких как Java, C++ и Python. Он предлагает такие функции, как подсветка кода, автозаполнение и инструменты отладки, что делает его популярным выбором для разработки Java. Eclipse также предлагает систему плагинов, позволяющую разработчикам добавлять в IDE дополнительные функции.

IntelliJ IDEA – это интегрированная среда разработки, разработанная JetBrains, которая поддерживает несколько языков программирования, таких как Java, Kotlin и Scala. Он предлагает такие функции, как анализ кода, инструменты отладки и интеграцию с контролем версий, что делает его популярным выбором для разработки Java на уровне предприятия. IntelliJ IDEA также предлагает расширенные инструменты рефакторинга и интеллектуальные функции завершения кода.

Xcode – это IDE, разработанная Apple, которая поддерживает несколько языков программирования, таких как Swift и Objective-C. Он предлагает такие функции, как подсветка кода, инструменты отладки и построитель интерфейса для разработки пользовательских интерфейсов, что делает его популярным

выбором для разработки iOS и macOS. Xcode также предлагает встроенную поддержку инструментов разработки iOS и macOS, включая фреймворки и API Apple.

Так же хотелось бы подробнее рассказать про системы отслеживания ошибок.

Системы отслеживания ошибок – это инструменты, которые помогают командам разработчиков программного обеспечения выявлять, отслеживать, расставлять приоритеты и устранять ошибки или проблемы в программном обеспечении. Эти системы обеспечивают централизованное управление всеми зарегистрированными ошибками, что упрощает разработчикам отслеживание того, какие ошибки были зарегистрированы, их статус и любую связанную информацию.

Системы отслеживания ошибок обычно предоставляют следующую информацию:

Описание ошибки: Краткое описание ошибки или проблемы, а также подробное описание проблемы и ее симптомов.

Серьезность: уровень воздействия ошибки на программное обеспечение, обычно классифицируемый как низкий, средний или высокий.

Статус: текущий статус ошибки, такой как новая, назначенная, в процессе или исправленная.

Приоритет: порядок, в котором ошибка должна быть устранена, обычно классифицируется как высокий, средний или низкий.

Уполномоченный: человек или команда, ответственные за исправление ошибки.

Комментарии: Любая дополнительная информация или обновления, связанные с ошибкой.

Связанные ошибки: Ссылки на другие ошибки, связанные с текущей ошибкой.

Системы отслеживания ошибок необходимы при разработке программного обеспечения, поскольку они помогают командам:

Своевременно выявлять и устранять ошибки.

Назначать ошибки соответствующему члену команды или команде.

Следить за исправлениями ошибок и соответствующей информацией.

Предоставлять историю исправлений ошибок и соответствующую информацию для дальнейшего использования.

В целом, системы отслеживания ошибок обеспечивают всестороннее представление обо всех ошибках и проблемах в программном приложении, облегчая командам эффективное управление ими и их устранение.

Выводы

В заключение, инструменты разработки программного обеспечения являются важными компонентами процесса разработки программных продуктов, и разработчики должны тщательно оценивать свои требования и

выбирать инструменты, которые наилучшим образом соответствуют их потребностям. Упомянутые выше инструменты (Visual Studio, Eclipse, IntelliJ IDEA и Xcode) – это лишь некоторые из многих доступных инструментов разработки программного обеспечения, и каждый из них имеет свои уникальные функции и преимущества. Поэтому разработчики должны исследовать и экспериментировать с различными инструментами, чтобы найти те, которые лучше всего подходят для них.

Литература

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019667789 Российская Федерация. Единая технологическая платформа для разработки и поддержки программных продуктов: № 2019666987: заявл. 16.12.2019: опубл. 27.12.2019 / И. И. Лапушкин; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Интегратор ИТ». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42496503> (дата обращения: 01.03.2023).

2. Сравнительный анализ систем отслеживания ошибок Jira и Redmine / Е. В. Коптенок, В. В. Лебедев, М. Ю. Пескова [и др.] // Молодой ученый. – 2019. – № 27(265). – С. 26-28 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38540617> (дата обращения: 01.03.2023).

3. Черномырдин, В. В. Анализ методологий разработки IT-проектов и разработка agile-концепции для начинающей команды разработчиков программных средств / В. В. Черномырдин // Современные тенденции развития инженерных, технологических и прикладных научных исследований: сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 25 апреля 2020 года. – Екатеринбург: Профессиональная наука, 2020. – С. 35-40. – EDN XGAMIV. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42797095> (дата обращения: 01.03.2023).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ, УПРАВЛЕНИИ И БИЗНЕСЕ

УДК 004.519

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФОГЕЛЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ И ЕЕ ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

APPLICATION OF THE VOGEL METHOD FOR SOLVING TRANSPORT PROBLEMS AND ITS SOFTWARE IMPLEMENTATION

Саргсян А.А., Ковалева К.А.,
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,
г. Краснодар, Российская Федерация
А.А. Sargsyan, К.А. Kovaleva,
FSBEI HE “Kuban state technological university”, Krasnodar, Russian Federation

E-mail: any93013@gmail.com, Kkseniya7979@mail.ru

Аннотация. В данной статье была рассмотрена автоматизация процессов распределения груза поставщиком. В начале статьи разъяснено понятие транспортной задачи и где она применяется, также описаны ограничения, установленные на объекты грузов в пунктах отправки и на потребность грузов в пунктах назначения. Далее подробно и пошагово освещён метод аппроксимации Фогеля. Объясняется, что такое штрафы, и как их найти. Затем аналитически решён пример транспортной задачи методом Фогеля. Также реализована программа для автоматизированного решения таких задач в среде разработки VisualStudio на языке программирования C# с использованием платформы WindowsForms. Разработанная программа предназначена для задач, содержащих пять поставщиков и четыре пункта назначения. Программа содержит два окна, в одном из которых принимает значения запаса, потребности и стоимости. Во втором окне отображает результат вычислений программы: количество всех перевозок и их суммарная стоимость.

Abstract. In this article, the automation of the processes of cargo distribution by the supplier was considered. At the beginning of the article, the concept of the transport task is explained and where it is applied, and the restrictions set on the objects of goods at the points of departure and on the need for goods at the points of destination are also described. Further, the Vogel approximation method is described in detail and step by step. Explains what fines are and how to find them. Then, an example of a transport problem was solved analytically by the Vogel method. A program has also

been implemented for the automated solution of such tasks in the Visual Studio development environment in the C# programming language using the Windows Forms platform. The developed program is designed for tasks containing five suppliers and four destinations. The program contains two windows, in one of which it accepts stock, demand and cost values. The second window displays the result of the program's calculations: the number of all shipments and their total cost.

Ключевые слова: Транспортная задача, метод аппроксимации Фогеля, пункт отправки, пункт назначения, автоматизация, VisualStudio, C#.

Keywords: Transport task, Vogel approximation method, origin, destination, automation, Visual Studio, C#.

В данной статье будет показано решение транспортной задачи методом аппроксимации Фогеля, также реализована программа для решения таких задач в среде разработки VisualStudio на языке программирования C#.

Транспортные задачи – специальный класс задач линейного программирования. Эти модели часто описывают транспортировку какого-либо товара из пункта отправления в пункт назначения. Цель транспортной задачи – определение объема перевозок из пунктов отправления в пункты назначения с минимальной суммарной стоимостью перевозок. При этом следует учитывать ограничения, установленные на объемы грузов, которые находятся в пунктах отправки (предложения), а также ограничения, установленные на потребность грузов в пунктах назначения (спрос). Транспортная модель предполагает, что цена перевозки на любом маршруте прямо зависит от объема груза, который перевозится на этом маршруте. В целом транспортная модель может быть использована в описании ситуаций, касающихся управления запасами, управления движением капиталов, составления расписаний, назначением персонала и др.

В методе Фогеля используются “штафы”. Для нахождения штрафов в каждой строке и каждом столбце вычитают наименьшую стоимость из следующей по величине стоимости. Далее выбирается строка или столбец с наименьшим штрафом. Из выделенной строки (столбца) выбирается минимальная стоимость. Затем в соответствии с присвоенным значением переменной корректируются величины оставшегося неудовлетворенным спроса и нереализованного предложения. Строка или столбец, соответствующие выполненному ограничению, вычеркиваются из таблицы. Если одновременно выполняются ограничения и по спросу, и по предложению, вычеркивается только строка или только столбец, причем оставшейся строке (столбцу) приписывается нулевое предложение (спрос). Повторяем эти действия пока не будут пройдены все ячейки.

Задание:

У поставщиков находится продукция, которая должна быть доставлена потребителям в определенном количестве. Стоимость доставки единицы

продукции от поставщика указана в таблице ниже. Необходимо найти оптимальное решение доставки продукции от поставщиков к потребителям, минимизирующие стоимость доставки.

Таблица 1. Стоимость доставки единицы продукции от поставщика

Поставщик	Потребитель				Запас
	B1	B2	B3	B4	
A1	5	8	3	6	300
A2	4	6	8	2	700
A3	6	9	7	2	600
A4	1	3	4	7	900
A5	5	3	8	1	500
Потребность	600	800	700	900	

Таблица 2. Результаты расчётов

Поставщик	B1	B2	B3	B4	Запас	Штраф					
A1	0	0	300	0	300	2	2	3	5	0	0
A2	0	300	100	300	700	2	2	4	2	2	2
A3	0	0	0	600	600	4	0	0	0	0	0
A4	600	0	300	0	900	2	2	1	1	1	0
A5	0	500	0	0	500	2	2	2	5	0	0
Потребность	600	800	700	900							
Штраф	3	0	1	1							
	3	0	1	1							
	0	0	1	1							
	0	0	1	0							
	0	0	4	0							
	0	3	4	0							

$$S = 300*3+300*6+100*8+300*2+600*2+600+300*4+500*3=8600$$

Создадим форму и введём эти данные.

//находим максимальный из штрафов

```
ints_max = supply_fines.Max();
```

```
int d_max = depend_fines.Max();
```

```
int min_a = 50;
```

```
int temp_i = 0;
```

```
int temp_j = 0;
```

```
if (s_max > d_max)
```

```
{
```

```
for (int j = 0; j < X.GetLength(1); j++)
```

```
{
```

```
temp_i = Array.IndexOf(supply_fines, s_max);
```

```
if (min_a > X[temp_i, j] && X[temp_i, j] != -1)
```

```
{
```

```
min_a = X[temp_i, j]
```

```

        temp_j = j;
    }
}
if (supply[temp_i] >= depend[temp_j])
{
    X2[temp_i, temp_j] = depend[temp_j];
    sum += X2[temp_i, temp_j] * X[temp_i,
temp_j]; supply[temp_i] -= depend[temp_j];
    depend[temp_j] = 0;
}
else
{
    X2[temp_i, temp_j] = supply[temp_i];

    depend[temp_j] -= supply[temp_i];
    sum += X2[temp_i, temp_j] * X[temp_i,
temp_j]; supply[temp_i] = 0;
}

if (supply[temp_i] == 0)
{
for (int j = 0; j < X.GetLength(1); j++)
{
    X[temp_i, j] = -1;
}
}
elseif (depend[temp_j] == 0)
{
for (int i = 0; i < X.GetLength(0); i++)
{
    X[i, temp_j] = -1;
}
}
else
{
for (int i = 0; i < X.GetLength(1); i++)
{
    temp_j = Array.IndexOf(depend_fines, d_max);
if (min_a > X[i, temp_j] && X[i, temp_j] != -1)
{
    min_a = X[i, temp_j];
    temp_i = i;
}
}
if (supply[temp_i] >= depend[temp_j])
{
    X2[temp_i, temp_j] = depend[temp_j];
    sum += X2[temp_i, temp_j] * X[temp_i, temp_j];
    supply[temp_i] -= depend[temp_j];
    depend[temp_j] = 0;
}
}
}

```

```

    }
else
    {
        X2[temp_i, temp_j] =
        supply[temp_i];depend[temp_j] -
        = supply[temp_i];
        sum += X2[temp_i, temp_j] * X[temp_i,
        temp_j];supply[temp_i] = 0;
    }
if (supply[temp_i] == 0)
    {
for (int j = 0; j < X.GetLength(1); j++)
    {
        X[temp_i, j] = -1;
    }
    }
elseif (depend[temp_j] == 0)
    {
for (int i = 0; i < X.GetLength(0); i++)
    {
X[i, temp_j] = -1;
    }
    }
    }
}
}

```

Входные данные:

	B1	B2	B3	B4	Запас
A1	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="300"/>
A2	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="700"/>
A3	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="9"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="600"/>
A4	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="900"/>
A5	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="500"/>

Потребность

Рисунок 1. Ввод данных

Матрица X содержит стоимость доставки единицы продукции.

В матрицах supply и depend соответственно хранятся запасы и потребности.

Выведем результат:

The screenshot shows a window titled "Result" with a yellow background. It displays a table of quantities for five activities (A1 to A5) across four resources (B1 to B4). Below the table, the total cost is shown as 8600.

Количество:				
	B1	B2	B3	B4
A1	0	0	300	0
A2	0	300	100	300
A3	0	0	0	600
A4	600	0	300	0
A5	0	500	0	0

Стоимость 8600

Рисунок 2. Вывод результата

Выводы

В данной статье была рассмотрена автоматизация процессов распределения груза поставщиком, разработана и представлена программная реализация для решения данной проблемы.

Литература

1. Ковалева, К. А. Анализ востребованности сервисов систем межведомственного электронного взаимодействия многофункционального центра / К. А. Ковалева, Е. В. Попова, С. А. Молошнев // Анализ, моделирование и прогнозирование экономических процессов : Материалы VI Международной научно-практической Интернет-конференции, Волгоград, 15 декабря 2014 года – 15 2015 года / Под редакцией Л.Ю. Богачковой, В.В. Давниса. – Волгоград: Общество с ограниченной ответственностью "Консалтинговое агентство", 2014. – С. 87-91. – EDN UHEFKD.
2. Ручинская, Ю. С. Транспортная задача и ее применение в ООО "Виктория" / Ю. С. Ручинская, Е. В. Панкратова, К. А. Ковалева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 109. – С. 325-338. – EDN TWGMYL.
3. Сидорко, Н. К. Оптимизация рациона питания человека для поддержания массы тела с учетом разных типов метаболизма / Н. К. Сидорко, К. А. Ковалева, С. Н. Косников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 105. – С. 492-504. – EDN TIKKMP.
4. Яковлева, С. А. Применение метода анализа иерархий и метода оценки конкурентной позиции для выбора недвижимости / С. А. Яковлева, Т. П.

Барановская, К. А. Ковалева // Информационные технологии в современном мире - 2020 : материалы XVI Всероссийской студенческой конференции, Екатеринбург, 14 мая 2020 года / под науч. ред. Н. В. Хмельковой. – Екатеринбург: Автономная некоммерческая организация высшего образования "Гуманитарный университет", 2020. – С. 85-89. – EDN МАВТХW.

UDC [33.338](#); [338.2](#); [004.9](#); [004.8](#)

INDICATORS OF THE FORMATION OF DIGITAL MOBILE TECHNOLOGICAL ECONOMY SECTORS AND EVALUATION OF THEIR DEVELOPMENT LEVEL

ПОКАЗАТЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ СЕКТОРОВ ЦИФРОВОЙ МОБИЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ И ОЦЕНКА УРОВНЯ ИХ РАЗВИТИЯ

A.G. Aliyev,

Institute of Information Technology, Baku, Azerbaijan

Алиев А.Г.,

Институт Информационных Технологий, Баку, Азербайджан

E-mail: alovsat_qaraca@mail.ru

Abstract. In the article, the importance of applying digital innovative technologies in all areas of economic activity is justified, and the features of expanding its application possibilities are explained. The structural composition of the main components of the digital transformation of economic sectors and the development of the digital environment has been worked out. The features of the application of artificial intelligence technologies in the development of the digital economy have been investigated. Aspects of the impact of mobile technologies on the global economy have been determined. The characteristics of "Internet of Things" mobile technologies were analyzed. The contributions that 5G technologies will make to the world economy in the coming years and the development trends of the industry in the future have been analyzed. An architectural-technological model of the operation of modern complex mobile software systems and technologies has been proposed. A system of indices and sub-indices of the digital mobile technological economic sectors has been proposed as follows: development of science and education, innovation activity and environment, technical-technological infrastructure and information provision, investment-financial reserve and material-technical resources, favorable business environment, socio-ecological environment sustainability, intellectual property protection, labor market and provision of highly qualified personnel, scientific, research, experimental work and innovation projects, scientific-technological-innovation capacity product production, effective management, and creative results. The directions for the formation and development of digital mobile technological economy sectors on the

Industry 4.0 platform have been determined and some recommendations have been made for evaluating their development level.

Аннотация. Аннотация. В статье обоснована важность применения цифровых инновационных технологий во всех сферах экономической деятельности, а также объяснены особенности расширения возможностей их применения. Разработан структурный состав основных компонентов цифровой трансформации отраслей экономики и развития цифровой среды. Исследованы особенности применения технологий искусственного интеллекта в развитии цифровой экономики. Определены аспекты влияния мобильных технологий на мировую экономику. Проанализированы характеристики мобильных технологий «Интернета вещей». Проанализирован вклад, который технологии 5G внесут в мировую экономику в ближайшие годы, и тенденции развития отрасли в будущем.

Предложена архитектурно-технологическая модель функционирования современных сложных мобильных программных систем и технологий. Предложена система индексов и субиндексов цифровых мобильных технологических секторов экономики: развитие науки и образования, инновационная деятельность и окружающая среда, технико-технологическая инфраструктура и информационное обеспечение, инвестиционно-финансовый резерв и материально-технические ресурсы, благоприятная бизнес-среда, устойчивость социально-экологической среды, защита интеллектуальной собственности, рынок труда и обеспечение высококвалифицированными кадрами, научные, исследовательские, экспериментальные работы и инновационные проекты, научно-технологический и инновационный потенциал производства продукции, эффективный менеджмент и созидательные результаты. Определены направления формирования и развития секторов цифровой мобильной технологической экономики на платформе «Индустрия 4.0» и даны рекомендации по оценке уровня их развития.

Keywords: digital economy, digital transformation, digital mobile technological economic sectors, mobile Internet of Things, mobile digital technologies, Mobile Internet, Big Data technology.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровая трансформация, цифровые мобильные технологические отрасли экономики, мобильный интернет вещей, мобильные цифровые технологии, мобильный интернет, технология больших данных.

Introduction.

In the last decade, most economic systems have been modernized and developed based on digital innovation. Digital innovation transformation Internet of Things (IoT), 5G, robotization, supercomputers, artificial intelligence, etc. [1]. Advanced world countries have entered a new stage of development in the direction of applying high technologies in all areas of the economy. This issue is also of great importance in the

direction of the United Nations in the field of sustainable development until 2030 in the direction of "implementation of the tasks of world transformation" (<https://sdgs.un.org/2030agenda>). Digital innovations and technologies are rapidly penetrating all fields of activity. Artificial intelligence and robotics, information and communication, space, etc. development of such areas is considered one of the main ways to achieve faster development of real economic sectors. It has become a necessity to further expand the level of application of digital technologies in various areas of the economy and increase the quality. Therefore, the importance of improving regulatory mechanisms and forming a healthy competitive environment in the field of high digital technologies development (<https://president.az/articles/53407>).

Statement of the problem. In modern times, the knowledgeable society has become both the creator and the user of the newest technologies and innovations (<https://president.az/az/articles/view/56725>). A normative legal framework should be created for expanding the possibilities of applying digital technologies and innovations, and this area should be regulated by the state. On this basis, the coverage of Internet, as well as high-speed mobile Internet (including 5G technology), especially broadband Internet services, should be increased to 95%.

Effective structuring of the economy based on innovation, science, information, knowledge, ICT, formation of new digital economic sectors based on mobile technologies and systems, and analysis and assessment of the level of development should be carried out comprehensively. Modern scientific-research studies conducted at the international level are directly related to the analytical analysis and solution directions of those problems. Although many studies have been devoted to the results of the application of mobile technologies and systems [2-5] certain problems in that field are still waiting to be solved. Therefore, the issues discussed in the article are relevant and of particular importance. For this purpose, the article presented in detail paid attention to the issues of the formation of digital mobile technological economy sectors and evaluated their development level. As ICT-based digital mobile technology economy sectors develop further, mobile governance, mobile cloud technologies, mobile government technologies, mobile vehicles, etc. new opportunities will arise in the development of such areas. For this reason, relevant recommendations on the formation of new digital economic sectors based on mobile technologies and systems and assessment of the level of development have been developed in the research work.

The main purpose of the research is the formation of digital mobile technological economy sectors, the development of mechanisms for raising the level of its development, and working out the bases of evaluation.

Digital transformation of economic sectors and development components of the digital environment. Many countries are facing changes in economic structure with the development of ICT to drive sustainable economic growth. In the context of digital transformation, international cooperation is important in the development of the country [6]. Determining the sectoral and regional potential in the implementation of the new format of the country's integration will enable the transformation of strategic directions into new realities. One of the new directions for these countries is the digitalization of various sectors of national economies. The main components of the

formation and development of the digital environment can be expressed as in Figure 1. Digital transformation involves ensuring the competitiveness of economic sectors and financial markets. In the context of changing trends, digital transformation of economic sectors is carried out. New technologies are driving industry growth by simplifying existing business models and creating new offerings, services, and products. The integrated system is designed to provide an interstate exchange of information and electronic documents [6].

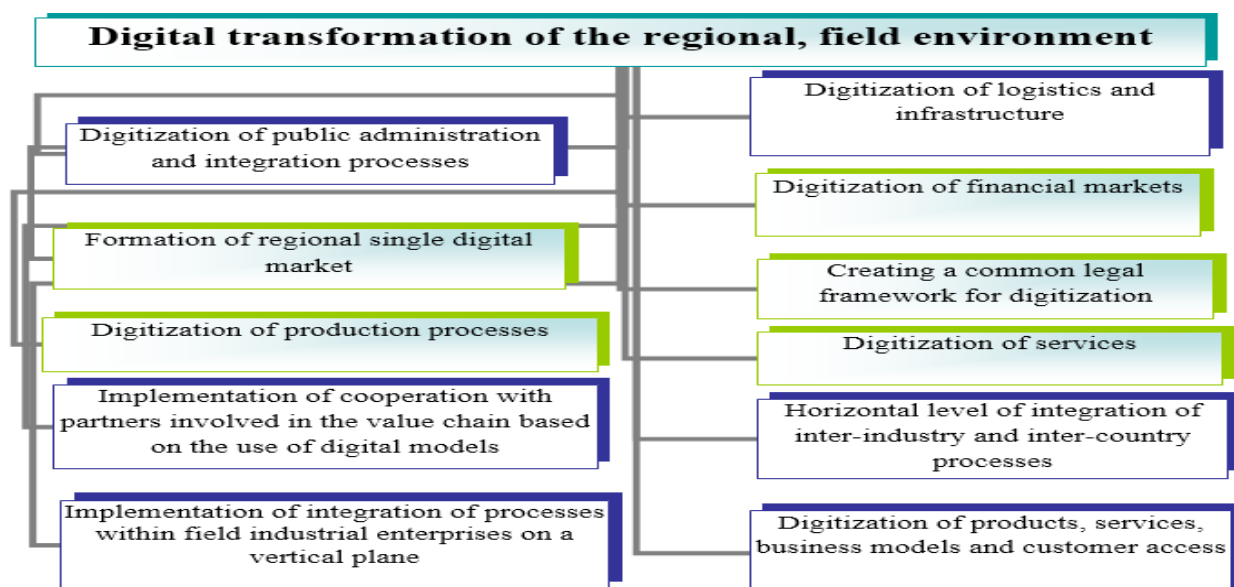


Figure 1. The main components of the formation and development of the regional and field digital environment

Digital transformation will contribute to the formation of the digital ecosystem in various fields and the development of the digital economy. The digitization of industry will create more trade power for countries, attract global resources and become a new advantage for international cooperation and competition. In order to determine the factors that create trends in the sectors of the economy, it is necessary to take into account the status of the participating countries. Despite the efficiency gains brought about by digitization, the rate of potential growth of some large countries will decline as the economy develops. At the same time, the application of digital technologies to the economy has a number of main problems, such as: 1) Reduction of jobs in the industrial sector of the economy; 2) More polarization of the labor market; 3) New requirements for communication, computing power, information systems, and services, etc. [6].

Features of the application of artificial intelligence technologies in the development of the digital economy. It is known that artificial intelligence stimulates the development of the digital economy. Artificial intelligence as a strategic technology, has great prospects in the future [7]. The developed countries of the world consider the development of artificial intelligence as the main strategy for increasing national competitiveness and ensuring national security. Artificial intelligence opens up new opportunities for economic development and enterprise innovation. It generates

new technologies, new products, and new business formats, causes serious changes in the economic environment and in the behavior of economic actors. Artificial intelligence can boost economic growth by boosting the productivity of a wide range of industries. Artificial intelligence can contribute to the transformation of traditional manual labor into "intelligent automation". It releases the creative potential of a person and significantly increases labor productivity. At the level of industrial production, artificial intelligence can effectively improve production capacity and capital efficiency. Artificial intelligence allows you to better analyze the production processes in enterprises and makes control decisions that can solve a number of problems. Some key artificial intelligence technologies are applied in various areas of the national economy, which greatly contributes to the development of the digital economy [7].

Key technologies of artificial intelligence. 1. Machine learning is one of the main technologies of artificial intelligence. Its essence lies in the application of mathematical data models that help the computer learn without direct instructions [7]. 2. A neural network (artificial neural network) as an algorithmic mathematical model imitates the behavioral characteristics of animal neural networks and performs distributed parallel processing of information. 3. Deep learning is a new direction of research in the field of machine learning. Its ultimate goal is to enable machines to analyze and learn like humans, and to recognize data such as text, images, and sounds. 4. Natural language processing is a general trend in artificial intelligence and mathematical linguistics. This technology studies the problems of computer analysis and synthesis of texts in natural languages. Natural language processing is mainly used in machine translation, public opinion monitoring, automatic summarization, opinion extraction, text classification, question answering, speech recognition, etc. 5. Robotic process automation is a form of business automation technology - processes based on metaphorical software robots or artificial intelligence. 6. Expert system (expert system) - computer software system. It imitates human experts to solve domain problems. Applies artificial intelligence technologies and computer technologies to reason and judge according to the knowledge and experience provided by one or more experts in a certain field, and simulates decision-making [7, 8].

Impact of mobile technologies on GDP. In 2021, mobile technologies and services accounted for 5% of the global GDP. This created 4.5 trillion dollars of economic added value. The mobile ecosystem has also supported approximately 26 million jobs and contributed significantly to public sector funding by attracting approximately \$500 billion in taxes from the sector. By 2025, the contribution of mobile communication will increase to more than 400 billion dollars (about 5 trillion US dollars). Productivity and efficiency are expected to increase as a result of the increased use of mobile services. As the contribution of mobile technologies to the global economy increases, so does subscriber growth. By the end of 2021, 5.3 billion people have subscribed to mobile services. This is 67% of the world's population. In a growing number of markets, most adults already own a cell phone. This means that future growth will come from the young population using mobile subscriptions for the first time. By 2025, there will be an additional 400 million new mobile subscribers, most of them in Asia Pacific and sub-Saharan Africa. The total number of subscribers

will reach 5.7 billion (70% of the world's population). 5G is expected to benefit all economic sectors of the global economy. At this time, the services and manufacturing sectors will be most affected. Regarding the "Internet of Things" (IoT) as the main mobile technology, it can be noted that the number of licensed mobile IoT connections will reach 4 billion by 2025. Two-thirds of new connections will be licensed mobile IoT connections [9]. The contribution of global 5G by industry until 2030 is expressed in Table 1 (*Source: GSMA Intelligence Note*).

Table 1. Contribution of global 5G by industry (by 2030)

Name of fields	Share as a percentage
Services (government, finance, health, education)	42%
Production	37%
ICT	8%
Oil and gas, agriculture, utility construction management	8%
Retail	3%
Other areas	2%

China 3.1% in potential 5G technology consumer revenue; South Korea 2.7%; USA 1.8%; Germany 1.3%; France 1%; Japan is on the list of leading countries with 0.7%. 5th-generation technology operators are expected to invest approximately \$1.1 trillion in mobile technology globally in 2020-2025. About 80% of that investment will go to 5G networks. 5G technologies will contribute \$2.2 trillion to the world economy between 2024 and 2034. Over the next 15 years, the economy of the CIS countries will earn 34 billion dollars due to 5G technologies. The Internet of Things (IoT) technology, which supports Internet access from devices with Internet access - computers, laptops, smartphones, traditional, non-smart devices, or everyday objects - has become an integral part of 5G, and the number of connections through it will reach 25 billion by 2025, global IoT technology revenue will more than triple to \$1.1 trillion. In 2024, the number of connected enterprises through IoT technology will reach 13.3 billion, and by 2025, it will reach 25 billion. Consumer IoT connections will nearly double to 11.4 billion over the same period [5, 9].

Modern mobile software systems and technologies affecting economic processes and activity of structures. Currently, mobile application systems and technologies have a direct impact on the effective formation of digital technological innovation economy sectors and increasing the efficiency of operations. The architectural-technological model of the structural activity of modern mobile software systems and technologies, which have a complex impact on economic processes and structures in the sectors of the mobile technological economy, can be expressed as in Figure 2.

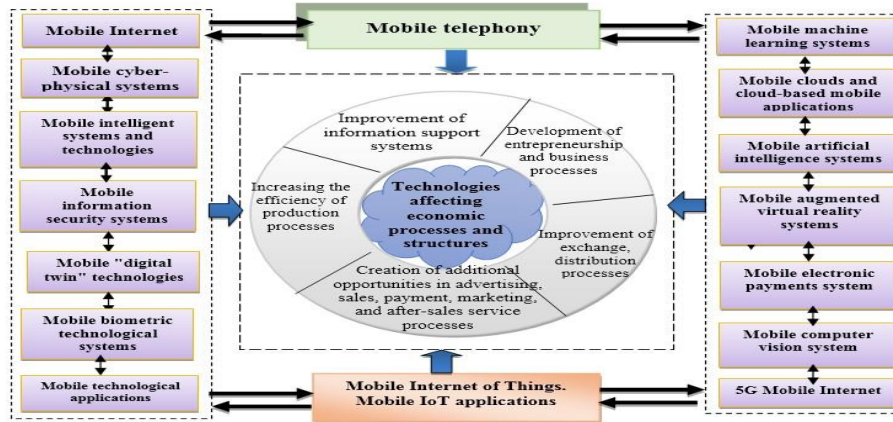


Figure 2. Architectural-technological model of the operation of modern complex mobile application systems and technologies affecting economic processes and structures (compiled by the author)

As mentioned, in the present era, when the information society and economy are formed, information, technology, and knowledge are considered a factor of competitiveness of most countries of the world and are considered a driving force of economic development. At the present time, the establishment of a competitive, durable, sustainable information and electronic-digital economy based on information and knowledge, the production of a strong ICT infrastructure and ICT products, and the elimination of the country's digital backwardness are very important issues. Analysis of information on the state of the ICT sector shows that the ICT market accounts for 6.5% of the world's GDP. According to some forecasts, in 2025, its share in the world GDP may reach 9%. According to the latest data, the contribution of the ICT sector to GDP in the United States was 6.4%, and in Japan it was 6.8% (*ITU Measuring the Information Society Report; ICT sector analysis, <https://www.ec.europa.eu/jrc/en/predict/ict-sector-analysis>*).

The most recent mobile technology trends that will further develop the industry in the near future [9] include Artificial intelligence, Augmented and virtual reality, Mobile IoT applications, Mobile payments, Cloud-based mobile applications, 5G connectivity, Advancement of wearable technology, Advanced mobile security, Mobile devices for home automation, Mobile apps for small business, Powering transportation apps, Cross mobile platform development, Biometric technology mobile apps, Location-based technology and more.

According to statistics, the global biometric technologies market has been growing gradually in recent years. In the coming years, they predict that revenue will grow rapidly from \$36.6 billion in 2020 to \$68.6 billion in 2025. The most popular types of biometrics used in applications include face recognition, voice recognition, fingerprint scanning, hand geometry recognition, and signature recognition. These features are effective measures for strong authentication and data protection. Applications are widely used in telematics to track the physical location of assets (vehicles, animals, people) and take appropriate actions. This is done with the help of location-based services. There are more opportunities in the business sphere for location-based technology, and in the coming years, there will be more applications

with these features [5, 9].

Indicators for evaluation of digital mobile technological economic sectors.

For a comprehensive assessment of the commercial potential of digital mobile technological economic sectors (DMTES), the following indices can be proposed: 1) The degree of scientific innovation and innovativeness of mobile technological economic sectors; 2) The degree of practical applicability of the innovation-intensive product of the mobile technological economic sector; 3) The extent to which mobile technological innovation covers its costs and generates income for economic sectors; 4) Finding investors and securing financing of mobile technological innovation economic sectors; 5) Mobile technological innovation is the degree of security of economic sectors with resources (personnel, technology, etc.); 6) The degree of relative volume of financing of mobile technological innovation economic sectors; 7) The degree of mass demand and market volume of the economic product of mobile technological innovation sectors; 8) Degree of social usefulness and environmental quality of the product of mobile technological innovation economic sectors; 9) The degree of relative duration of the commercialization period of the product of mobile technological innovation economic sectors; 10) The future sales price rate of the economical product of mobile technological innovation sectors, etc.

As the third-level indicators of the commercial potential of digital mobile technological economic sectors, product quality, scientific and technical level, competitiveness, value, innovation, technological feasibility, reliability, resource security potential of mobile technological innovation economic sectors, etc. other indicators can be suggested. It is proposed to form a composite index of digital mobile technological economy sectors at the expense of the indicated indices.

The conducted studies show that the composition of the sub-indices and indicators that influence the formation of those sectoral indices can be expressed as follows: 1) Formation index of digital mobile technological economic sectors (FES); 2) Importance index of mobile technological economic sectors (IES); 3) Development index of science and education in mobile technological economic sectors (DES); 4) Innovation potential, activity and environment index (IAE) in digital mobile technological economic sectors; 5) Technical-technological, infrastructure and information support index of digital mobile technological economic sectors (ISI); 6) Investment, financial reserves and material and technical resources index (IFR) in mobile technological economic sectors; 7) Business environment favorability index (BEF) in digital mobile technological economic sectors; 8) Index of stability and dynamism of social-political, legal environment in digital mobile technological economic sectors (SLE); 9) Social-cultural and socio-ecological environment sustainability index (SES) in mobile technological economic sectors; 10) Intellectual property protection index (IPP) in digital mobile technological economic sectors; 11) Human resources, labor market and highly qualified personnel security index (HRS) in digital mobile technological economic sectors; 12) Index of scientific, research, experimental works and innovation projects in digital mobile technological economic sectors (SRI); 13) Production index of innovative products/services with scientific-technological-innovation capacity in digital mobile technological economic sectors (STI); 14) Index of effective management and creative results in digital mobile

technological economic sectors (EMC), etc. The structure of the composite index system of digital mobile technological economic sectors is offered in a multi-level form. The main level reflects all the following lower levels in an integrative way, and the parameter that characterizes it is called the Composite Index of Digital Mobile Technological Economic Sectors (CIDMTES). The composite index is formed as a result of the evaluation and has a leading position in the comparative analysis. So, precisely as a result of that price, Mobile technological innovation economic sectors receive appropriate ratings. Each subindex is evaluated on a scale of (0.10). The weighting coefficients are initially set to 1. The composite index is taken as the sum of the sub-indices and ranges from (0.100).

In addition, the calculation of the composite index of mobile technological innovation economic sectors can be functionally noted as follows: $CIDMTES = F(FES, IES, DES, IAE, ISI, IFR, BEF, SLE, SES, IPP, HRS, SRI, STI, EMC)$. Here, F represents the form of dependence of the composite index on other indices.

Conclusion.

Currently, more spheres of technological innovation are being developed to achieve economic development. One of the spheres that create the most value is mobile technologies. Their wide application in principle leads to the creation of a digital mobile technological economic sector. Therefore, the influencing factors of this sphere were analyzed and evaluation indicators were formed. In this direction, developing countries should also develop their strategies based on their comparative advantages. A certain economic goal can be achieved thanks to consistently targeted investments in mobile technology and Artificial Intelligence and the efficient approach of government agencies. Developed and developing countries should continuously improve people's living standards with the help of artificial intelligence and implement various measures to ensure their cyber security and immunity to foreign policy challenges [7]. In conclusion, it can be noted that the formation of digital mobile technological economy sectors on the Industry 4.0 platform and the development of its complex evaluation indicators can provide a basis for making appropriate management decisions for the application of digital technologies in the development of the economy by giving a serious impetus to increasing the sustainability of the digital economy.

Literature

1. Aliyev A.G., Shahverdiyeva R.O. A conceptual approach to the formation of a digital innovation economy based on artificial intelligence technologies. *Artificial societies*, 2022, v.17, issue 4, pp.1-16.
2. Banafaa M. et al. 6G Mobile communication technology: Requirements, targets, applications, challenges, advantages, and opportunities. *Alexandria Engineering Journal*, 2023, 64, pp.245–274.
3. Caihong L. et al. Mobile information technology's impacts on service innovation performance of manufacturing enterprises. *Technological Forecasting and Social Change*, 2022, volume 184, 121996.

4. Vasilieva T.V. Internet-mobile economy as a modern form of information economy. Вопросы современной науки и практики, 2019, №4(74), с.80-86.
5. Aliyev A.G., Shahverdiyeva R.O. Problems of formation and development of new ICT-based digital economy sectors. Друкеровский вестник, 2022, выпуск 5, стр.56-71.
6. Medynskaya I.V. Sovremennaya kontseptsiya tsifrovoy transformatsii ekonomicheskogo razvitiya stran YEAES i Kitaya. Problemy sovremennoy ekonomiki, 2022, №3(83), str.36-39.
7. Gao M., Shi SH. Natsional'naya strategiya razvitiya iskusstvennogo intellekta na obshchemirovom fone tsifrovoy ekonomiki. Iskusstvennyye obshchestva, 2022, T.17, vypusk 2. <https://artsoc.jes.su/s207751800020634-6-1/> DOI.
8. Selyanin YA.V. Gosudarstvennaya politika SSHA v oblasti iskusstvennogo intellekta: Tseli, zadachi, perspektivy realizatsii. Problemy natsional'noy strategii, 2020, №4, str.140-163.
9. The Mobile Economy 2022. 48 p. <https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2022/02/280222-The-Mobile-Economy-2022.pdf>.

УДК 004

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА
МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В СЕРВЕРНОМ
ПОМЕЩЕНИИ**

**DEVELOPMENT OF A HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR
MONITORING THE ENVIRONMENT IN THE SERVER ROOM**

Столяров И.В.,

Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате,
г. Салават, Россия

I.V., Stolyarov,

Institute of Oil Refining and Petrochemistry «Ufa state petroleum technological
university», Salavat, Russian Federation

Аннотация. Данная статья посвящена разработке программно-аппаратного комплекса для мониторинга окружающей среды в серверном помещении. В статье рассмотрены основные функции и возможности данного комплекса, а также его важность для обеспечения безопасности и надежности серверного оборудования. Система мониторинга позволяет контролировать основные параметры окружающей среды, включая температуру, влажность, уровень шума, для обеспечения безопасной и эффективной работы оборудования, находящегося в помещении. Собранные статистические данные могут быть использованы для анализа и оптимизации работы серверного

помещения. Важность программно-аппаратного комплекса заключается в том, что проблемы с окружающей средой могут привести к сбоям и неполадкам в работе оборудования, а также негативно сказаться на здоровье людей, которые находятся рядом с серверным помещением, а также оптимизировать работу серверного помещения для повышения его эффективности. Результаты исследования могут быть полезны для компаний и организаций, которые используют серверные помещения и стремятся обеспечить безопасную и эффективную работу всего оборудования в помещении. Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга окружающей среды в серверном помещении является важным этапом при обеспечении эффективной и безопасной работы всего технического оборудования.

Abstract. This article is devoted to the development of a hardware and software complex for monitoring the environment in a server room. The article discusses the main functions and capabilities of this complex, as well as its importance for ensuring the security and reliability of server equipment. The monitoring system allows you to monitor the main environmental parameters, including temperature, humidity, noise level, to ensure the safe and efficient operation of the equipment located in the room. The collected statistical data can be used to analyze and optimize the operation of the server room. The importance of the hardware and software complex lies in the fact that problems with the environment can lead to failures and malfunctions in the operation of equipment, as well as negatively affect the health of people who are near the server room, as well as optimize the operation of the server room to increase its efficiency. The results of the study can be useful for companies and organizations that use server rooms and strive to ensure the safe and efficient operation of all equipment in the room. The development of a hardware and software complex for monitoring the environment in the server room is an important step in ensuring the efficient and safe operation of all technical equipment.

Ключевые слова: мониторинг, программно-аппаратный комплекс, окружающая среда, оборудование, серверное помещение.

Keywords: monitoring, hardware and software complex, environment, equipment, server room.

Современные серверные помещения стали неотъемлемой частью инфраструктуры любой организации, занимающейся обработкой больших объемов данных. Однако, работа серверов требует поддержания определенных условий окружающей среды, таких как температура, влажность, уровень шума и др. Нарушение этих условий может привести к сбоям в работе оборудования и потере данных.

Для решения этой проблемы был разработан программно-аппаратный комплекс мониторинга окружающей среды в серверном помещении. Он позволяет оперативно контролировать параметры окружающей среды и принимать меры по их коррекции.

Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга

окружающей среды в серверном помещении имеет множество преимуществ. Во-первых, это повышает надежность работы серверов и защищает данные от потерь. Во-вторых, это позволяет экономить энергию, так как системы кондиционирования и вентиляции будут работать только тогда, когда это необходимо. В-третьих, это упрощает управление серверным помещением, так как все параметры окружающей среды могут быть отслежены из одного места. Однако, разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга окружающей среды в серверном помещении требует определенных затрат. Необходимо приобрести датчики, контроллеры и программное обеспечение, а также провести работы по установке и настройке системы. Кроме того, необходимо обучить персонал, который будет работать с комплексом.

Задачи, которые важно выполнить при разработке программно-аппаратного комплекса мониторинга окружающей среды в серверном помещении:

1. Сбор и анализ данных об окружающей среде в серверном помещении.

2. Предупреждение о различных типах проблем (например, перегрева, или высокой влажности) с помощью системы уведомлений.

3. Разработка программы для сбора и анализа данных датчиков.

Сбор и анализ данных об окружающей среде в серверном помещении

Для правильной работы программно-аппаратного комплекса необходимо собирать и анализировать данные об окружающей среде в серверном помещении. В первую очередь, необходимо собрать данные о температуре, влажности и уровне шума. Эти данные могут быть получены с помощью датчиков и специальных микрофонов, которые будут размещены в разных местах в помещении. Для контроля параметров окружающей среды в серверном помещении были размещены необходимые датчики.

Предупреждение о различных типах проблем

Следующим шагом является настройка системы уведомлений, которая будет сообщать обо всех проблемах, связанных с окружающей средой в серверном помещении. Например, если температура становится слишком высокой, система должна предупреждать об этом, чтобы можно было принять меры для снижения температуры и предотвратить сбои в работе оборудования. Также система уведомлений должна предупреждать о снижении уровня воздушной влажности, что может приводить к сухости воздуха и повреждениям электроники. Была разработана система уведомлений, которая предупреждает пользователей о сбоях в работе оборудования, вызванных неблагоприятной окружающей средой. Это позволяет среагировать на проблему и принять меры до того, как произойдет серьезное нарушение в работе системы.

Разработка программы для сбора и анализа данных датчиков.

Для обработки и анализа данных, полученных датчиками, была разработана специальная программа, которая собирает и отображает информацию о состоянии окружающей среды в режиме реального времени.

Насколько эффективной будет работа программно-аппаратного комплекса мониторинга окружающей среды в серверном помещении, будет зависеть от тщательного планирования и установки датчиков в нужных местах. Размещение

датчиков должно быть таким образом, чтобы они правильно воспринимали данные и могли своевременно сигнализировать о возможных проблемах. Кроме того, система уведомлений должна быть настроена под требования каждого конкретного серверного помещения, учитывая особенности дизайна и расположения оборудования.

Выбор датчиков.

При выборе датчиков для мониторинга окружающей среды в серверном помещении необходимо учитывать следующие параметры:

- Диапазон измерения. Каждый датчик имеет свой диапазон измерения, поэтому необходимо выбирать датчики, которые имеют диапазон измерения, соответствующий условиям работы серверного помещения.

- Точность измерений. Точность измерений может влиять на качество данных, получаемых датчиками. Поэтому, при выборе датчиков необходимо учитывать их точность.

- Скорость измерений. Некоторые датчики могут измерять параметры окружающей среды в реальном времени, в то время как другие могут измерять их с задержкой. Поэтому, при выборе датчиков необходимо учитывать их скорость измерений.

- Надежность. Датчики должны быть надежными и долговечными, чтобы избежать сбоев в работе системы мониторинга.

Кроме того, необходимо обеспечивать безопасное размещение датчиков в серверном помещении. Для этого необходимо выбирать места, где датчики не будут мешать работе обслуживающего персонала и не будут находиться вблизи источников электромагнитных помех.

Выводы

Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга окружающей среды в серверном помещении может оказаться очень полезной для обеспечения безопасной и стабильной работы всего оборудования в помещении и предотвращения возможных проблем. Такой комплекс может быть особенно важен в случае используемых высокопроизводительных серверов, в которых любая сбой может поколебать работу всей организации.

Результаты данной работы показали, что разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга окружающей среды в серверном помещении является актуальной и необходимой задачей, которая в значительной степени обеспечивает безопасность и эффективность работы всего оборудования. Использование такой системы контроля существенно снизит риски возникновения проблем в работе оборудования и повысит безопасность в помещении. Разработки, описанные в статье, могут быть использованы специалистами в области информационных технологий и владельцами серверных помещений для обеспечения эффективной работы системы компьютерного оборудования.

Литература

1. Васильев А.А. Мониторинг окружающей среды в серверных помещениях. М.: Издательство «Лань», 2016. - 240 с.
2. Котов А.С. Программно-аппаратный комплекс мониторинга окружающей среды в серверных помещениях. М.: Издательство «Техника», 2018. - 256 с.
3. Жуков А.А. Разработка системы мониторинга параметров окружающей среды в серверных помещениях. М.: Издательство «КомпьютерПресс», 2019. - 192 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

УДК 004.94, 004.056

**МОДИФИЦИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ РИДА-ФРОСТА И ЕЁ
ПРИМЕНЕНИЕ К АНАЛИЗУ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ
ВИРУСОВ В СЛОЖНЫХ СЕТЯХ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ГРАФАМИ
ЭРДЁША-РЕНЬИ****MODIFIED REED-FROST MODEL AND ITS APPLICATION
TO ANALYSIS OF THE COMPUTER VIRUS SPREADING
IN COMPLEX NETWORKS ASSOCIATED
WITH ERDOS-RENYI GRAPHS**

Магазев А.А., Никифорова А.Ю.,
ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет»,
г. Омск, Российская Федерация

A.A. Magazev, A.Y. Nikiforova,
FSAEI HE “Omsk State Technical University”, Omsk, Russian Federation

E-mail: skt-omgtu@mail.ru

Аннотация. Важнейшим направлением современных теоретических исследований в области информационной безопасности является моделирование процессов вирусных компьютерных эпидемий на основе различных математических моделей. В настоящей работе исследуется марковская модель распространения компьютерных вирусов, основанная на модели Рида–Фроста. Основная цель статьи — анализ применимости модифицированной модели Рида–Фроста к классу сетей, ассоциированных со случайными графами Эрдёша–Реньи. В частности, мы сравниваем результаты, полученные с помощью данной модели, с результатами имитационного моделирования при различных значениях параметров эпидемии и характеристик сети. Проведенные эксперименты показали, что при определённых условиях результаты моделирования на основе модифицированной модели Рида–Фроста находятся в хорошем согласии с результатами, полученными методом имитационного моделирования на случайных графах Эрдёша–Реньи. В частности, хорошее согласие имеется для графов с малой связностью и большой связностью, однако при значениях связности порядка $c = 0,05$ результаты двух этих подходов могут существенно отличаться.

Abstract. The most important research direction of modern theoretical studies in the field of information security is the modeling of the viral computer epidemics based on various mathematical models. In this paper, we study a Markov model of the

computer virus spread based on the Reed–Frost model. The main purpose of the article is to analyze the applicability of the modified Reed–Frost model to a class of networks associated with random Erdos–Renyi graphs. In particular, we compare the results obtained using this model with the simulation results for different values of epidemic parameters and network characteristics. The experiments have shown that under certain conditions, the results based on the modified Reed–Frost model are in good agreement with the results obtained by simulation on random Erdos–Renyi graphs. In particular, there is good agreement for graphs with small connectivity and large one, while the results of these two approaches may differ significantly for connectivity values of the order of $c = 0.05$.

Ключевые слова: компьютерный вирус, вероятность излечения, случайный граф, модель Рида–Фроста, восприимчивый узел.

Keywords: computer virus, probability of cure, random graph, Reed–Frost model, susceptible node.

Информационные технологии проникли и широко используются во всех сферах жизни: в производстве, здравоохранении, образовании, банковском секторе, а также в частной жизни каждого человека. Однако повсеместное применение информационных технологий приводит не только к расширению возможностей и ускоренному развитию всех отраслей экономики, но и создает новые риски и уязвимости. Убытки от деятельности киберпреступников ежегодно увеличиваются: по итогам на 2022 год мировой ущерб оценивается экспертами на уровне 8 триллионов долларов [1].

Типичным инструментом, которым пользуются киберпреступники, являются *компьютерные вирусы*. Для борьбы с ними существует антивирусное программное обеспечение, однако оно эффективно, как правило, против уже известных вирусов. В случае же появления новых классов вредоносного программного обеспечения, вирусные эпидемии могут быстро распространяться по всему миру.

Важнейшим направлением современных теоретических исследований в области информационной безопасности является моделирование процессов вирусных компьютерных эпидемий на основе различных математических моделей. Данная деятельность началась еще в 80-х годах XX века [2, 3] и активно продолжается и в настоящее время [4, 5, 6, 7]. Отметим, что на сегодняшний день наиболее распространены два подхода к моделированию эпидемий компьютерных вирусов. Первый подход для расчета параметров эпидемии использует *непрерывные модели*, основу которых составляют системы нелинейных дифференциальных уравнений. Решение этих уравнений позволяет получить долгосрочный прогноз распространения компьютерного вируса в различных сетях. Во втором подходе используются *дискретные*, как правило, *марковские модели*, предоставляющие возможность увидеть более детальную картину, особенно на начальной стадии эпидемии.

В настоящей статье авторы продолжают исследование одной из дискретных

моделей распространения компьютерных вирусов в сложных связных сетях — *модифицированной модели Рида–Фроста*. Исследования этой модели были начаты авторами в работе [7]. Основная цель настоящей статьи — анализ применимости модифицированной модели Рида–Фроста к классу сетей, ассоциированных со случайными графами Эрдёша–Реньи. В частности, мы сравниваем результаты, полученные с помощью данной модели, с результатами имитационного моделирования при различных значениях параметров эпидемии и характеристик сети.

Модель Рида–Фроста была разработана в 20-х годах прошлого века для описания эпидемий биологических вирусов. В настоящее время её модифицированные версии применяются для моделирования эпидемий компьютерных вирусов. Одна из таких модифицированных моделей была предложена в 2002 году в работе [4]. Дадим её краткое описание.

Рассматривается компьютерная сеть в виде случайного графа, вершины которого (узлы) — это компьютеры, а ребрами являются возможные связи между ними. Исследуемая компьютерная сеть состоит из N узлов. Отметим, что *случайный ориентированный граф* из N узлов может быть построен путём принятия случайных, независимых решений о том, включать ли в него каждое из $N \times (N-1)$ возможных направленных ребер, которые могут соединить два узла. Каждое ребро включается с вероятностью c , называемую *связностью сети*. Таким образом, связность сопределяется как средняя относительная степень вершин графа. Если $c = 0$, сеть состоит только из изолированных узлов, если же $c = 1$, сеть представляет собой полный ориентированный граф.

Время в модели предполагается дискретным: $t = 0, 1, 2, \dots$. Каждый из узлов сети в данный момент времени t может быть либо *инфицированным*, либо *восприимчивым*. На следующем временном шаге любой восприимчивый узел сети может стать инфицированным или остаться восприимчивым, а любой инфицированный узел — остаться инфицированным или вылечиться и стать восприимчивым. Вероятность того, что зараженный узел вылечится, обозначим δ ; она предполагается постоянной величиной, которая определяется параметрами антивирусной программы. Вероятность того, что восприимчивый узел заразится, обозначим, как μ . Отметим, что эта величина не может быть аппроксимирована константой, так как зависит не только от вероятности передачи инфекции β , но и от количества соседних узлов, которые заражены (рисунок 1).

Под *состоянием* в рассматриваемой модели будем понимать число *I* инфицированных узлов в сети. Ясно, что $I = 0, 1, \dots, N$. В работе [4] была предложена следующая формула для определения вероятности μ заражения восприимчивого узла в состоянии I :

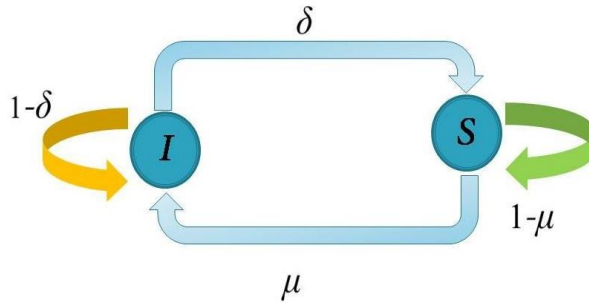


Рисунок 1. Схема переходов, показывающая возможные состояния узла сети

$$\mu(I) = \sum_{k=0}^I (1 - (1 - \beta)^k) C_I^k c^k (1 - c)^{I-k}. \quad (1)$$

Здесь β — вероятность передать вирус от заражённого узла соседнему. С помощью формулы (1) вычисляется матрица вероятностей перехода из состояния I в состояние I' в соответствии с формулой, также приведенной в[4]:

$$\pi_{I,I'} = \sum_{x=\max[0, I-I^F]}^{\min[I, S-I^F+I]} C_I^k \delta^k (1 - \delta)^{I-k} C_{N-I}^{I^F-I+k} \mu^{I^F-I+k} (1 - \mu)^{N-k-I'}. \quad (2)$$

Используя формулу (2) мы, в соответствии со стандартными методами теории марковских цепей, можем вычислять вероятности различных состояний сети, и затем — среднее число заражённых узлов в любой момент времени t . Для организации данных вычислений нами была разработана некоторая совокупность подпрограмм в рамках системы символьных вычислений WolframMathematica.

Альтернативным способом моделирования является имитация процесса распространения вируса на конкретном графе. Для осуществления серии имитационных экспериментов авторами был разработан алгоритм и написана программа на языке C++, в которой реализована возможность создавать случайные графы Эрдёша–Реньи, и затем на каждом из таких графов симулировать процесс распространения вируса [8]. Повторяя данную процедуру большое число раз с различными графами, мы можем обработать полученную статистику и получить оценку для среднего числа заражённых узлов. После этого мы можем сравнить данную оценку с аналогичной величиной, посчитанной с помощью модифицированной модели Риды–Фроста, описанной нами выше.

Входными параметрами имитационной программы являются следующие величины:

- N – количество узлов в сети;
- β – вероятность передачи инфекции;
- δ – вероятность излечения заражённого узла;
- c – связность сети;

I_0 – начальное количество зараженных узлов;
 t_{max} – время наблюдения за распространением эпидемии;
 $reps$ – число испытаний.

На первом этапе имитационного эксперимента программа генерирует граф по заданным параметрам N, c . После этого «заражаются» случайно выбранные I_0 узлов. Далее, на каждом следующем временном шаге программа с вероятностью β пытается «заразить» каждый восприимчивый узел, а потом вылечить с вероятностью δ каждый инфицированный узел. При каждом запуске программы проводится большое число повторений ($reps$), которое задаётся в программе. После этого рассчитывается усредненное количество зараженных узлов в разные моменты времени от $t = 0$ до t_{max} . На заключительном этапе данные имитационного эксперимента сравнивались с данными, полученными на основе модифицированной модели Риды–Фроста. Кроме того, мы также вычислили погрешность между экспериментальными значениями и значениями, полученными на основе марковской модели.

Приведём данные некоторых экспериментов. В каждом из них неизменными были следующие значения величин: $N = 100$; $t_{max} = 100$; $\beta = 0,25$; $I_0 = 1$. Значения параметров c и δ изменялись. На рисунках 2, 3 и 4 мы приводим графики результатов моделирования для разных значений c и δ . Сплошной линией показан график, построенный на основе модифицированной модели Риды–Фроста, прерывистой – построенный по результатам имитационного моделирования.

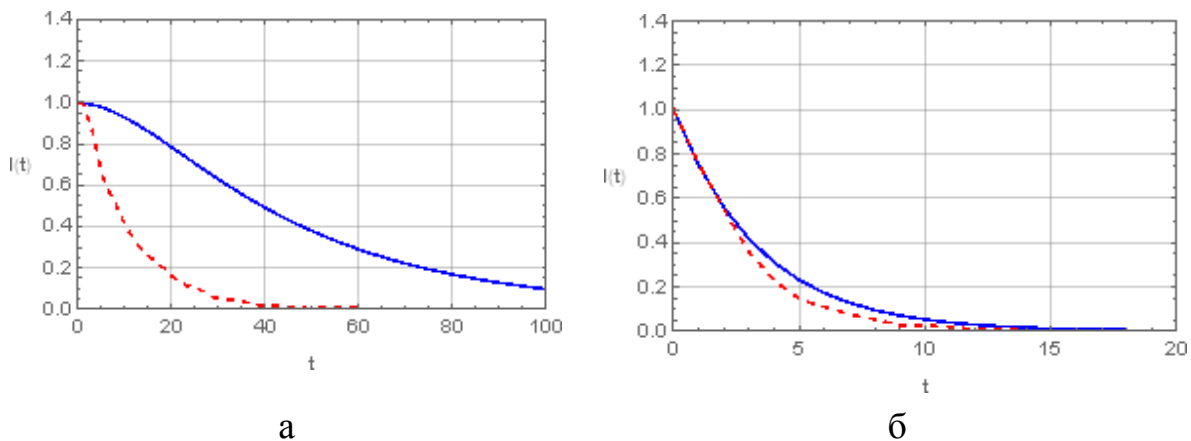


Рисунок 2. Результаты моделирования:
 а — при $c = 0,01$, $\delta = 0,25$; б — при $c = 0,01$, $\delta = 0,5$.

В таблице 1 приведены максимальные абсолютные разности между результатами различных подходов к моделированию при $\delta = 0,25; 0,5; 0,75$.

Таблица 1. Максимальные абсолютные разности между результатами моделирования при $c = 0,01$

δ	0,25	0,5	0,75
абсолютная погрешность	0,6263	0,0689	0,0165

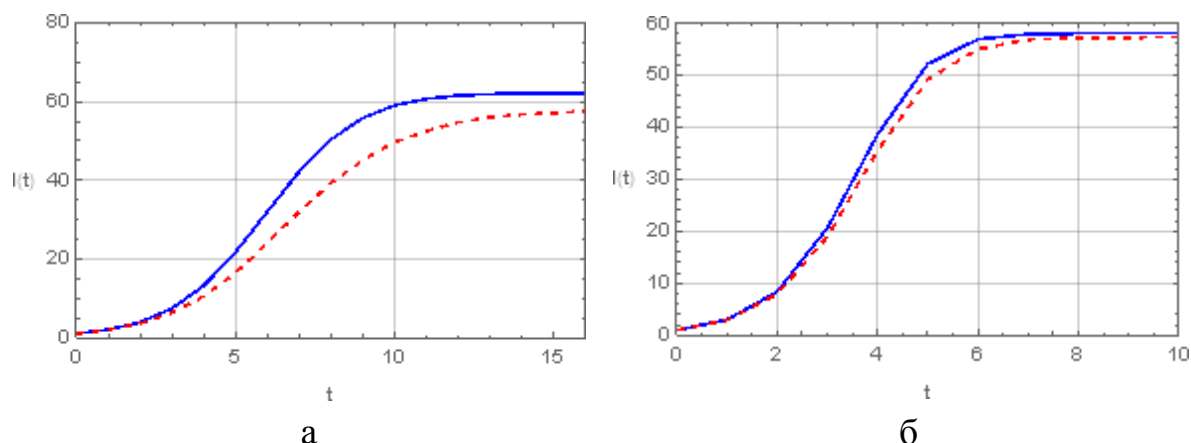


Рисунок 3. График распространения вируса:
а — при $c = 0,05, \delta = 0,25$; б — при $c = 0,1; \delta = 0,5$.

Характер графиков при $c = 0,05; \delta = 0,5$ и $c = 0,1; \delta = 0,25$ аналогичен графикам на рисунках 3 и 4, поэтому мы не стали приводить графики, а указываем в таблице 2 соответствующие этим экспериментам относительные погрешности.

Таблица 2. Максимальные относительные погрешности между результатами моделирования

δ	0,25	0,5	0,25	0,5
связность сети	$c = 0,05$		$c = 0,1$	
относительная погрешность, %	22,4772	23,7701	7,4898	8,06913

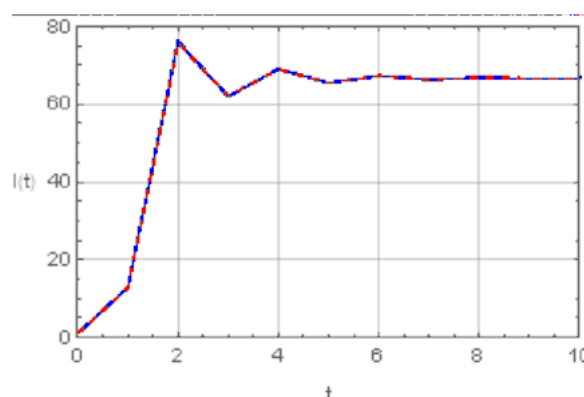


Рисунок 4. График распространения вируса при $c = 0,5, \delta = 0,5$.

Характер графиков при $c = 0,5$; $\delta = 0,25$ и $c = 0,75$; $\delta = 0,25$ и $\delta = 0,5$ аналогичен графику на рисунке 4, поэтому мы также их не приводим, а указываем в таблице 3 соответствующие этим экспериментам относительные погрешности.

Таблица 3. Максимальные относительные погрешности между результатами моделирования

δ	0,25	0,5	0,25	0,5
связность сети	$c = 0,5$		$c = 0,75$	
относительная погрешность, %	1,01333	0,963107	0,888026	0,63094

Обобщим полученные результаты.

1. При связности $c \leq 0,01$ эпидемия очень быстро переходит в «режим вымирания», практически независимо от величины вероятности излечения заражённого узла δ . Величина абсолютной погрешности удовлетворительна. Относительная погрешность в данных условиях не отражает реальной картины из-за того, что количество зараженных узлов меньше 1.

2. При связности $c \geq 0,5$ число зараженных узлов резко увеличивается и затем колеблется вокруг равновесного значения. С увеличением связности максимальная относительная погрешность уменьшается. Влияние вероятности излечения заражённого узла δ незначительно.

3. При промежуточных значениях связности максимальная относительная погрешность превышает 20%, это ограничивает применение нашей модели. С ростом вероятности излечения заражённого узла δ относительная погрешность также увеличивается.

Выводы

Проведенные имитационные эксперименты показали, что при определённых условиях результаты моделирования вирусной эпидемии на основе модифицированной модели Рида–Фроста находится в хорошем согласии с результатами, полученными методом имитационного моделирования на случайных графах Эрдёша–Реньи. В частности, хорошее согласие имеется для графов с малой связностью ($c \leq 0,01$) и большой связностью ($c \geq 0,5$). С ростом также уменьшается влияние на результаты сравнения параметра δ . При значениях связности порядка $c = 0,05$ результаты двух этих подходов могут существенно отличаться; максимальное отклонение числа заражённых узлов, предсказываемое различными способами моделирования может достигать 20%.

Литература

1. Ошанина О. Интернет несет потери/ Ведомости. Импортзамещение. Новые технологии. <https://www.vedomosti.ru/imports substitution/new technologies/articles/2023/03/14/966290-internet-neset-poteri> (датаобращения: 16.04.2023).
2. Kephart J., White S. Directed-graph epidemiological models of computer viruses // Proceedings of the IEEE Computer Society Symposium on Research in Security and Privacy. 1991. Oakland, California, 1991. P. 343–359.
3. Kephart J., White S. Measuring and modeling computer virus prevalence // Proceedings of the IEEE Computer Society Symposium on Research in Security and Privacy, 1993. Oakland, California, 1993. P. 2–15.
4. Billings L., Spears W. M., Schwartz I. B. A unified prediction of computer virus spread in connected networks // Physics Letters A. 2002. Vol. 297. P. 261–266.
5. Van de Bovenkamp R., Van Mieghem P. Survival time of the susceptible-infected-susceptible infection process on a graph. // Physical Review E. 2015. 92.3:032806. DOI: 10.1103/PhysRevE.92.032806.
6. Pastor-Satorras R., Castellano C., Van Mieghem P., Vespignani A. Epidemic processes in complex networks. //Reviews of Modern Physics. Vol. 87. 2015. P. 925–978.
7. Бельченко А.О., Магазев А.А., Никифорова А.Ю. Приближённая оценка среднего числа заражённых узлов в марковской модели распространения компьютерных вирусов // Математические структуры и моделирование. 2022. № 1 (61). С. 92-104.
8. Магазев А.А., Никифорова А.Ю. Программа для оценки среднего времени распространения компьютерного вируса в сетях, ассоциированных со случайными графами: свидетельство о регистрации электронного ресурса. М. : ФИПС, 2023. № 2023614819 от 06.03.2023.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.62

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ
СОЗДАНИЯ ГИС «ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**

**MODELS AND ALGORITHMS OF DATA STORAGE AND PROCESSING
TO CREATE A GEOINFORMATION SYSTEM
"FOREST FIRES IN THE RUSSIAN FEDERATION"**

Лапин А.Н., Минасов Ш.М., Широкова А.А.,
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,
г. Уфа, Российская Федерация

A.N. Lapin, Sh.M. Minasov, A.A. Shirokova,
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Ufa University of Science and Technology»,
Ufa, Russian Federation

e-mail: meccos160@yandex.ru, minasov@ufanet.ru,
ann2002wide@gmail.com,

Аннотация. Описана технология сбора, хранения, обработки и метод визуализации данных о лесных пожарах в регионах Российской Федерации. Описана общая классификация лесов по целевому назначению, преобладающим породам и по группам возрастов. Приведена классификация лесных пожаров по площади, пройденной огнём, по скорости распространения и характеру возгорания. Разработана модель и создана база данных для хранения информации о лесных пожарах. Представлен укрупненный алгоритм сбора официальных данных из открытых источников на основе анализа страниц сайта на примере информационного портала Федерального бюджетного учреждения «Центральная база авиационной охраны лесов». Обоснован выбор способа описания координат для собранных данных. Выполнена программная реализация процесса визуализации пространственных данных. Собранные в результате реализации проекта из официальных источников данные включают оценку экономического ущерба, нанесённого федеральному бюджету лесными пожарами, а также потери лесного покрова за последние восемь лет. Приведены примеры визуализации статистических данных на карте РФ за 2022 и 2023 гг. Представленные в данной публикации данные за 2023 год актуальны на 18 апреля 2023 года.

Abstract. Describes the technology for collecting, storing, processing, and visualizing data on forest fires in regions of the Russian Federation. Describes the general classification of forests by purpose, predominant species and age groups. The classification of forest fires by area covered by the fire, by speed of spread and nature of ignition is given. A model has been developed and a database for storing information on forest fires has been created. An enlarged algorithm for gathering official data from open sources is presented on the basis of analysis of web-sites pages by the example of the information portal of the Federal State-Financed Institution "Central Base of Aviation Forest Protection". The choice of a method for describing coordinates for the collected data was justified. The software implementation of the process of spatial data visualization was carried out. Data collected as a result of the project from official sources include an estimate of the economic damage caused to the federal budget by forest fires, as well as forest cover losses over the last 8 years. Examples of visualization of statistical data on the map of the Russian Federation for 2022 and 2023 are given. The 2023 data presented in this publication are current as of April 18, 2023

Ключевые слова: лесной пожар, парирование нештатной ситуации, база данных, реляционная модель, СУБД, геоданные, статистика.

Keywords: forest fire, emergency response, database, relational model, DBMS, geodata, statistics.

Введение

Одной из важнейших проблем Российской Федерации, 46,6% площади которой покрыты лесным массивом [1], являются лесные пожары. В 2021 году лесные пожары сократили федеральный бюджет на 10 миллиардов рублей. Российское отделение «Гринпис» сообщило, что за четыре месяца 2022 года площадь пожаров в Сибири превысила масштабы пожаров в 2021 году в два раза [2]. По решению главы государства, на предотвращение и ликвидацию пожаров в федеральное финансирование было увеличено с 6 млрд рублей до 14,2 млрд рублей [3].

Целью настоящего проекта является повышение эффективности процесса анализа данных о лесных пожарах для принятия решений о местах проведения противопожарных мероприятий, минимизации ущерба от пожаров и затрат при их тушении.

Для достижения указанной цели поставлены и решены следующие задачи:

- разработать модель базы данных для хранения информации о лесных пожарах;
- разработать алгоритм автоматизированного сбора официальной информации о случаях лесных пожаров на территории РФ;
- выполнить программную реализацию геоинформационной системы наглядно отображающую информацию о лесных пожарах на территории Российской Федерации;
- собрать и обработать статистические данные о лесных пожарах в

регионах РФ за последние восемь лет.

Классификация лесов в регионах РФ

Классификация лесов в РФ описана в [4] и представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Общая классификация Российского леса

Классификация лесных пожаров

В работе рассматриваются лесные пожары, классификация которых предложена в [5]. Их классификация представлена в таблицах 1, 2.

Таблица 1. Классификация пожаров по площади, пройденной огнём

Классификация лесных пожаров		По скорости распространения (м/мин)	
По характеру возгорания		Устойчивые	Беглые
Низовые	Подстилично-гумусовые	1-3	3-5
	Надпочвенные		
	Подлесно-кустарниковые		
	Валежные		
	Пневые		
Верховые	Вершинные	5-25	25-75
	Повальные		
	Стволовые		

Таблица 2. Классификация пожаров по скорости распространения и характеру возгорания.

Класс пожара	А	Б	В	Г	Д1	Д2	Д3	Д4
Площадь, пройденная огнём (га)	<0,1	0,1 – 5	5 – 50	50 – 150	150 – 250	250 – 1000	1000 – 10000	>10000

База данных

Для хранения данных о лесных пожарах разработана модель базы данных [6]. В качестве СУБД выбрано свободное ПО СУБД MariaDB. Физическая модель базы данных представлена на рисунке 2.

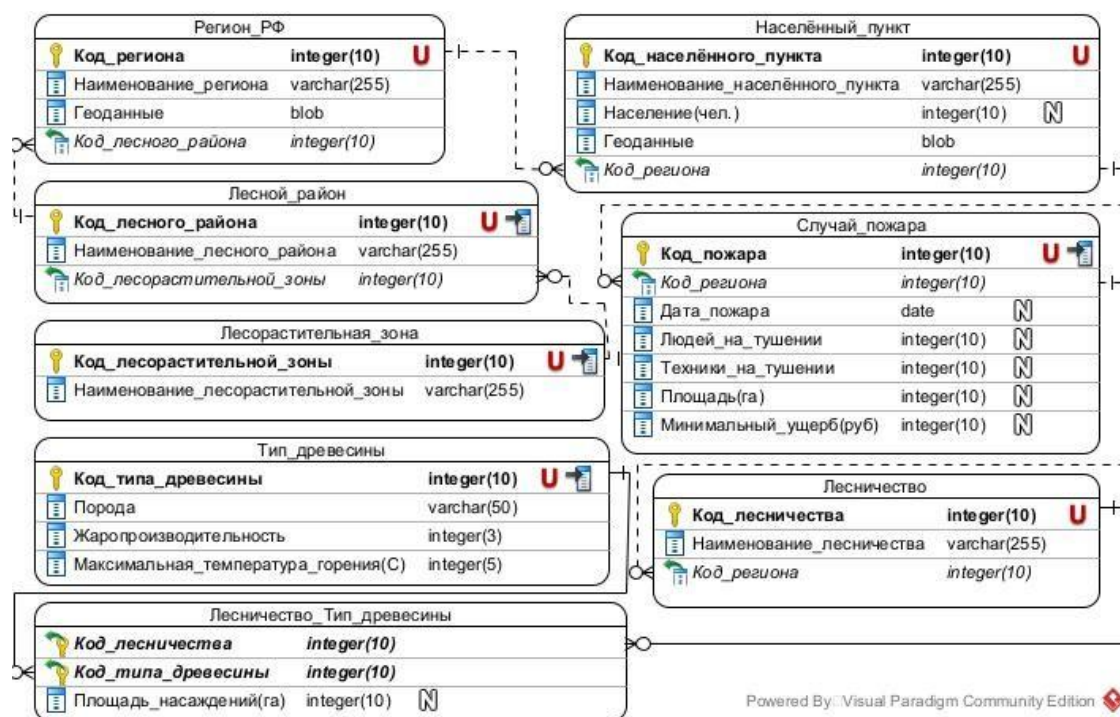


Рисунок 2. Модель данных разработанной информационной системы

Алгоритм сбора информации и анализа полученных данных

Ежедневные данные о числе лесных пожаров в регионах России получены с сайта Федерального бюджетного учреждения «Центральная база авиационной охраны лесов» [7], являющийся официальным источником данных. Для быстрого сбора данных была применена технология анализа содержания информационных страниц (парсинг) реализованная в виде программы на языке программирования Python 3.0.

На рисунке 3 представлен укрупненный алгоритм работы программы. Программа, реализующая алгоритм анализа данных зарегистрирована в базе данных программного обеспечения Роспатент [8].

Визуализация геоданных

Для визуализации данных сегментированных по регионам Российской Федерации были применены общедоступные данные о границах регионов РФ [9].

В качестве ПО для визуализации данных выбран программный продукт ArcMap. Из двух доступных систем координат ArcMap (таблица 3) для реализации проекта выбрана 2-я.

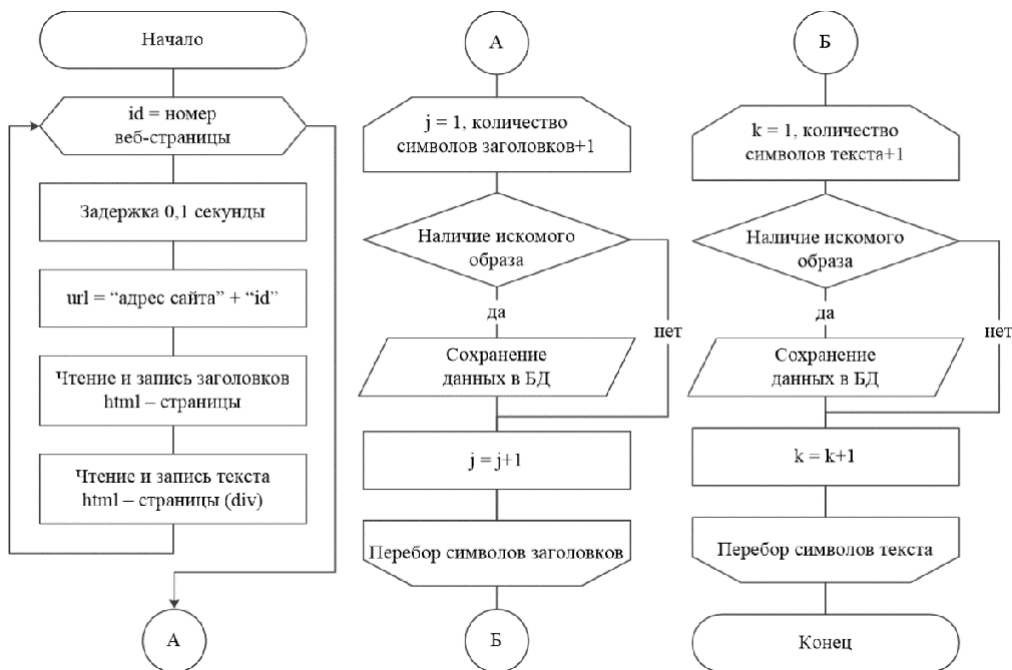


Рисунок 3. Укрупненный алгоритм сбора данных

Таблица 3. Сравнение выбираемых систем координат

Признак	GCS_WGS_1984 WKID: 4326 Authority: EPSG	Asia_North_Albers_Equal_Area_Conic WKID: 102025 Authority: Esri
Характеристики, представленные в настройках систем координат ArcMap 10.8	Angular Unit: Degree (0,0174532925199433) Prime Meridian: Greenwich (0,0) Datum: D_WGS_1984 Spheroid: WGS_1984 Semimajor Axis: 6378137,0 Semiminor Axis: 6356752,314245179 Inverse Flattening: 298,257223563	Projection: Albers False_Easting: 0,0 False_Northing: 0,0 Central_Meridian: 95,0 Standard_Parallel_1: 15,0 Standard_Parallel_2: 65,0 Latitude_Of_Origin: 30,0 Linear Unit: Meter (1,0)

Внешний вид диаграммы реализованной в данной работе, представлен на рисунке 4.

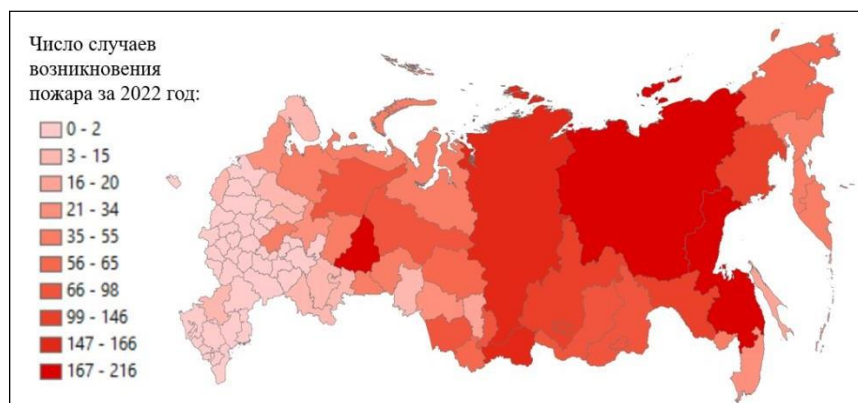


Рисунок 4. Вид диаграммы числа лесных пожаров

Полученные в результате обработки данные за 2022 год позволяют выделить 3 наиболее пожароопасных региона в 2022 году: Свердловская область

– 216 случаев; Республика Саха – 203 случая; Хабаровский край – 199 случаев. Также выявленная динамика роста числа лесных пожаров в регионах РФ позволяет выделить регионы с наибольшим числом лесных пожаров за каждый месяц: в марте – Забайкальский край (6 случаев) и Амурская область (5 случаев); в апреле (до 18 числа включительно) – Свердловская область (15 случаев), Забайкальский край (12 случаев) и Амурская область (11 случаев).

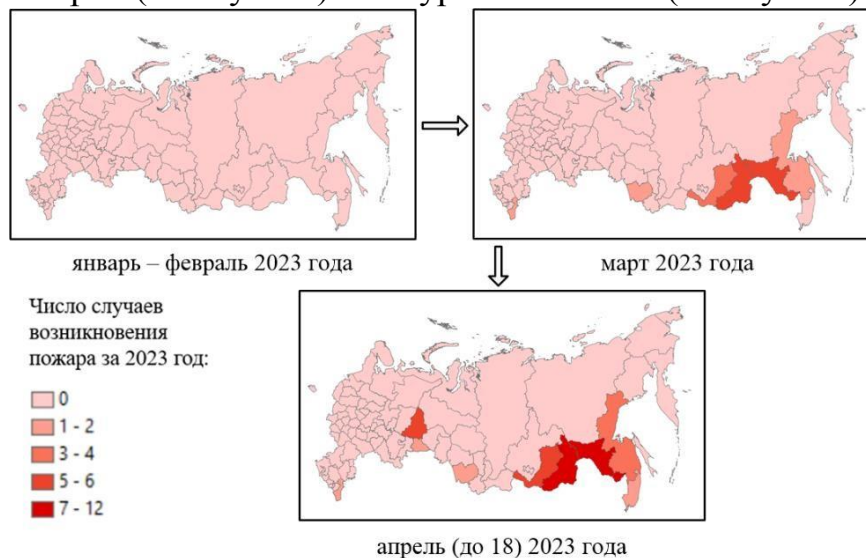


Рисунок 5. Диаграммы числа лесных пожаров с 01.01.23 по 18.04.23

Выводы

В настоящей работе описаны и реализованы модель базы данных и алгоритм автоматизированного сбора статистической информации из официальных открытых источников, позволяющий существенно сократить время на формирование и актуализацию данных разрабатываемой геоинформационной системы о лесных пожарах. Система предназначена для поддержки принятия решений при планировании противопожарных мероприятий и мероприятий по тушению пожаров в случае возникновения таких ситуаций. Показано, что разработанная геоинформационная система позволяет повысить эффективность анализа собранных данных для прогнозирования пожароопасной ситуации на территории Российской Федерации.

В результате проделанной работы из официальных источников собраны данные о лесных пожарах, произошедших на территории РФ за последние восемь лет. Результаты обработки полученной информации подтвердили актуальность выбранного направления исследований. Количество пожаров, площадь, пройденная огнем, и сумма ущерба, наносимого экономике РФ неуклонно растут. Собранные данные также включают необходимую информацию для верификации теоретических моделей распространения фронта лесных пожаров и решения задачи формирования их цифровых двойников. Фактические данные позволяют уточнить значения коэффициентов уравнений регрессии, применяемых для прогнозирования движения фронта лесных пожаров на различных территориях, отличающихся видом и плотностью лесных

массивов. Наиболее актуальными в нашем случае являются данные о пожарах в труднодоступных для осуществления мероприятий по пожарной профилактике и ликвидации возгораний. Они полезны для поддержки принятия решений при парировании подобных нештатных ситуаций и позволяют минимизировать негативные последствия в условиях отсутствия возможности оперативной ликвидации пожаров ввиду ограниченного доступа к охваченной огнем территории, недостаточности ресурсов в локации возгорания и отсутствии достаточного времени на их доставку.

При реализации проекта использовались свободно-распространяемое программное обеспечение: язык программирования Python, Система управления базами данных MariaDB, а также инструментарий для создания и визуализации геоданных ArcMap. Используемые в работе программные инструменты позволяют оперативно вносить в проект изменения и дополнения как для наполнения базы данных накопленной ранее информацией, так и для реализации задач прогнозирования.

Литература

1. Лесные ресурсы. URL: https://www.gks.ru/bgd/regl/B11_14p/IssWWW.exe/Stg/d02/15-39.htm (дата обращения: 18.04.2023).
2. Сибирь в огне: лесные пожары 2022. URL: <https://news.ru/regions/sibir-v-ogne-lesnye-pozhary-2022> (дата обращения: 18.04.2023).
3. На предотвращение и тушение дальневосточных пожаров выделено более 6 млрд рублей. URL: <https://astv.ru/news/society/2023-04-11-na-predotvrashenie-i-tushenie-dal-nevostochnyh-pozharov-vydeleno-bolee-6-mlrd-rublej> (дата обращения: 26.04.2023).
4. Интерактивная карта «Леса России». URL: <https://maps.ro-slesinfor.ru> (дата обращения: 26.04.2023).
5. Залесов А.С. Классификация лесных пожаров. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. - 15 с.
6. Широкова, А. А., Лапин, А. Н. База геоданных о лесных пожарах на территории Российской Федерации. Мавлютовские чтения: Материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. В 6-ти томах, Уфа, 25-27 октября 2022 года. Т.5. – Уфа: УГАТУ, 2022. – С. 939-943. – EDN PHLFMO.
7. Официальный сайт ФБУ «Авиалесоохрана» <https://aviales.ru> (дата обращения: 26.04.2023).
8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022663573 Российская Федерация. Модуль сбора данных о лесных пожарах "K-Mediaforestfiredatacollector»: № 2022662748: заявл. 06.07.2022: опубл. 15.07.2022 / Ш. М. Минасов, А. Н. Лапин, А. А. Широкова. – EDN KICJTY.
9. Dataset: bnd-political-boundary-1 - Free GIS data URL: https://freegisdata.org/record/urn:uuid:1a7968f2-a5b9-4103-8889-8f1aaf57f0b4-geonode:bnd_political_boundary_1_1/ (дата обращения: 26.04.2023).

СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

УДК 004.45

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАНДАРТОВ В СИСТЕМАХ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

SOME ISSUES IN THE USE OF STANDARDS IN SOFTWARE SYSTEMS

Меликова Н.Дж.,

Институт информационных технологий, Баку, Азербайджан

N.N. Malikova,

Institute of Information Technology, Baku, Azerbaijan

e-mail: naranara_68@mail.ru

Аннотация. Сегодня стремительный рост и широкое применение ИКТ является одной из приоритетных задач социально-экономического развития, и роль стандартизации в ее решении огромна. В связи с этим возникает необходимость разработки и развития стандартов, основанных на принципах оптимальности, прозрачности, эффективности и целесообразности в сфере телекоммуникаций и информационных технологий. Организации, работающие над национальными стандартами, могут использовать международные стандарты в качестве основы.

В целях стимулирования развития ИКТ в Азербайджане совместным приказом Министерства связи и высоких технологий и Государственного комитета по стандартизации, метрологии и патентам, а с 2008 года осуществляется Техническим комитетом по стандартизации «Информационно-коммуникационные технологии».

Продукты и услуги ИКТ широко распространены в коммерческом, промышленном и бытовом секторах экономически развитых и развивающихся стран. В результате использования компьютеризированных устройств во всех сферах жизни весь мир находится под влиянием программных систем и связанных с ними услуг.

Спектр продуктов и услуг ИКТ вырос и расширяется (управление трафиком, информационные системы, облачные сервисы, Интернет вещей). В целях защиты интересов пользователей необходимо минимизировать все виды рисков, которые могут возникнуть в результате ошибок и отказов программного обеспечения (ПО). Операторы ПО и системные инженеры должны обеспечить надежное предоставление услуг для бизнеса, промышленности и общества в целом путем создания надежных и безопасных систем.

Annotation. Today, the rapid growth and widespread use of ICT is one of the priority tasks of socio-economic development, and the role of standardization in its solution is enormous. In this regard, there is a need to develop and develop standards based on the principles of optimality, transparency, efficiency and expediency in the field of telecommunications and information technology. Organizations working on national standards may use international standards as a basis.

In order to stimulate the development of ICT in Azerbaijan, by a joint order of the Ministry of Communications and High Technologies and the State Committee for Standardization, Metrology and Patents, and since 2008 it has been carried out by the Technical Committee for Standardization "Information and Communication Technologies".

ICT products and services are widespread in the commercial, industrial and residential sectors of developed and developing countries. As a result of the use of computerized devices in all areas of life, the whole world is influenced by software systems and related services.

The range of ICT products and services has grown and is expanding (traffic management, information systems, cloud services, Internet of things). In order to protect the interests of users, it is necessary to minimize all types of risks that may arise as a result of software errors and failures. Software operators and systems engineers must ensure reliable service delivery to business, industry, and society at large by building reliable and secure systems.

Ключевые слова: стандартизация, программное обеспечение, программирование, тестирование программного обеспечения, экспертиза, эффективность.

Keywords: standardization, software, programming, software testing, expertise, efficiency.

Введение

Процесс разработки программного обеспечения значительно изменился на протяжении всей истории компьютеров. Программирование превратилось из вида интеллектуальной деятельности, требующей творческого мышления и специальных навыков, в массовое производство и превратилось в индустрию производства программных продуктов. Это требует регулирования и стандартизации его нормативной базы.

Сложность, размер и ответственность функций, выполняемых современными программными комплексами, стремительно возрастают, они применяются в сфере транспорта, финансов, образования, здравоохранения, юриспруденции, военного дела, бизнеса и других сферах [1]. По мере увеличения функций, размера и стоимости программного обеспечения растут и методы, модели, инструменты и метрики, поддерживающие программную инженерию (ПИ). Требования заказчиков и пользователей к качеству и безопасности использования программного обеспечения постоянно возрастают. Таким

образом, информационная безопасность занимает видное место в системе национальной безопасности в силу своей важности [2]. Одним из способов обеспечения информационной безопасности является регламентация и стандартизация нормативной базы программного обеспечения при разработке.

О стандартизации систем программного обеспечения.

В настоящее время регламентация и стандартизация процессов, технологий, методов и средств разработки, применения, эксплуатации и совершенствования программных комплексов является одним из актуальных вопросов. Развитие компьютерных технологий и программного обеспечения невозможно без использования мирового и отечественного опыта.

Стремительный рост сложности и размеров современных программных комплексов, а также повышение ответственности выполняемых ими функций повысили требования заказчиков и пользователей к их качеству и безопасности пользователей. Стремительное развитие индустрии программного обеспечения требует от ПО большей динамичности и инновационности в процессе разработки. Существуют различные заказы на современные программные комплексы. Они применяются в транспорте, финансах, здравоохранении, образовании, юридическом, военном, бизнес-секторе и других сферах. По мере увеличения функций, размера и стоимости ПО методы, модели, инструменты и показатели, поддерживающие ПИ, также развиваются и расширяются. Однако в технических заданиях информационных систем и в документах реализованных проектов понятие качества ПО, его значение и какими характеристиками они описываются, как измерять и применять инновации, не показаны. Информация о том, как эффективность ПО должна сравниваться с требованиями, содержащимися в контракте, техническом задании или спецификациях, недостаточно сформулирована или доведена до сведения. Именно по этой причине возрастает спрос на применение стандартов при разработке ПО. Стандартизация – это деятельность, определяющая нормы, правила и характеристики продукции.

Стандарты – это документы, созданные для обеспечения надежности материалов, продуктов, методов и услуг. Они определяют требования, спецификации, руководящие принципы, функции и процедуры. Обычно стандарты утверждаются различными национальными и международными учреждениями, профессиональными обществами или отраслевыми организациями. Стандарты в основном классифицируются следующим образом:

- международные стандарты;
- национальные стандарты;
- организационные стандарты;
- стандарты проекта.

Стандарты в ПИ охватывают следующие вопросы:

- терминология;
- общие рекомендации;
- принципы действия;
- рекомендации для применения на практике;

- рекомендации по средствам и методам обработки;
- план управления качеством;
- план валидации и проверки.

Применение этих стандартов имеет следующие преимущества:

- инкапсулирует лучшие практики;
- предотвращает повторение прошлых ошибок;
- определяет понятие качества в конкретной среде;
- определяет понятие качества организации;
- Обеспечивает непрерывность проекта, новые сотрудники могут

продолжать разработку программных систем и т. д.

Организации, работающие над стандартами программного обеспечения.

Стандарты разработки программного обеспечения разрабатываются следующими организациями:

- *Международная организация по стандартизации (ISO)* разрабатывают стандарты во всех сферах, в том числе и в ИТ [3];

- *Институт программной инженерии (SEI)* устанавливает стандарты качества РТ и совершенства организаций, в которых работает ПО [4];

- *Институт управления проектами (PMI)* разрабатывает стандарты по управлению проектами, занимается повышением квалификации специалистов [5];

- *Международная электротехническая комиссия — Международная электротехническая комиссия (IEC)*. Стандарты работают в области электрических, электронных и смешанных технологий. Большинство этих стандартов разрабатываются совместно с ISO [6];

- *Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE)* оказал большую услугу в разработке стандартов в области электроники и вычислительной техники [7].

Стандарты качества в системах программного обеспечения.

Многие организации по всему миру разрабатывают и внедряют различные стандарты для повышения требований к качеству своего программного обеспечения. В этой главе кратко описаны некоторые из широко используемых стандартов, связанных с обеспечением качества и тестированием.

Стандарт ISO/IEC 9126 касается следующих аспектов определения качества программного приложения: качественная модель; внешние показатели; внутренние индикаторы; показатели качества в использовании.

Этот стандарт представляет собой некоторый набор атрибутов качества для любого программного обеспечения, такого как: функциональность; надежность; удобство использования; эффективность; ремонтпригодность; портативность.

Вышеупомянутые атрибуты качества далее подразделяются на подфакторы, которые можно изучить при детальном изучении стандарта.

Часть 11 стандарта ISO/IEC 9241-11 касается степени, в которой продукт может использоваться определенными пользователями для достижения

определенных целей посредством Эффективности, Эффективности и Удовлетворения в определенном контексте использования.

Этот стандарт предлагает структуру, описывающую компоненты удобства использования и отношения между ними. Этот стандарт рассматривает удобство использования с точки зрения производительности и удовлетворенности пользователей. Согласно ISO 9241-11 удобство использования зависит от контекста использования, и уровень удобства использования будет меняться по мере изменения контекста.

ISO/IEC 25000:2005 широко известен как стандарт, содержащий руководство по требованиям и оценке качества программного обеспечения (SQuaRE). Этот стандарт помогает в организации и улучшении процесса, связанного с требованиями к качеству программного обеспечения и их оценкой. По сути, ISO-25000 заменяет два старых стандарта ISO, то есть ISO-9126 и ISO-14598.

Серия стандартов SQuaRE делится на следующие группы [8]:

- ISO/IEC 2500n – группа управления качеством (Quality Management Division). Стандарты данной группы определяют общие модели, термины и определения, используемые в остальных стандартах серии SQuaRE. Этот набор стандартов также содержит руководство по использованию серии стандартов SQuaRE;

- ISO/IEC 2501n – группа модели качества (Quality Model Division). В стандартах данной группы представлены подробные модели качества компьютерных систем и программных продуктов, качества использования и качества данных. Данный набор стандартов также содержит практическое руководство по использованию заданных моделей качества;

- ISO/IEC 2502n – группа измерения качества (Quality Measurement Division). Стандарты данной группы включают в себя эталонную модель измерения качества программного продукта, математическое определение показателей качества и практические рекомендации по их использованию. Приведены примеры внутренних и внешних показателей качества программных продуктов и систем, а также используемых показателей качества. Определены и представлены меры качества, лежащие в основе этих мер;

- ISO/IEC 2503n – группа требований к качеству (Quality Requirements Division). Стандарты данной группы помогают определить требования к качеству на основе моделей и показателей качества. Эти требования к качеству могут быть использованы в процессе выявления требований к качеству разрабатываемого программного продукта или в качестве исходных данных для процесса оценки;

- ISO/IEC 2504n – группа оценки качества (Quality Evaluation Division). Стандарты данной группы содержат требования, рекомендации и указания по оценке программного продукта оценщиками, заказчиками или разработчиками. Здесь же приведены правила документирования измерений в виде модуля оценки;

• ISO/IEC 25050 – 25099 – группарасширения (Extension Division). Стандарты группы включают требования к качеству готового коммерческого программного обеспечения (COTS) и общепринятые отраслевые формы отчетов о стабильности.

Выводы

В результате использования компьютеризированных устройств во всех сферах жизни весь мир пострадал от программных систем и связанных с ними услуг.

Ассортимент продуктов и услуг ИКТ увеличился и все больше расширяется (управление трафиком, информационные системы, облачные сервисы, Интернет вещей и т.д.). В целях защиты интересов пользователя необходимо минимизировать все виды рисков, которые могут возникнуть в результате ошибок и отказа ПО. В этой работе инженеры-программисты несут большую ответственность. Системные инженеры, работающие в ПО, должны обеспечивать надежное обслуживание всего сообщества, создавая надежные и безопасные системы. Стандарты разработки программного обеспечения играют важную роль в управлении качеством ПО, определяя необходимые атрибуты продукта или процесса.

Стандарты ПИ разрабатываются, совершенствуются и расширяются в результате интеграции, регулирования и оптимизации передовых методов и теорий, разработанных в результате исследований и принятых на предприятиях. Международные стандарты играют важную роль в развитии ПО. Они применяются для снижения затрат на производство ПО, контроля качества программных продуктов и повышения качества связанных с ними услуг.

Литература

1. Стандартизация, <https://www.mincom.gov.az/az/view/paces/79/>
2. Alguliyev, R. M., İmamverdiyev, Y. N., & Mahmudov, R. S. H. (2017). Multidisciplinary scientific-theoretical problems of information security. Problems of information society, 8(2), 32-43.
3. International Organization for Standardization, <https://www.iso.org/home.html>
4. Software Engineering Institute, <https://www.sei.cmu.edu/>
5. Project Management Institute, <https://www.pmi.org/>
6. International Electrotechnical Commission, <https://www.iec.ch/>
7. Institut of Electrical and Electronics Engineers, <https://www.ieee.org/>
8. Bayramova, T. A. (2015). Analysis of software engineering standards. Network Security.

СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.056

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕКТОРА (НА ПРИМЕРЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ)

ANALYSIS OF METHODS FOR ASSESSING INFORMATION SECURITY RISKS IN THE OIL AND GAS SECTOR (ON THE EXAMPLE OF THE ORENBURG REGION)

Фот Ю.Д., Гапеева О.С.,
ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»,
г. Оренбург, Российская Федерация

J.D. Fot, O.S. Gapeeva,
FSBEI HPE “Orenburg state university”,
Orenburg, Russian Federation

e-mail: Fotulia@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена вопросу обеспечения информационной безопасности нефтегазового сектора (НГС). В настоящее время обеспечить комплексную и бесперебойную работу НГС практически невозможно без применения автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП). На законодательном уровне АСУ ТП являются объектами критической информационной инфраструктуры (КИИ), поэтому к таким системам предъявляют повышенные требования по обеспечению их надежного функционирования. Множество предъявляемых требований вынуждает компании нефтегазовой отрасли ответственно подходить к оценке рисков информационной безопасности. В настоящее время существует множество методологий, помогающих с высокой степенью точности оценить риски предприятия любого масштаба и профиля деятельности. В зависимости от целей и возможностей каждой конкретной организацией может быть выбрана одна или несколько методик, для получения достоверной и полной оценки рисков информационной безопасности. В работе приводится подробный анализ современных общеизвестных методик для оценки возможных рисков предприятия от реализации случайных или намеренных угроз информационной безопасности. Рассмотрены преимущества и недостатки всех методик, а также сформулированы выводы о том, в каких случаях эффективнее применить каждую из них.

Abstract. The article is devoted to the issue of ensuring information security of the oil and gas sector (NGS). Currently, it is almost impossible to ensure the comprehensive and uninterrupted operation of the NHS without the use of automated process control systems (automated process control systems). At the legislative level, automated control systems are objects of critical information infrastructure (CII), therefore, such systems are subject to increased requirements to ensure their reliable functioning. The multitude of requirements forces companies in the oil and gas industry to take a responsible approach to assessing information security risks. Currently, there are many methodologies that help to assess the risks of an enterprise of any scale and activity profile with a high degree of accuracy. Depending on the goals and capabilities of each specific organization, one or more methods can be selected to obtain a reliable and complete assessment of information security risks. The paper provides a detailed analysis of modern well-known methods for assessing possible risks of an enterprise from the implementation of accidental or intentional threats to information security. The advantages and disadvantages of all methods are considered, and conclusions are formulated about in which cases it is more effective to apply each of them.

Ключевые слова: информационная безопасность, нефтегазовый сектор, управление рисками, оценка рисков, критическая информационная инфраструктура, АСУ ТП.

Keywords: information security, oil and gas sector, risk management, risk assessment, critical information infrastructure, automated control systems.

Нефтегазовый сектор (НГС) является ключевым сектором экономики Оренбургской области и вносит значительный вклад в экономику и бюджетные поступления. На сегодняшний день более трети валового регионального продукта (ВРП) региона связано с добычей полезных ископаемых, что составляет 36%, на втором месте ВРП занимают обрабатывающие производства — 13%, этот же сектор формирует основные доходы консолидированного бюджета области в объеме 31% и 15% соответственно. Комплексная устойчивая работа НГС в условиях меняющейся внутренней и внешней среды является основой успешности бизнеса и развития региона в целом. К объектам НГС относят производство, инфраструктурные комплексы, технологическое оснащение, контроль сырья, безопасность, управление персоналом [1].

Согласно Дорожной карте по развитию нефтегазового сектора Оренбургской области, прогнозируемый рост объемов добычи углеводородного сырья (УВС) в области к 2030 году, в частности объем добычи всех типов нефти увеличится с 20,9 до 30 млн. тонн., начнутся работы по добыче в доманиковых отложениях и флишоидного газа, их объем составит 3 млн. тонн. и 0,5 млрд. м³ соответственно. Эффективность переработки УВС в рамках утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) по региону повысится с 62% до 84%, а накопленный объем ПНГ, направленный на глубокую переработку для

извлечения полезных компонентов за счет новых проектов утилизации, будет на отметке 15,0 млрд м³ [2].

Очевидно, НГС относятся к автоматизированным системам управления технологическим процессом (АСУ ТП), которые, как правило являются объектами критической информационной инфраструктуры (КИИ). Нефтегазовая отрасль, как и промышленный сектор в целом, продолжает оставаться крупной мишенью для киберпреступников. Об этом говорят свежие отчеты Positive Technologies – количество атак на предприятия выросло на 53% за второй квартал 2022 года. По статистике Kaspersky ICS CERT, доля атакованных компьютеров АСУ ТП за первое полугодие практически не изменилось по сравнению с прошлым годом. Однако, в нефтегазовом сегменте количество заблокированного вредоносного ПО увеличилось на 5,9 пунктов [3].

Таким образом, для выполнения Дорожной карты по развитию нефтегазового сектора Оренбургской области, значительным фактором являются подходы к оценке рисков информационной безопасности (ИБ) НГС.

Любую систему НГС можно представить в виде упрощенной схемы (рисунок 1).

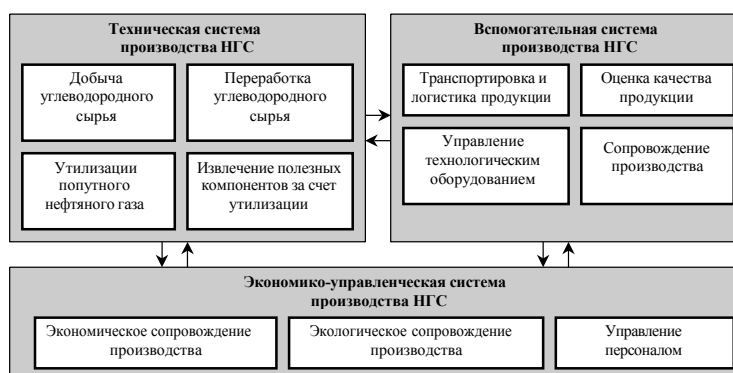


Рисунок 1. Схема гипотетической системы нефтегазового сектора

Для эффективной работы каждого процесса, представленного на рисунке 1, необходима автоматизация технологических процессов нефтегазового сектора, при котором используются АСУ ТП, построенные на базе промышленных логических контроллеров (ПЛК). Для передачи данных между датчиками, исполнительными механизмами и ПЛК используются промышленные сети, имеющие соединения между различными зонами, а также интерфейсы для удаленного обслуживания, что создают условия, при которых возникают угрозы кибернетической безопасности для НГС, а следовательно, необходима адекватная оценка рисков информационной безопасности.

На текущий момент известно большое количество методов, способных достоверно оценить риски от нарушения информационной безопасности. Каждой конкретной организацией может быть выбрана одна методология для оценки рисков ИБ или, при необходимости, использована комбинация из нескольких методик, однако, предварительный анализ методов к оценке рисков

информационной безопасности НГС показывает сложность в выборе единого подхода.

Методика FacilitatedRiskAnalysisProcess (FRAP) направлена на оценку степени важности (качественную оценку) рисков ИБ, с точки зрения их влияния на достижение бизнес-целей организации, а не на выполнение определенных мер безопасности или требований аудита. При этом методика имеет несколько важных преимуществ по сравнению с количественной оценкой рисков: значительное сокращение времени и усилий на проведение оценки; документация, составленная в процессе оценки, имеет широкое практическое применение; оценка учитывает не только опыт и навыки специалистов отдела ИБ, но и опыт владельцев бизнес-процессов [4].

Методология Operationally Critical Threat, Asset, and Vulnerability Evaluation (OCTAVE) сейчас используется по всему миру, позволяет не только выявить и оценить потенциальные риски ИБ компании, но и разработать эффективную стратегию для управления ими. Данная методика может успешно применяться как в малых, так и в крупных организациях, так как OCTAVE имеет множество модификаций. Оценка рисков состоит из трех этапов, перед которыми выполняется несколько подготовительных процедур: выполняется согласование графиков семинаров, назначаются соответствующие роли, планируются и координируются действия участников проектной группы. Только после успешного завершения подготовительных испытаний, можно непосредственно переходить к ключевым этапам оценки рисков: разработка профилей угроз ИБ и оценка активов организации; технический анализ уязвимостей информационных систем организации в части угроз, профили которых были разработаны на первом этапе; оценка и обработка рисков ИБ. Согласно методике OCTAVE, итоговая величина риска равна усредненной величине годовых потерь компании в результате реализации угроз информационной безопасности.

Метрика факторного анализа информационного риска (Factor Analysis of Information Risk – FAIR) базируется на актуальных международных стандартах информационной безопасности, которая содержит в своей основе факторы, способствующие риску, и устанавливает связи между тем, какое влияние эти факторы могут оказывать друг на друга. Предназначена для количественной оценки и управления рисками в любой организации. Методика FAIR может дополнять и совместно применяться вместе с другим популярными методологиями, такими как, например COSO, ITIL, ISO /IEC 27002-2005, COBIT, OCTAVE [5].

Метод CSTA Risk Analysis and Management Method (CRAMM) использует как количественные, так и качественные методы анализа. Метод является универсальным и подходит как для крупных, так и для малых организаций, правительственной и коммерческой сфер деятельности [6, С. 15-16]. Работа по методике CRAMM осуществляется в три этапа, каждый из которых играет важную роль в построении модели рисков информационной системы в целом. Рассматриваются угрозы системы для конкретных ее ресурсов. Проводится

анализ как программного, так и технического состояния системы на каждом шаге, при помощи построения дерева зависимостей в системе можно увидеть ее уязвимые места и предупредить потерю информации в результате внезапного отказа системы, из-за вредоносного программного обеспечения, или из-за других причин, которые могут случайно или намеренно навредить системе.

Согласно стандарту ИСО/МЭК 27005:2022 «Информационная безопасность, кибербезопасность и защита конфиденциальности. Руководство по управлению рисками информационной безопасности», в рамках проведения процесса оценки рисков компания должна оценить стоимость информационных активов, идентифицировать актуальные угрозы и уязвимости, получить информацию о текущих средствах защиты и их эффективности, определить потенциальные последствия реализации рисков. В результате оценки рисков компания получает количественную или качественную оценку рисков, а также ранжирование рисков с учетом их серьезности для компании. Сам процесс оценки рисков состоит из следующих действий: идентификации рисков, анализа рисков, оценки опасности рисков [8].

Учитывая краткий обзор методик, в таблице 1 представлен сравнительный анализ методик оценки рисков информационной безопасности для НГС.

Таблица 1. Сравнительный анализ методов оценки рисков информационной безопасности НГС

№ № пп	Критерий сравнения	ISO/IEC 27005	FRAP	CRAMM	OCTAVE	FAIR
1.	Сфера деятельности и размеры организации	Организации любых размеров и профиля деятельности	Организации любых размеров и профиля деятельности	Организации любых размеров и профиля деятельности	Организации любых размеров и профиля деятельности	Применимо для крупных организаций
2.	Сложность применения методики	Требует больших затрат и высокой квалификации персонала	Не требует больших затрат, но требует высокой квалификации персонала	Применение методики требует высокой квалификации аудитора и значительных затрат времени	Требует высокой квалификации персонала	Требует больших затрат и высокой квалификации персонала
3.	Наличие шкал для оценки рисков ИБ	Присутствуют примеры	Присутствуют примеры	Присутствуют примеры нескольких градаций шкал	Присутствуют примеры	Присутствуют примеры
4.	Наличие методик обработки рисков ИБ	Присутствует пример методики	Отсутствуют методики обработки рисков	Присутствует пример методики	Отсутствуют методики обработки рисков	Присутствует пример методики
5.	Согласованность с нормативно-правовыми актами (НПА) РФ	Требует сильной адаптации при необходимости и соответствия НПА	Требует сильной адаптации при необходимости соответствия НПА	Возникают трудности при адаптации методики под действующие НПА	Требует сильной адаптации при необходимости и соответствия НПА	Требует сильной адаптации при необходимости соответствия НПА

6.	Связанность со смежными методологиям (IT, общие риски, экономические риски и тд.)	Входит в серию стандартов ISO по управлению рисками	Не связана напрямую со смежными методиками, может быть дополнительно мерой оценки	Не связана напрямую со смежными методиками, может быть дополнительно мерой оценки	Несколько модификаций OCTAVE подходят под организации разных размеров	Не связана напрямую со смежными методиками, может быть дополнительно мерой оценки
----	---	---	---	---	---	---

Выводы

Учитывая проведенный анализ, с точки зрения размеров организации и направления ее деятельности наиболее универсальной методикой оценки рисков можно считать CRAMM, так как она содержит большие базы данных (профили) как для коммерческого, так и для государственного секторов, которые активно применяются в анализе и управлении рисками, в частности НГС.

ISO/IEC 27005, FRAP, OCTAVE тоже могут быть свободно применены к любой организации не зависимо от ее размера и области деятельности.

Методику FAIR целесообразнее всего применять в крупной компании НГС, так как для реализации она требует больших затрат и серьезных компетенций от персонала организации, а у маленьких и средних компаний редко могут быть необходимые ресурсы и специалисты.

Ни одна из рассмотренных методологий не имеет прямой совместимости с действующими нормативно-правовыми актами Российской Федерации в области КИИ и АСУ ТП, каждая методика так или иначе требует принятия дополнительных мер или создания специализированных шаблонов для отчетности, что в свою очередь часто бывает сложно реализовать из-за ограничений свойственных той или иной методике.

Все рассмотренные методологии имеют доступные шкалы для более точной интерпретации результатов оценки рисков организации, при этом методики FRAP и OCTAVE не содержат готовых шаблонов по обработке рисков ИБ, поэтому эта функция ложится на персонал организации, который должен обладать соответствующими навыками для получения правильных результатов, этим же объясняется и сравнительно небольшие затраты на реализацию по сравнению с другими методиками оценки рисков.

Методику CRAMM также можно считать достаточно трудоемкой в реализации НГС, так как она требует от аудитора наличия специализированной подготовки, более того данная методика, к сожалению, не позволяет создавать шаблоны отчетов, подходящие под требования конкретной организации НГС, поэтому ее применение требует значительных затрат временных ресурсов.

Таким образом, при реализации программы Дорожной карты по развитию нефтегазового сектора Оренбургской области, большим производственным системам нефтегазового сектора, при оценке рисков ИБ лучше всего использовать методики FAIR и ISO/IEC 27005, а малым и средним предприятиям, при наличии высококвалифицированных специалистов, можно рассмотреть в своей работе методики FRAP, CRAMM и OCTAVE.

Литература

1. Фот, Ю. Д. Формирование политики управления персоналом больших производственных систем (на примере нефтегазового сектора Оренбургской области) / Ю. Д. Фот, А. С. Боровский // Инновации, 2021. - № 4 (270). - С. 54-62. - 8 с.
2. Дорожная карта по развитию нефтегазового сектора Оренбургской области.
3. Кибербезопасность в нефтегазовой отрасли: путь к надежной защите. Электронный журнал «Ведомости». – Режим доступа: https://www.vedomosti.ru/press_releases/2022/12/14/kiberbezopasnost-v-neftegazovoi-otrasli-put-k-nadezhnoi-zaschite (Дата обращения: 14.04.2023)
4. Методика FRAP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/656387/> . (Дата обращения: 11.04.2023).
5. Методология FAIR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://cio-wiki.org/wiki/Factor_Analysis_of_Information_Risk_\(FAIR\)](https://cio-wiki.org/wiki/Factor_Analysis_of_Information_Risk_(FAIR)). (Дата обращения: 11.04.2023).
6. Остапенко А.Г. Математические основы риск-анализа: учеб. пособие / А.Г. Остапенко, М.В. Бурса. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. 137 с.
7. Стандарт ISO/IEC 27005:2022 «Information technology — Security techniques — Information security risk management» («Информационные технологии – Техники обеспечения безопасности – Управление рисками информационной безопасности»).